

Department of Computer Science

Exam: Foundations of Artificial Intelligence - Mock-Exam

Duration: 90 minutes

Permitted exam aids: Indelible pen (e. g. ball pen, *no* pencil!), nothing else.

Notes:

- Please fill out this form.
- Please write only on one side of your paper sheets.
- Please write your name and your matriculation number on each paper sheet.
- Please use a new paper sheet for each question.
- Please turn off your mobile phone.

Withdrawing from an examination:

In case of illness, you must supply proof of your illness by submitting a medical report to the Examinations Office. Please note that the medical examination must be done at the latest on the same day of the missed exam. More information: http://www.tf.uni-freiburg.de/studies/exams/withdrawing_exam.html

Cheating/disturbing in examinations:

A student who disrupts the orderly proceedings of an examination will be excluded from the remainder of the exam by the respective examiners or invigilators. In such a case, the written exam of the student in question will be graded as "nicht bestanden" (5.0, fail) on the grounds of cheating. In severe cases, the Board of Examiners will exclude the student from further examinations.

| Question | Score | Reached score | Comments | Initials |
|----------|-------|---------------|----------|----------|
| 1 | 6 | | | |
| 2 | 15 | | | |
| 3 | 15 | | | |
| 4 | 6 | | | |
| 5 | 13 | | | |
| 6 | 15 | | | |
| 7 | 20 | | | |
| Sum | 90 | | | |

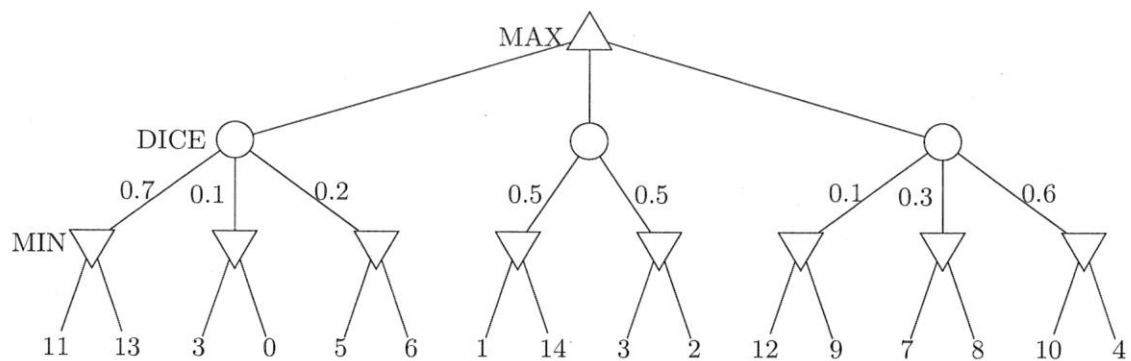
Name and matriculation number: _____

Question 1 (6 points)

BOARD GAMES / BRETTSPIELE

Consider the following game tree for a two-person game with chance nodes:

Betrachten Sie den folgenden Spielbaum für ein 2-Personen-Spiel mit Zufallsknoten:



Determine the utility of all nodes in the game tree.

Bestimmen Sie die Bewertungen der Knoten des Spielbaumes.

Name and matriculation number:

Question 2 (8+7 points)

DECISION TREES / ENTSCHEIDUNGSBÄUME

| No Nr. | LeadingActor Hauptdarsteller | Genre Genre | SoldOut? ausverkauft? |
|-----------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1 | Matt Damon | Thriller / <i>Krimi</i> | yes / <i>ja</i> |
| 2 | Tom Cruise | Action / <i>Action</i> | yes / <i>ja</i> |
| 3 | Matt Damon | Action / <i>Action</i> | yes / <i>ja</i> |
| 4 | Angelina Jolie | Romance / <i>Liebesfilm</i> | no / <i>nein</i> |
| 5 | Matt Damon | Romance / <i>Liebesfilm</i> | no / <i>nein</i> |
| 6 | Angelina Jolie | Thriller / <i>Krimi</i> | no / <i>nein</i> |
| 7 | Angelina Jolie | Action / <i>Action</i> | yes / <i>ja</i> |
| 8 | Tom Cruise | Thriller / <i>Krimi</i> | no / <i>nein</i> |
| 9 | Tom Cruise | Romance / <i>Liebesfilm</i> | no / <i>nein</i> |
| 10 | Matt Damon | Action / <i>Action</i> | yes / <i>ja</i> |

Consider the above record of movie screenings a cinema owner has produced.

