729G78 Artificiell intelligens
Sökning – Blind sökning

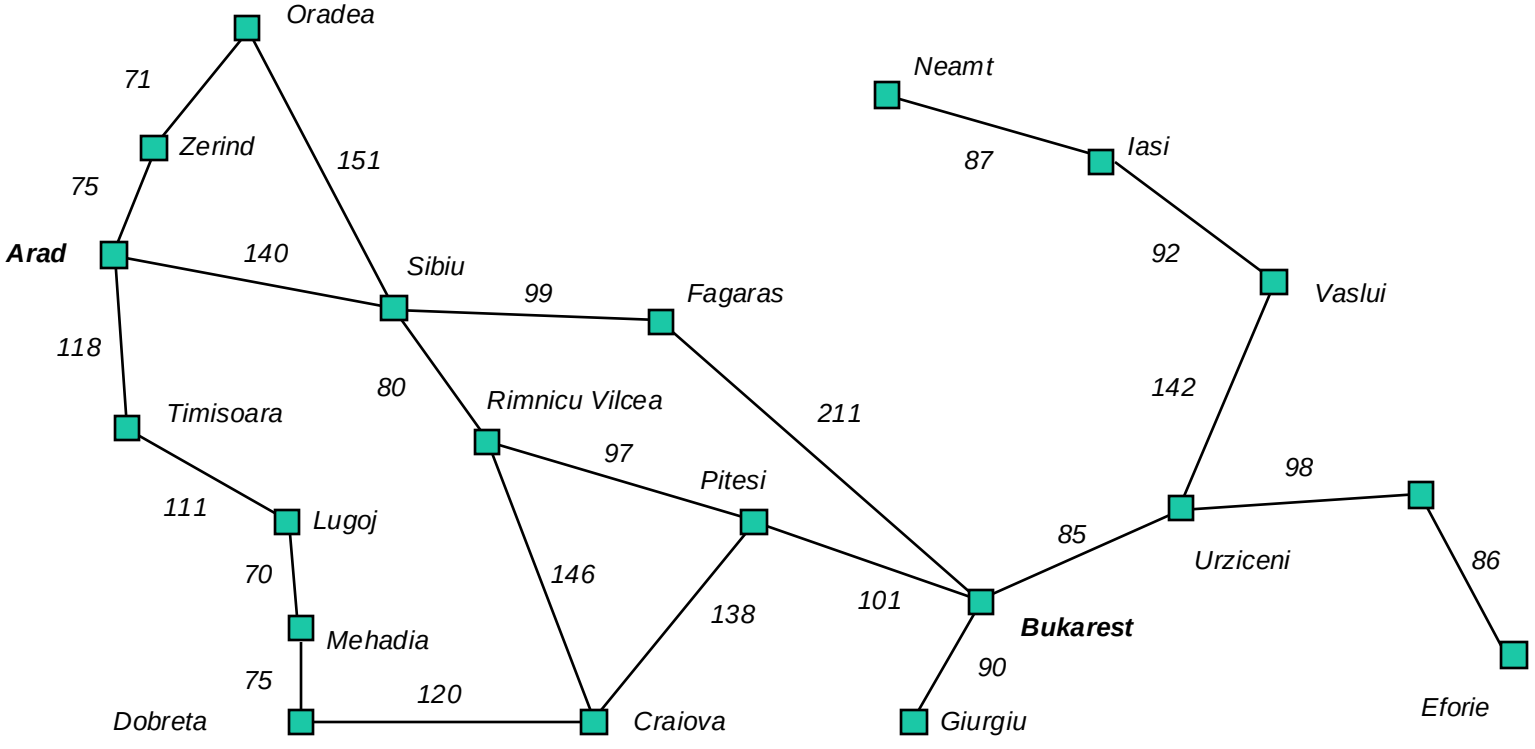
Robin Keskisärkkä

HCS/IDA

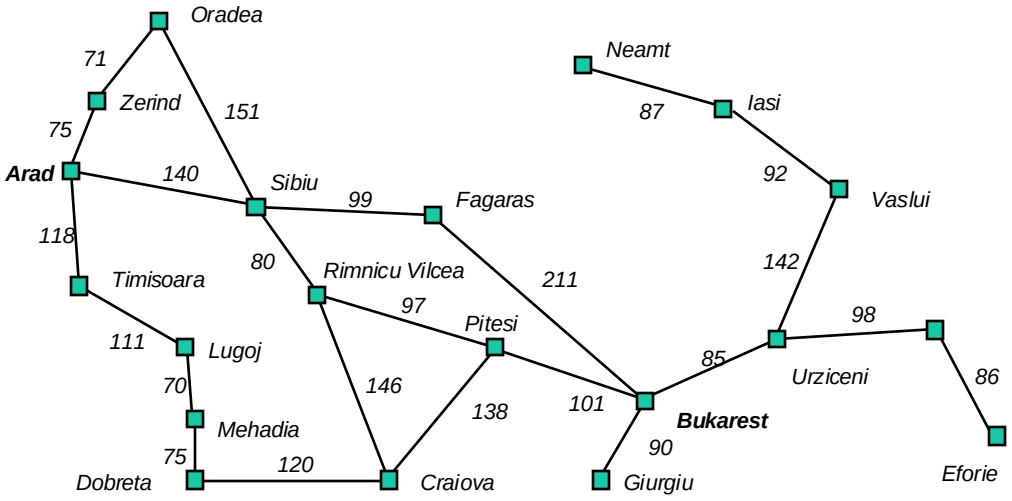
LINKÖPINGS UNIVERSITET

Problemformulering

Ex. Hitta bästa vägen från Arad till Bukarest



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

Notationen finns beskriven i kap. X

Exempel

Vattenhinksproblemet

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

Extraantaganden

- Vatten i kranen
- Kan hälla vatten mellan hinkar
- Kan sluta hälla när som helst
- …

Vattenhinksproblemet

Tillstånd:

X = 4-litershinken

Y = 3-litershinken

Initialtillstånd (X=0, Y=0)

Måltillstånd: (2, X)

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 (flera olika varianter)
- 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) i vattenhinksproblemet
  - Expanderas till (0, 3) eller (4, 0)
