
Seminar: Knowledge Engineering und Lernen in Spielen - Bayesian Networks

Fachgebiet: Knowledge Engineering
Betreuer: Prof. Dr. Johannes Fürnkranz

Matthias Wich

Darmstadt, 04.07.2006



Agenda

1. Einführung - Darstellung der Möglichkeiten
2. Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie
3. Bayesian Techniques
4. Bayesian Networks
5. Einsatzmöglichkeit: Strategiespiele
6. Einsatzmöglichkeit: Kampfspiele
7. Blick über den Tellerrand
8. Klassifikationsmodell
9. Fazit und Ausblick
10. Quellen

1. Einführung - Darstellung der Möglichkeiten

1.1 Einführung

1.2 Wahrscheinlichkeiten in Spielen

1.1 Einführung

- Spielentwickler benutzen Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie um ihre Spiele weniger berechenbar zu gestalten
- Bayesian Techniques basieren auf Wahrscheinlichkeiten
- Finden Verwendung um Entscheidungen unter Unsicherheit zu treffen und das Verhalten eventuell anzupassen

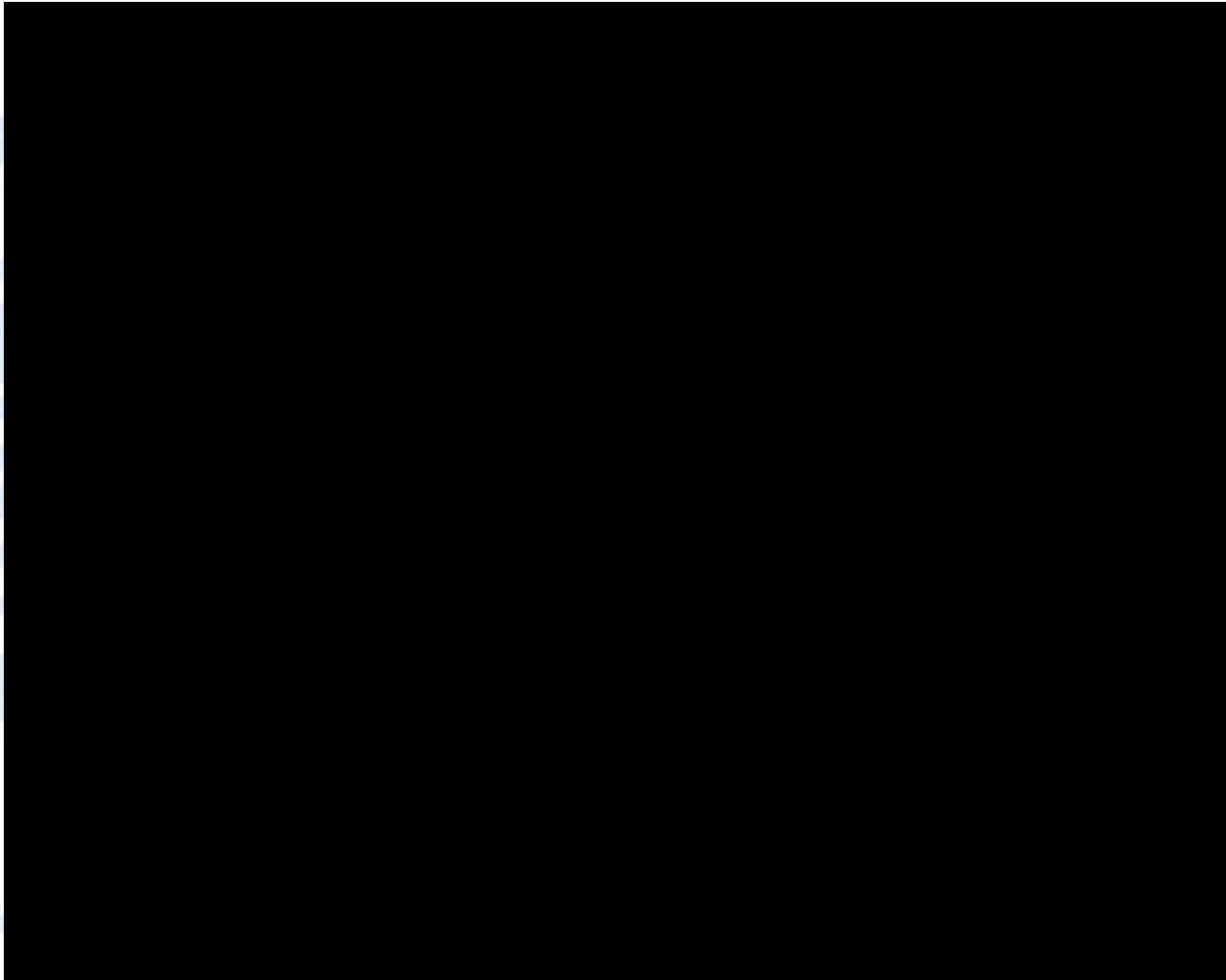
1.2 Wahrscheinlichkeit in Spielen (1)

