729G78 Artificiell intelligens
Sökning – Blind sökning

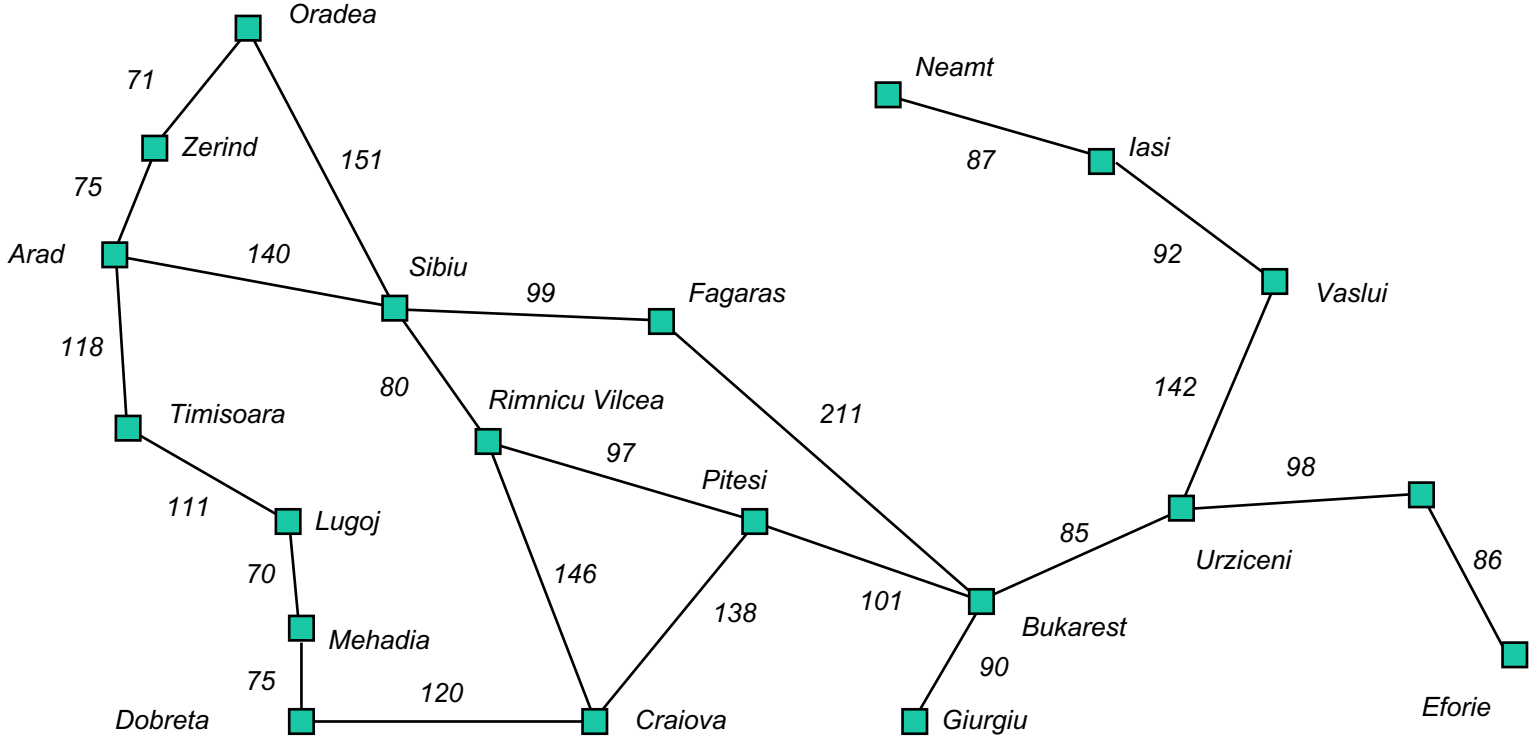
Arne Jönsson
HCS/IDA

LINKÖPINGS UNIVERSITET

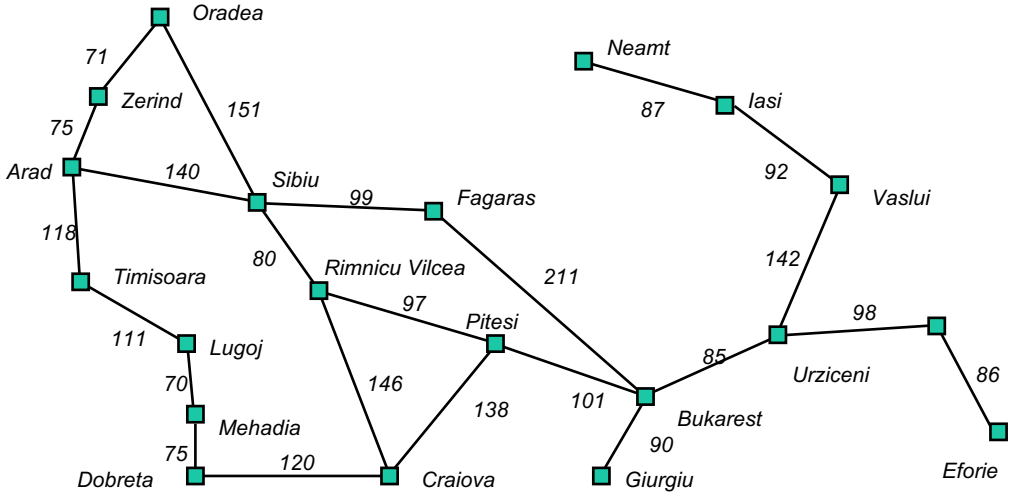
Problemformulering

Ex. Hitta bästa vägen från Arad till Bukarest

Returnera en sekvens av handlingar till en intelligent agent



Tillståndsrymd



- Initialtillstånd
  - In(Arad)
- Måltest
  - {In(Bukarest)}
- Handlingar
  - {Go(Sibiu), Go(Zerind), Go(Timisoara)}
- Övergångsmodell
  - Operationer som beskriver effekten av en handling som en funktion av tillståndsförändringar
  - Result(In(Arad), Go(Sibiu)) = In(Sibiu)
- Handlingskostnad
  - Arad → Timisoara → Lugoj = 118+111=229

Exempel

Vattenhinksproblemet

- 2 hinkar, en 4-liter, en 3-liter
- En kran att fylla med
- Problem: att få exakt 2 liter i 4-litershinken

Extraantaganden

- Inget litersmått
- Vatten i kranen
- Kan hälla vatten mellan hinkar
- ……

Vattenhinksproblemet

Tillstånd:

- X = 4-litershinken
- Y = 3-litershinken
- Initialtillstånd (X=0, Y=0)
- Måltillstånd: (2, Y)

