

Logik in der Informatik

Wintersemester 2023/2024

Übungsblatt 7

Abgabe: bis 11. Dezember 2023, 13.00 Uhr

Aufgabe 1:

(Moodle-Quiz)

Absolvieren Sie das Quiz 7 auf der Moodle-Plattform.

Aufgabe 2:

(Präsenzaufgabe)

Sei $\sigma := \{B, F, L, \text{Nachfolger}, \text{letzter}\}$ eine Signatur, wobei B, F, L 1-stellige Relationssymbole, Nachfolger ein 1-stelliges Funktionssymbol und letzter ein Konstantensymbol ist. Sei \mathcal{A} eine σ -Struktur mit $A = \{1, 2, \dots, 34\}$ und $\text{letzter}^{\mathcal{A}} = 34$, sodass für alle $a \in A$ gilt:

- $a \in B^{\mathcal{A}} \iff$ ALBA BERLIN gewinnt am Spieltag a ,
- $a \in F^{\mathcal{A}} \iff$ die Fraport Skyliners Frankfurt gewinnen am Spieltag a ,
- $a \in L^{\mathcal{A}} \iff$ die MHP Riesen Ludwigsburg gewinnen am Spieltag a , und
- $\text{Nachfolger}^{\mathcal{A}}(a) := \begin{cases} a + 1, & \text{falls } a \in \{1, 2, \dots, 33\} \\ a, & \text{falls } a = 34. \end{cases}$

(a) Geben Sie FO[σ]-Formeln an, die in \mathcal{A} Folgendes aussagen:

- (i) Die Fraport Skyliners Frankfurt gewinnen an mindestens einem Spieltag.
- (ii) An jedem Spieltag gewinnt genau eine der drei Mannschaften.
- (iii) Gewinnt ALBA BERLIN an einem Spieltag, dann gewinnt ALBA BERLIN auch an jedem folgenden Spieltag.

(b) Beschreiben Sie umgangssprachlich, was jede der folgenden FO[σ]-Formeln in \mathcal{A} aussagt:

- (i) $\forall x \left(\neg \left(B(x) \vee x = \text{letzter} \right) \rightarrow B(\text{Nachfolger}(x)) \right)$
- (ii) $\left(F(\text{letzter}) \vee \forall x \left(\neg \exists y x = \text{Nachfolger}(y) \rightarrow F(x) \right) \right)$
- (iii) $\forall x \left(\neg L(x) \right.$
 $\wedge \left(\neg \exists y x = \text{Nachfolger}(y) \rightarrow \left(B(x) \wedge \neg F(x) \right) \right)$
 $\wedge \left(\neg x = \text{letzter} \rightarrow \left(\left(B(x) \leftrightarrow F(\text{Nachfolger}(x)) \right) \right. \right.$
 $\left. \left. \wedge \left(F(x) \leftrightarrow B(\text{Nachfolger}(x)) \right) \right) \right)$

Aufgabe 3:

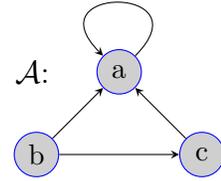
(40 Punkte)

(a) Sei $\sigma = \{E\}$ die Signatur, die aus dem zweistelligen Relationssymbol E besteht.

(i) Geben Sie die σ -Struktur \mathcal{A} an, die durch den Graphen in der nebenstehenden Abbildung repräsentiert wird.

(ii) Geben Sie einen FO[σ]-Satz φ an, der die Struktur eindeutig beschreibt. D.h. es soll für alle σ -Strukturen \mathcal{B} gelten:

$$\mathcal{B} \models \varphi \iff \mathcal{B} \cong \mathcal{A}$$



Erläutern Sie Ihren FO[σ]-Satz φ .

(iii) Geben Sie für die FO[σ]-Formel

$$\varphi(x) := \forall y \exists z \left((\neg y = z \wedge E(y, z)) \wedge (E(z, x) \rightarrow E(x, y)) \right)$$

eine σ -Struktur \mathcal{A} an, deren Universum aus höchstens 4 Elementen besteht, sowie zwei Interpretationen $\mathcal{I}_1 = (\mathcal{A}, \beta_1)$ und $\mathcal{I}_2 = (\mathcal{A}, \beta_2)$, sodass $\mathcal{I}_1 \models \varphi$ und $\mathcal{I}_2 \not\models \varphi$ gilt. Begründen Sie jeweils, warum $\mathcal{I}_1 \models \varphi$ und $\mathcal{I}_2 \not\models \varphi$ gilt!

