

# Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

Prof. Dr. W. Burgard, Prof. Dr. B. Nebel,  
Prof. Dr. M. Riedmiller  
J. Aldinger, J. Boedecker, P. Ruchti  
Sommersemester 2014

Universität Freiburg  
Institut für Informatik

## Übungsblatt 6

Abgabe: Mittwoch, 30. Juli 2014

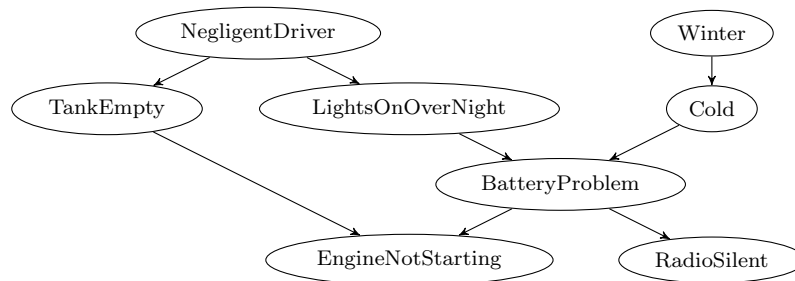
### Aufgabe 6.1 (Bedingte Unabhängigkeit)

In dieser Aufgabe untersuchen wir, wie bedingte Unabhängigkeitsbeziehungen die Menge an Informationen beeinflussen, die für probabilistische Berechnungen benötigt werden.

- (a) Angenommen, wir wollen  $\mathbf{P}(X|E_1, E_2)$  berechnen und haben keine Informationen über möglicherweise vorliegende bedingte Unabhängigkeiten. Welche der folgenden Mengen von Zahlenwerten reichen für die Berechnung aus?
- (i)  $\mathbf{P}(E_1, E_2), \mathbf{P}(X), \mathbf{P}(E_1|X), \mathbf{P}(E_2|X)$
  - (ii)  $\mathbf{P}(E_1, E_2), \mathbf{P}(X), \mathbf{P}(E_1, E_2|X)$
  - (iii)  $\mathbf{P}(X), \mathbf{P}(E_1|X), \mathbf{P}(E_2|X)$
- (b) Angenommen, wir wissen, dass  $\mathbf{P}(E_1|X, E_2) = \mathbf{P}(E_1|X)$  für alle Werte von  $X, E_1$  und  $E_2$ . Welche der drei Mengen reichen jetzt aus?

### Aufgabe 6.2 (Bayessche Netze)

Betrachten Sie das folgende Bayessche Netz:



- (a) Bestimmen Sie, welche der folgenden bedingten Unabhängigkeiten aus der Struktur des Bayesschen Netzes folgen (dabei steht  $Ind(U, V | W)$  dafür, dass  $U$  bedingt unabhängig von  $V$  gegeben  $W$  ist, und  $Ind(U, V)$  für die unbedingte Unabhängigkeit von  $U$  und  $V$ ).
- (i)  $Ind(Cold, Winter)$
  - (ii)  $Ind(Winter, NegligentDriver)$
  - (iii)  $Ind(Winter, RadioSilent | BatteryProblem)$
  - (iv)  $Ind(Winter, EngineNotStarting | BatteryProblem)$
  - (v)  $Ind(Cold, NegligentDriver | RadioSilent)$
- (b) Berechnen Sie  $P(EngineNotStarting | NegligentDriver, \neg Cold)$ . Dabei seien die relevanten Einträge in den bedingten Wahrscheinlichkeitstabellen wie

folgt gegeben:

$$\begin{aligned}
 P(LightsOnOverNight|NegligentDriver) &= 0.3 \\
 P(LightsOnOverNight|\neg NegligentDriver) &= 0.02 \\
 P(TankEmpty|NegligentDriver) &= 0.1 \\
 P(TankEmpty|\neg NegligentDriver) &= 0.01 \\
 P(BatteryProblem|Cold, LightsOnOverNight) &= 0.9 \\
 P(BatteryProblem|Cold, \neg LightsOnOverNight) &= 0.2 \\
 P(BatteryProblem|\neg Cold, LightsOnOverNight) &= 0.8 \\
 P(BatteryProblem|\neg Cold, \neg LightsOnOverNight) &= 0.01 \\
 P(EngineNotStarting|BatteryProblem, TankEmpty) &= 0.9 \\
 P(EngineNotStarting|BatteryProblem, \neg TankEmpty) &= 0.7 \\
 P(EngineNotStarting|\neg BatteryProblem, TankEmpty) &= 0.8 \\
 P(EngineNotStarting|\neg BatteryProblem, \neg TankEmpty) &= 0.05
 \end{aligned}$$

