



Universidade Federal de Santa Catarina
Disciplina de Inteligência Artificial
Campus Araranguá

Métodos de busca

Busca heurística

Prof. Eliane Pozzebon
epozzebon@gmail.com

Plano de aula

Métodos de busca

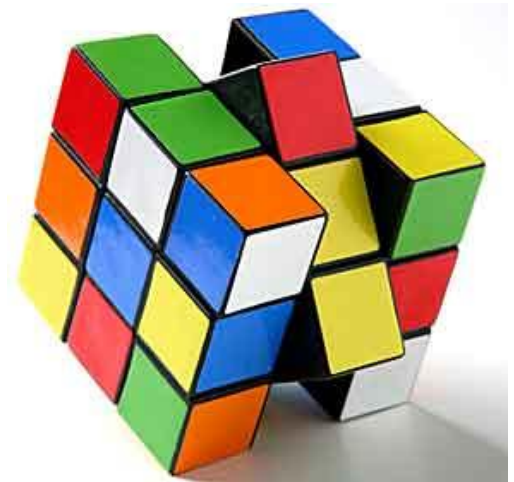
a) Busca heurística

- Busca A*
- Busca Gulosa



Introdução

- Os métodos de busca são aplicados em diversos campos na resolução de problemas.
- A busca é um processo importante na solução de problemas difíceis para os quais não há técnicas mais diretas disponíveis.
- As estratégias de busca dividem-se em
 - Busca sem informação (busca cega)
 - Busca com informação (busca heurística)



Introdução

- Os métodos de busca cega fornecem uma solução para o problema de achar um caminho até um nó meta. Entretanto, em muitos casos, a utilização destes métodos é impraticável devido ao número muito elevado de nós a expandir antes de achar uma solução.
- Para muitos problemas, é possível estabelecer princípios ou regras práticas para ajudar a reduzir a busca.
- A técnica usada para melhorar a busca depende de informações especiais acerca do problema em questão.
- Esta informação pode ser chamada de INFORMAÇÃO HEURÍSTICA, e os métodos ou procedimentos de busca que a utilizam de MÉTODOS DE BUSCA HEURÍSTICA.

Busca Heurística

- Heurística: palavra originada do Grego “heuriskein” (descobrir).
- Não garante encontrar a melhor resposta, mas quase sempre encontra uma resposta muito boa.
- Consiste em uma função de avaliação ($f(n)$) que mede a distância até o objetivo.
- E uma função heurística ($h(n)$) utilizada para estimar o custo do caminho mais econômico do nó n até o nó objetivo.
 - Se n é um nó objetivo, então $h(n) = 0$.

Busca Heurística

- A informação que pode compor uma informação heurística é o **custo do caminho**.
- O **custo do caminho** pode ser composto pelo somatório de dois outros custos:
 1. O custo do caminho do estado inicial até o estado atual que está sendo expandido (**função g**).
 2. Uma estimativa do custo do caminho do estado atual até o estado meta (**função heurística h**).
- A filosofia geral que move a busca heurística é: **O MELHOR PRIMEIRO**. Isto é, no processo de busca deve-se primeiro expandir o nó “mais desejável” segundo uma função de avaliação.

Funções Heurísticas

- Uma função heurística deve ser admissível, ou seja, não deve superestimar o custo para alcançar o objetivo.
- Sempre é melhor usar funções heurísticas com valores mais altos desde que não superestime o custo e que o tempo de computação seja muito grande.
- O propósito de uma função heurística é guiar o processo de busca na direção mais promissora, sugerindo que caminho seguir primeiro, quando houver mais de um disponível.

Funções Heurísticas

- Exemplo:
 - Quebra-cabeça de 8 peças.

Estado inicial

7	2	4
5		6
8	3	1

Estado objetivo

1	2	3
4	5	6
7	8	

Funções Heurísticas

- Funções heurísticas que podem ser utilizadas para o quebra-cabeça de 8 peças:
 - h_1 = número de blocos em posições erradas.
 - $h_1 = 6$ blocos.
 - h_2 = soma das distâncias dos blocos de suas posições objetivo. (distância Manhattan)
 - $h_2 = 4 + 0 + 3 + 3 + 1 + 0 + 2 + 1 = 14$

