PUCP

INTELIGENCIA ARTIFICIAL (1INF24)

UNIDAD 1: Introducción a la IA. Búsqueda y optimización en IA

Tema 2: La Búsqueda dentro de la Inteligencia Artificial
(Parte 2)

Dr. Edwin Villanueva Talavera

PUCP

Contenido

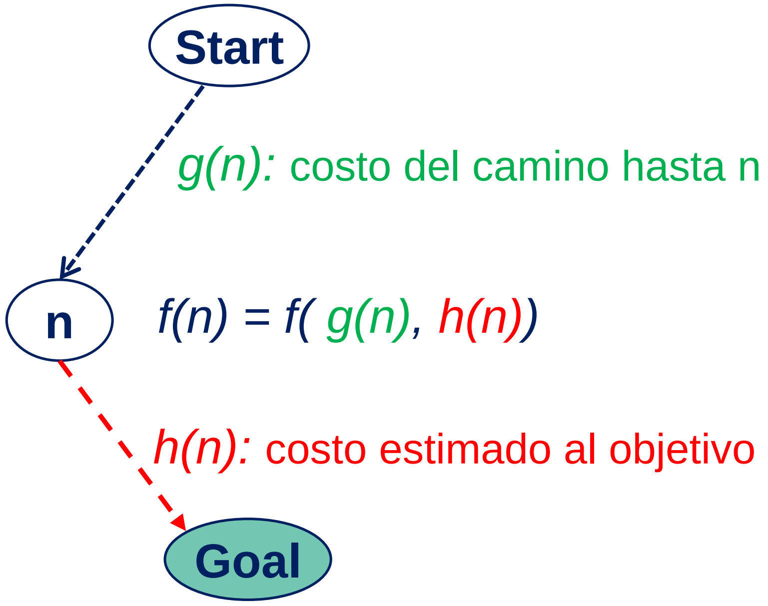
- Búsqueda con Información
  - Búsqueda codiciosa
  - Búsqueda A*
  - Heurísticas

Búsqueda con Información

- Utiliza conocimiento específico sobre el problema para encontrar soluciones de forma mas eficiente que la búsqueda ciega.
  - Conocimiento específico adicional a la definición del problema.
- Enfoque general: búsqueda por la mejor opción.
  - Utiliza una función de evaluación para cada nodo.
  - Expande el nodo que tiene la función de evaluación más baja.

Búsqueda con Información

- Idea: usar una función de evaluación *f(n)* para cada nodo.
  - f(n) es una estimación de cuan deseable es el nodo n
  - Se expande el nodo mas deseable que aún no fue expandido
  - **f(n)** es normalmente una combinación del **costo de camino g(n)** y de una **función de heurística h(n)** que mide el costo estimado para llegar al objetivo desde n



Búsqueda por la mejor opción

Implementación

```
function BEST-FIRST-GRAPH-SEARCH(problem, f ) returns a solution, or failure
  node ← a node with STATE = problem.INITIAL-STATE
  frontier ← a priority queue ordered by f , with node as the only element
  explored ← an empty set
  loop do
    if EMPTY?(frontier) then return failure
    node ← POP(frontier)   /* chooses the lowest-cost node in frontier */
    if problem.GOAL-TEST(node.STATE) then return SOLUTION(node)
    add node.STATE to explored
    for each action in problem.ACTIONS(node.STATE) do
      child ← CHILD-NODE(problem, node, action)
      if child.STATE is not in explored  And  child.STATE  is not in  frontier then
        frontier ← INSERT(child, frontier)
      else if  child.STATE is in some frontier node n with f(n) > f(child) then
        replace  frontier node n  with child
```

Búsqueda por la mejor opción

- A diferencia de BFS y DFS, los nodos de la frontera son ordenados por la función de evaluación f(n), es decir, la frontera es de tipo cola de prioridad

- La forma de f(n) determina la estrategia de búsqueda:
  - Si f(n) = g(n) se tiene Búsqueda de Costo Uniforme
  - Si f(n) = h(n) se tiene Búsqueda voraz
  - Si f(n) = g(n) + h(n) se tiene Búsqueda A*

Búsqueda Voraz

- Es un tipo de búsqueda por la mejor opción donde la función de evaluación: *f(n)* = *h(n)* (heurística)

