Prüfung (Exam)
VU Einführung in wissensbasierte Systeme 2023W, 192.023
11.03.2024

Name:

Matrikelnummer (Student ID):

Kennzahl (Study Code):

Bitte leserlich mit Füllfeder oder Kugelschreiber schreiben. *Kein Bleistift*!
(Please give readable answers and use a fountain or ball pen. *No pencil*!)

Für die Multiple-Choice Fragen: Jede richtige Antwort zählt positiv, jede falsche Antwort negativ! Die minimale Punktezahl pro Multiple-Choice-Block beträgt 0 Punkte.
(Multiple-Choice Questions: Correct answers give positive points, but wrong answers give negative points! You cannot get less than 0 points per multiple-choice block.)

Beispiel (Subtask) 1: **14 Punkte (points)**
Logikbasierte Wissensrepräsentation
(Logic-based knowledge representation)

a) Man zeige, dass $W \cup \{\varphi\} \models \psi$ dann und nur dann gilt wenn $W \models \varphi \to \psi$ auch gilt (Deduktionstheorem). Wenn Sie zusätzliche Theoreme aus der Vorlesung verwenden, so müssen Sie diese beweisen.
(Show that $W \cup \{\varphi\} \models \psi$ holds if and only if $W \models \varphi \to \psi$ holds as well (Deduction theorem). If you use additional theorems from the lecture, you have to prove them.) **4 Punkte (points)**

b) Überprüfen Sie, welche Eigenschaften auf die nachfolgend angeführten aussagenlogischen bzw. prädikatenlogischen Formeln zutreffen und kreuzen Sie jeweils alle zutreffenden Eigenschaften an:
(Which properties do the following propositional/first order logic formulas have? Check all correct properties:)

i. $(p \land \neg q) \land (p \to q)$

erfüllbar (satisfiable)	widerlegbar (refutable)
Tautologie (tautology)	Kontradiktion (contradiction)

ii. $\forall x \exists y F(x, y) \to \exists y \forall x F(x, y)$

erfüllbar (satisfiable)	widerlegbar (refutable)
Tautologie (tautology)	Kontradiktion (contradiction)

4 Punkte (points)

c) (i) Übersetzen Sie folgende Formel in Negationsnormalform (NNF):
(Convert the following formula to negation normal form (NNF):)

$$\neg \exists x \forall y \big(P(x, y) \land \neg Q(y)\big) \lor \neg \exists u \forall v \big(R(u) \to S(v)\big).$$

(ii) Gegeben sei die folgende Formel:

$$\varphi : \big(\forall x P(x) \land \exists y Q(y)\big) \rightarrow \exists z \big(P(z) \land Q(z)\big)$$

Die NNF der Negation dieser Formel ist:

$$\big(\forall x P(x) \land \exists y Q(y)\big) \land \forall z \big((\neg P(z) \lor \neg Q(z))\big)$$

Verwenden Sie TC1 um zu zeigen, dass die gegebene Formel φ gültig ist. Erklären Sie den Zusammenhang der Schritte und der verwendeten Formeln.

(Consider the following formula:

$$\varphi : \big(\forall x P(x) \land \exists y Q(y)\big) \rightarrow \exists z \big(P(z) \land Q(z)\big)$$

The NNF of the negation of this formula is the following:

$$\big(\forall x P(x) \land \exists y Q(y)\big) \land \forall z \big((\neg P(z) \lor \neg Q(z))\big)$$

Use TC1 to show that the formula φ is valid. Explain the connection between the steps and the used formulas.)

6 Punkte (points)

Beispiel (Subtask) 2: **14 Punkte (points)**
Description Logic(s)

a) Welche der folgenden *Subsumptionsbeziehungen* gelten für $\mathcal{ALC}$? Begründen Sie, warum oder geben Sie ein Gegenbeispiel an.

(Which of the following *subsumption relations* hold for $\mathcal{ALC}$? Argue why or provide a counterexample.)

(i) $\exists R.(A \sqcup B) \sqsubseteq \forall R.A$

(ii) $\exists R.A \sqcap \forall R.B \sqsubseteq \exists R.B$

(iii) $\forall R.(A \sqcap B) \sqsubseteq \forall R.A \sqcap \forall R.B$

5 Punkte (points)

b) Kreuzen Sie bei den folgenden Aussagen an, ob sie richtig sind oder nicht.
(Check whether the following propositions are true or not.)