- Einsatz für:
 - Trefferwahrscheinlichkeiten
 - Schadenswahrscheinlichkeiten
 - Persönlichkeiten (Angriff/Fliehen)
- Randomness
 - Standard C-Funktion: „rand ()“
 - Beispiel: Randomness bei der Bewegung von Spielern
 - 25% Wahrscheinlichkeit: nach rechts drehen
 - 25% Wahrscheinlichkeit: nach links drehen
 - 50% Wahrscheinlichkeit: umdrehen
 - „rand () %100“: 0-24 → nach rechts drehen usw.

1.2 Wahrscheinlichkeit in Spielen (2)

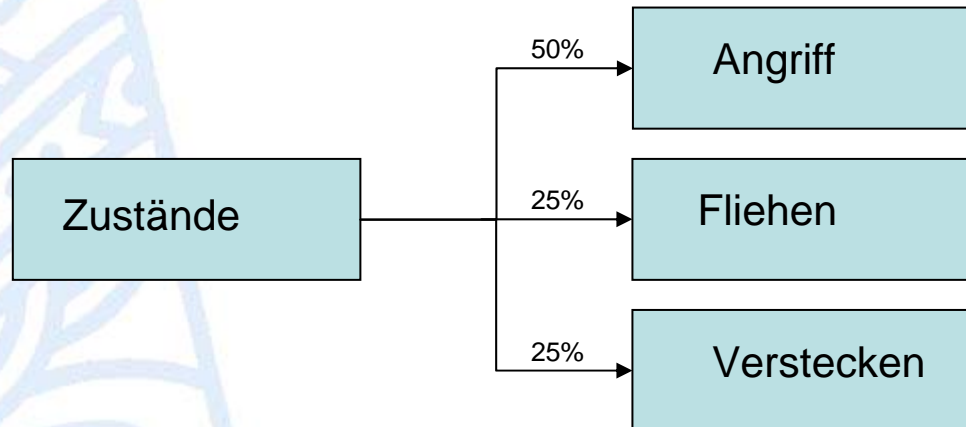
- Trefferwahrscheinlichkeit
 - z.B. 60% Trefferwahrscheinlichkeit den Gegner mit einem Messer zu treffen
 - Mit der Zeit gewinnt der Spieler an Erfahrung und die Trefferwahrscheinlichkeit steigt
- Charaktereigenschaften
 - Beispiel Rollenspiel:
 - Ein Magier hat andere Fertigkeiten als ein Krieger

1.2 Wahrscheinlichkeit in Spielen (3)



1.2 Wahrscheinlichkeit in Spielen (4)

- Kombination von Wahrscheinlichkeiten und endlichen Automaten:



