

Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

Prof. Dr. B. Nebel, Prof. Dr. M. Riedmiller
S. Lange, J. Witkowski, D. Zhang
Sommersemester 2010

Universität Freiburg
Institut für Informatik

Übungsblatt 11

Abgabe: Dienstag, 20. Juli 2010

Aufgabe 11.1 (Syntax und Semantik der Prädikatenlogik)

- (a) Klassifizieren Sie die folgenden Ausdrücke als Terme, Grundterme, Atome, Formeln, Sätze, oder metasprachliche Aussagen. Wenn es mehrere Möglichkeiten gibt, geben Sie bitte alle an. In den Ausdrücken sind a und b Konstante, x und y Variable, f und g Funktionen und P und Q Prädikate.

- | | |
|---|--|
| (a) $P(x, y)$ | (d) $\mathcal{I}, \alpha \models P(a, f(x))$ |
| (b) $f(a, b)$ | (e) $f(g(x), b)$ |
| (c) $\mathcal{I} \models P(a, f(b))$ | (f) $Q(x)$ ist erfüllbar. |
| (g) $\exists x(P(x, y) \wedge Q(x)) \vee P(y, x)$ | |
| (h) $\forall x(\exists y(P(x, y) \wedge Q(x)) \vee P(x, y))$ | |
| (i) $\forall x\forall y(P(x, y) \wedge Q(x) \vee P(f(y), x))$ | |
| (j) $Q(x) \vee P(x, y) \equiv P(x, y) \vee Q(x)$ | |

- (b) Betrachten Sie die folgende Formelmengende:

$$\Theta = \left\{ \begin{array}{l} \forall x \neg P(x, x) \\ \forall x \forall y \forall z ((P(x, y) \wedge P(y, z)) \Rightarrow P(x, z)) \\ \forall x \forall y (P(x, y) \vee x = y \vee P(y, x)) \end{array} \right\}$$

Geben Sie eine Interpretation $\mathcal{I} = \langle \mathcal{D}, \cdot^{\mathcal{I}} \rangle$ mit $\mathcal{D} = \{d_1, \dots, d_4\}$ an und zeigen Sie, dass $\mathcal{I} \models \Theta$ (d. h. $\mathcal{I} \models F$ für alle $F \in \Theta$). Warum ist es nicht nötig, für die Konstruktion eines Modells von Θ eine Variablenbelegung α anzugeben?

- (c) Gibt es auch Modelle für Θ mit unendlichem Träger \mathcal{D} ?

Aufgabe 11.2 (Substitutionen und Unifikation)

- (a) Berechnen Sie die Substitutionen

- $P(x, y) \left\{ \frac{x}{A}, \frac{y}{f(B)} \right\}$,
- $P(x, y) \left\{ \frac{x}{f(y)} \right\} \left\{ \frac{y}{g(B, B)} \right\}$,
- $P(x, y) \left\{ \frac{x}{f(y)}, \frac{y}{g(B, B)} \right\}$ und
- $P(x, y) \left\{ \frac{z}{f(B)}, \frac{x}{A} \right\}$

- (b) Wenden Sie den Unifikationsalgorithmus auf die folgende Literalmengende 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 11.3 (Value-Iteration-Algorithmus)

Betrachten Sie die folgende Gitterwelt. Die u -Werte stehen für den Nutzen eines Zustandes, nachdem die *Value Iteration* konvergiert ist, r für die Belohnung, die ein Zustand erbringt. Nehmen Sie an, dass $\gamma = 1$ und dass ein Agent vier mögliche Aktionen ausführen kann: **Nord**, **Süd**, **Ost** und **West**. Mit Wahrscheinlichkeit 0,7 erreicht der Agent den Zustand, den er erreichen will, mit Wahrscheinlichkeit 0,2 bewegt er sich nach rechts und mit Wahrscheinlichkeit 0,1 nach links von der beabsichtigten Richtung.

$u = 8$	$u = 15$	$u = 9$
$u = 2$	$r = 2$	$u = 7$
$u = 4$	$u = 16$	$u = 11$

Welches ist die beste Aktion, die ein Agent ausführen kann, der sich im zentralen Zustand der Gitterwelt aufhält? Erklären Sie Ihre Antwort. Welchen Nutzen hat der zentrale Zustand damit?

Aufgabe 11.4 (Policy-Iteration-Algorithmus)

Sei nun $\gamma = 0,5$ und die einzigen Aktionen seien **Ost** und **West**. Mit Wahrscheinlichkeit 0,9 erreicht der Agent den Zustand, den er erreichen will (bzw. bleibt stehen, falls die Aktion ihn über den Rand des Gitter hinausführen würde), und mit Wahrscheinlichkeit 0,1 bewegt er sich in die entgegengesetzte Richtung. Die Belohnung in den drei westlichen Zuständen ist jeweils $-0,05$.

s_0	s_1	s_2	s_3
←	←	←	$r = +1$

Führen Sie einen Schritt der *Policy Iteration* durch, wobei die initiale Policy π_0 durch die Pfeile in den Zuständen gegeben ist. Geben Sie das lineare Gleichungssystem für die erste *Policy Evaluation* und eine Lösung des Gleichungssystems sowie die erste verbesserte Policy π_1 an.

Die Übungsblätter dürfen und sollten in Gruppen von drei (3) Studenten bearbeitet werden. Bitte füllen Sie das Deckblatt¹ aus und heften Sie es an Ihre Lösung.

¹<http://www.informatik.uni-freiburg.de/~ki/teaching/ss10/gki/coverSheet-german.pdf>