(i) TBox Unfolding führt im schlechtesten Fall zu einem quadratischen Anstieg der Länge der ABox.
(In the worst case, TBox unfolding leads to a qudratic increase of length of the ABox.)
richtig (true) falsch (false)

(ii) Mögliche Anwendungsgebiete von Description Logics sind unter anderem medizinische Informatik, Natural Language Processing und Software Engineering.
(Possible application domains of description logics include, among other things, medical informatics, natural language processing and software engineering.)
richtig (true) falsch (false)

(iii) In $\mathcal{FL}^-$ gibt es keine Disjunktionen.
($\mathcal{FL}^-$ does not have disjunctions.)
richtig (true) falsch (false)

(iv) $\mathcal{FL}^-$ ist $\mathcal{FL}$ ohne Einschränkungen auf Rollen.
($\mathcal{FL}^-$ is $\mathcal{FL}$ without role restrictions.)
richtig (true) falsch (false)

(v) Rollen stellen Relationen zwischen zwei Konzepten dar.
(Roles represent relations between pairs of concepts.)

true false)

(vi) Rollen in Description Logics sind vergleichbar mit binären Prädikaten in Prädikatenlogik erster Stufe.
(Roles in description logics are comparable to binary predicates in first order logic.)

true) false)

3 Punkte (points)

c) Show that the following $\mathcal{ALC}$ ABox $\mathcal{A}$ is satisfiable by using a tableau and provide a model given by the tableau procedure.

(Zeigen Sie durch Verwendung der Tableau-Methode, dass die folgende $\mathcal{ALC}$ ABox erfüllbar ist und geben Sie ein Modell gemäß der Tableau-Methode an.)

6 Punkte (points)

$$\mathcal{A} = \{R(a,b), \qquad (\neg\exists R.A \sqcap \neg\forall R.B)(a), \qquad \neg(\neg A \sqcap \neg C)(b)\}.$$

Beispiel (Subtask) 3: **14 Punkte (points)**

Nichtmonotones Schließen (Nonmonotonic reasoning):

a) Gegeben ist folgende Wissensbasis T über einer Sprache mit den einzigen Konstantensymbolen a, b und c, dem Variablensymbol x und den einzigen Prädikatensymbolen R und S.

(Let T be the following knowledge base over a language containing as constant symbols only a, b and c, the variable symbol x, and the two predicate symbols R and S.)

$$T = \{\forall x(\neg S(x) \rightarrow R(x)), R(c) \rightarrow \neg S(c), R(a), \neg S(b)\}.$$

(i) Geben Sie die *Closed World Assumption* CWA(T) von T an indem Sie folgende Gleichungen ergänzen:

(Provide the elements of the *closed world assumption* CWA(T) of T by supplementing the following equations:)

$$T_{asm} = \{\underline{\hspace{8cm}}\}$$

$$\mathrm{CWA}(T) = \{\psi \mid \underline{\hspace{6cm}} \models \psi, \psi \ \mathit{closed}\}.$$

3 Punkte (points)

(ii) Welche der folgenden Eigenschaften treffen zu?

(Which of the following properties hold?)

- T ist *deduktiv abgeschlossen*. (*T is deductively closed.*) richtig (true) falsch (false)
- CWA(T) ist *konsistent*. (CWA(T) is *consistent*.) richtig (true) falsch (false)

3 Punkte (points)

b) Sei $\delta = (A : B_1, \ldots, B_n/C)$ ein Default und F, K Mengen geschlossener Formeln. Definieren Sie den Begriff:

> δ ist *anwendbar an F bezüglich K.*

(Let $\delta = (A : B_1, \ldots, B_n/C)$ be a default and F, K sets of closed formulas. Define the notion:

> δ is *applicable to F relative to K.*)