Betrachten Sie die von einem Kinobetreiber gesammelten Daten bisheriger Vorführungen.

- (a) We consider the attribute **Genre** as candidate for the first node in a decision tree used to classify whether a movie screening was sold out or not. How much would this attribute reduce the uncertainty about the classification? Justify your answer with detailed calculations. You can make use of the following values:

Wir betrachten das Attribut **Genre** als Kandidaten für den ersten Knoten eines Entscheidungsbaums der klassifizieren soll, ob eine Vorstellung ausverkauft war oder nicht. Um wieviel würde das Attribut die Unsicherheit der Klassifikation reduzieren? Rechtfertigen Sie Ihre Antwort mit detaillierten Berechnungen. Sie können folgende Werte benutzen:

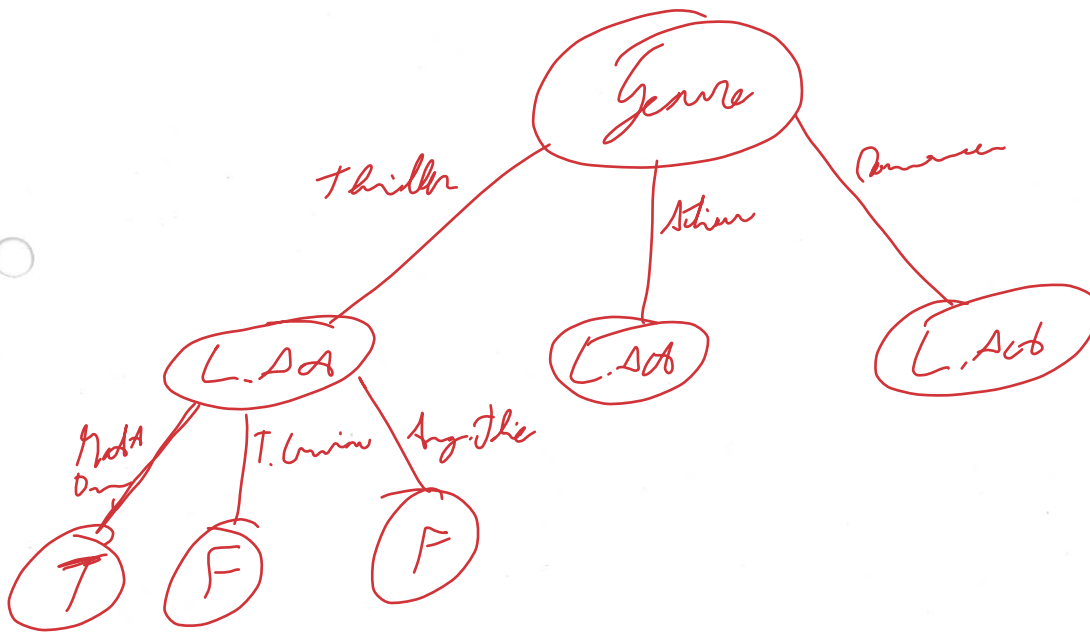
$$\log_2\left(\frac{1}{3}\right) \approx -\frac{3}{2}, \log_2\left(\frac{2}{3}\right) \approx -\frac{1}{2}, \log_2\left(\frac{1}{2}\right) = -1, \log_2(1) = 0, 0 \cdot \log_2(0) = 0.$$

$$\begin{aligned} I_{\text{genre}} &= \frac{1}{3} I\left(\frac{1}{3}, \frac{2}{3}\right) + \frac{1}{3} I(1, 0) + \frac{1}{3} I(0, 1) \\ &= \frac{1}{3} \left(\frac{5}{6} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{5}{18} \right) \\ &= -\frac{1}{3} \log_2\left(\frac{1}{3}\right) - \frac{2}{3} \log_2\left(\frac{2}{3}\right) = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6} \\ \text{Gain} &= 1 - \frac{5}{18} = \frac{13}{18} \end{aligned}$$