  = estimado del costo del camino mas barato para llegar al objetivo desde *n*

  - *h(nodo_objetivo) = 0*

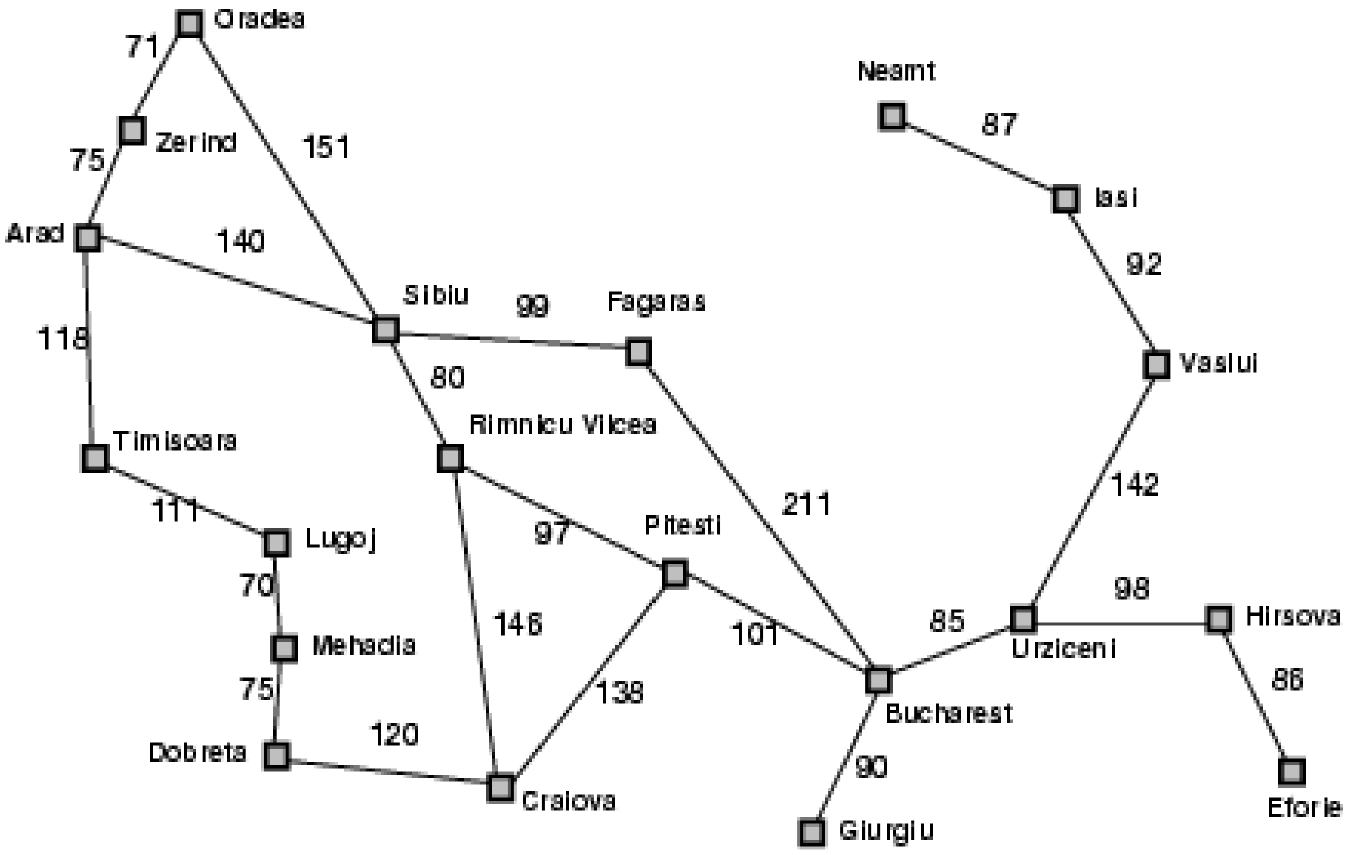
Ejemplo: h(n) = $h_{DLR}(n)$ = distancia en línea recta desde n hasta el objetivo.

- La búsqueda codiciosa o voraz expande el nodo en la frontera con menor *h(n)*, osea, el que parece que está mas próximo al objetivo de acuerdo a la función heurística.