2 Punkte (points)

c) Gegeben seien folgende Defaults:
(Given are the following defaults:)

$$\Delta = \left\{ \frac{Q(a) : \neg T(a), P(a)}{\neg T(a)}, \frac{P(a) : T(a), Q(a)}{T(a)}, \frac{T(a) : \neg P(a)}{P(a)} \right\}$$

$$W_1 = \{Q(a), P(a)\}, \quad W_2 = \{\neg Q(a), T(a)\}, \quad W_3 = \{Q(a), T(a)\}.$$
$$E_1 = Cn(W_1), \quad E_2 = Cn(W_2), \quad E_3 = Cn(W_3 \cup \{P(a)\}).$$

(i) Geben Sie die *klassischen Redukte* Δ^{E_i} von Δ bezüglich den Mengen E_i an, für $i = 1, 2, 3$.
(Provide the *classical reducts* Δ^{E_i} of Δ with respect to the sets E_i, for $i = 1, 2, 3$.)

$\Delta^{E_1} = \{$ ______________________________ $\}$

$\Delta^{E_2} = \{$ ______________________________ $\}$

$\Delta^{E_3} = \{$ ______________________________ $\}$

(ii) Markieren Sie die korrekten Aussagen:
(Check the correct statements:)

(1) E_1 ist eine Extension der Default Theorie $T_1 = \langle W_1, \Delta \rangle$.
(E_1 is an extension of the default theory $T_1 = \langle W_1, \Delta \rangle$.)

□ richtig (true) □ falsch (false)

(2) E_2 ist eine Extension der Default Theorie $T_2 = \langle W_2, \Delta \rangle$.
(E_2 is an extension of the default theory $T_2 = \langle W_2, \Delta \rangle$.)

□ richtig (true) □ falsch (false)

(3) E_3 ist eine Extension der Default Theorie $T_3 = \langle W_3, \Delta \rangle$.
(E_3 is an extension of the default theory $T_3 = \langle W_3, \Delta \rangle$.)

□ richtig (true) □ falsch (false)

6 Punkte (points)

Beispiel (Subtask) 4: **14 Punkte (points)**

Answer-Set Programming

a) Gegeben ist folgendes ASP Core-2 Programm, wobei `pay(transaction, person, value)` eine Zahlung darstellt:

(Consider the following ASP Core-2 program in which `pay(transaction, person, value)` represents a payment:)

$$\mathcal{P} := \left\{ \begin{array}{l} \texttt{person(p1).} \quad \texttt{person(p2).} \\ \texttt{pay(t1, p1, 5).} \quad \texttt{pay(t2, p1, 8).} \\ \texttt{pay(t3, p2, 5).} \quad \texttt{pay(t4, p2, 10).} \quad \texttt{pay(t5, p2, 10).} \end{array} \right\}.$$

Bestimmen Sie für welche Grund-Instanzen über `total(P,S)` jede der angeführten Regeln feuern wird, falls sie in dem Programm hinzugefügt wird, und geben Sie die der Menge an Tupel an die in den grundierten #`sum` Aggregaten berücksichtigt werden.

(Determine for which ground instances over `total(P,S)` each of the given rules fires, if it is added to the program, and provide the set of tuples over which the grounded #`sum` aggregates are evaluated.)

(i) `total(P,S) :- person(P), S = #sum{V,T : pay(T,P,V)}`

(ii) `total(P,S) :- person(P), S = #sum{V : pay(T,P,V)}`

(iii) `total(P,S) :- person(P), S = #sum{V,P : pay(T,P,V)}`

6 Punkte (points)

b) Betrachten Sie das weiter unten gegebene ASP-Core-2 Program P.

Geben Sie ein ASP-Core-2 Programm P' an welches die gleichen Answer sets hat wie P, aber keine Disjunktion oder Choice Regeln enthält!

(Consider the ASP-Core-2 program P given below.

Provide an ASP-Core-2 program P' which has the same answer sets as P, but does not contain disjunction or choice rules!

$$P = \{\ \texttt{a} \mid \texttt{b} \mid \texttt{c.}\ \}$$

4 Punkte (points)

c) Kreuzen Sie bei den folgenden Aussagen an, ob sie richtig sind oder nicht.
(Check whether the following propositions are true or not.)

