Unterschrift (Signature):

Studierendenausweis (Student ID card)

T1	T2	$\sum_{\mathrm{T}i}$	UE	$\sum$	N

Prüfung (Exam)
VU Einführung in die Künstliche Intelligenz, 184.735, 2021S
27.10.2021

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 lead pencil*!)

Für die Multiple-Choice Fragen: Jede richtige Antwort zählt positiv, jede falsche Antwort negativ!
(Multiple-Choice Questions: Correct answers give positive points, but wrong answers give negative points!)

Unterschrift (Signature):

Teil (Part) 1 **40 Punkte (points)**

a) Modellieren Sie ein neuronales Netz mit maximal zwei inneren Layers, welches zwei binäre Eingangssignale I_1, I_2 sowie drei Ausgangssignale O_1, O_2, O_3 besitzt und dessen Signale sich wie in der folgenden Wahrheitstabelle beschrieben verhalten.

(Construct a neural network with at most two inner layers, which has two binary input signals I_1, I_2 and three output signals O_1, O_2, O_3. The signals should behave according to the entries of the following truth table.)

I_1	I_2	O_1	O_2	O_3
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	0

Verwenden Sie für jedes Neuron folgende Aktivierungsfunktion:

(For each neuron, use the following activation function:)

$$g(x) = \begin{cases} 1 & \text{wenn (if) } x \geq 0\,, \\ 0 & \text{sonst (otherwise).} \end{cases}$$

6 Punkte (points)

b) Was ist *Deep Learning* und was wird benötigt um es anwenden zu können? Geben Sie Beispiele wo *Deep Learning* gut funktioniert, und erklären Sie welche Schwächen es hat.

(What is *Deep Learning* and what is needed in order to apply them? Give examples for which *Deep Learning* works well, and explain its shortcomings.)

5 Punkte (points)

c) Was versteht man unter *Backpropagation*? Wie lautet die Update-Regel für Gewichte im Netzinneren? Erläutern Sie zusätzlich kurz alle in der Update-Regel vorkommenden Symbole.

(What is *Backpropagation*? How is the update rule for weights in the hidden layer defined? Briefly explain all symbols which occur in the update rule.)

5 Punkte (points)

d) Kreuzen Sie Zutreffendes an:
(Check the correct answers:)

(i) Ein Schachspiel ist eine *kontinuierliche Umgebung*. (A game of chess is a *continuous environment*.) richtig (true) □ falsch (false) □

(ii) Für *konsistente* Heuristikfunktionen h ist der A^*-Algorithmus optimal. (For *consistent* heuristic functions h the A^*-Algorithm is optimal.) richtig (true) □ falsch (false) □

(iii) *Simulated Annealing* entspricht *stochastischem Hill-Climbing* (*Simulated Annealing* amounts to *stochastic Hill-Climbing*.) richtig (true) □ falsch (false) □

(iv) *Reinforcement learning* ist eine Mischung aus *Unsupervised* und *Supervised learning*. (*Reinforcement learning* is a mix of *unsupervised* and *supervised learning*.)
richtig (true) □ falsch (false) □

6 Punkte (points)

e) Gegeben sind die folgenden Daten:

(Consider the following example data:)

	A	B	C	D	Output
1	a_2	b_2	c_1	d_4	F
2	a_1	b_2	c_2	d_2	F
3	a_1	b_1	c_3	d_3	T
4	a_2	b_1	c_3	d_3	T
5	a_1	b_1	c_1	d_2	F
6	a_2	b_1	c_2	d_1	T

Konstruieren Sie einen Entscheidungsbaum ausgehend von diesen Daten und benutzen Sie dafür den Algorithmus aus der Vorlesung. Benutzen Sie dafür folgende **Reihenfolge der Attribute**: C, B, A, D, wobei nicht jedes Attribut notwendigerweise für eine vollständige Klassifizierung notwendig ist. Ist der konstruierte Entscheidungsbaum minimal, bezogen auf die Anzahl der Knoten?

(Construct a decision tree from the given data, using the algorithm from the lecture. The next attribute is always chosen **according to the predetermined order**: C, B, A, D, where not every attribute is necessarily required for the complete classification. Is this decision tree minimal in regard to number of nodes?)

6 Punkte (points)

f) Kreuzen Sie Zutreffendes an:
(Check the correct answers:)

(i) Für *Deep Learning* werden Netzwerke mit 3 bis maximal 10 hidden Layers verwendet. (In *Deep Learning*, one uses networks with 3 to at most 10 hidden layers.)
richtig (true) □ falsch (false) □

(ii) *Inductive learning* kann nicht zur Klassifizierung verwendet werden. (*Inductive learning* cannot be used for classification.) richtig (true) □ falsch (false) □

(iii) Jede beliebige Funktion der Eingangsparameter kann durch einen Decision Tree repräsentiert werden. (Every function of the input parameters can be represented by a decision tree.) richtig (true) □ falsch (false) □

(iv) Multi-Layer Perzeptron Netzwerke sind für Bildverarbeitung maßgeschneidert
(Multi-layer perceptron networks are tailored for image processing)
richtig (true) □ falsch (false) □

6 Punkte (points)

g) Erklären Sie das Funktionsprinzip der *iterative deepening search* und benennen Sie ihre Eigenschaften bezüglich *completeness*, *optimality*, *time complexity* und *space complexity*.