PUCP

Búsqueda Voraz

Ejemplo de búsqueda voraz en el mapa de Romania siendo el objetivo Bucharest y heurística hDLR(n):



Distancia en linea recta hasta Bucareste

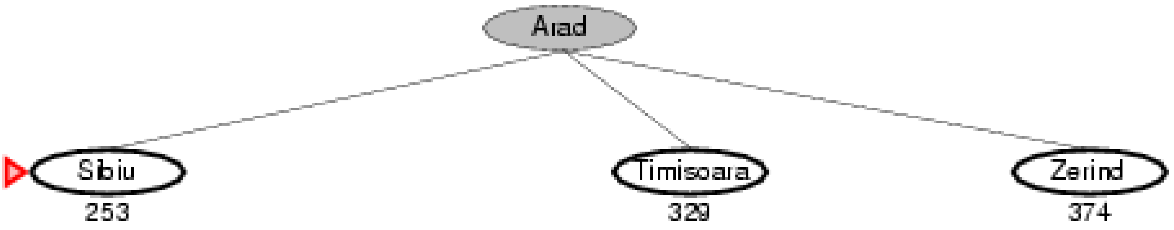
Arad	366
Bucharest	0
Craiova	160
Dobreta	242
Eforie	161
Fagaras	176
Giurgiu	77
Hirsova	151
Iasi	226
Lugoj	244
Mehadia	241
Neamt	234
Oradea	380
Pitesti	10
Rimnicu Vilcea	193
Sibiu	253
Timisoara	329
Urziceni	80
Vaslui	199
Zerind	374

Búsqueda Voraz

Ejemplo de búsqueda voraz en el mapa de Romania siendo el objetivo Bucharest y heurística hDLR(n):

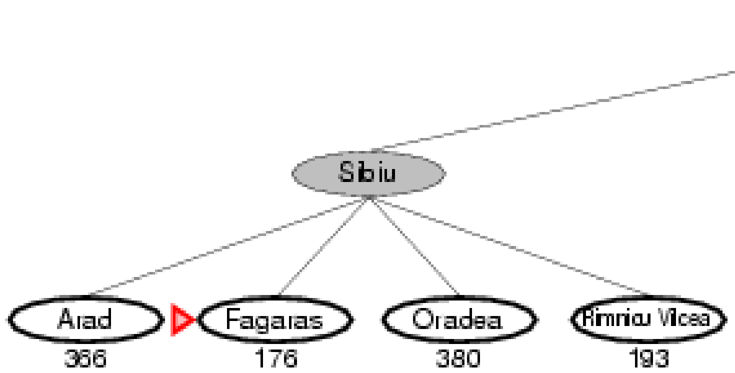
Búsqueda Voraz

Ejemplo de búsqueda voraz en el mapa de Romania siendo el objetivo Bucharest y heurística hDLR(n):



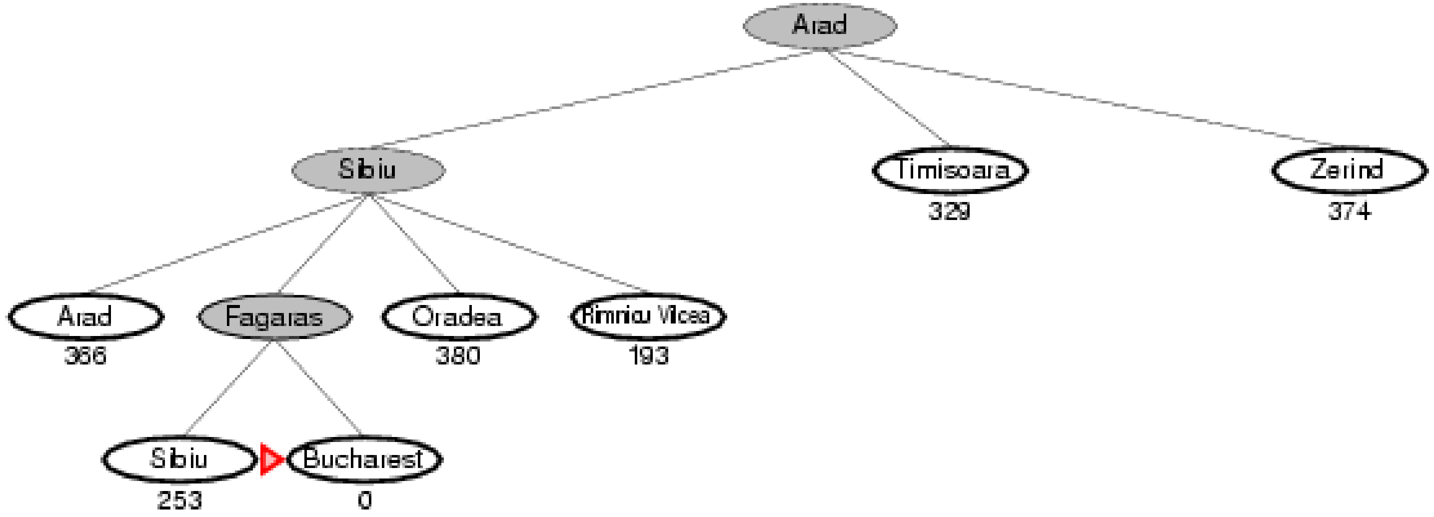
Búsqueda Voraz

Ejemplo de búsqueda voraz en el mapa de Romania siendo el objetivo Bucharest y heurística hDLR(n):