(i) Das folgende Answer-Set Programm ist Horn:
(The following answer-set program is Horn:)
$\{\ t(a) :- r(a), q(a).\quad s(a).\quad p(a) :- not\ q(a).\ \}$

□ richtig (true) □ falsch (false)

(ii) Das folgende Answer-Set Programm ist normal:
(The following answer-set program is normal:)
$\{\ p(a) :- t(a), q(a).\quad :- t(a), not\, p(a).\quad s(a).\ \}$

□ richtig (true) □ falsch (false)

(iii) Die folgende Regel ist ein Constraint:
(The following rule is a constraint:)
$:- s(X), s(Y), X \neq Y, not\ r(X, Y).$

□ richtig (true) □ falsch (false)

(iv) Für ein Program P und eine Interpretation I gilt wenn $I \models P^I$ dann $I \models P$.
(For a program P and an interpretation I, it holds that $I \models P^I$ implies $I \models P$)

□ richtig (true) □ falsch (false)

4 Punkte (points)

Beispiel (Subtask) 5: **14 Punkte (points)**

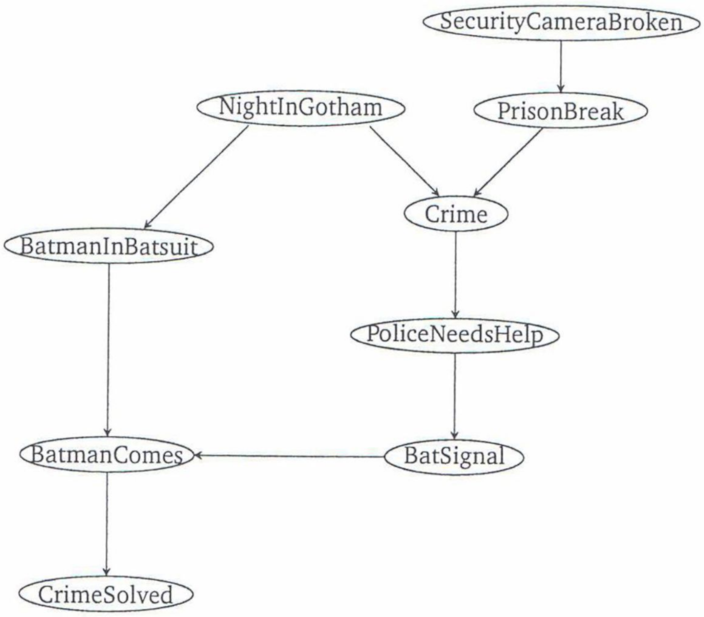
Probabilistisches Schließen (Probabilistic reasoning):

a) Leiten Sie das *Bayes'sche Gesetz* aus der Produktregel her.
(Derive *Bayes' rule* from the product rule.) **(6 Punkte)**

b) Ist probabilistisches Schließen mittels Bayes'schen Netzen im Allgemeinen computational effizient? Begründen Sie Ihre Antwort!

(Is probabilistic reasoning with Bayesian networks in general computationally efficient? Justify your answer!) **2 Punkte (points)**

c) Gegeben sei das folgende Bayes'sche Netz:
(Consider the following Bayesian network:)



Vereinfachen Sie die folgenden Gleichungen bezüglich der zugrunde liegenden Unabhängigkeitsbeziehungen in dem gegebenen Bayes'schen Netzwerk.
Wenn Sie der Meinung sind, dass die Evidenz weggelassen werden kann, tragen Sie $\emptyset$ ein.

(Simplify the equalities below regarding the underlying independence relations in the given Bayesian network.
If you think that the evidence can be left out, fill in with $\emptyset$.)

$P(\text{BatmanInBatsuit} \mid \text{PrisonBreak}, \text{NightInGotham}) =$
$P(\text{BatmanInBatsuit} \mid$ ____ $)$

$P(\text{PrisonBreak} \mid \text{BatmanInBatsuit}, \text{NightInGotham}, \text{Crime}) =$
$P(\text{PrisonBreak} \mid$ ____ $)$

$P(\text{Crime} \mid \text{BatmanInBatsuit}, \text{NightInGotham}, \text{PrisonBreak}) =$
$P(\text{Crime} \mid$ ____ $)$

$P(\text{NightInGotham} \mid \text{SecurityCameraBroken}, \text{PrisonBreak}) =$
$P(\text{NightInGotham} \mid$ ____ $)$

6 Punkte (points)