Name and matriculation number: _____

- (b) Produce a decision tree, which, by means of the given attributes, correctly classifies whether the given examples have been sold out or not.

Geben Sie einen Entscheidungsbaum an, der für die gegebenen Beispiele anhand der Attribute korrekt klassifiziert, ob die jeweilige Vorstellung ausverkauft war oder nicht.



(additional room for answer to Question 2)


Name and matriculation number: _____

Question 3 (4+11 points)

CONSTRAINT SATISFACTION PROBLEMS / CSPs

Consider the 5-queens problem, where 5 pieces have to be placed on a size 5×5 board in such a way that no two queens are on the same horizontal, vertical, or diagonal line. The Variables $v_i \in V = \{v_1 \dots v_5\}$ indicate the position of the i -th queen with domain $\text{dom}(v_i) = 1, \dots, 5$ for all variables $v_i \in V$. Consider now state $\alpha = \{v_1 \mapsto 2\}$.

Betrachten Sie das 5-Damen Problem, bei dem 5 Spielfiguren auf einem 5×5 Felder großen Brett so platziert werden sollen, dass sich keine zwei Damen auf der selben horizontalen, vertikalen oder diagonalen Line befinden. Die Variablen $v_i \in V = \{v_1 \dots v_5\}$ geben die Position der i -ten Dame an und haben einen Wertebereich $\text{dom}(v_i) = 1, \dots, 5$ für alle Variablen $v_i \in V$. Betrachten Sie nun den Zustand $\alpha = \{v_1 \mapsto 2\}$.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|---|---|---|---|---|
| v_1 | |  | | | |
| v_2 | | | | | |
| v_3 | | | | | |
| v_4 | | | | | |
| v_5 | | | | | |

- (a) Apply forward-checking in α . Fill the table below with the domains of the missing variables.

Führen Sie Forward-Checking in α aus. Tragen Sie die Domänen der fehlenden Variablen in die Tabelle ein.

| | v_1 | v_2 | v_3 | v_4 | v_5 |
|------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| init | $\{2\}$ | $\{1, 2, 3, 4, 5\}$ | $\{1, 2, 3, 4, 5\}$ | $\{1, 2, 3, 4, 5\}$ | $\{1, 2, 3, 4, 5\}$ |
| FC | $\{2\}$ | 4, 5 | 1, 3, 5 | 1, 1, 5 | 1, 1, 1, 5 |

Name and matriculation number: _____

- (b) Enforce arc consistency in α . Specify the domains of the variables after applying arc consistency to all constraints belonging to one variable. (E.g. in the first row you should depict the domain of v_2 after enforcing arc consistency for all constraints containing v_2 .)

Erzeugen Sie Kantenkonsistenz in α . Geben Sie hierzu die Wertebereiche der Variablen nach dem Erzeugen der Kantenkonsistenz für alle Constraints an, in welchen die aktuell betrachtete Variable beteiligt ist. (Z.B. in der ersten Reihe ist die neue Domäne von v_2 anzugeben, nachdem Kantenkonsistenz für alle Constraints an denen v_2 beteiligt ist, erzeugt wurde.)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|---|---|---|---|---|
| v_1 | | 👑 | | | |
| v_2 | | | | 🔴 | |
| v_3 | 🔴 | | | | |
| v_4 | | | 🔴 | | |
| v_5 | | | | | 🔴 |

Additional sketch of the state α so you don't have to flip pages.