Búsqueda Voraz

Ejemplo de búsqueda voraz en el mapa de Romania siendo el objetivo Bucharest y heurística hDLR(n):



El camino via Rimnicu Vilcea y Pitesti es 32 km mas corto!

Búsqueda Voraz

Propiedades de búsqueda voraz

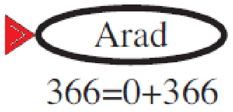
- Completa? Si, si chequea estados repetidos.
- Complejidad de tiempo: $O(b^m)$ en el peor caso, pero una buena función heurística puede llevar a una reducción substancial
- Complejidad de espacio:
  - $O(b^m)$, mantiene todos los nodos en memoria.
- Optima? NO. Puede haber un camino mejor siguiendo algunas opciones peores en algunos nodos del árbol de búsqueda

Búsqueda A*

- Es la forma mas común de búsqueda por la mejor opción
- Função de avaliação $f(n) = g(n) + h(n)$
  - $g(n)$ = costo del camino para alcanzar n
  - $h(n)$ = costo estimado del camino mas barato de n hasta el objetivo
  - $f(n)$ = costo total estimado del camino mas barato hasta el objetivo pasando por n

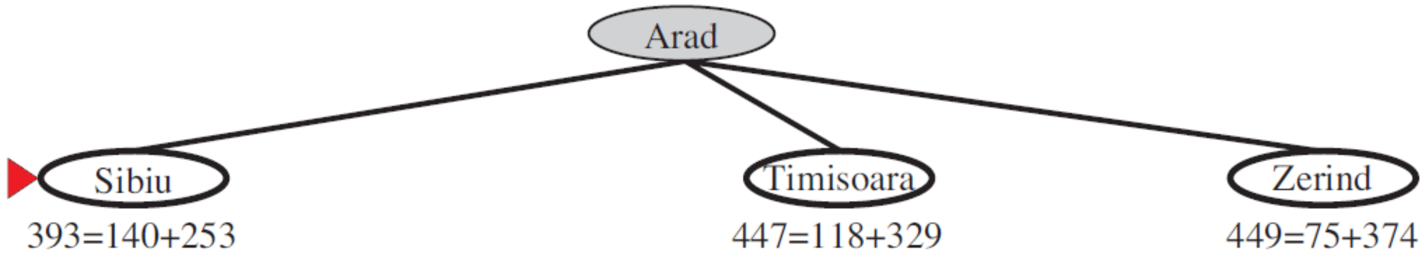
Búsqueda A*

Ejemplo de búsqueda A* el mapa de Romania siendo el objetivo Bucharest y heurística hDLR(n)



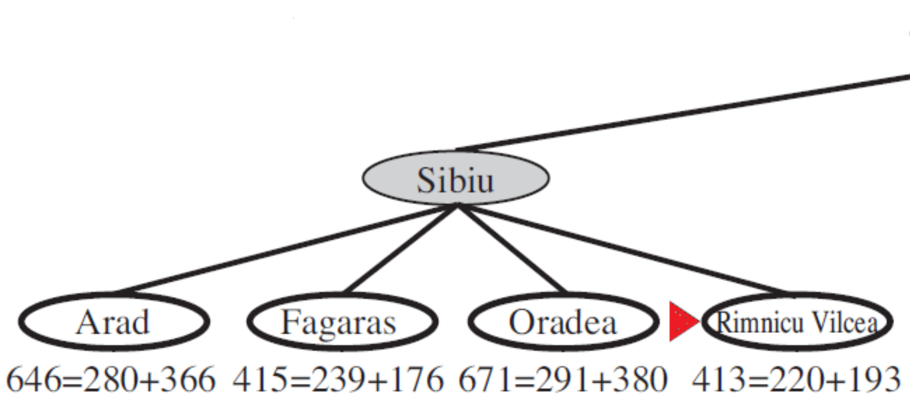
Búsqueda A*

Ejemplo de búsqueda A* el mapa de Romania siendo el objetivo Bucharest y heurística hDLR(n)



