

Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

Prof. Dr. M. Bénéwitz, Prof. Dr. W. Burgard,
Dr. M. Ragni
N. Abdo, Dr. J. Boedecker, M. Göbelbecker, J. Hess
Sommersemester 2013

Universität Freiburg
Institut für Informatik

Übungsblatt 5

Abgabe: Mittwoch, 26. Juni 2013

Aufgabe 5.1 (Semantik der Prädikatenlogik)

Gegeben sei die Interpretation $\mathcal{I} = \langle \mathcal{D}, \cdot^{\mathcal{I}} \rangle$ mit

- $D = \{0, 1, 2, 3\}$
- $even^{\mathcal{I}} = \{0, 2\}$
- $odd^{\mathcal{I}} = \{1, 3\}$
- $lessThan^{\mathcal{I}} = \{(0, 1), (0, 2), (0, 3), (1, 2), (1, 3), (2, 3)\}$
- $two^{\mathcal{I}} = 2$
- $plus^{\mathcal{I}} : D \times D \rightarrow D, plus^{\mathcal{I}}(a, b) = (a + b) \bmod 4$

und die Variablenbelegung $\alpha = \{(x, 0), (y, 1)\}$.

Geben Sie für die folgenden Formeln θ_i an, ob \mathcal{I} unter α ein Modell für θ_i ist, d.h. ob $\mathcal{I}, \alpha \models \theta_i$. Begründen Sie Ihre Antwort.

- $\theta_1 = odd(y) \wedge even(two)$
- $\theta_2 = \forall x (even(x) \vee odd(x))$
- $\theta_3 = \forall x \exists y lessThan(x, y)$
- $\theta_4 = \forall x (even(x) \Rightarrow \exists y lessThan(x, y))$
- $\theta_5 = \forall x (odd(x) \Rightarrow even(plus(x, y)))$

Aufgabe 5.2 (Normalformen und Herbrand-Expansion)

- Wandeln Sie folgende Formel in Skolem Normal Form (SNF) um:

$$\forall z \exists y (P(x, g(y), z) \vee \neg \forall x Q(x)) \wedge \neg \forall z \exists x \forall t \neg R(f(x, z), z, t)$$

- Geben Sie die 10 kleinsten Terme des Herbrand-Universums und die 5 kleinsten Formeln in der Herbrand-Expansion folgender Formel an:

$$\forall x \forall y \forall z P(x, f(y, b), g(z))$$

Aufgabe 5.3 (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 5.4 (Planen in der Wumpuswelt)

Betrachten Sie folgenden Zustand in der Wumpuswelt:

1,4 	2,4	3,4 	4,4 
1,3 	2,3 	3,3	4,3  
1,2 	2,2	3,2 	4,2
1.1 	2,1 	3,1 	4,1 

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} :

Move(x, y)

$$\text{PRE} : \text{at}(\text{agent}, x) \wedge \text{connected}(x, y) \wedge \text{agent_alive} \\ \text{EFF} : \text{at}(\text{wumpus}, y) \triangleright \neg \text{agent_alive}, \\ \text{at}(\text{pit}, y) \triangleright \neg \text{agent_alive}, \\ \text{at}(\text{agent}, y), \\ \neg \text{at}(\text{agent}, x)$$

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

Shoot(x, y)

PRE :at(agent, x) \wedge connected(x, y) \wedge arrowleft \wedge agent_alive

EFF :at(wumpus, y) \triangleright scream,

\neg arrowleft

Ziel \mathcal{G} :

scream \wedge agent_alive

- (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 F_0 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?

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.