Kostnad: 1 per operation

Operatorer:

- Fyll en hink
- Töm en hink
- Fyll från en hink till en annan
- Häll ut lite vatten

Vattenhinksproblemet

Operationer:

$(X,Y: X < 4) \rightarrow (4, Y)$

$(X,Y: Y < 3) \rightarrow (X, 3)$

$(X,Y: X > 0) \rightarrow (0, Y)$

$(X,Y: Y > 0) \rightarrow (X, 0)$

$(X,Y: X+Y \geq 4 \wedge Y>0) \rightarrow (4, Y-(4-X))$

$(X,Y: X+Y \geq 3 \wedge X>0) \rightarrow (X-(3-Y), 3)$

$(X,Y: X+Y =< 4 \wedge Y>0) \rightarrow (X+Y, 0)$

$(X,Y: X+Y =< 3 \wedge X>0) \rightarrow (0, X+Y)$

Sökning

- Datastrukturer och operationer
- Värdering av sökstrategier
- Blind sökning
- Heuristisk sökning
- Genetiska algoritmer
- Spelförande program
- Constraint satisfaction

Sökning

Datastruktur:

`nod = [tillstånd, förälder, operator, djup, vägkostnad]`

Expandera varje nod

Applicera operatorer på ett tillstånd och generera alla nya tillstånd

Ex: Initialtillståndet (0, 0) expanderas till (4, 0) och (0, 3)

(4, 0) expanderas till (0, 0) (4, 3) (1, 3)

(0, 3) expanderas till (0, 0) (4, 3) (3, 0)

etc.