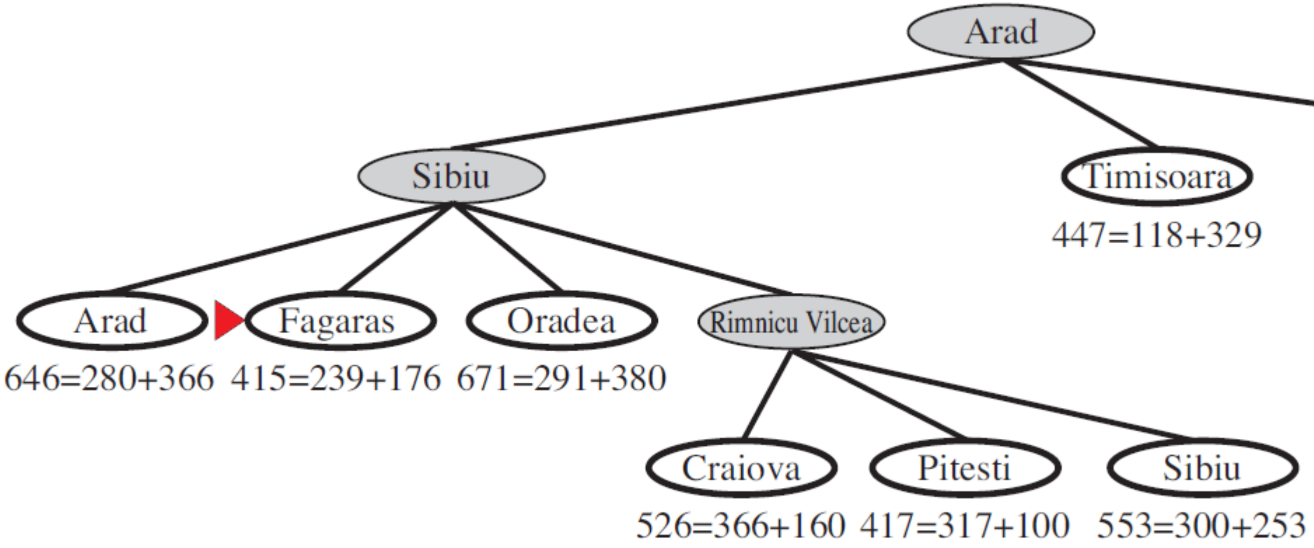
Búsqueda A*

Ejemplo de búsqueda A* el mapa de Romania siendo el objetivo Bucharest y heurística hDLR(n)



