Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

Prof. Dr. W. Burgard, Prof. Dr. B. Nebel, Prof. Dr. M. Riedmiller
J. Aldinger, B. Frank
Universität Freiburg
Institut für Informatik
Sommersemester 2012

Übungsblatt 5

Abgabe: Mittwoch, 11. Juli 2012

Aufgabe 5.1 (Substitutionen und Unifikation)

(a) Berechnen Sie die Substitutionen
   (i) $P(x, y)\{\frac{x}{A}, \frac{y}{f(B)}\}$,
   (ii) $P(x, y)\{\frac{x}{f(y)}\}\{\frac{y}{g(B,B)}\}$,
   (iii) $P(x, y)\{\frac{x}{f(y)}, \frac{y}{g(B,B)}\}$ und
   (iv) $P(x, y)\{\frac{z}{f(B)}, \frac{x}{A}\}$

(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 5.2 (Allens Intervallkalkül)

(a) Gegeben seien die nicht-leeren Intervalle *Spiel*, *Torschuss*, *Jubel* und *Abpfiff* mit den Constraints

   (i) *Abpfiff f Spiel*
   (ii) *Torschuss m Jubel*
   (iii) *Torschuss* (d,f) *Spiel*
   (iv) *Torschuss* $(<,m)$ *Abpfiff*

   Welche der folgenden Relationen folgen daraus?

   (a) *Torschuss d Spiel*
   (b) *Jubel d Spiel*

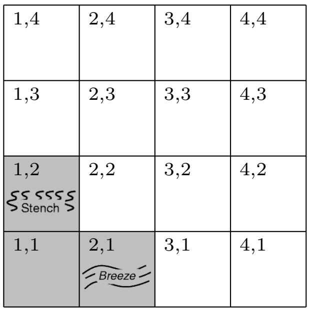
(b) Die Komposition zweier binären Relationen R und S (über X) ist im Allgemeinen definiert als

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

   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) $(o, f^{-1}) \circ f$

Aufgabe 5.3 (Wumpuswelt und Resolution)
Betrachten Sie folgende Situation in der Wumpuswelt:

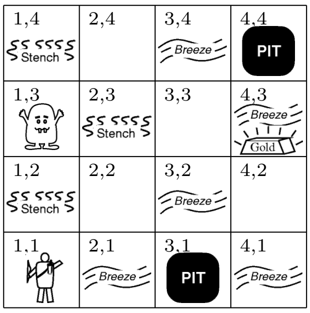


Dabei seien die grau unterlegten Felder bereits besucht worden, die anderen Felder noch nicht. Die Wahrnehmungen in den jeweiligen Feldern sind durch *breeze* (Windhauch) und *stench* (Gestank) gekennzeichnet.

(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 5.4 (Planen in der Wumpuswelt)
Betrachten Sie folgenden Zustand in der Wumpuswelt:



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 Planunsproblem sei deshalb wie folgt definiert[1]:

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

Startzustand $\mathcal{I}$:

$\{\texttt{connected}([1,1],[2,1]), \texttt{connected}([2,1],[3,1]), \ldots,$
$\texttt{connected}([4,3],[4,4]), \texttt{at}(\texttt{agent},[1,1]), \texttt{at}(\texttt{wumpus},[1,3]),$
$\texttt{at}(\texttt{pit},[3,1]), \texttt{at}(\texttt{pit},[4,4]), \texttt{arrowleft}, \texttt{agent\_alive}\}$

Operatoren $\mathcal{O}$:

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

$$\begin{aligned}
\text{PRE}: &\texttt{at}(\texttt{agent},x) \wedge \texttt{connected}(x,y) \wedge \texttt{agent_alive}\\
\text{EFF}: &\texttt{at}(\texttt{wumpus},y) \rhd \neg\texttt{agent_alive},\\
&\texttt{at}(\texttt{pit},y) \rhd \neg\texttt{agent_alive},\\
&\texttt{at}(\texttt{agent},y),\\
&\neg\texttt{at}(\texttt{agent},x)
\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
\text{PRE}: &\texttt{at}(\texttt{agent},x) \wedge \texttt{connected}(x,y) \wedge \texttt{arrowleft} \wedge \texttt{agent_alive}\\
\text{EFF}: &\texttt{at}(\texttt{wumpus},y) \rhd \texttt{scream},\\
&\neg\texttt{arrowleft}
\end{aligned}$$

Ziel $\mathcal{G}$:

$\texttt{scream} \wedge \texttt{agent\_alive}$

(a) Sie möchten ein durch Ignorieren negativer Effekte vereinfachtes monotones 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. $\texttt{agent\_alive}$, $\texttt{at}(\texttt{pit},x)$ sowie $\texttt{connected}(x,y)$ müssen nicht gezeichnet werden (Auf Ebene $F0$ besteht der zu zeichnende Startzustand dann also nur noch aus dem Faktum $\texttt{at}(\texttt{agent},[1,1])$.).
Der bedingte Effekt $\texttt{at}(\texttt{wumpus},y) \rhd \texttt{scream}$ von $\texttt{Shoot}(x,y)$ darf zur weiteren Vereinfachung wegkompiliert werden, indem die Effektvorbedingung in die Operatorvorbedingung aufgenommen wird[2].

(c) Im Gegensatz zum in der Vorlesung vorgestellten PlanGraph-Verfahren können im relaxierten Problem keine Konflikte zwischen Aktionen auftreten, da weder Vorbedingung 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?

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