

# Search

---

## Generelles

- Unser Entscheidungsprozess ist **deterministisch**, also "unfrei"
- Projiziert auf ein Spiel ist das Gegenüber/der Gegner nicht deterministisch, daher haben wir ihn durch einen deterministischen Gegner ersetzt. Dieser Gegner war Min, als wir über MiniMax geredet haben (der böseste mögliche Gegner).

## Motivation

- Das Konzept von Entscheidungsbäumen ist wichtig für das Verständnis von Entscheidungsproblemen
- Im Wahrscheinlichkeitsraum sind Baumsuchen ein Spezialfall von Monte-Carlo-Methoden um Erwartungen zu schätzen. Dies nennt man Q-Function.
- Baumsuchen sind der Hintergrund von Backtracking in Constraint Satisfaction Problems

## Problemformulierung

Ein deterministisches, vollständig observierbares Problem ist definiert durch:

- einen Ausgangszustand (*initial state:  $s_o \in S$* ): Wo bin ich?
- eine "Änderungsfunktion" (*successor function:  $S \times A \rightarrow S$* ) Wie ändere ich das?
- einen Zielzustand (*goal state:  $s_{\{goal\}} \in S$* ) Wo will ich hin?
- eine "Änderungskostenfunktion" (*step cost function:  $cost(s, a, s') \geq 0$* ) Was kostet mich das?

Die Lösung ist eine Sequenz von Aktionen von  $s_o$  zu  $s_{\{goal\}}$ . Eine optimale Lösung hat die kleinste Summe der **pathcosts**.

### Beispiel: Baumsuche

Eine **Node** beschreibt einen Knoten in einem Entscheidungsbaum, nicht aber einem Zustand. Eine Node hat **parent, children, depth und pathcost**.

Eine Suchstrategie wird durch die Sortierung der Nodes in der **fringe**, der Liste der abzuarbeitenden Nodes, definiert.

Eine Suchstrategie wird bewertet nach:

- **Vollständigkeit:** Finde ich immer eine Lösung? (wenn eine Lösung existiert)
- **Zeit-Komplexität:** Wie oft muss ich eine Node expandieren?
- **Platz-Komplexität:** Wie groß wird meine fringe maximal?
- **Optimalität:** Findet es immer die Lösung mit den geringsten Kosten?

Zeit- und Platz-Komplexität werden nach folgenden Kriterien eingestuft:

- **b** = maximale Verzweigungszahl einer Node
- **d** = Tiefe (*depth*) der günstigsten Lösung
- **m** = maximale Tiefe des Entscheidungsbaums

# Suchstrategien

## Breadth-First Search: *FIFO*

Expandiere die unexpandierte Node mit der geringsten Tiefe

Fringe ist eine FIFO queue, neu entdeckte Nodes kommen ans Ende

## Uniform Cost Search: *Sort Fringe by Cost so far*

"Cost-Aware BFS", Fringe ist sortiert nach den Pfadkosten mit den geringsten Kosten zuerst.

--> *BFS/UCS propagieren den Baum ebenenweise von oben nach unten, die Ergebnisse sind optimal, aber die Komplexität steigt exponentiell*

## Depth-First Search: *LIFO*

Expandiere die unexpandierte Node mit der höchsten Tiefe!

Fringe ist ein LIFO stack, neu entdeckte Nodes kommen an den Anfang

## Iterative Deepening Search: *Repeat DFS for increasing depths*

Zuerst: Depth limited Search - DFS mit beschränkter Tiefe **1** Wiederhole DLS mit stetig wachsendem **1** bis das gewünschte Ziel gefunden ist

Logischerweise: Fringe ist ein LIFO stack, neu entdeckte Nodes kommen an den Anfang

--> *DFS/IDS durchlaufen den Baum radial "von links nach rechts", die Komplexität steigt linear. Nur IDS ist optimal*

## A\* Algorithm: \*Sort Fringe by estimated total Cost\*:

Spezialfall von USC: Anstatt der zurückgelegten Pfadkosten **g** wird die Summe **f** aus **g** und den erwarteten Kosten bis zum Ziel **h** gebildet.

Die Fringe wird nach den geringsten Insgesamtkosten sortiert.

Die Wahl der Heuristik ist sehr wichtig für die Zahl der expandierten Nodes.

- Die Heuristik muss immer optimistisch sein, darf die tatsächlichen Kosten vom State zum Ziel also nie unterschreiten.
- Mehrere Heuristiken sind zugelassen, eine zugelassene Heuristik heißt **admissible Heuristic**
- Eine Heuristik ergibt sich aus einer Vereinfachten Ansicht eines komplizierten Problems

## Eigenschaften der Suchen

Search	Completeness	**Time **	Space	Optimality
BFS	Yes, if <b>b</b> is finite	$b^{d+1}$	$b^{d+1}$	Yes, if cost per step is 1
UCS	Yes, if step cost > 0	similar	similar	Yes

Search	Completeness	**Time **	Space	Optimality
DFS	Yes, if $d$ is finite	$b^m$	$b \cdot m$	No
IDS	Yes	$b^d$	$b \cdot d$	Yes, id cost per step is 1
A*	Yes, mostly	exp.	exp.	Yes

Prüfungsrelevant ist

- Wissen, was die Algorithmen machen und in der Lage sein, sie im Kopf durchzugehen
- Die Komplexitäten der Algorithmen kennen
- Wissen, was eine **admissible heuristic** ist
- Bei gegebener Funktion angeben, ob es sich um eine admissible heuristic handelt