(b) Wir betrachten das Alphabet $\Sigma := \{a, b, c\}$.

Definition: Ein FO[σ_Σ]-Satz φ beschreibt eine Sprache $L \subseteq \Sigma^*$, falls für jedes nicht-leere Wort $w \in \Sigma^*$ gilt: $w \in L \iff \mathcal{A}_w \models \varphi$.

(i) Welche Sprache beschreibt der folgende FO[σ_Σ]-Satz ψ ?

$$\psi := \forall x \left(P_b(x) \rightarrow \exists y \left(P_c(y) \wedge x \leq y \wedge \forall z (z \leq x \vee y \leq z) \right) \right)$$

Sie können die Sprache durch einen regulären Ausdruck, durch eine Mengenbeschreibung oder auch umgangssprachlich angeben.

(ii) Geben Sie einen FO[σ_Σ]-Satz an, der die durch den regulären Ausdruck $(ba^*c)^*$ definierte Sprache beschreibt und begründen Sie, warum Ihr FO[σ_Σ]-Satz das Gewünschte leistet.

Aufgabe 4:

(20 Punkte)

Lesen Sie Kapitel 9 aus dem Buch „Learn Prolog Now!“.

Die Kapitel 7 und 8 werden erst am Ende des Semesters bearbeitet.

- (a) Auf der Website zur Prolog-Übung finden Sie die Datei `a1.pl`. Speichern Sie die Datei in einem Verzeichnis Ihrer Wahl.

Machen Sie sich mit den in dieser Datei definierten Operatoren und Prädikaten vertraut. Beachten Sie insbesondere die durch das Prädikat `a1/1` definierte Repräsentation aussagenlogischer Formeln.

Erstellen Sie im selben Verzeichnis eine neue Datei `blatt7.pl`, die mit der Zeile

```
:- ensure_loaded([a1]).
```

beginnt.

Anmerkung: Diese Zeile lädt die Operatoren und Prädikate aus `a1.pl`, so dass sie von Ihnen in den folgenden Teilaufgaben benutzt werden können.

- (b) Schreiben Sie (in der Datei `blatt7.pl`) ein Prädikat `as_in_a1/2`, so dass das Ziel `as_in_a1(F, X)` genau dann erfüllt ist, wenn F eine aussagenlogische Formel repräsentiert und X ein Aussagensymbol, das in F vorkommt.

Beispielsweise sollte die Anfrage

```
?- as_in_a1(~(c => (a /\ ~ b)), X).
```

zu den Antworten $X = c$; $X = a$; $X = b$; `false`. führen.

- (c) Gehen Sie vor wie im Beweis von Satz 2.37 des Vorlesungsskripts, um (in der Datei `blatt7.pl`) ein Prädikat `a12nnf/3` zu schreiben, so dass die Anfrage

```
?- a12nnf(F, P, N).
```

genau dann erfüllt ist, wenn gilt:

- F repräsentiert eine aussagenlogische Formel φ ,
- P repräsentiert die im Beweis konstruierte, zu φ äquivalente, aussagenlogische Formel in Negationsnormalform und
- N repräsentiert die im Beweis konstruierte, zu $\neg\varphi$ äquivalente, aussagenlogische Formel in Negationsnormalform.

Hinweis: Erweitern Sie dazu den Beweis von Satz 2.37 um den Fall aussagenlogischer Formeln der Form $(\psi_1 \rightarrow \psi_2)$.

Beispielsweise sollte die Anfrage

```
?- a12nnf(~(c => (a /\ ~ b)), P, N).
```

zu der Antwort

```
P = c /\ (~a \/ b), N = ~c \/ (a /\ ~b)
```

führen.

Hinweise: Es macht nichts, wenn Prolog die gesuchten aussagenlogischen Formeln über das Backtracking mehrfach ausgibt. Beachten Sie zudem, dass die unschöne Formatierung der Leerzeichen in der Ausgabe aussagenlogischer Formeln nicht zu vermeiden ist und insbesondere keinen Fehler Ihres Prädikats darstellt.