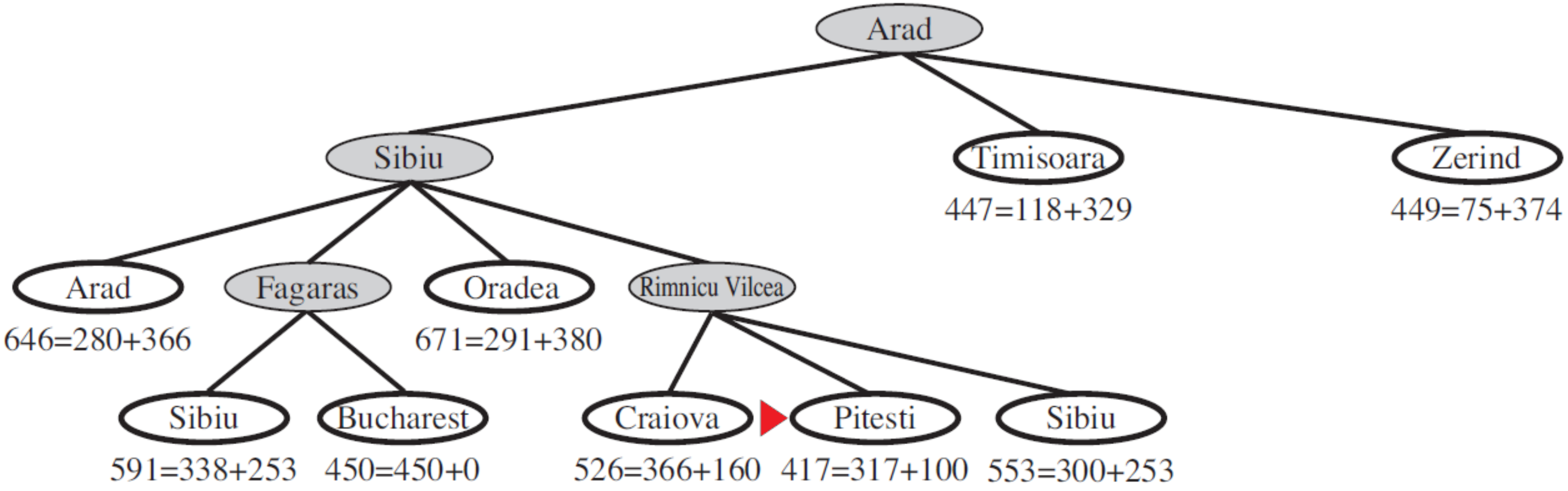
Búsqueda A*

Ejemplo de búsqueda A* el mapa de Romania siendo el objetivo Bucharest y heurística hDLR(n)



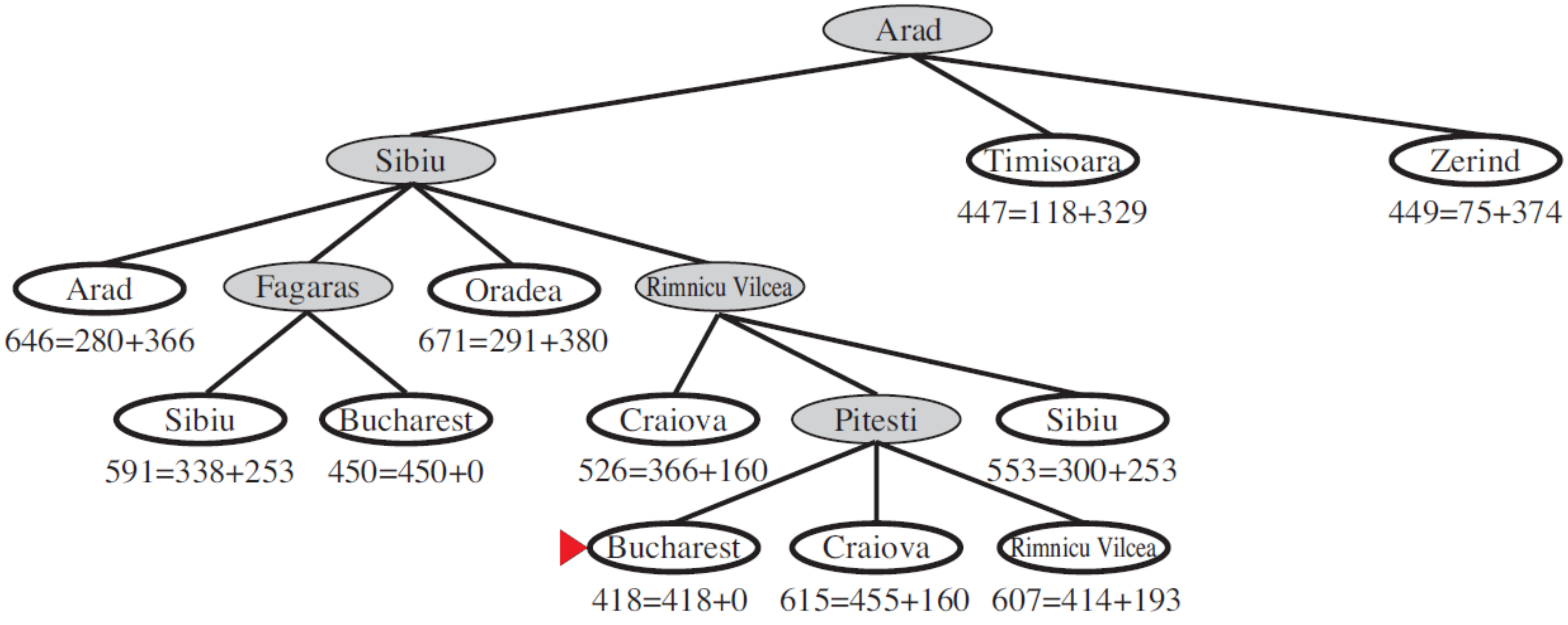
Búsqueda A*

Ejemplo de búsqueda A* el mapa de Romania siendo el objetivo Bucharest y heurística hDLR(n)



Búsqueda A*

Ejemplo de búsqueda A* el mapa de Romania siendo el objetivo Bucharest y heurística hDLR(n)