Sökstrategi avgör vilken nod som skall expanderas

Kööperationer

Sökalgoritmer sparar noder som skall expanderas i en kö

Typiska kööperationer:

- `isEmpty(queue)`
- `pop(queue)`
- `add(element, queue)`

Generell sökalgoritm

```
def treeSearch(problem):
  frontier = add(initialState(problem), frontier)
  while true:
    if isEmpty(frontier):
        return failure
    node = pop(frontier)
    if goalTest(problem, state(node)):
        return node
    frontier = add(expand(node, problem), frontier)
```

Nodexpansion

`expand(node, problem)`

Skapa en lista av noder, s, som är efterföljare till en nod, n, där:

state[s] = tillståndet efter uförd legal handling i n

parent-node[s] = n

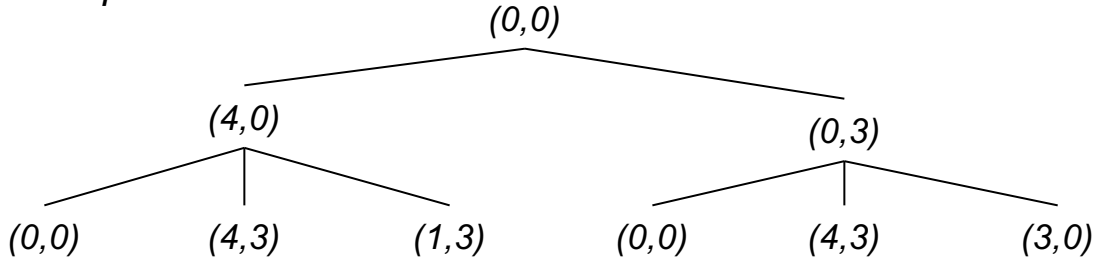
action[s] = handlingen som utfördes

vägkostnad[s] = vägkostnad[n] + kostnad från n till s

djup[s] = djup[n] + 1

Undvika loopar

Ex vattenhinksproblemet



- Generera inte tillstånd som är lika med fadertillståndet
- Generera inte vägar med cykler
  - Behöver bara leta från noden som genererats upp till startnoden
- Generera inte ett tillstånd som genererats förut
  - Varje tillstånd måste lagras i minnet, $O(b^d)$

Sökning

- Effektivitet
  - Nås målet?
  - Till vilken kostnad?
  - Hur bra är lösningen?
- Totalkostnaden = handlingskostnaden + sökkostnaden

Värdering av sökstrategi

- Komplett
  - hittar lösning om den finns
- Optimal
  - hittar ”bästa” lösningen
- Tidsåtgång
- Minnesåtgång

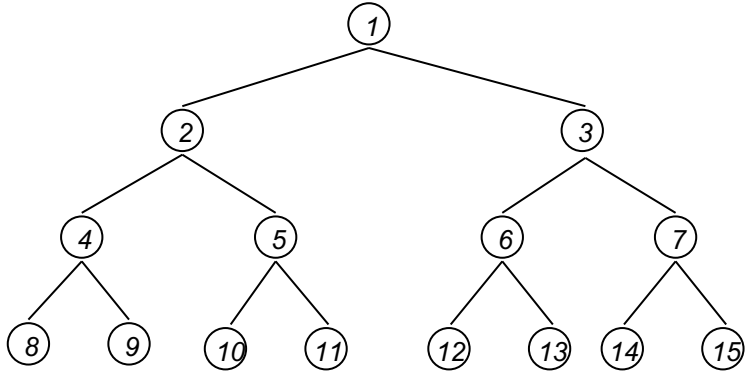
Blind sökning

Ingen information om hur långt det är kvar till målet

- Bredden först
- Uniform cost
- Djupet först
- Djupbegränsad sökning
- Iterativ fördjupning
- Dubbelriktad sökning