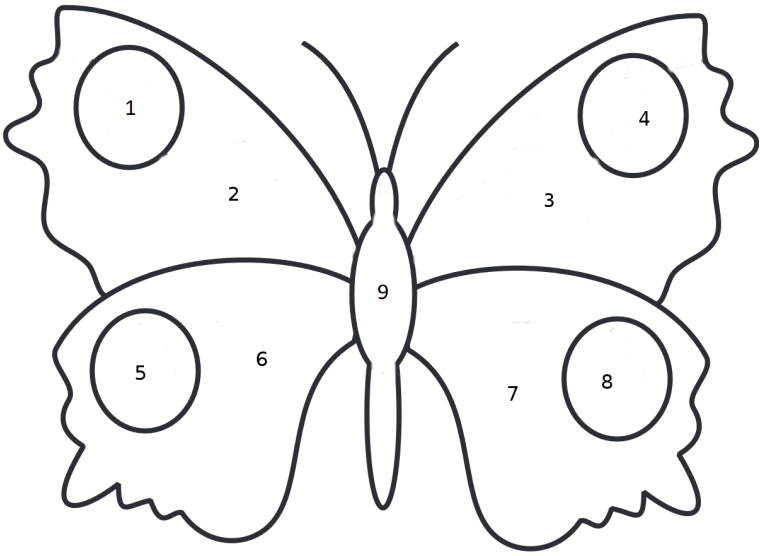
(Explain the principle of *iterative deepening search* and state its properties in regard to *completeness*, *optimality*, *time complexity* and *space complexity*.)

6 Punkte (points)

Unterschrift (Signature):

Teil (Part) 2 **40 Punkte (points)**

a) Wir betrachten das Dreifärbbarkeitsproblem für folgendes Ausmalbild:
(We consider the three-coloring problem for the following colouring picture:)



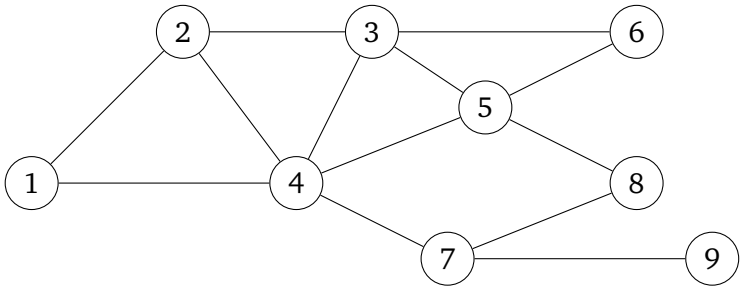
Gegeben ist folgende Beschreibung als *Constraint Satisfaction Problem* (CSP):
(The *Constraint Satisfaction Problem* (CSP) is described as follows:)

Variablen (Variables):	$\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$
Domänen (Domains):	$D_i = \{\text{red}, \text{green}, \text{blue}\}$, $1 \leq i \leq 9$
Constraints:	Benachbarte Regionen sollen unterschiedliche Farben haben. (Adjacent regions shall have different colors.)

Konstruieren Sie den zugehörigen *Constraint-Graph*.
(Construct the corresponding *constraint graph*.) **8 Punkte (points)**

Unterschrift (Signature):

b) Wir betrachten das Dreifärbbarkeitsproblem für folgenden Graphen:
(We consider the three-colouring problem for the following graph:)



(i) Ausgehend von der partiellen Zuordnung "$4 =$ grün, $8 =$ rot", welchen Wert würde der Variable 3 durch die *Least-Constraining-Value-Heuristik* zugeordnet werden?
(Starting with the partial assignment "$4 =$ green, $8 =$ red", which value would the *least constraining value heuristic* choose for variable 3?)

(ii) Betrachten Sie die partielle Zuordnung "$4 =$ rot, $8 =$ blau, $9 =$ grün". Welche Variable würde durch die *Minimum-Remaining-Values-Heuristik* als nächstes ausgewählt werden?
(Consider the partial assignment "$4 =$ red, $8 =$ blue, $9 =$ green". Which variable would be chosen next by the *minimum remaining values heuristic*?)

(iii) Welche Variable würde durch die *Degree-Heuristik* als erste ausgewählt werden?
(Which variable would be assigned first by the *degree heuristic*?)

