

Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

Prof. Dr. W. Burgard, Prof. Dr. B. Nebel
 J. Aldinger, J. Boedecker, C. Dornhege
 Sommersemester 2015

Universität Freiburg
 Institut für Informatik

Übungsblatt 4



Abgabe: Mittwoch, 1. Juli 2015



Aufgabe 4.1 (Substitutionen und Unifikation)

- (a) Berechnen Sie die Substitutionen
- (i) $P(x, y) \left\{ \frac{x}{A}, \frac{y}{f(B)} \right\}$,
 - (ii) $P(x, y) \left\{ \frac{x}{f(y)} \right\} \left\{ \frac{y}{g(B, B)} \right\}$,
 - (iii) $P(x, y) \left\{ \frac{x}{f(y)}, \frac{y}{g(B, B)} \right\}$ und
 - (iv) $P(x, y) \left\{ \frac{z}{f(B)}, \frac{x}{A} \right\}$
- (b) Wenden Sie den Unifikationsalgorithmus auf die folgende Literalmenge an: $\{R(h(x), f(h(u), y)), R(y, f(y, h(g(A))))\}$. Geben Sie für jeden Schritt die Werte von T_k , s_k , D_k , v_k und t_k an.

Aufgabe 4.2 (Wumpuswelt und Resolution)

Betrachten Sie folgende Situation in der Wumpuswelt:

1,4	2,4	3,4	4,4
1,3	2,3	3,3	4,3
1,2  Stench	2,2	3,2	4,2
1,1	2,1 	3,1	4,1

Dabei seien die grau unterlegten Felder bereits besucht worden, die anderen Felder noch nicht. Die Wahrnehmungen in den jeweiligen Feldern sind durch  breeze (Windhauch) und  stench (Gestank) gekennzeichnet.

- (a) Formalisieren Sie mithilfe aussagenlogischer Formeln den allgemeinen Zusammenhang zwischen Windhauch und Fallgruben (*pits*). Verwenden Sie dabei 16 Aussagevariablen der Art $B_{i,j}$ (es gibt einen Windhauch in Feld $[i, j]$) und 16 Aussagevariablen der Art $P_{i,j}$ (Fallgrube in Feld $[i, j]$).
- (b) Zeigen Sie mittels *Resolution*, dass das Feld $[3, 1]$ in der angegebenen Situation eine Fallgrube enthält, d. h. zeigen Sie $KB \models P_{3,1}$, wobei die Wissensbasis KB sich aus den allgemeinen Aussagen des Aufgabenteils (a) und den Wahrnehmungen des Agenten zusammensetzt. Beachten Sie dabei, dass bereits besuchte Felder keine Fallgruben beinhalten. Überführen Sie falls nötig die Wissensbasis zunächst in Klauselform.

Aufgabe 4.3 (Planen in der Wumpuswelt)

Betrachten Sie folgenden Zustand in der Wumpuswelt:

1,4 S S S S S Stench	2,4	3,4 Breeze	4,4 PIT
1,3 Agent	2,3 S S S S S Stench	3,3	4,3 Breeze Gold
1,2 S S S S S Stench	2,2	3,2 Breeze	4,2
1,1 Agent	2,1 Breeze	3,1 PIT	4,1 Breeze

Der Agent in Feld [1, 1] hat die Spezialvorlesung „Handlungsplanung“ nicht gehört, und kann deswegen keine Planungsprobleme mit partieller Beobachtbarkeit lösen. Zudem ist er überaus blutrünstig und die Jagd reizt ihn mehr als alles Gold. Das Planungsproblem sei deshalb wie folgt definiert¹:

Startzustand \mathcal{I} :

$$\{\text{connected}([1, 1], [2, 1]), \text{connected}([2, 1], [3, 1]), \dots, \\ \text{connected}([4, 3], [4, 4]), \text{at}(\text{agent}, [1, 1]), \text{at}(\text{wumpus}, [1, 3]), \\ \text{at}(\text{pit}, [3, 1]), \text{at}(\text{pit}, [4, 4]), \text{arrowleft}, \text{agent_alive}\}$$

Operatoren \mathcal{O} :

$\text{Move}(x, y)$

PRE : $\text{at}(\text{agent}, x) \wedge \text{connected}(x, y) \wedge \text{agent_alive}$

EFF : $\text{at}(\text{wumpus}, y) \triangleright \neg \text{agent_alive},$

$\text{at}(\text{pit}, y) \triangleright \neg \text{agent_alive},$

$\text{at}(\text{agent}, y),$

$\neg \text{at}(\text{agent}, x)$

$\text{Shoot}(x, y)$

PRE : $\text{at}(\text{agent}, x) \wedge \text{connected}(x, y) \wedge \text{arrowleft} \wedge \text{agent_alive}$

EFF : $\text{at}(\text{wumpus}, y) \triangleright \text{scream},$

$\neg \text{arrowleft}$

Ziel \mathcal{G} :

$\text{scream} \wedge \text{agent_alive}$

¹*stench, breeze* und *gold* werden aus diesem Grund hier nicht formalisiert und dienen nur der Veranschaulichung (oder Verwirrung).