Bredden först

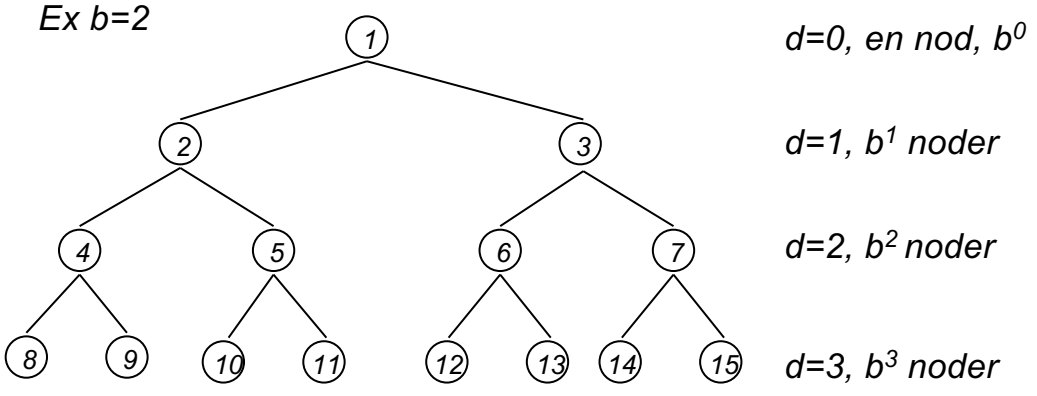
- Expandera alla noder på en nivå innan nästa nivå



Implementeras med `insert` *som en FIFO-kö*

Bredden först

- Komplett
- Optimal
- Komplexitet ett problem
  - Förgreningsfaktor b
  - Sökdjup d

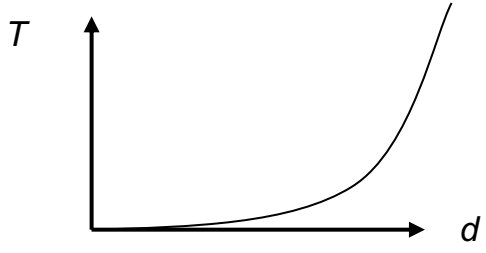


Bredden först

Antag lösning på djupet d, då har vi expanderat:

$1+b+b^2+b^3+b^4+b^5+\ldots\ldots\ldots b^d$ noder

Vid komplexitetsanalys säger vi att vi har $O(b^d)$, dvs exponentiell tillväxt



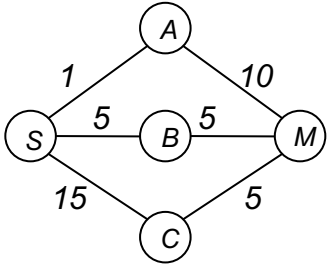
Bredden först, tids- och minneskomplexitet

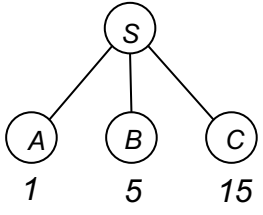
Djup	Noder	Tid	Minne
2	110	0,11 ms	0,1 MB
4	11110	11 ms	10,6 MB
6	10^6	1.1 s	1 GB
8	10^8	2 min	103 GB
10	10^{10}	3 timmar	10 TB
12	10^{12}	13 dagar	1 PetaByte
14	10^{14}	3,5 år	99 PetaByte
16	10^{16}	350 år	10 ExaByte