Búsqueda A*

Condiciones de Optimalidad: **Admisibilidad**

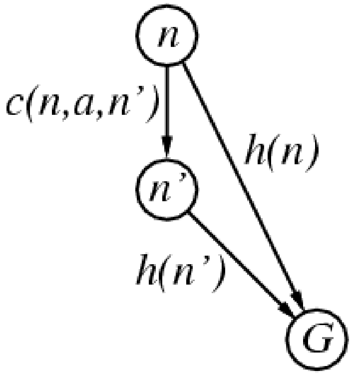
- Una heurística $h(n)$ es admisible si para cada nodo n se verifica $h(n) \leq h^*(n)$, donde $h^*(n)$ es el costo verdadero de alcanzar el estado objetivo a partir de n
- Una heurística admisible nunca sobreestima el costo de alcanzar el objetivo, es decir, la heurística siempre es optimista.
  - Ejemplo: $h_{DLR}(n)$ (distancia en línea recta nunca es mayor que distancia por las calles).
- Teorema: Si $h(n)$ es admisible, A^* es optimo con búsqueda en árbol (sin memoria de estados visitados).
- Cuando se usa BEST-FIRST-GRAPH-SEARCH se necesita una condición mas estricta para garantizar optimalidad: Consistencia

Búsqueda A*

Condiciones de Optimalidad: **Consistencia**

- Una heurística *h(n)* es consistente (o monotónica) si para cada nodo *n* y sucesor *n'* generado por acción *a* se verifica que:

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



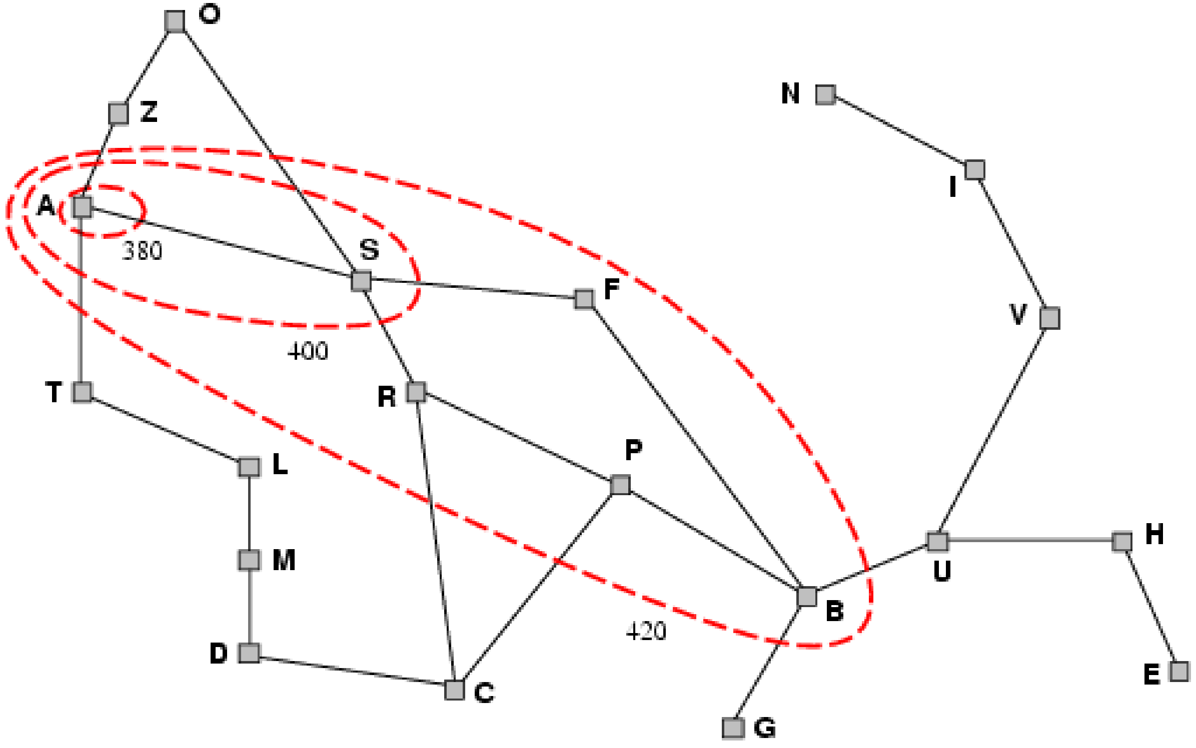
Es una forma de la desigualdad triangular (cada lado del triangulo no puede ser mayor que la suma de los otros lados.