6 Punkte (points)

c) Formalisieren Sie in *STRIPS Syntax* eine Aktion $Cruise$, die beschreibt, dass ein Schiff von einem Hafen zu einem anderen fährt.

(Formalize in STRIPS syntax an action *Cruise* expressing that a ship travels from one port to another.

- Vorbedingung für diese Aktion ist, dass sich das Schiff im Ausgangshafen befindet, im Zielhafen noch Platz zum Andocken frei ist und das Schiff genug Treibstoff im Tank hat. (The precondition for this action is that the ship is in the departure port, the destination port has free space to dock, and the ship has enough fuel.)
- Der Effekt ist, dass sich das Schiff im Zielhafen aber nicht mehr im Ausgangshafen befindet. Außerdem ist nach dem Vorgang im Ausgangshafen Platz zum Andocken frei. (The effect is that the ship is in the destination port but no longer in the departure port. Furthermore, the departure port has a free docking space after the action.)
- Das Schiff soll der erste, der Ausgangshafen der zweite und der Zielhafen der dritte Parameter der Aktion sein.
  (The ship should be the first parameter of the action, the departure port the second, and the destination port the third.)
- Die Parameter sollen in der Vorbedingung entsprechend ihrem Typus geprüft werden.
  (The parameters should be checked in the precondition according to their type.)

Verwenden Sie zur Modellierung die einstelligen Prädikate $Port$, $Ship$, $Space$ und $Fuel$, sowie das zweistellige Prädikat In.
(For modeling the action use the unary predicates $Port$, $Ship$, $Space$, and $Fuel$, as well as the binary predicate In.)

Die Bedeutung der Prädikate ist wie folgt:
(The meaning of the predicates is as follows:)

- $Port(x)$: x ist ein Hafen, ($Port(x)$: x is a port,)
- $Ship(x)$: x ist ein Schiff, ($Ship(x)$: x is a ship,)
- $Space(x)$: x hat noch Andockplatz frei, ($Space(x)$: x has free docking space,)
- $Fuel(x)$: x hat genug Treibstoff, ($Fuel(x)$: x has enough fuel,)
- $In(x, y)$: x ist in y angedockt. ($In(x, y)$: x is docked in y.)

6 Punkte (points)

d) Kreuzen Sie Zutreffendes an:
(Check the correct answers:)

(i) $\forall y\ Loves(y, susie)$ ist ein syntaktisch korrektes Ziel in STRIPS.
($\forall y\ Loves(y, susie)$ is a syntacically correct goal in STRIPS.)
richtig (true) □ falsch (false) □

(ii) In ADL können Variablen Typen haben.
(In ADL, variables can have types.) richtig (true) □ falsch (false) □

(iii) In Partial Order Planning gilt für alle Aktionen A, B, dass höchstens eine der Bedingungen $A \prec B$ oder $B \prec A$ zutrifft.
(In partial-order planning at most one of the conditions $A \prec B$ or $B \prec A$ holds, for any action A, B.) richtig (true) □ falsch (false) □

(iv) Der POP-Algorithmus erzeugt nur konsistente Pläne.
(The POP-Algorithm only produces consistent plans.) richtig (true) □ falsch (false) □

8 Punkte (points)

e) Geben Sie die Formel für das *Axiom der Monotonie* aus der Nutzentheorie an.
(Specify the formula for the *axiom of monotonicity* from utility theory.) **4 Punkte (points)**

f) Kreuzen Sie Zutreffendes an:
(Check the correct answers:)

(i) Die *Expected Utility*, $EU(a|\mathbf{e})$, einer gegebenen Aktion a unter Evidenz $\mathbf{e}$ ist gegeben durch $EU(a|\mathbf{e}) = \prod_{s'} P(\textsc{Result}(a) = s'|a, \mathbf{e})U(s')$.
The *Expected Utility*, $EU(a|\mathbf{e})$, of a given action a under evidence $\mathbf{e}$ is given by $EU(a|\mathbf{e}) = \prod_{s'} P(\textsc{Result}(a) = s'|a, \mathbf{e})U(s')$. richtig (true) □ falsch (false) □

(ii) Die Axiome der Nutzentheorie implizieren die Existenz einer reellwertigen Nutzenfunktion. (The axioms of utility theory imply the existence of a real-valued utility function.)
richtig (true) □ falsch (false) □

(iii) Der *Wert der perfekten Information* (VPI) ist immer positiv. (The *value of perfect information* (VPI) is always positive. richtig (true) □ falsch (false) □

(iv) In der *schwachen AI-Hypothese* wird angenommen, dass AI-Systeme Bewusstsein haben können. (The *weak AI hypothesis* assumes that AI systems can have consciousness.)
richtig (true) □ falsch (false) □

8 Punkte (points)