Weitere Skizze des Zustands α damit Sie nicht umblättern müssen.

| | v_1 | v_2 | v_3 | v_4 | v_5 |
|------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| init | {2} | {1, 2, 3, 4, 5} | {1, 2, 3, 4, 5} | {1, 2, 3, 4, 5} | {1, 2, 3, 4, 5} |
| AC - v_2 | {2} | {4, 5} | {1, 2, 3, 4, 5} | {1, 2, 3, 4, 5} | {1, 2, 3, 4, 5} |
| AC - v_3 | {2} | 4 | 1, 3, 5 | {1, 2, 3, 4, 5} | {1, 2, 3, 4, 5} |
| AC - v_4 | {2} | 4 | 1 | 3 | {1, 2, 3, 4, 5} |
| AC - v_5 | {2} | 4 | 1 | 3 | 5 |
| | {2} | 4 | 1 | 3 | |
| | {2} | | | | |
| | {2} | | | | |
| | {2} | | | | |

Name and matriculation number: _____

Question 4 (4 + 2 points)

PLANNING / HANDLUNGSPLANUNG

Consider the following STRIPS-Task $\Pi = \langle S, O, I, G \rangle$:

Betrachten Sie folgenden STRIPS-Task $\Pi = \langle S, O, I, G \rangle$:

- S : {X, Y, Z, G}
- O : {A, B, C, D} where

A : $pre(A) = \{\neg Y\}$,

$eff(A) = \{\neg X\}$

B : $pre(B) = \{\neg X\}$,

$eff(B) = \{X, Y\}$

C : $pre(C) = \{Y\}$,

$eff(C) = \{\neg Y, Z\}$

D : $pre(D) = \{X, Y, Z\}$,

$eff(D) = \{G\}$

- I : {X}
- G : {G}

- (a) Derive the states from executing the plan $\pi = \langle A, B, C, B, D \rangle$ in $I := s_0$, as long as actions can be legally applied.

Leiten Sie die Zustände her, welche bei Ausführung des Plans $\pi = \langle A, B, C, B, D \rangle$ entstehen, solange die Aktionen legal angewendet werden.

$s_0 = \{X\}$

$s_1 = App(s_0, A) = \{\}$

$s_2 = App(s_1, B) = X, Y$

$s_3 = App(s_2, C) = X, Z$

$s_4 = App(s_3, B) = \text{---} A) Z$

$s_5 = App(s_4, D) = \text{---} B) (X, Y, Z)$

$D) (G) \checkmark$

Name and matriculation number:

- (b) Is the Plan in (a) applicable? If not, can it be fixed by adding an action to the plan?
State a plan which solves the problem.

Ist der Plan in (a) anwendbar? Falls nicht, kann er durch Hinzufügen einer Aktion repariert werden? Geben Sie einen Plan an, der das Problem löst.

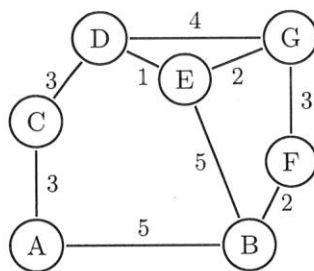
(additional room for answer to Question 4)

Name and matriculation number: _____

Question 5 (10 + 3 points)

A* SEARCH / A*SUCHE

- (a) Draw the search tree generated by the A* algorithm when searching for a shortest path from Node **A** to Node **G**, using the heuristic distance to node **G** given in the table. Indicate in which order the nodes are expanded and annotate each node with its f, g, and h value. Edges back to parent nodes do not have to be generated. Mark the goal node.