  - (0, 3) expanderas till (0, 0), (3, 0) eller (4, 3)
  - etc.
- Sökstrategin avgör vilken nod som ska expanderas härnäst

Kööperationer

- Sökalgoritmer sparar noder som ska expanderas i en kö
- Typiska kööperationer:
  - `isEmpty(queue)`
  - `pop(queue)`
  - `add(element, queue)`
- Queue: Först-in-först-ut (FIFO)
- Stack: Sist-in-först-ut (LIFO)
- Deque: FIFO eller LIFO
- List: Flexibel men LIFO som standard

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 utförd tillåten handling från n

parent(s) = n

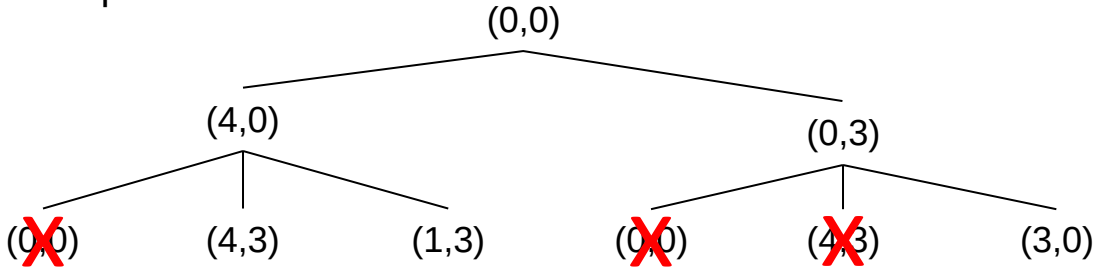
action(s) = handlingen som utfördes

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 förälderns tillstånd
- 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

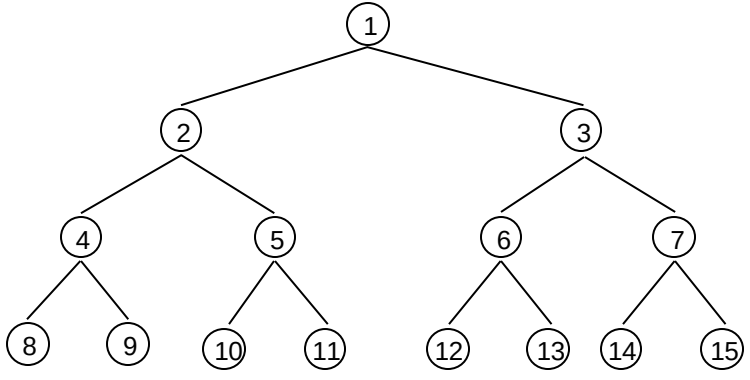
- Komplett
  - Hittar lösning om den finns
- Optimal
  - Hittar ”bästa” lösningen
- Tidsåtgång
- Minnesåtgång

