T1	T2	$\sum_{Ti}$	UE	$\sum$	N

Prüfung (Exam)
VU Einführung in die Künstliche Intelligenz, 184.735, 2022S
21.10.2022

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! 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.)

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 versteht man unter *long short-term memory* und wofür ist es besonders geeignet?
(What is a *long short-term memory*? What is it particularly useful for?) **4 Punkte (points)**

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

(i) Ein rationaler Agent wählt nie eine Aktion, deren tatsächlicher Gewinn bezüglich seines Performanzkriteriums suboptimal ist.
(A rational agent never chooses an action which has suboptimal actual gain according to its performance measure.)
richtig (true) ☐ falsch (false) ☐

(ii) Durch die Lockerung der Constraints eines Problems kann man zulässige Heuristiken erhalten.
(Admissible heuristics can be obtained by relaxing the constraints of a problem.)
richtig (true) ☐ falsch (false) ☐

(iii) Induktives Lernen ist die Erweiterung von mathematischen Induktionsbeweisen auf allgemeine Daten.
(Inductive Learning is the extension of mathematical induction proofs to arbitrary data.)
richtig (true) ☐ falsch (false) ☐

(iv) Bei Deep Learning ist es wichtig, dass große Datenmengen für das Training des neuronalen Netzwerkes zur Verfügung stehen.
(In Deep Learning, it is crucial to have a large amount of data to use for training the neural network.)
richtig (true) ☐ falsch (false) ☐

6 Punkte (points)

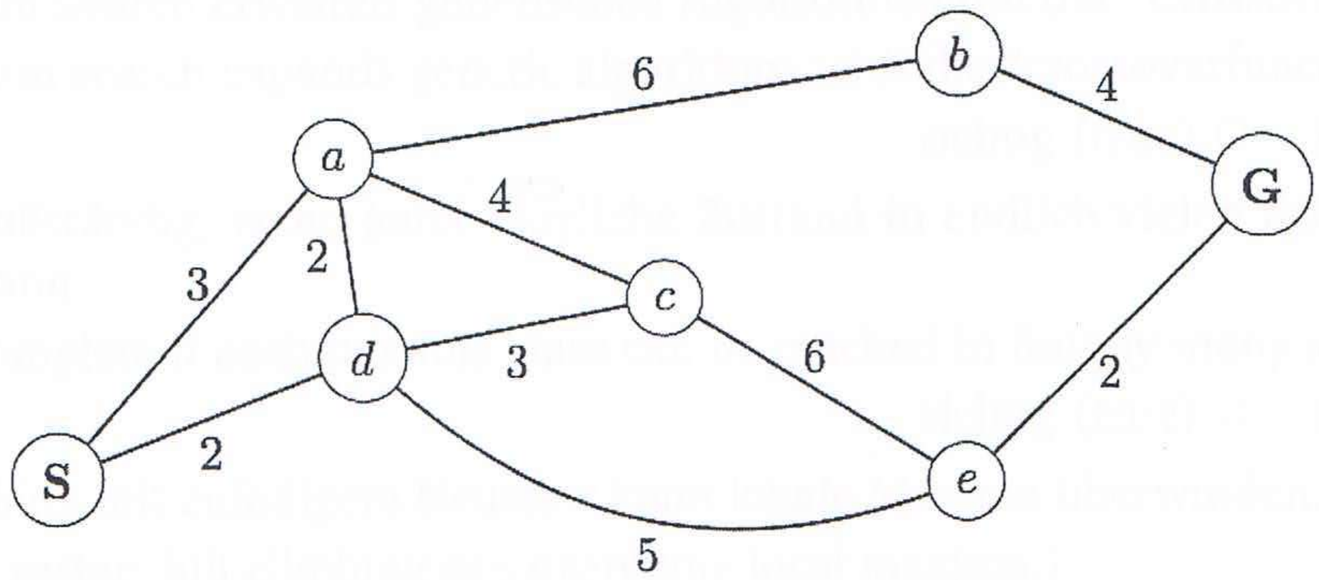
d) Was versteht man unter einer Lernkurve, bzw. welchen Zusammenhang beschreibt sie.

Nennen Sie zwei Ursachen dafür, dass manche Lernkurven einen unvorteilhaften Verlauf aufweisen.