Métodos de Busca Heurística

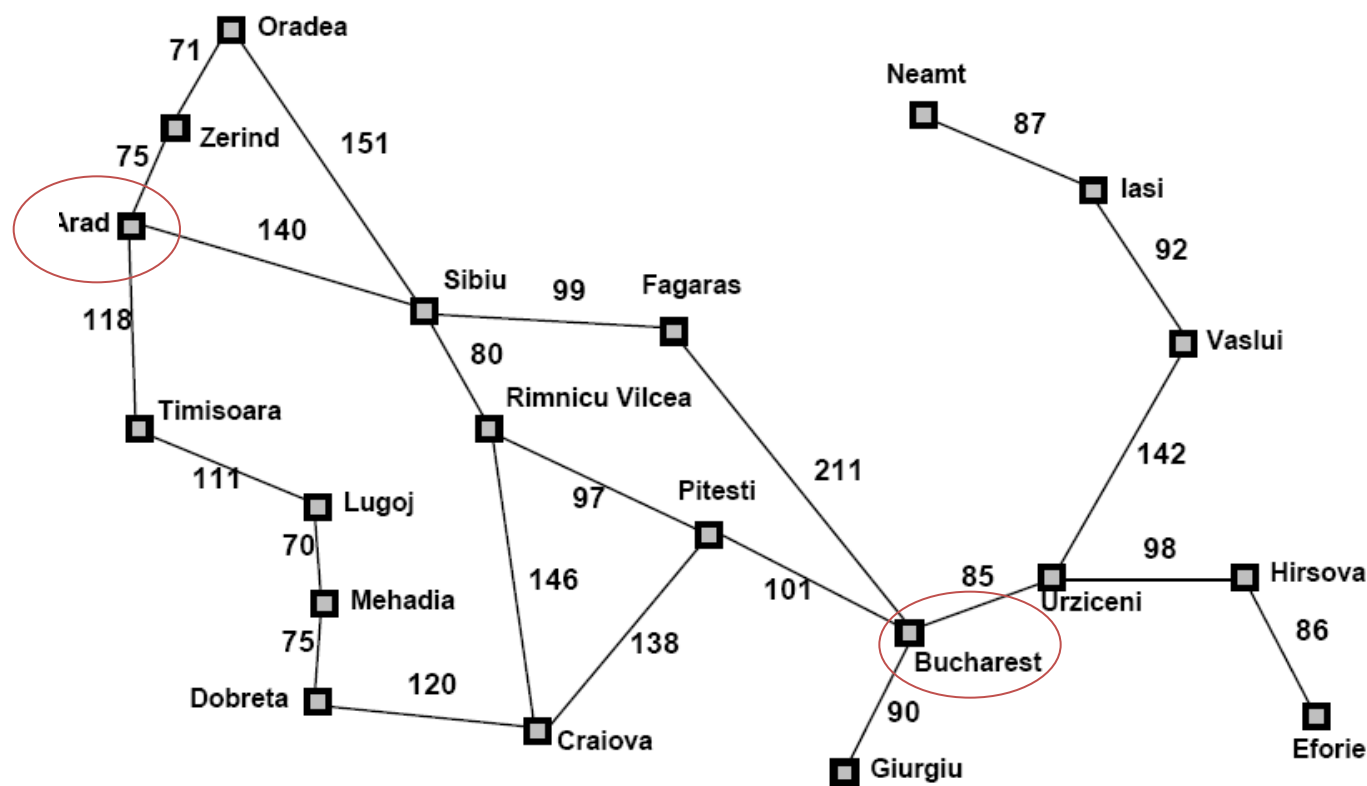
- Estratégias de busca com informação:
 - Busca Gulosa pela melhor escolha.
 - A^*
- Algoritmos de busca local:
 - Busca de Subida da Encosta
 - Busca de Têmpera Simulada
 - Busca em Feixe Local
 - Algoritmos Genéticos

Métodos de Busca Heurística

- Busca Gulosa (*Greedy Search*)
 - Tenta expandir o nó que aparece mais próximo ao nó meta.
 - Avalia os nós usando apenas a função heurística $f(n) = h(n)$.
 - Exemplo:
 - Localização de rotas na Romênia – Ir de Arad a Bucareste.
 - Usar heurística de distância em linha reta – h_{DLR} . $h(n)$ é a distância em linha reta de n até bucareste.
 - $h_{DLR}(\text{in}(\text{Arad})) = 366\text{Km}$.

Métodos de Busca Heurística

- Busca Gulosa (*Greedy Search*)
 - Exemplo: Caminho entre Arad e Bucureste.



Straight-line distance
to Bucharest

Arad	366
Bucharest	0
Craiova	160
Dobreta	242
Eforie	161
Fagaras	178
Giurgiu	77
Hirsova	151
Iasi	226
Lugoj	244
Mehadia	241
Neamt	234
Oradea	380
Pitesti	98
Rimnicu Vilcea	193
Sibiu	253
Timisoara	329
Urziceni	80
Vaslui	199
Zerind	374

Métodos de Busca Heurística

- Busca Gulosa (*Greedy Search*)
 - Exemplo:
 - Estado inicial

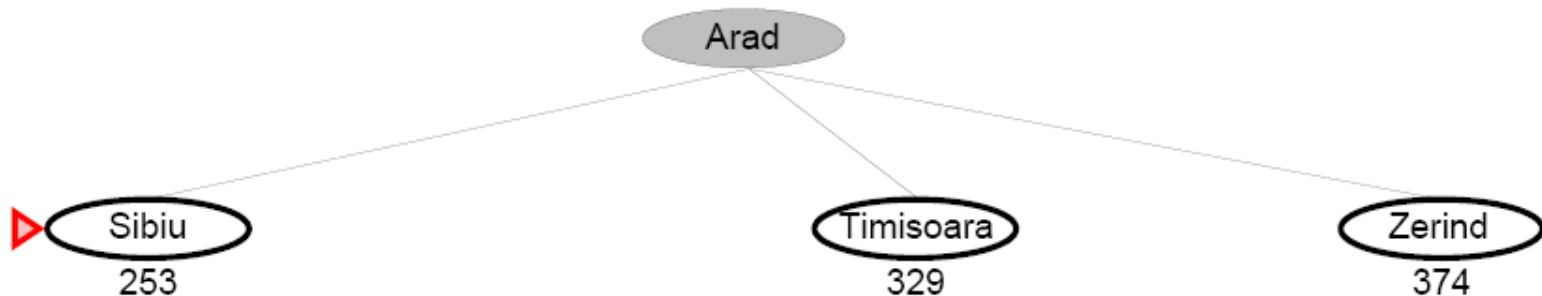


Métodos de Busca Heurística

- Busca Gulosa (*Greedy Search*)