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

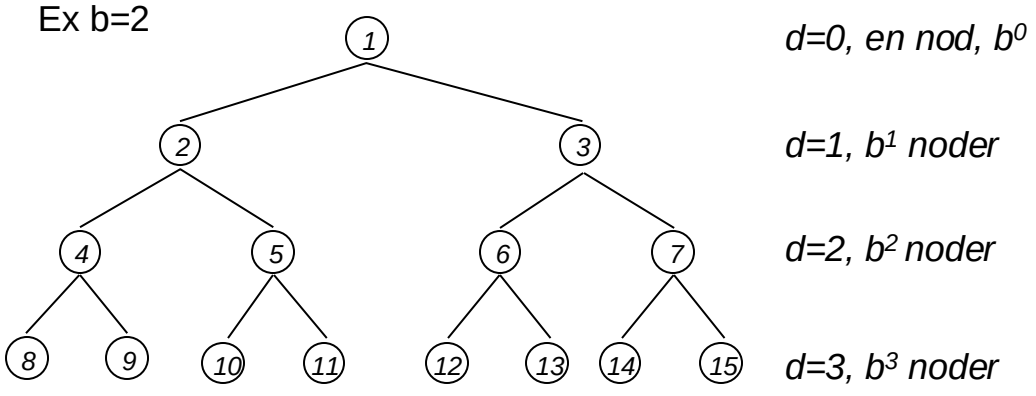
- Expandera alla noder på en nivå först



Implementeras med en FIFO-kö

Bredden först

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

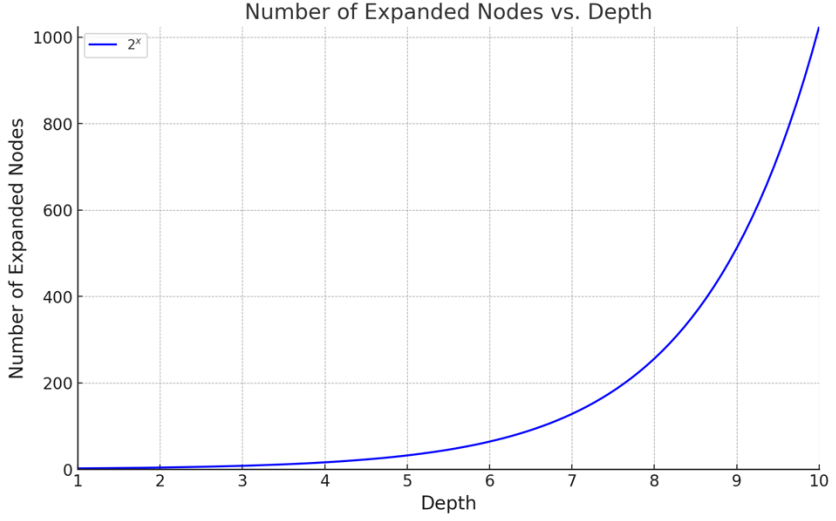


Bredden först

Antag lösning på djupet d, då har vi expanderat:

$1 + b^1 + b^2 + b^3 + \ldots + b^{d-1} + b^d$ noder

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



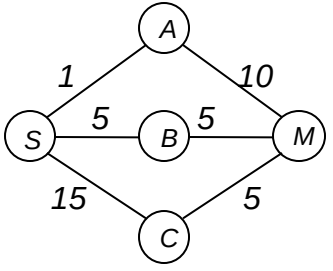
Bredden först, tids- och minneskomplexitet

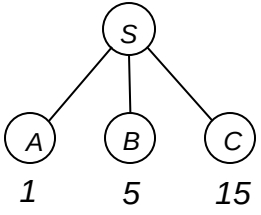
Djup	Noder	Tid	Minne
2	100	0,1 ms	0,1 MB
4	10000	10 ms	10 MB
6	10^6	1 s	1 GB

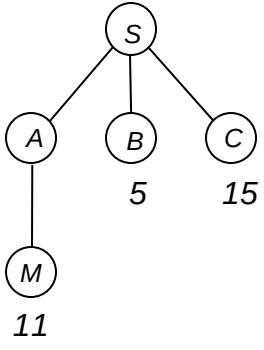
Förgreningsfaktor = 10, 1 miljon noder/sekund, 1000 bytes/nod