(Describe the notion of a learning curve, i.e. the relation it describes. Name two major causes for disadvantageous evolutions of learning curves.)

5 Punkte (points)

e) Gegeben sei folgendes Suchproblem mit Ausgangsknoten S und Zielknoten G.
(Consider the following search problem, with start node S and goal node G.)



Lösen Sie das Suchproblem mittels der A^*-Suche. Geben Sie für jeden Schritt die Inhalte der Priority-Queue, den bisherigen Pfad und die Gesamtkosten an. Verwenden Sie dabei folgende Heuristikfunktion:

(Solve the search problem using A^* search. In every step, write down the contents of the priority queue, the path until that point and the total costs. Use the following heuristic function:)

$$h(S) = 10, h(a) = 8, h(b) = 2, h(c) = 5, h(d) = 8, h(e) = 2, h(G) = 0.$$

5 Punkte (points)

Step	Priority queue before step	Path after step	Cost

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

(i) Local Beam Search erweitert genetischen Algorithmen mit der "Crossover"-Funktion.
(Local beam search expands genetic algorithms with the "crossoverfunction.)

richtig (true) ☐ falsch (false) ☐

(ii) DFS ist vollständig, wenn jeder mögliche Zustand in endlich vielen Schritten erreicht werden kann.
(DFS is complete if each possible state can be reached in finitely many steps.)

richtig (true) ☐ falsch (false) ☐

(iii) Hill-Climbing mit zufälligem Neustart kann lokale Maxima überwinden.
(Random-restart hill climbing can overcome local maxima.)

richtig (true) ☐ falsch (false) ☐

6 Punkte (points)

g) Beschreiben Sie das Funktionsprinzip von *genetischen Algorithmen*. Was besagt die *Fitnessfunktion*? Unter welchen Bedingungen ist ein *Crossover* hilfreich?

(Describe the operating principle of *genetic algorithms*. What does the *fitness function* mean? Under which conditions is a *crossover* meaningful?)

4 Punkte (points)

h) Erklären Sie kurz die folgenden Eigenschaften von Umgebungen: *teilweise beobachtbar*, *deterministisch*, *diskret* und *statisch*. Nennen Sie für jede Eigenschaft ein Beispiel. Passende Beispiele können auch mehrmals verwendet werden.

(Briefly explain the following environment properties and give an example for each: *partially observable*, *deterministic*, *discrete* and *static*. Give an example for each of the properties. If appropriate, you can use an example multiple times.)

4 Punkte (points)

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

a) Es sei folgendes *Constraint Satisfaction Problem* (CSP) gegeben:
(Consider the following *constraint-satisfaction problem* (CSP)):

Variable	Domain	Constraints:
A	$\{1,5,2\}$	$C_2(A,E) = \{(5,5),(5,2)\}$
B	$\{3,2\}$	$C_1(A,D) = \{(5,1),(2,3)\}$
C	$\{5,2,4\}$	$C_3(B,C) = \{(3,5),(2,2),(2,4),(3,4)\}$
D	$\{3,1\}$	$C_4(B,A) = \{(3,1),(3,5),(3,2),(2,5),(2,2)\}$
E	$\{5,2,3\}$	$C_5(E,B) = \{(5,2),(5,3),(2,3),(3,2)\}$

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

b) Definieren Sie den Begriff einer *vollständigen Zuordnung* und einer *Lösung* im Kontext von Constraint Satisfaction Problemen.

(Define the term *complete assignment* and *solution* in the context of a Constraint Satisfaction Problem.)

4 Punkte (points)

c) Definieren Sie, durch die Angabe der Formel, die Axiome der *Substituierbarkeit* sowie der *Dekomponierbarkeit* der Nutzentheorie:

(Define, by providing their respective formula, the axioms of *substitutability* and of *decomposability* of utility theory.)

