

**6. Übung im Modul „Grundlagen der Künstlichen Intelligenz“**

Sommersemester 2020

zu lösen bis 27. Mai 2020

**Aufgabe 6.1:**

Mit drei randvoll mit Wasser gefüllten Krügen, die genau 4l, 7l und 9l fassen, sollen genau 6l abgemessen werden. Die Krüge haben keine Markierungen und es können auch keine angebracht werden. Möglich sind die folgenden Aktionen:

- A: Den Inhalt eines Kruges ausgießen.
- U: Soviel Wasser aus einem Krug  $A$  in einen Krug  $B$  gießen, dass Krug  $A$  leer oder Krug  $B$  voll ist (der Rest bleibt dann im Krug  $A$ ).
- a. Modellieren Sie dieses Problem formal als Zustandsübergangssystem und zeichnen Sie dieses als Graph.  
Wählen Sie eine möglichst kompakte Darstellung der möglichen Zustände und erklären Sie kurz deren Bedeutung.  
Geben Sie die Bedingungen an die Lösungen in ihrer Darstellung der Zustände an und markieren Sie alle Zielknoten in Ihrem Graphen.
- b. Finden Sie zwei verschiedene Lösungen des Problems.
- c. Was wäre eine sinnvolle Bewertungsfunktion der Knoten in diesem Graphen?
- d. Geben Sie für jeden Knoten seinen Wert der perfekten Heuristik bzgl. dieser Bewertung an.

**Aufgabe 6.2:**

Wir betrachten hier eine Variante des 8-Puzzle mit dem Zielzustand

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 8 | 0 | 4 |
| 7 | 6 | 5 |

dabei steht 0 für das Leerfeld.

- a. Finden Sie einen Zustand aus welchem der Zielzustand in genau 7 Zügen erreicht werden kann und kein kürzerer Weg zu einer Lösung existiert.
- b. Finden Sie einen Zustand, von dem aus der Zielzustand nicht erreichbar ist. Begründen Sie Ihre Lösung.
- c. Ist die Anzahl der Folgezustände (direkte Zugmöglichkeiten) in jedem Zustand eine geeignete heuristische Funktion? Begründen Sie Ihre Antwort.
- d. Bestimmen Sie für jeden Zustand auf dem Weg zur Lösung (Teilaufgabe a) die Werte der drei heuristischen Funktionen
  - $h_1$ : Anzahl der Zahlen (incl. 0 für Leerfeld) auf einer falschen Position,
  - $h_2$ : Maximum der Manhattan-Abstände aller Zahlen von ihrer Zielposition,
  - $h_3$ : Summe der Manhattan-Abstände aller Zahlen von ihrer Zielposition.
- e. Für jedes  $i \in \{1, 2, 3\}$  wird die heuristische Funktion  $h'_i$  definiert wie  $h_i$ , jedoch jeweils ohne Berücksichtigung des Leerfeldes (der 0).  
Bestimmen Sie auch die Werte der Positionen unter diesen Heuristiken und die Unterschiede bzgl. der Expansionsreihenfolge der Knoten.

### Aufgabe 6.3:

Geben Sie für jede der folgenden Schätzfunktionen für das 8-Puzzle an, welche Eigenschaften (perfekt, zielerkennend, sicher, konsistent, nicht-überschätzend) sie hat (gern als Tabelle):

- heuristische Funktionen  $h_1, h'_1, h_2, h'_2, h_3, h'_3$  aus der vorigen Aufgabe
- $h_4$  mit  $\forall h : h(u) = 0$
- $h_5$  mit  $\forall h : h(u) = 1$
- $h_6$  mit  $\forall h : h(u) = \min(2, H(u))$  (zur Erinnerung:  $H$  ist die perfekte Heuristik)
- $h_7$  mit  $\forall h : h(u) = \max(2, H(u))$

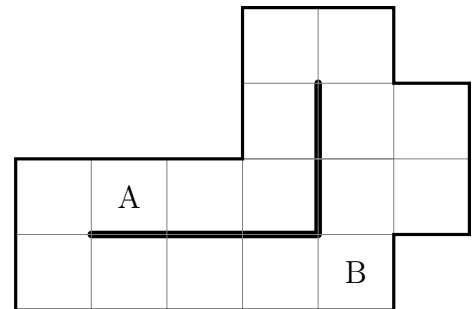
Begründen Sie Ihre Antworten.