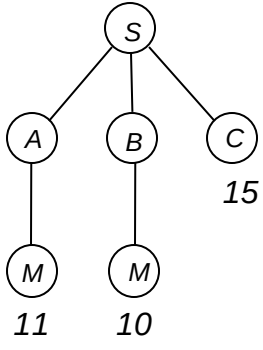
Uniform Cost

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





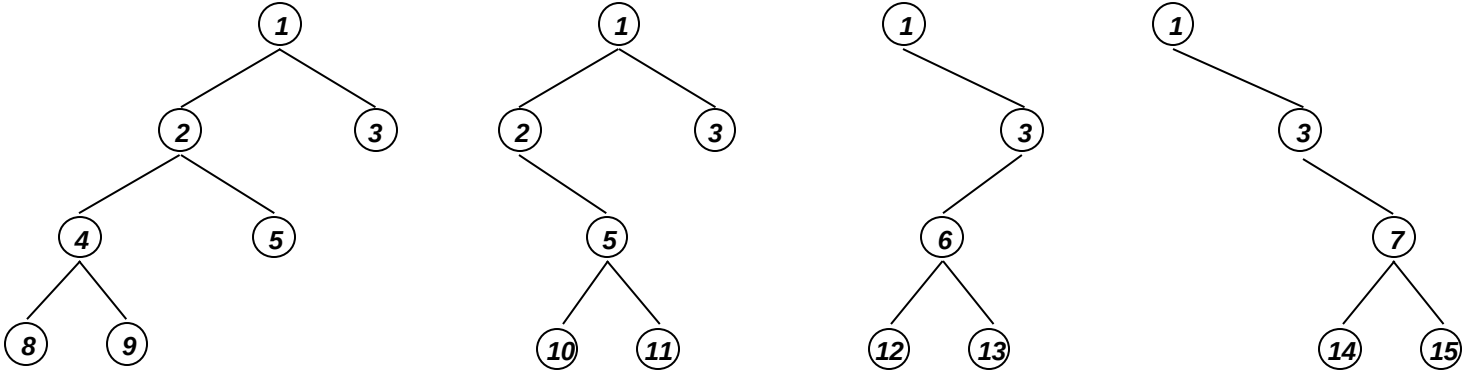




- Optimal och komplett om det inte finns negativa kostnader
- I princip $O(b^d)$ för tids- och minneskomplexitet ($O(b^{1+C^*/\varepsilon})$)

Djupet först

- Följer alltid en väg till slutet
- Om ingen lösning hittas testas nästa gren



Implementeras som en LIFO-kö (`stack`)

Djupet först

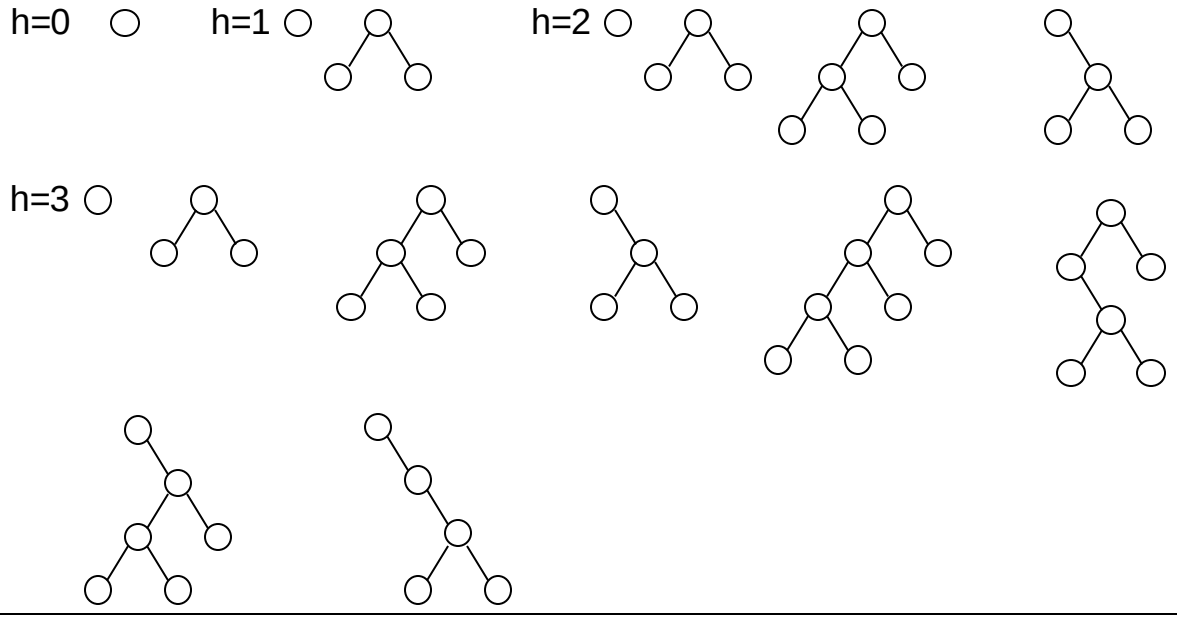
- Kräver mindre minne, $m \cdot b$ där m = maxdjup
  - Jämför b=10, m=12
    djupet först = $10 \cdot 12 = 120$
    bredden först = 10^{12}
- Samma tidskomplexitet $O(b^m)$
- Inte optimal
- Inte komplett, kan dyka ner i en oändligt lång sökväg

Djupbegränsad sökning

- Lägg in ett maxdjup, l, för djupet först
- Tidskomplexitet fortfarande exponentiell, $O(b^l)$
- Minneskomplexitet $O(b \cdot l)$
- 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, $O(b \cdot d)$
- Tidskomplexitet, $O(b^d)$
- Expanderar dock noderna flera gånger
  - Bredden-först $1 + b^1 + b^{2 +} b^3 + \ldots + b^{d-1} + b^d$
  - Iterativ fördjupning $1 + d \cdot b^1 + (d-1) \cdot b^2 + (d-2) \cdot b^3 + \ldots + 3 \cdot b^{d-2} + 2 \cdot b^{d-1} + 1 \cdot b^d$
  - Men antal noder på nivå d är 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