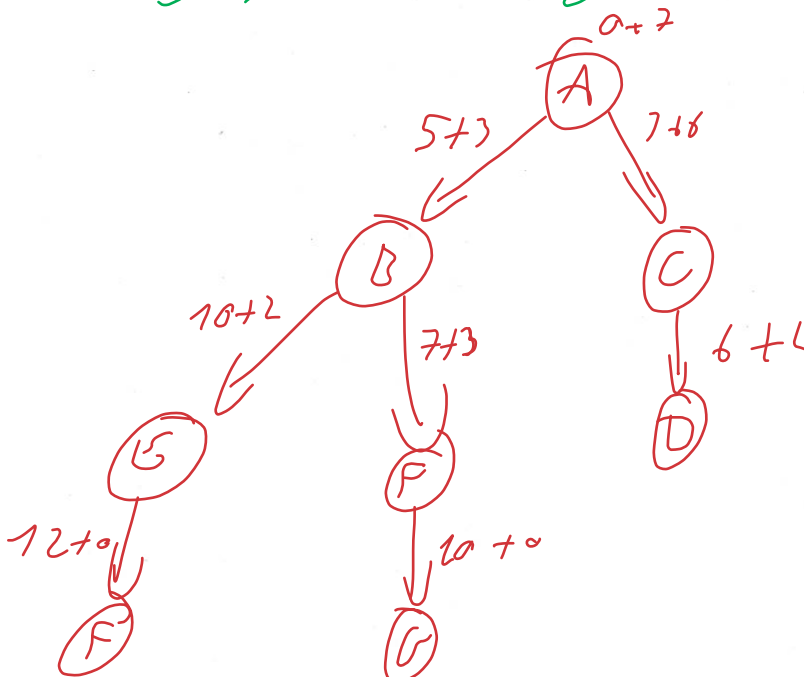


| | $h(x)$ |
|---|--------|
| A | 7 |
| B | 3 |
| C | 6 |
| D | 3 |
| E | 2 |
| F | 3 |
| G | 0 |

- (b) Is breadth-first search complete? Under which condition does it find the optimal solution?

Ist Breitensuche vollständig? Unter welchen Bedingungen findet die Breitensuche die optimale Lösung?

Yes, non-negative costs.



(additional room for answer to Question 5)

Name and matriculation number: _____

Question 6 (3.5 + 7.5 + 4 points)

BAYES / BAYES

Consider the following probability tables (all variables are binary, thus they can be either true or false)

Betrachten Sie die folgenden Wahrscheinlichkeitstafeln (alle Variablen sind binär und können somit entweder wahr oder falsch sein)

| B | D | $P(A B, D)$ |
|---|---|---------------|
| T | T | 0.6 |
| T | F | 0.3 |
| F | T | 0.2 |
| F | F | 0.7 |

| C | $P(B C)$ |
|---|------------|
| T | 0.7 |
| F | 0.2 |

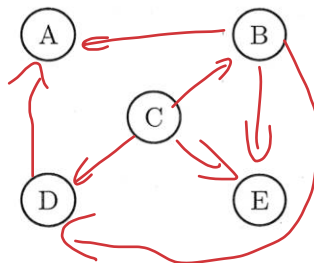
| $P(C)$ |
|--------|
| 0.2 |

| B | C | $P(D B, C)$ |
|---|---|---------------|
| T | T | 0.2 |
| T | F | 0.7 |
| F | T | 0.5 |
| F | F | 0.4 |

| B | C | $P(E B, C)$ |
|---|---|---------------|
| T | T | 0.3 |
| T | F | 0.4 |
| F | T | 0.1 |
| F | F | 0.7 |

- (a) Draw the corresponding Bayesian network. Use the already drawn nodes and add the corresponding edges:

Zeichnen Sie das zugehörige Bayes'sche Netz. Verwenden Sie hierzu die vorgegebenen Knoten und ergänzen die fehlenden Kanten:



- (b) Compute the probability $P(A, \neg B, C, E)$.

Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit $P(A, \neg B, C, E)$.