- Exemplo:

- Após expandir Arad

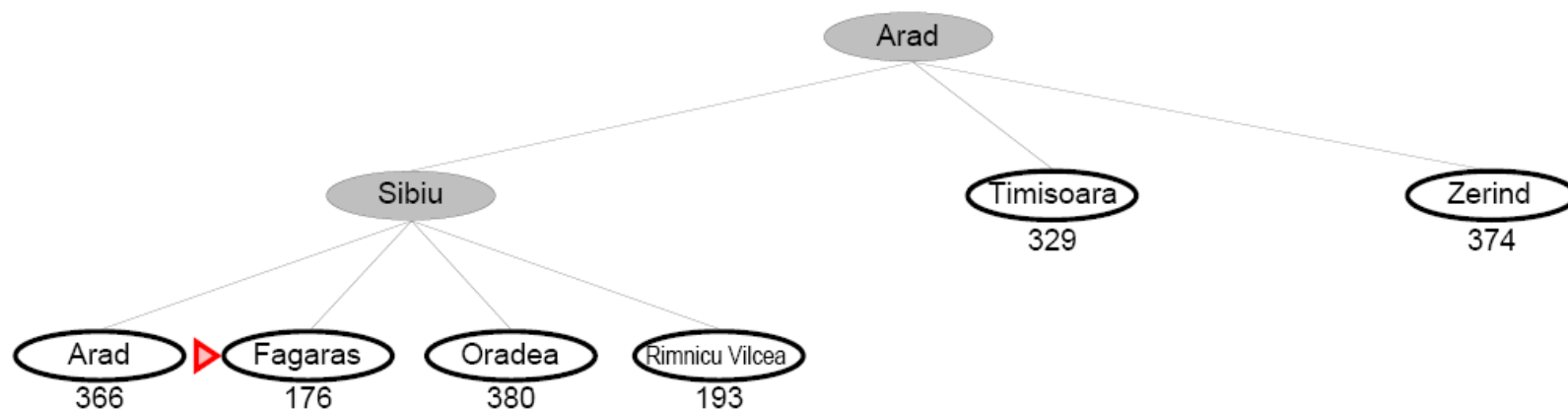


Métodos de Busca Heurística

- Busca Gulosa (*Greedy Search*)

- Exemplo:

- Após expandir Sibiu

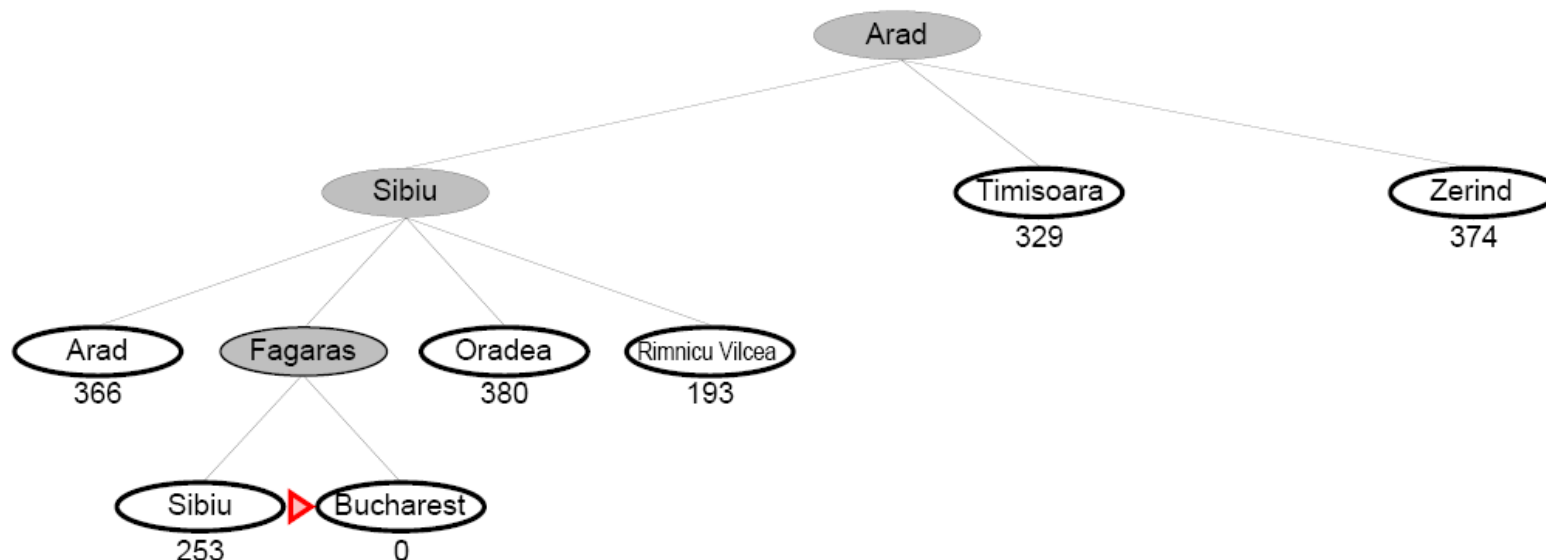


Métodos de Busca Heurística

- Busca Gulosa (*Greedy Search*)