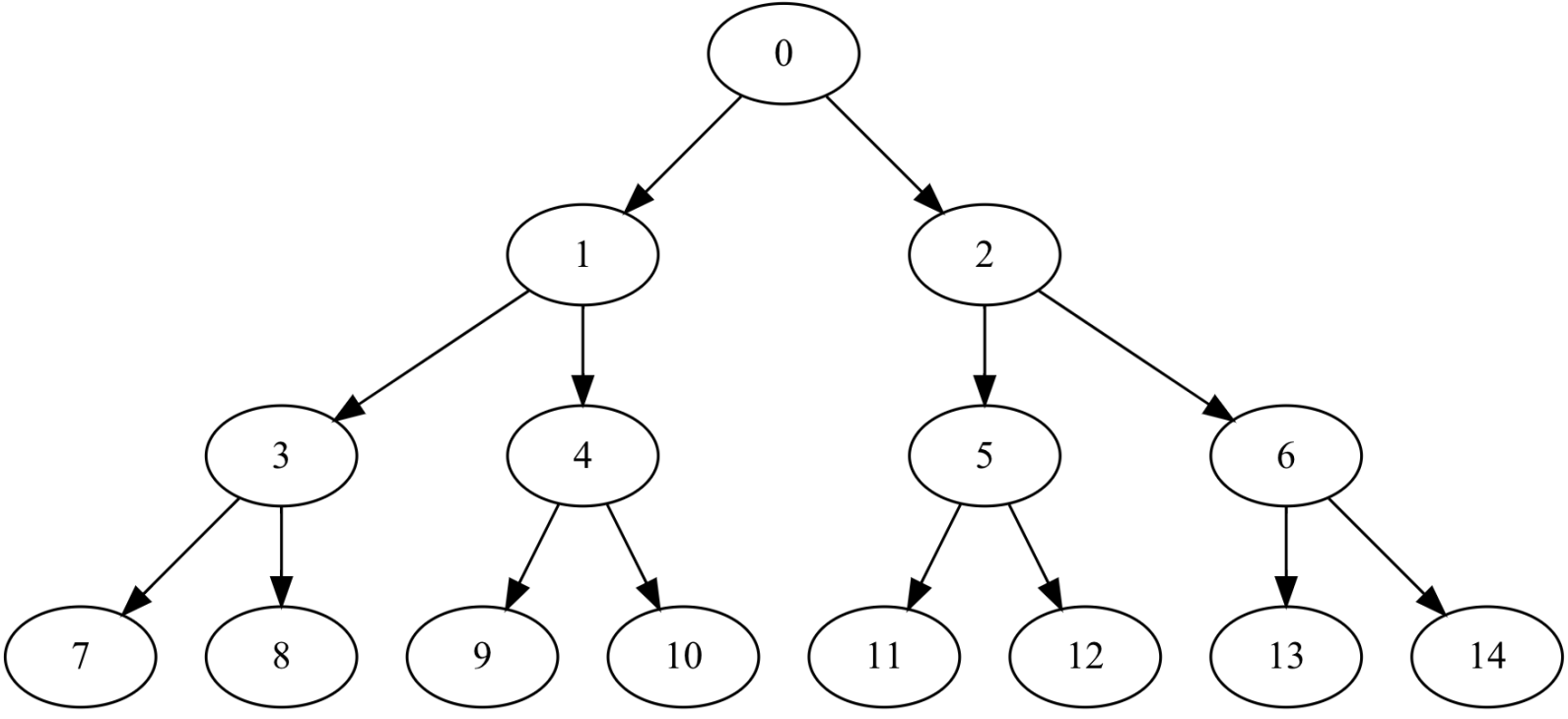
- Sök bredden-först från start och mål samtidigt
  - Inte alltid möjligt
- Komplett och optimal
- Tids- och minneskomplexitet, lösning djup d
  - $2b^{d/2}$, dvs $O(b^{d/2})$
  - Ex b=10, d=6
    - Bredden först, $O(b^d) = 10^6 = 1000000$
    - Dubbelriktad sökning, $O(b^{d/2}) = 10^{6/2} = 10^3 = 1000$