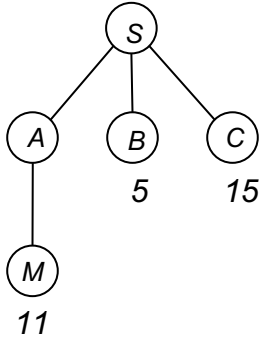
Förgreningsfaktor = 10, 1 miljon noder/sekund, 1000 bytes/nod

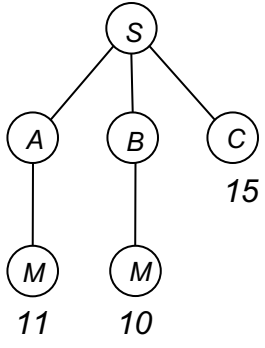
Uniform Cost

- Om inte alla operatorer har samma kostnad
- Expandera billigaste vägen längs ”frontier”





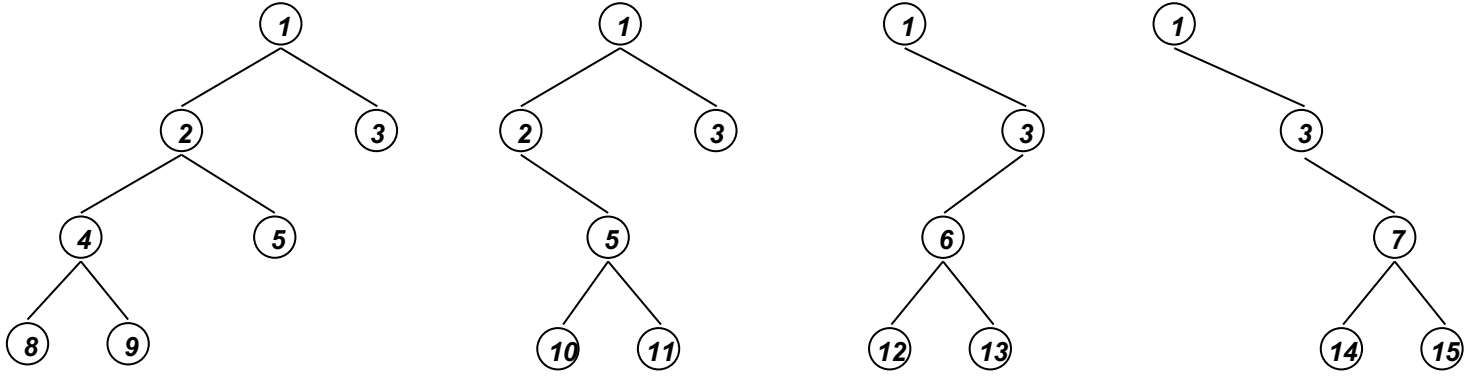




- Optimal och komplett om det inte finns negativa kostnader
- I princip $O(b^d)$ för tids- och minneskomplexitet ($O(b^{1+C^*/\varepsilon})$)