- Exemplo:

- Após expandir Fagaras



Métodos de Busca Heurística

- Busca Gulosa (*Greedy Search*)
 - Exemplo:
 - Custo de busca foi mínimo pois nenhum nó que não esteja no caminho da solução foi expandido.
 - O caminho até Bucareste passando por Sibiu e Fagaras é 32Km mais longo que o caminho por Rimnicu Vilcea e Pitesti (otimização).
 - Algoritmo é dito *guloso* pois em cada passo tenta chegar o mais perto possível do objetivo.

Métodos de Busca Heurística

- Busca Gulosa (*Greedy Search*)
 - Observações:
 - Semelhante à busca em profundidade por preferir seguir um único caminho até o objetivo, mas voltará ao encontrar um beco sem saída (*backtracking*).
 - Não é ótimo e é incompleta.
 - Pode entrar em um caminho infinito e nunca retornar para experimentar outras possibilidades.

Métodos de Busca Heurística

- Busca Gulosa (*Greedy Search*)
 - Análise de complexidade
 - É completa se não admitir estados repetidos.
 - Tempo: uma boa heurística pode reduzir drasticamente o tempo.
 - Espaço: todos os nós são matidos na memória.
 - Não garante a solução ótima.

Métodos de Busca Heurística

- **A*** (A estrela)
 - Procura evitar expandir nós que já são “custosos”.
 - É um método de busca que procura otimizar a solução, considerando todas as informações disponíveis até aquele instante, não apenas as da última expansão.
 - Todos os estados abertos até determinado instante são candidatos à expansão.
 - Combina, de certa forma, as vantagens tanto da busca em largura como em profundidade.
 - Busca onde o nó de menor custo “aparente” na fronteira de espaço de estados é expandido primeiro.

Métodos de Busca Heurística

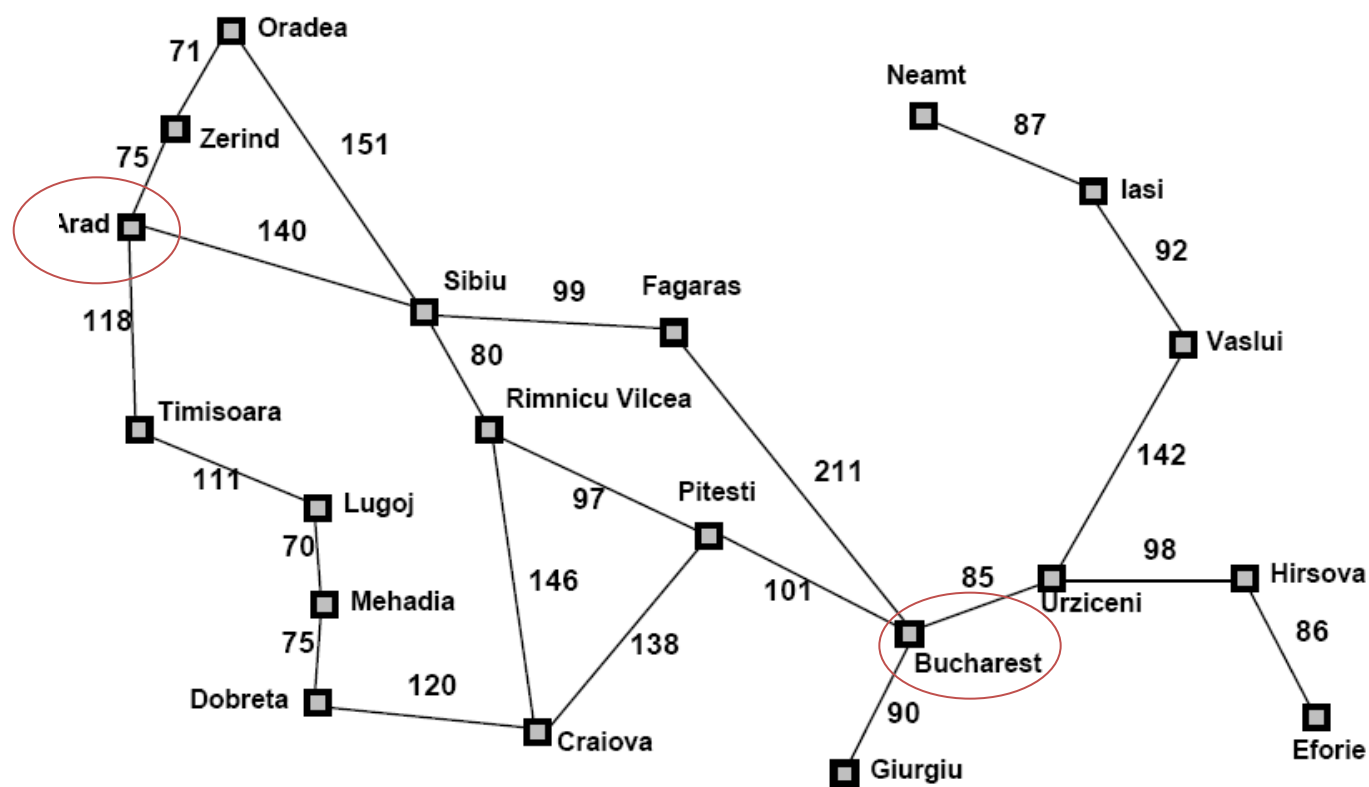
- A^* (A estrela)
 - $f(n) = g(n) + h(n)$
 - onde:
 - $f(n)$ = custo do caminho do nó inicial até o nó n .
 - $g(n)$ = custo do caminho estimado do nó n até o nó final.
 - $h(n)$ = custo do caminho total estimado.