Egenskaper hos sökstrategier

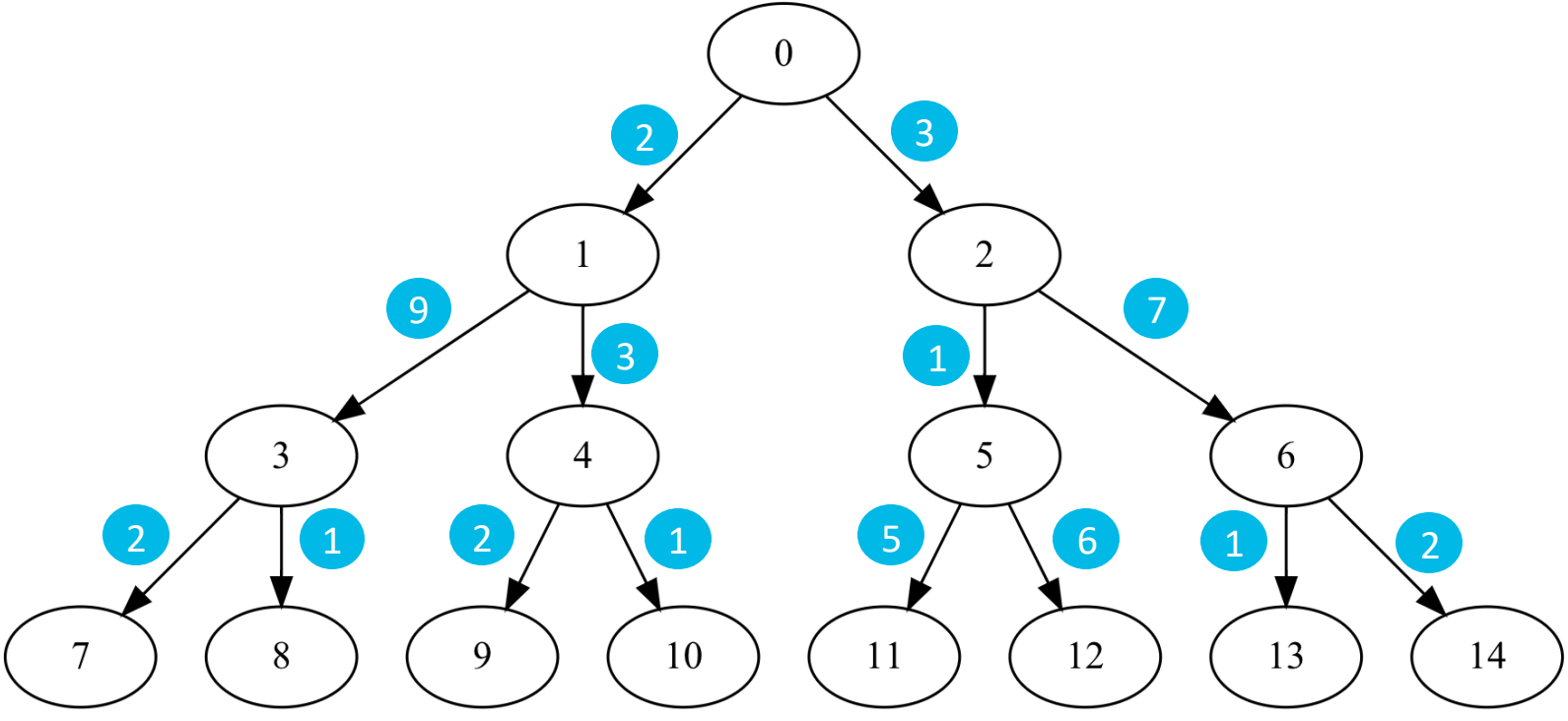
Kriterium	Bredden först	Uniform Cost	Djupet först	Djup-begränsad	Iterativ fördjup-ning	Dubbel-riktad sökning
Komplett?	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja	Ja
Optimal?	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja	Ja
Tid	$O(b^d)$	$O(b^{1+C^*/\varepsilon})$	$O(b^m)$	$O(b^l)$	$O(b^d)$	$O(b^{d/2})$
Minne	$O(b^d)$	$O(b^{1+C^*/\varepsilon})$	$O(bm)$	$O(bl)$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