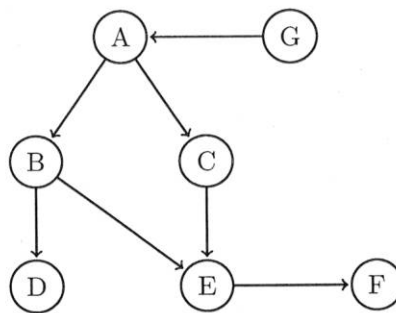
$$= P(C) \cdot P(\neg B | C) \cdot P(A | B, D) \cdot P(A | B, \neg D) \cdot P(E | B, C)$$

$P(D | B, C)$ $P(\neg D | B, C)$

Name and matriculation number: _____

- (c) Determine, which of the following independence statements follow from the structure of the Bayesian network given below. $\text{Ind}(U, V \mid W)$ denotes that U is independent of V given W :

Bestimmen Sie, welche der folgenden Unabhängigkeiten aus der Struktur des untenstehenden Bayes'schen Netzes folgen. Hierbei steht $\text{Ind}(U, V \mid W)$ dafür, dass U unabhängig von V gegeben W ist:



- $\text{Ind}(B, C \mid A)$
- $\text{Ind}(C, G \mid A)$
- $\text{Ind}(E, A \mid C)$
- $\text{Ind}(E, A \mid B, C, F)$

Name and matriculation number:

Question 7 (6 + 8 + 6 points)

LOGIC / LOGIK

- (a) Apply the unification algorithm to the following set of literals: (As usual, we use $\{P\}$ for predicate symbols, $\{f, g\}$ for function symbols, $\{x, y, z\}$ for variables and $\{A\}$ for constants.)

Wenden Sie den Unifikationsalgorithmus auf die folgende Literalmenge an: (Wie üblich verwenden wir $\{P\}$ für Prädikatensymbole, $\{f, g\}$ für Funktionssymbole, $\{x, y, z\}$ für Variablen und $\{A\}$ für Konstanten.)

$$\{P(x, y, g(A, f(z))), P(g(z, y), y, g(z, y))\}$$

In each step k , give the values of the set of Terms T_k , the substitution s_k , the disagreement set D_k replaced variable v_k and the replacement term t_k .

Geben Sie für jeden Schritt k die Werte für die Menge von Termen T_k , die Substitution s_k , die "Disagreement" Menge D_k die ersetze Variable v_k und der Ersetzungsterm t_k an.

| k | T_k | s_k | D_k | v_k | t_k |
|-----|---|-------------|-------|-------|-------|
| 0 | $\{P(x, y, g(A, f(z))), P(g(z, y), y, g(z, y))\}$ | \emptyset | | | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |

Name and matriculation number: _____

- (b) Use the Davis-Putnam-Logemann-Loveland (DPLL) Procedure to find a satisfying assignment for the formula ϕ . Write out all steps of the algorithm. If you have to apply a splitting rule, split on variables in alphabetical order, trying *true* first, then *false*. Indicate the satisfying assignment.

Verwenden Sie die Davis-Putnam-Logemann-Loveland (DPLL)-Prozedur, um eine erfüllende Belegung der Formel ϕ zu finden. Schreiben Sie alle Schritte des Algorithmus auf. Wenn Sie eine Verzweigungs-Regel anwenden müssen, wählen Sie die Verzweigungs-Variablen in alphabetischer Reihenfolge aus, und wählen Sie zuerst wahr, dann falsch. Geben Sie die erfüllende Belegung an.

$$\phi = (\neg A \vee \neg C \vee D) \wedge (A \vee \neg C) \wedge (B \vee C \vee D) \wedge (A \vee D) \wedge (\neg A \vee \neg B) \wedge (B \vee \neg D)$$

Split $A \rightarrow 0$

Split $B \rightarrow 1$

- (c) Convert the following formula to Skolem normal form.

Unit $C \rightarrow 0$ Wandeln Sie die folgende Formel in Skolem-Normalform um.

Unit $D \rightarrow 1$

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

(additional room for answer to Question 7)

Name and matriculation number FIRSTNAME LASTNAME, MATRICULATIONNUMBER

Additional room for notes. If you write any solutions here, please point it out at the question.
Zusätzlicher Platz für Notizen. Falls Sie Lösungen hier aufschreiben, weisen Sie bitte bei der Aufgabe darauf hin.