### Aufgabe 6.4:

Im Raum mit nebenstehendem Grundriss soll ein Weg (Folge von paarweise benachbarten Feldern) von  $A$  nach  $B$  gefunden werden.

Die breite Markierung in der Mitte stellt eine Mauer dar, die nicht überquert werden kann.

Jeder Übergang zwischen zwei Feldern mit einer gemeinsamen Kante kostet eine Einheit, diagonale Übergänge sind nicht möglich.



- Modellieren Sie dieses Problem formal als Suchproblem, also Beschreibung der Zustände (Knotenmarkierungen) und Bedingungen an die Lösungen (Markierung der Zielknoten).
- Finden Sie mit den beiden blinden Suchverfahren (Breiten- und Tiefensuche) die jeweils zuerst gefundene Lösung und notieren Sie sich die Anzahl der besuchten Knoten.
- Überlegen Sie sich Kriterien zur Bewertung der Qualität der Lösungen.
- Wir betrachten nun eine modifizierte Kostenfunktion:  
Abbiegen (Drehung um  $90^\circ$  innerhalb eines Feldes) ist anstrengend und jedes Abbiegen kostet zusätzlich genausoviel wie ein Schritt in ein Nachbarfeld (je eine Einheit).  
Finden Sie durch Bestensuche mit dieser Kostenfunktion einen Weg von  $A$  nach  $B$ .
- Die noch zurückzulegende Entfernung wird durch den Manhattan-Abstand des aktuellen Feldes zum Zielfeld abgeschätzt.  
Finden Sie durch Greedy-Suche mit dieser heuristischen Funktion einen Weg von  $A$  nach  $B$ .
- Finden Sie durch A\*-Suche mit diesen beiden Funktionen einen Weg von  $A$  nach  $B$ .

Bittesehr: Hier kommen noch die gewünschten Zusatzaufgaben zur Formalisierung in Prolog.

### Aufgabe 6.5:

- a. Formulieren Sie folgende Wissensbasis als Prolog-Programm.  
Max ist Toms und Bobs Vater. Tom ist Ottos Vater. Otto ist Pauls Vater.  
Nachkommen sind Kinder und Nachkommen von Kindern.
- b. Formulieren Sie folgende Fragen als Prolog-Anfragen:
  - (a) Ist Paul Nachkomme von Bob?
  - (b) Wer sind Toms Nachkommen?
  - (c) Wessen Vorfahre ist Bob?
- c. Beantworten Sie diese Fragen durch prädikatenlogische Resolution.
- d. Überprüfen Sie Ihr Programm und Ihre Lösungen mit Hilfe eines Prolog-Interpreters.

### Aufgabe 6.6:

- a. Repräsentieren Sie folgende Wissensbasis durch eine Prolog-Programm:
  - Otto kann Salsa tanzen.
  - Paul kann Tango und Walzer tanzen.
  - Maria kann Salsa tanzen.
  - Salsatänzer (beliebigen Geschlechts) mögen jeden, der Salsa tanzen kann.
  - Anna mag alle, die (irgendeinen Tanz) tanzen können.
  - Anna tanzt jeden Tanz, den jemand tanzt, den sie mag.
- b. Formulieren Sie folgende Fragen als Prolog-Anfragen:
  - Tanzt Anna Tango?
  - Wer mag Otto?
  - Welche Tänze tanzt Anna?
  - Wer tanzt welche Tänze?
- c. Beantworten Sie diese Fragen durch prädikatenlogische Resolution.
- d. Überprüfen Sie Ihr Programm und Ihre Lösungen mit Hilfe eines Prolog-Interpreters.