Övningar

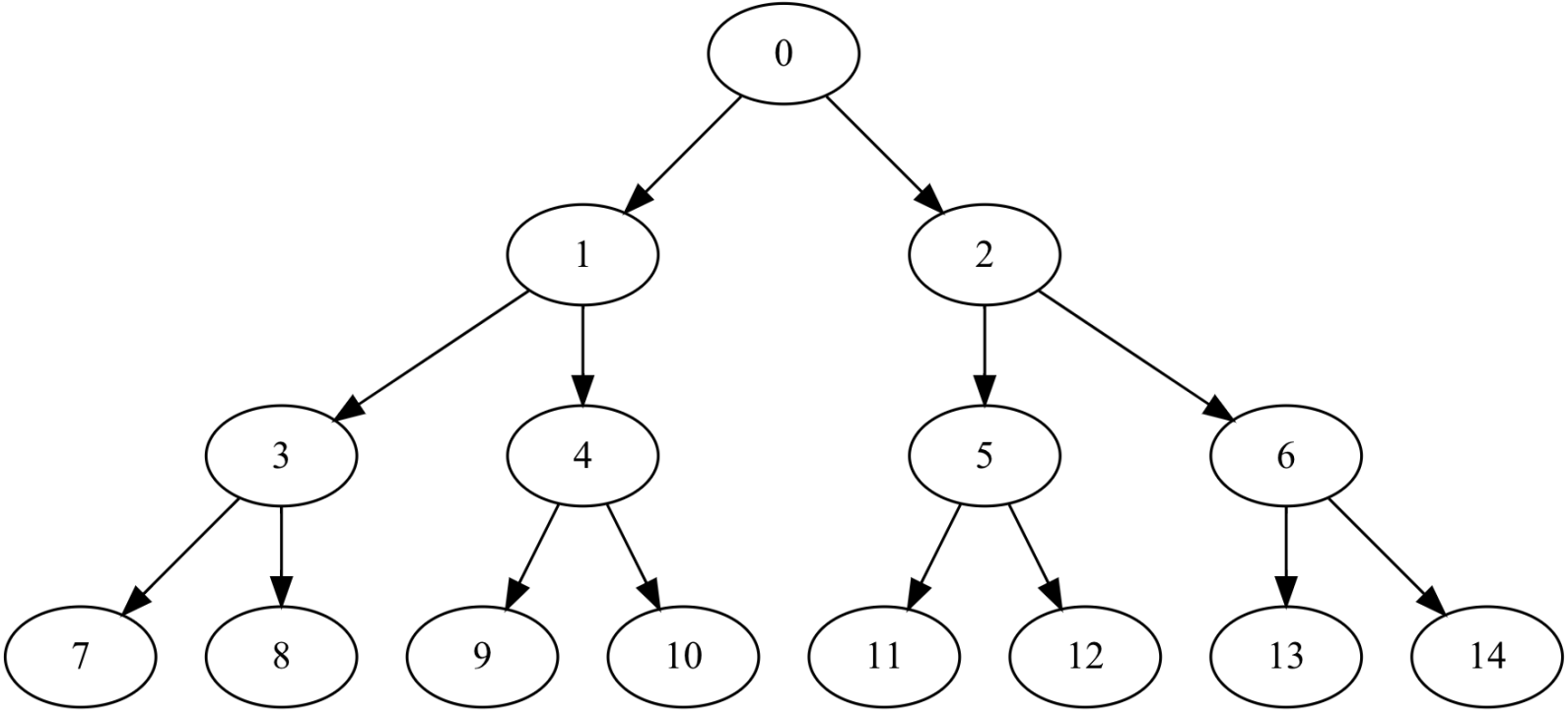
Bredden först sökning



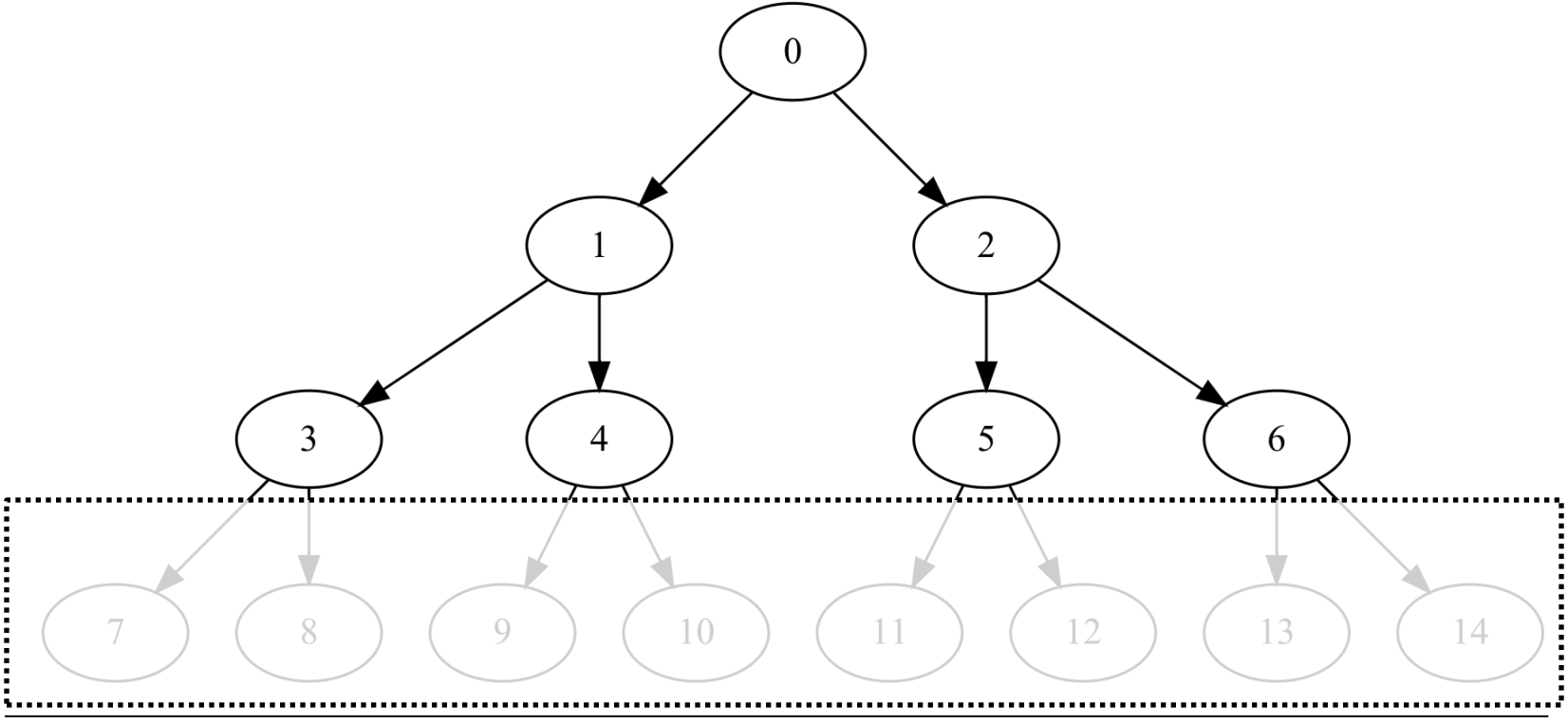
Uniform cost



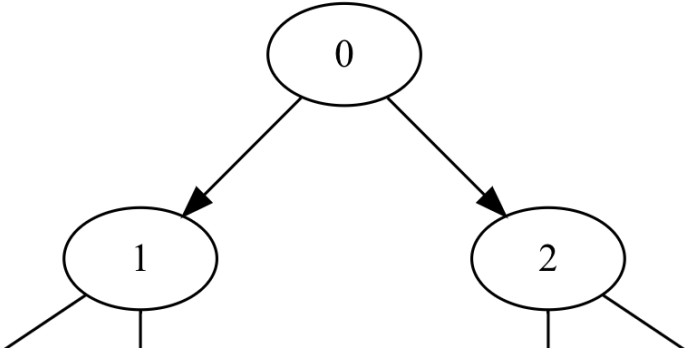