**Aufgabe 6.3** (Value-Iteration-Algorithmus)

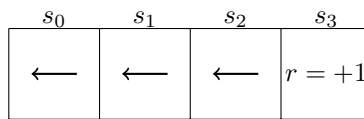
Betrachten Sie die folgende Gitterwelt. Die  $u$ -Werte stehen für den Nutzen eines Zustandes, nachdem die *Value Iteration* konvergiert ist,  $r$  für die Belohnung, die ein Zustand erbringt. Nehmen Sie an, dass  $\gamma = 1$  und dass ein Agent vier mögliche Aktionen ausführen kann: **Nord**, **Süd**, **Ost** und **West**. Mit Wahrscheinlichkeit 0,7 erreicht der Agent den Zustand, den er erreichen will, mit Wahrscheinlichkeit 0,2 bewegt er sich nach rechts und mit Wahrscheinlichkeit 0,1 nach links von der beabsichtigten Richtung.

$u = 8$	$u = 15$	$u = 12$
$u = 2$	$r = 2$	$u = 10$
$u = 7$	$u = 16$	$u = 11$

Welches ist die beste Aktion, die ein Agent ausführen kann, der sich im zentralen Zustand der Gitterwelt aufhält? Erklären Sie Ihre Antwort. Welchen Nutzen hat der zentrale Zustand damit?

**Aufgabe 6.4** (Policy-Iteration-Algorithmus)

Sei nun  $\gamma = 0,5$  und die einzigen Aktionen seien **Ost** und **West**. Mit Wahrscheinlichkeit 0,9 erreicht der Agent den Zustand, den er erreichen will (bzw. bleibt stehen, falls die Aktion ihn über den Rand des Gitter hinausführen würde), und mit Wahrscheinlichkeit 0,1 bewegt er sich in die entgegengesetzte Richtung. Die Belohnung in den drei westlichen Zuständen ist jeweils  $-0,05$ .



Führen Sie einen Schritt der *Policy Iteration* durch, wobei die initiale Policy  $\pi_0$  durch die Pfeile in den Zuständen gegeben ist. Geben Sie das lineare Gleichungssystem für die erste *Policy Evaluation* und eine Lösung des Gleichungssystems sowie die erste verbesserte Policy  $\pi_1$  an.

**Aufgabe 6.5** (Entscheidungsbaum-Lernen)

Zwei Kandidaten O und M, die mit ihren Programmen unterschiedliche Teile der Bevölkerung ansprechen, bewerben sich um ein politisches Amt. Die folgende Tabelle zeigt die Präferenzen von sieben Wählern mit unterschiedlichem Alter, Einkommen und Bildungshintergrund.

Nr.	Alter	Einkommen	Bildung	Kandidat
1	$\geq 35$	Hoch	Highschool	O
2	$< 35$	Niedrig	Universität	O
3	$\geq 35$	Hoch	College	M
4	$\geq 35$	Niedrig	Highschool	M
5	$\geq 35$	Hoch	Universität	O
6	$< 35$	Hoch	College	O
7	$< 35$	Niedrig	Highschool	M

- (a) Berechnen Sie mit Hilfe des Lernalgorithmus aus der Vorlesung einen möglichst kleinen Entscheidungsbaum, der alle gegebenen Beispiele anhand der Attribute *Alter*, *Einkommen* und *Bildung* korrekt danach klassifiziert, welcher Kandidat bevorzugt wird. Geben Sie für den Wurzelknoten die *information gains* aller Kandidaten-Attribute an.
- (b) Leiten Sie aus dem Entscheidungsbaum eine logische Formel ab, die genau dann erfüllt ist, wenn Kandidat O bevorzugt wird.

Die Übungsblätter dürfen und sollten in Gruppen von drei (3) Studenten bearbeitet werden. Bitte schreiben Sie alle Ihre Namen sowie die Nummer Ihrer Übungsgruppe auf Ihre Lösung.