- Toda heurística consistente es también admisible

Búsqueda A*

Contornos de valores *f* en el espacio de estados que A* traza

- A* expande nodos en orden creciente de valores de *f*
- Gradualmente adiciona contornos de nodos
- Los estados fuera del contorno *i* tienen $f > f_i$, donde $f_i < f_{i+1}$
- No expande nodos con f(n)> C* (costo de la solución optima)



Si h(n)=0 tenemos una búsqueda de costo uniforme ⇒ círculos concéntricos.

Cuanto mejor la heurística mas direccionados son las elipses hacia el objetivo

Búsqueda A*

Propiedades de A*

- Completa? Si, a menos que exista una cantidad infinita de nodos con f(n)< C*)
- Complejidad de tiempo: Exponencial en el peor de los casos (heurística no apropiada)
- Complejidad de espacio: También exponencial en el peor caso ya que mantiene todos los nodos en memoria.
- Optima? SI, si heurística es admisible y consistente (Graph-search)

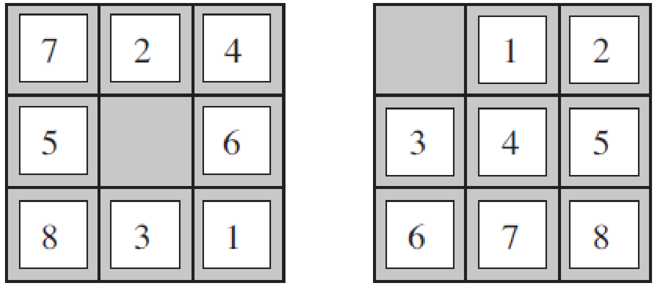
□ Óptimamente Eficiente: Ningún otro algoritmo de búsqueda garantiza expandir un numero menor de nodos que A* y encontrar la solución optima. Esto porque cualquier algoritmo que no expande todos los nodos con f(n) < C* corre el riesgo de omitir una solución optima.

Heurísticas

Ejemplo de heurísticas admisibles

- Para el rompecabezas de 8 piezas:
  - $h_1(n)$ = número de piezas fuera de posición
  - $h_2(n)$ = distancia "Manhattan" total (para cada pieza calcular la distancia en movidas verticales y horizontales hasta su posición objetivo)

Ejercicio



Start State   Goal State

- $h_1(S) = ?$
- $h_2(S) = ?$

Heurísticas

Dominancia:

- Una heurística h_2 domina a otra heurística h_1 si para todo nodo n:

$$h_2(n) \geq h_1(n)$$

- h_2 es mejor que h_1 cuando h_2 domina h_1
  - La heurística dominante h_2, al tener mayores valores de h en cada nodo, expande nodos mas próximos del objetivo de que h_1, significando menos nodos expandidos.

Heurísticas

Como crear heurísticas admisibles: **problema relajado**

- El costo de la solución optima de una simplificación del problema (problema relajado) puede ser una heurística para el original.

Por ejemplo, en el problema del rompecabezas de 8 piezas, la formulación original es:

7	2	4
5		6
8	3	1

Una pieza puede moverse del cuadrado A al cuadrado B si

A es horizontalmente o verticalmente adyacente a B y B es blanco

Podríamos generar los siguientes problemas relajados:

I. Una pieza puede moverse del cuadrado A al cuadrado B

II. Una pieza puede moverse del cuadrado A al cuadrado B si A es adyacente a B

El costo de la solución óptima del problema (I) seria h_1, (# piezas fuera de lugar), mientras que el costo de la solución optima del problema (II) seria h_2 (distancia Manhatan)

Heurísticas

Como crear heurísticas admisibles: **problema relajado**

- Las heurísticas generadas con problemas relajados son admisibles, ya que el costo de la solución del problema relajado nunca va ser mayor que el del problema original
- También son consistentes para el problema original si lo son para el problema relajado
- Si se tiene una colección de heurísticas admisibles $h_1 \ldots h_m$ y ninguna domina a las demás, se puede generar una nueva heurística *h* que domina a todas:

$$h(n) = \max\{h_1(n), \ldots, h_m(n)\}$$

Bibliografía

Capitulo 3.5 y 3.6 del libro:

Stuart Russell & Peter Norvig "Artificial Intelligence: A modern Approach", Prentice Hall, Third Edition, 2010

¡Gracias!