Djupet först sökning



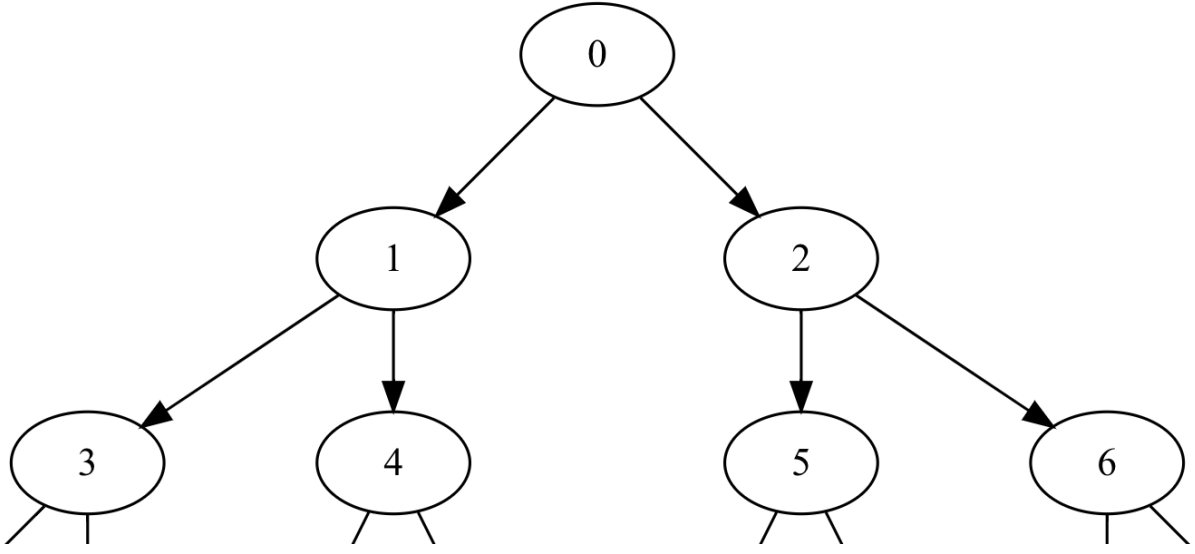
Djupbegränsad sökning



Iterativ fördjupning



Iterativ fördjupning



Iterativ fördjupning