6 Punkte (points)

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

(i) Das Verhalten eines Agenten ändert sich nach einer affinen Transformation seiner Nutzenfunktion nicht.
(The behaviour of an agent does not change after an affine transformation of its utility function.)

richtig (true) □ falsch (false) □

(ii) Der Wert perfekter Information ist nicht additiv, d.h. im Allgemeinen gilt
$$VPI_e(E_j, E_k) \neq VPI_e(E_j) + VPI_e(E_k).$$
(The value of perfect information is nonadditive, that is in general it holds that
$$VPI_e(E_j, E_k) \neq VPI_e(E_j) + VPI_e(E_k).)$$

richtig (true) □ falsch (false) □

(iii) Die Formel des erwarteten Nutzens $EU(a|\mathrm{e})$ lautet $\sum_{s'} P(\textsc{Result}(a) = s'|a, \mathrm{e}) + U(s')$.
(The formula of expected utility $EU(a|\mathrm{e})$ is $\sum_{s'} P(\textsc{Result}(a) = s'|a, \mathrm{e}) + U(s')$.)

richtig (true) □ falsch (false) □

6 Punkte (points)

e) Was versteht man unter *certainty equivalent* in der Nutzentheorie?
(What does *certainty equivalent* mean in utility theory?)

2 Punkte (points)

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

(i) Ein *Partial-Order* Plan entsteht durch Linearisierung eines *Total-Order* Plans.
(A *partial-order* plan is created through linearisation of a *total-order* plan.)

richtig (true) □ falsch (false) □

(ii) Ziele in ADL dürfen Disjunktionen enthalten.
(Goals in ADL are allowed to contain disjunctions.)

richtig (true) □ falsch (false) □

(iii) Die Aussage *"wenn ein Flugzeug fliegt, bewegen sich alle seine Insassen entsprechend den Bewegungen des Flugzeuges"* ist ein Beispiel für das *Ramifikationsproblem*.
(The statement *"if an airplane flies, then all its passengers move according to the movements of the airplane"* is an example for the *ramification problem*.)

richtig (true) □ falsch (false) □

(iv) In STRIPS gilt die *Open-World Assumption*.
(In STRIPS holds the *open-world assumption*.

richtig (true) □ falsch (false) □

8 Punkte (points)

g) Formalisieren Sie in *STRIPS* Syntax eine Aktion *BakeBread*, die darstellt, dass ein Bäcker Brot bäckt.

(Use *STRIPS* syntax to formalise an action *BakeBread*, that represents that a baker bakes bread.)

- Vorbedingung für diese Aktion ist, dass sich der Bäcker in der Küche befindet, sein Sauerteig vorbereitet ist und alle benötigten Zutaten im Kühlschrank sind.

  (The precondition for this action is that the baker is in the kitchen, his sourdough is prepared and that the required ingredients are present in the fridge.)
- Der Effekt soll sein, dass die Zutaten nicht mehr im Kühlschrank sind, kein Sauerteig mehr vorbereitet ist und dass der Bäcker Brot hat.

  (The effect should be that the ingredients are no longer in the fridge, the sourdough is no longer prepared, and that the baker has bread.)
- "Bäcker" soll erster Parameter, "Küche" zweiter, "Kühlschrank" dritter und "Sauerteig" vierter Parameter der Aktion sein. Die Namen dürfen auch abgekürzt werden.

  ("Baker" should be the first parameter, "Kitchen" the second, "Fridge" the third parameter, and "Sourdough" the fourth parameter of the action. The parameter names may be shortened.)
- 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 für die Modellierung folgende Prädikate:

(Use the following predicates for the modelling:)

Baker, *Kitchen*, *Fridge*, *In*, *HasIngredients*, *Sourdough*, *Prepared*, *HasBread*.

Die Bedeutung der Prädikate ist wie folgt:

(The meaning of the predicates is as follows:)

$Baker(x)$:	x ist ein Bäcker,	(x is a baker,)
$Kitchen(x)$:	x ist eine Küche,	(x is a kitchen,)
$Fridge(x)$:	x ist ein Kühlschrank,	(x is a fridge,)
$Sourdough(x)$:	x ist Sauerteig,	(x is sourdough,)
$In(x, y)$:	x befindet sich in y,	(x is in y,)
$HasIngredients(x)$:	die Zutaten befinden sich in x,	(the ingredients are in x,)
$Prepared(x)$:	x ist vorbereitet,	(x is prepared,)
$HasBread(x)$:	x hat Brot.	(x has bread.)

6 Punkte (points)