Djupet först

- Följer alltid en väg till slutet, om inte en lösning backa upp



Implementeras med `insert` som en LIFO-kö, STACK

Djupet först

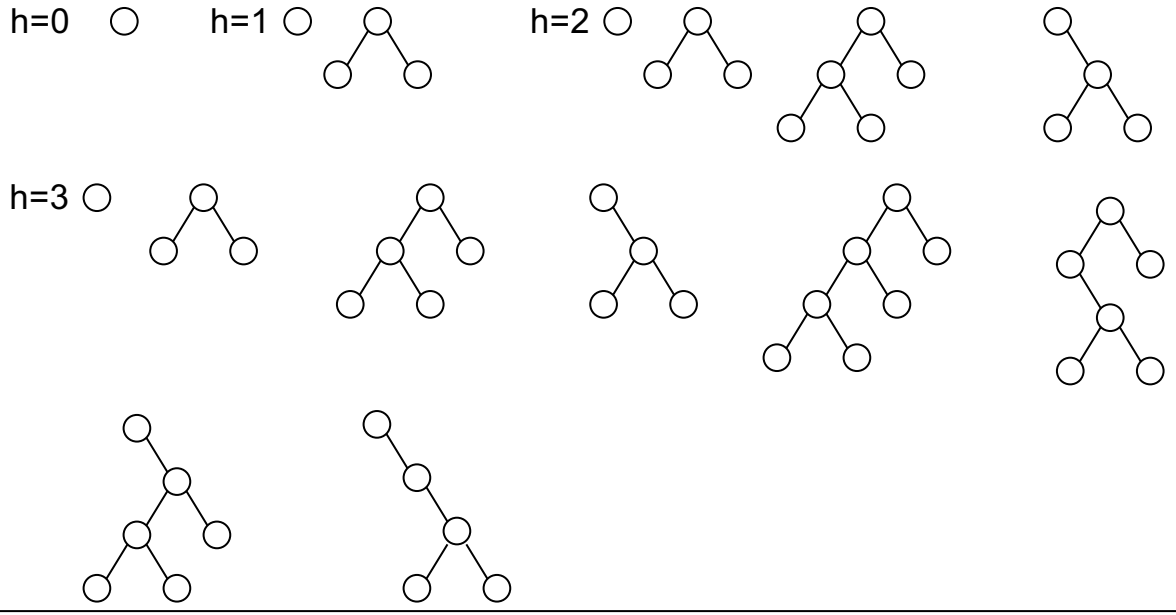
- Kräver mindre minne, m*b där m=maxdjup.
  - Jämför b=10, m=12, djupet först = 10*12=120, bredden först = 10^{12}
- Samma tidskomplexitet $O(b^m)$
- Inte optimal
- Inte komplett, kan dyka ner i en oändligt lång sökväg

Djupbegränsad sökning

- Lägg in ett maxdjup, l, för djupet först
- Tidskomplexitet fortfarande exponentiell, $O(b^l)$
- Minneskomplexitet $O(b*l)$
- Inte komplett om man inte kan skatta ett sökdjup som garanterar en lösning, jfr, rumäniengrafen, max 20 städer, dvs l=20 ger komplett
- Inte optimal

Iterativ fördjupning

- Låt sökdjupet, h, öka från 0 till det djup, d, där en lösning finns



Iterativ fördjupning

- Optimal och komplett
- Minneskomplexitet, $O(b*d)$
- Tidskomplexitet, $O(b^d)$
- Expanderar dock noderna flera gånger
  - Bredden-först $1+b+b^2+b^3+b^4+b^5+\ldots\ldots\ldots b^d$
  - Iterativ fördjupning $db+(d-1)b^2+(d-2)b^3+\ldots\ldots+3b^{d-2}+2b^{d-1}+b^d$
  - Men antal noder på nivå d många fler än resten
  - Ex b=10, d=5
  - Bredden först: 1+10+100+1000+10000+100000=111 111
  - Iterativ fördjupning: 50+400+3000+20000+100000=123 450

Dubbelriktad sökning

- Sök bredden-först från start och mål samtidigt
  - Inte alltid möjligt
- Komplett och optimal
- Tids- och minneskomplexitet, lösning djup d
  - $2b^{d/2}$, dvs $O(b^{d/2})$
  - Ex b=10, d=6
  - Bredden först, $O(b^d) = 10^6 = 1000000$
  - Dubbelriktad sökning = $10^{6/2} = 10^3 = 1000$

Egenskaper hos sökstrategier

Kriterium	**Bredden först**	**Uniform Cost**	**Djupet först**	**Djup-begränsad**	**Iterativ fördjup-ning**	**Dubbel-riktad sökning**
Komplett?	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja	Ja
Optimal?	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja	Ja
Tid	$O(b^d)$	$O(b^{1+C^*/\varepsilon})$	$O(b^m)$	$O(b^l)$	$O(b^d)$	$O(b^{d/2})$
Minne	$O(b^d)$	$O(b^{1+C^*/\varepsilon})$	$O(bm)$	$O(bl)$	$O(bd)$	$O(b^{d/2})$