Métodos de Busca Heurística

- **A*** (A estrela)
 - A* expande o nó de menor valor de f a cada instante.
 - A* deve usar uma *heurística admissível*, isto é, $h(n) \leq h^*(n)$, onde $h^*(n)$ é o custo real para ir de n até o nó final.
 - **Admissibilidade de A***
 - Um método de busca é admissível se ele sempre encontra uma solução e se esta solução é a de menor custo.
 - A busca em largura é admissível. O mesmo não ocorre com a busca em profundidade.
 - **Teorema da admissibilidade de A***
 - A busca A* é ótima, isto é, sempre encontra o caminho de menor custo até a meta.

Métodos de Busca Heurística

- A* (A estrela)
 - Exemplo: Caminho entre Arad e Bucureste.

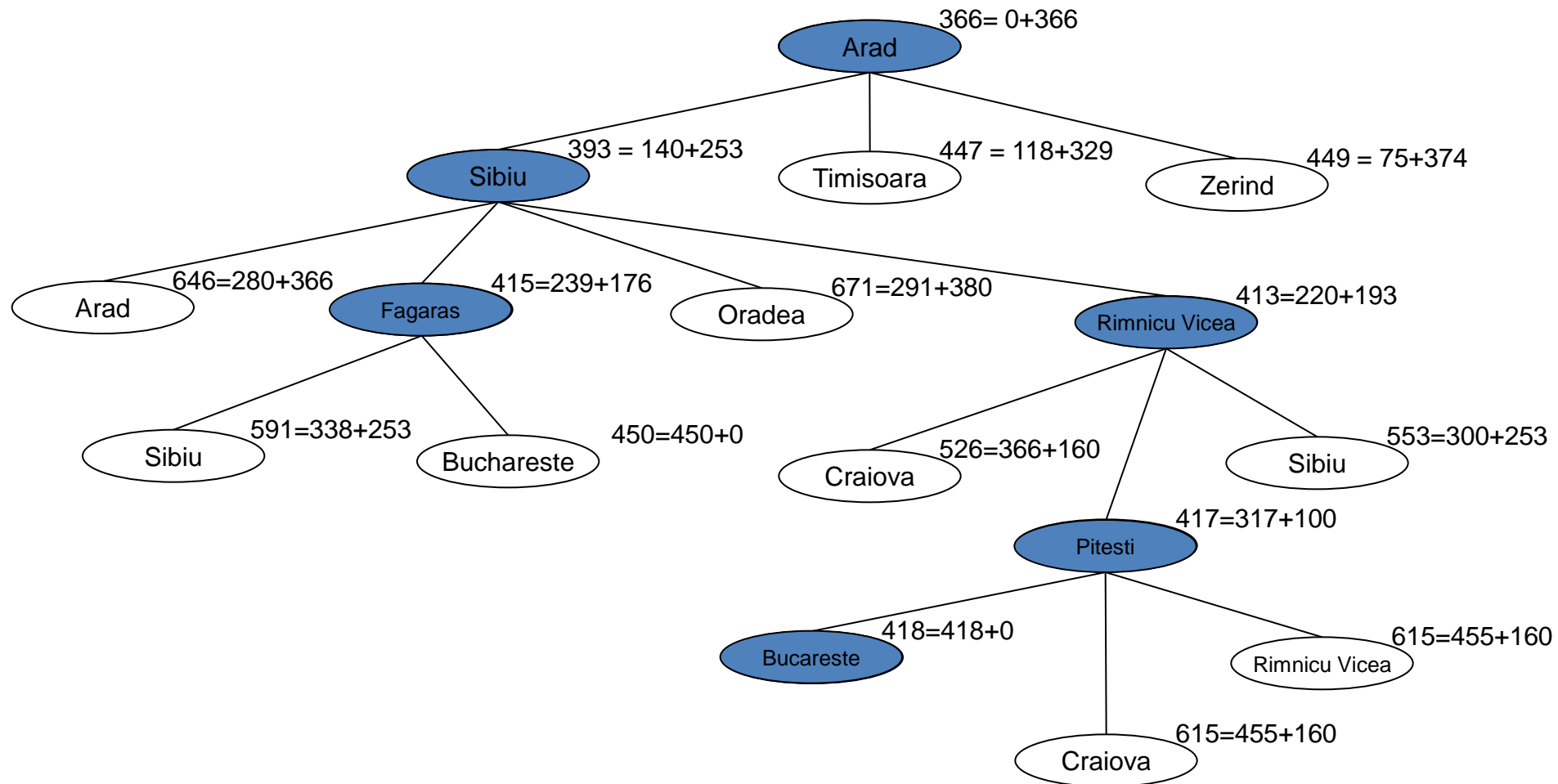


Straight-line distance
to Bucharest

Arad	366
Bucharest	0
Craiova	160
Dobreta	242
Eforie	161
Fagaras	178
Giurgiu	77
Hirsova	151
Iasi	226
Lugoj	244
Mehadia	241
Neamt	234
Oradea	380
Pitesti	98
Rimnicu Vilcea	193
Sibiu	253
Timisoara	329
Urziceni	80
Vaslui	199
Zerind	374