- (a) Sie möchten ein durch Ignorieren negativer Effekte vereinfachtes monotonen Planungsproblem lösen (die sogenannte “delete-Relaxierung”), um eine Heuristik zu berechnen.
Geben Sie die relaxierten Operatoren an.
- (b) Zeichnen Sie die ersten beiden Ebenen des relaxierten Planungsgraphen. Fakten, die sich im relaxierten Problem nicht ändern, wie z.B. `agent_alive`, `at(pit, x)` sowie `connected(x, y)` müssen nicht gezeichnet werden (Auf Ebene $F0$ besteht der zu zeichnende Startzustand dann also nur noch aus dem Faktum `at(agent, [1, 1])`).
Der bedingte Effekt `at(wumpus, y) \triangleright scream` von `Shoot(x, y)` darf zur weiteren Vereinfachung weggelassen werden, indem die Effektvorbereitung in die Operatorvorbereitung aufgenommen wird².
- (c) Im Gegensatz zum in der Vorlesung vorgestellten PlanGraph-Verfahren können im relaxierten Problem keine Konflikte zwischen Aktionen auftreten, da weder Vorbereitung noch Effekte negiert auftreten. Dadurch kann ein relaxierter Plan schneller gefunden und zur Berechnung von Heuristiken genutzt werden.
Geben sie den relaxierten Plan an. Kann dieser Plan auch im nicht-relaxierten Fall angewendet werden?

Aufgabe 4.4 (Allens Intervalkalkül)

- (a) Die Komposition zweier binären Relationen R und S (über X) ist im Allgemeinen definiert als

$$R \circ S = \{(x, z) \mid \exists y \in X \text{ so dass } (x, y) \in R \text{ und } (y, z) \in S\}.$$

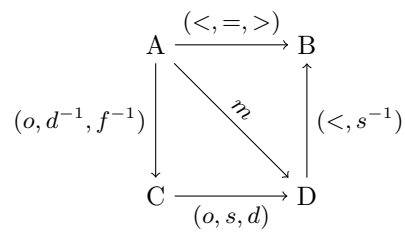
Allens Intervalkalkül ist *unter Komposition abgeschlossen*, das heißt, jede Komposition von Allenrelationen (also auch von Vereinigungen der 13 Basisrelationen) kann wieder als Vereinigung von Basisrelationen dargestellt werden. Zum Beispiel ist $f \circ s = d$, da für beliebige Intervalle A, B und C mit AfB und BsC auch AdC gelten muss. Es ist aber nicht so, dass die Komposition von Basisrelationen wieder eine einzelne Basisrelation ergeben muss, wie man am Beispiel $f^{-1} \circ d = (o, d, s)$ sehen kann. Bestimmen sie die folgenden Kompositionen:

- (1) $o \circ m$
- (2) $m \circ f$
- (3) $(o, m) \circ f$

- (b) Die Komposition wird auch bei der Constraint-Propagation verwendet. Nutzen Sie diese Technik, um das folgende Constraint-Netzwerk 3-konsistent zu machen.

Hinweis: Ist von einem Intervall zu einem anderen keine gerichtete Kante vorhanden, bedeutet dies implizit, dass für diese Intervalle die All-Relation gilt, d.h. die Vereinigung aller 13 Basisrelationen. Sie dürfen zudem verwenden, dass $(IRJ, ISJ)^{-1} = (IR^{-1}J, IS^{-1}J)$ (für I, J Intervalle und R, S Basisrelationen des Intervalkalküls).

²Normalerweise werden beim weggelassen von bedingten Objekten zwei Operatoren - einmal mit der Effektcondition und einmal mit der negierten Effektcondition erstellt. Da der Effekt von `Shoot'(x, y) = \langle PRE : at(agent, x), \neg at(wumpus, y), ... EFF : \emptyset \rangle` allerdings keinen Effekt hat, kann er hier weggelassen werden.



Aufgabe 4.5 (Bayessche Regel)

Nehmen Sie an, Sie seien in Athen nachts Zeuge eines Autounfalls, in den ein Taxi involviert ist. 90% der Taxen in Athen sind grün, die anderen blau. Sie sind sich absolut sicher, dass das betreffende Taxi blau war. Tests haben ergeben, dass die Unterscheidung zwischen blau und grün bei Dunkelheit nur zu 75% zuverlässig gelingt. Wie groß ist demnach die Wahrscheinlichkeit, dass das Taxi wirklich blau war? (Hinweis: Unterscheiden Sie sorgfältig zwischen der Aussage, dass das Taxi rot *ist* und der Aussage, dass das Taxi rot *aussieht*.)

Die Übungsblätter dürfen und sollten in Gruppen von drei (3) Studenten bearbeitet werden. Bitte schreiben Sie alle Ihre Namen sowie die Nummer Ihrer Übungsgruppe auf Ihre Lösung.