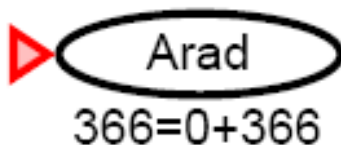
Busca Heurística

Busca A* (A estrela)



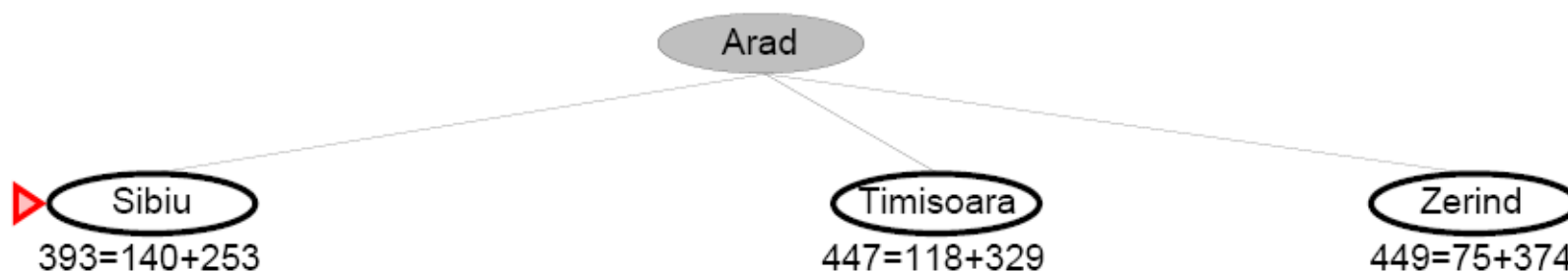
Métodos de Busca Heurística

- A^* (A estrela)
 - Exemplo:
 - Estado inicial



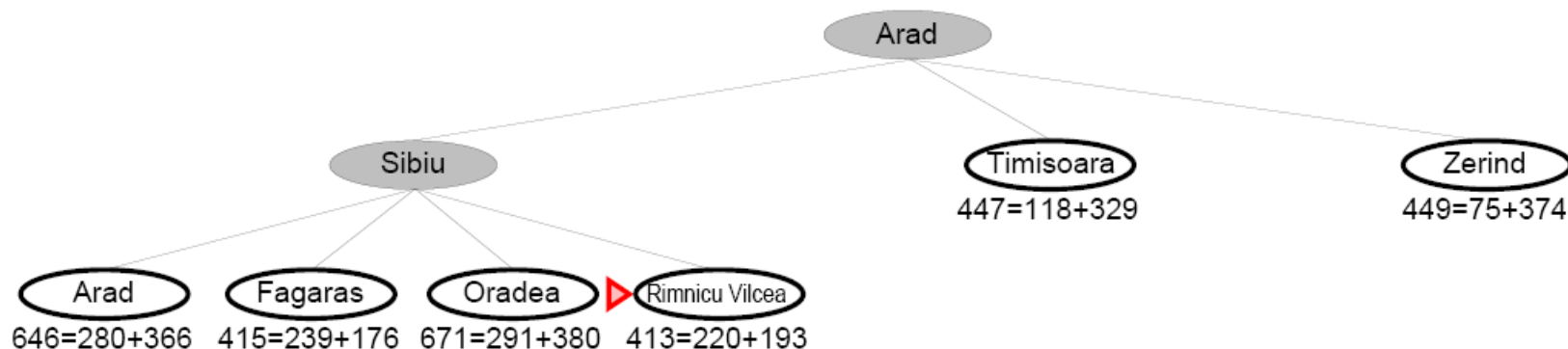
Métodos de Busca Heurística

- A^* (A estrela)
 - Exemplo:
 - Após expandir Arad



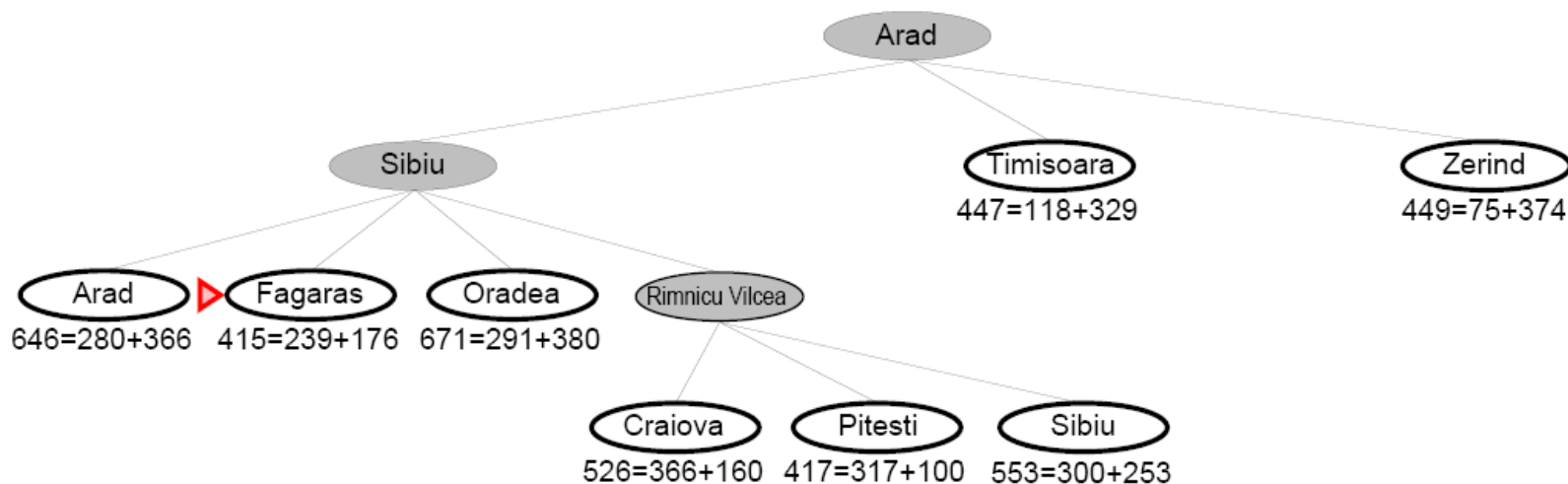
Métodos de Busca Heurística

- A^* (A estrela)
 - Exemplo:
 - Após expandir Sibiu



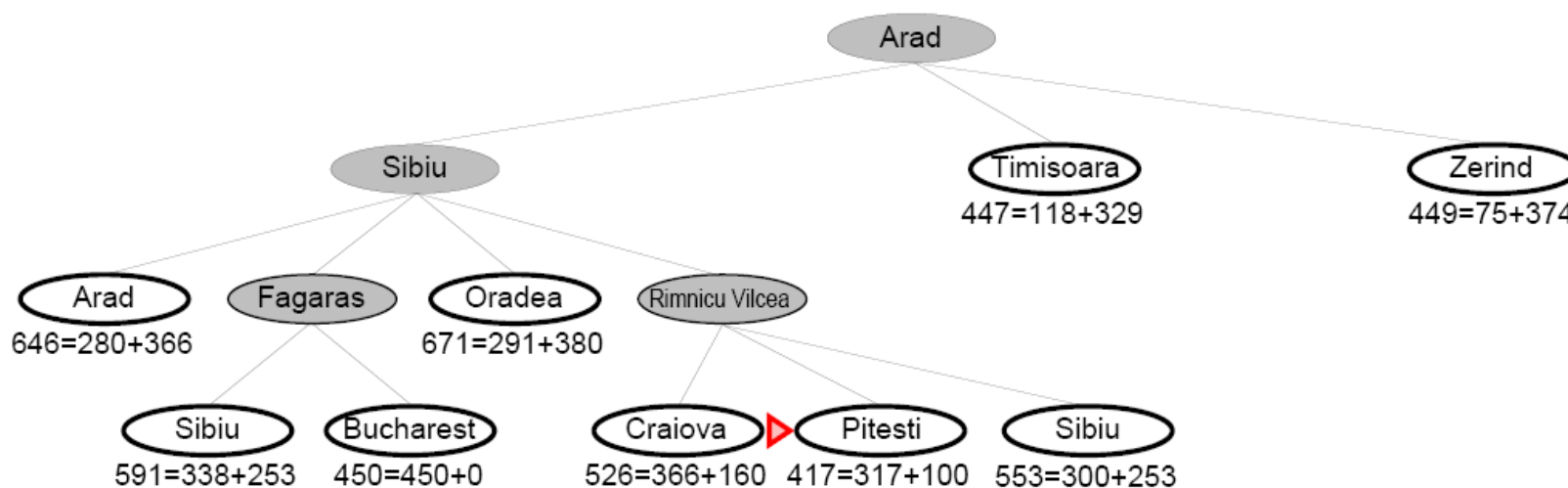
Métodos de Busca Heurística

- A^* (A estrela)
 - Exemplo:
 - Após expandir Rimniew Vilcea



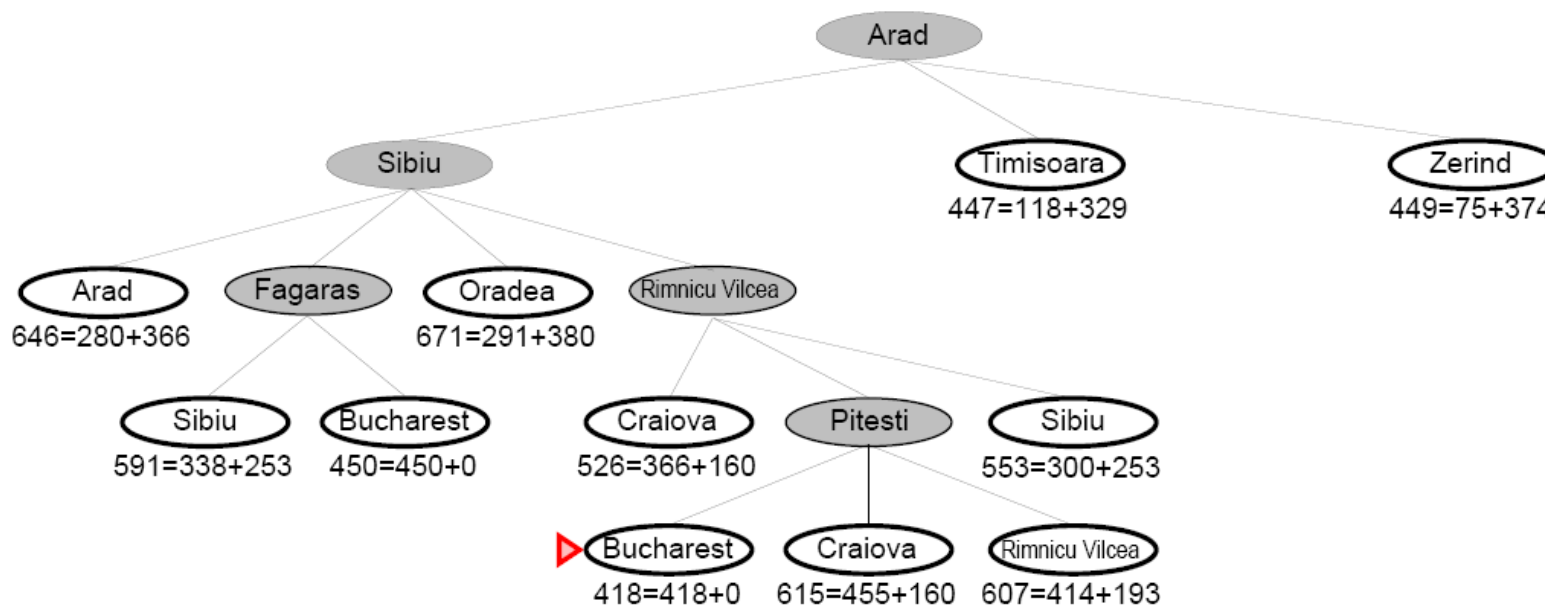
Métodos de Busca Heurística

- A^* (A estrela)
 - Exemplo:
 - Após expandir Fagaras



Métodos de Busca Heurística

- A^* (A estrela)
 - Exemplo:
 - Após expandir Pitesti



Métodos de Busca Heurística

- A^* (A estrela)

- Observações:

- Quando utilizada com busca em árvore, A^* será ótima se $h(n)$ for uma heurística admissível.
 - $h(n)$ é admissível se nunca superestimar o custo para alcançar o objetivo.
 - Se $g(n)$ é o custo exato para alcançar n , como consequência, $f(n)$ nunca irá superestimar o custo verdadeiro de uma solução passando por n .

Métodos de Busca Heurística

- A^* (A estrela)

- Observações:

- A^* será ótima se o espaço de busca for um grafo e $h(h)$ for uma **heurística consistente** (monotônica).
 - Uma heurística $h(h)$ é consistente se para todo nó n e todo sucessor n' de n gerado por qualquer ação a , o custo estimado de alcançar o objetivo a partir de n não é maior que o custo do passo de se chegar a n' somado ao custo estimado de alcançar o objetivo a partir de n' , ou seja:

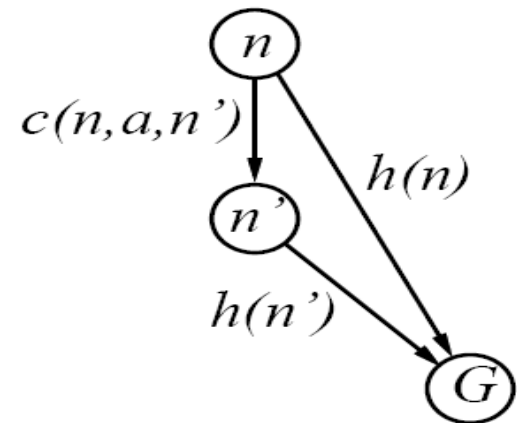
Métodos de Busca Heurística

- **A*** (A estrela)

- Observações:

- Para todo nó

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



- Toda heurística consistente é admissível.
 - Frequentemente quando $h(n)$ é admissível, é também consistente.

Métodos de Busca Heurística

- A^* (A estrela)
 - Avaliação:
 - Estratégia de busca completa.
 - Ótima.
 - Por manter todos os nós gerados em memória, esgota o espaço bem antes de esgotar o tempo.

Métodos de Busca Heurística

- EXERCÍCIO

- Algoritmo A^*

- $g(n)$: mede o comprimento real do caminho de um estado n qualquer até o estado inicial

- $h(n)$: estimativa heurística da distância entre o estado n e o objetivo

- $f(n)$: função de avaliação $f(n)=g(n)+h(n)$

- Jogo do 8

- $g(n)$ = nível do nó (custo real)

- $h(n)$ = número de peças fora do lugar (estimativa)

- » $h = (1+1+1+1+0+1+1+1)=7$

Exercício

Estado inicial

8	1	2
7	4	3
6		5

Estado objetivo

1	2	3
8		4
7	6	5

Exercícios...