- Mittels „rand () %100“ einen Zustand erreichen

1.2 Wahrscheinlichkeit in Spielen (5)

- Learning and Adaptability
 - Sammeln von Statistiken um diese Daten dann zu verwenden
 - Beispiel: Konfrontation verschiedener Klassen in Rollenspielen

2. Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie

2.1 Definition Wahrscheinlichkeit

2.2 Techniken zur Berechnung der subjektiven Wahrscheinlichkeit

2.3 Die sechs Grundregeln

2.4 Bedingte Wahrscheinlichkeit

2.1 Definition Wahrscheinlichkeit (1)

- Drei unterschiedliche Interpretationen:
 - A) klassische Wahrscheinlichkeit:
 - $p = P(E) = n/N$
 - Beispiel: Wurf eines Würfels
 - B) relative Häufigkeit:
 - Einsatz bei bspw. Experimenten → 100 Mal einen Würfel werfen
 - C) subjektive Häufigkeit:
 - Beispiel: „Ich habe eine gute Chance die Prüfung zu bestehen“
 - Einsatz wenn Ereignisse nicht wiederholbar sind, dh wenn keine relativen Häufigkeiten berechnet werden können

2.1 Definition Wahrscheinlichkeit (2)

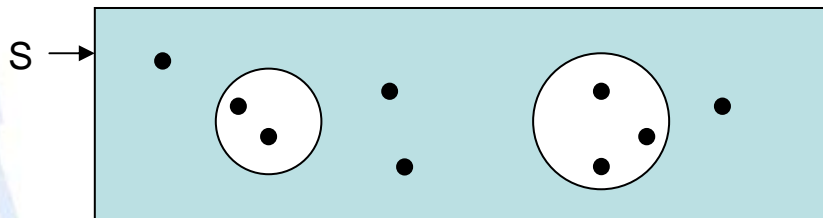


2.2 Techniken zur Berechnung der subjektiven Wahrscheinlichkeit

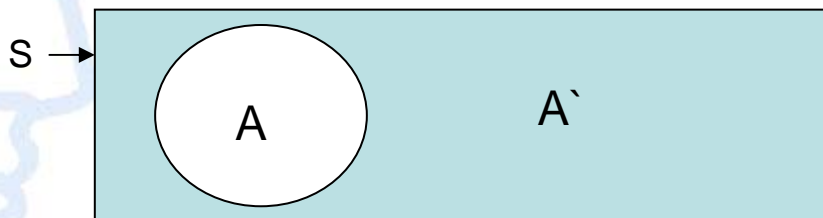
- Schwierig Aussagen wie: „Ich denke es wird morgen mit großer Wahrscheinlichkeit regnen“ auf einen Wert abzubilden
- Zwei mögliche Techniken:
 - A) Einsatz einer Wettmetapher:
 - Die Chance, dass es regnet liegt bei 4 zu 1
 - Problem: Die getippte Wahrscheinlichkeit hängt von der Höhe des Einsatzes ab
 - B) Fairer Preis:
 - Anstelle einer Wette muss ein fairer Preis für ein Ereignis genannt werden
 - Beispiel: Für wie viel Geld verkauft ein Musiker die Rechte an einem Lied

2.3 Die sechs Grundregeln (1)

- Regel 1: $P(A)$ muss zwischen 0 und 1 liegen
- Regel 2: Wenn S den gesamten Ereignisraum präsentiert, ist die Wahrscheinlichkeit S gleich 1

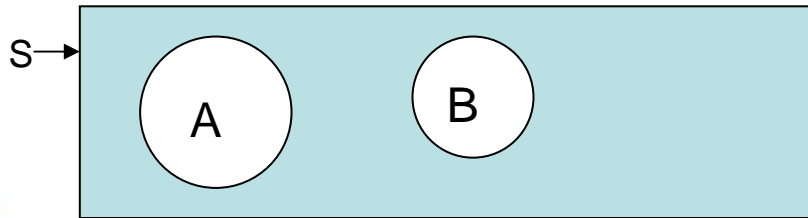


- Regel 3: $P(A') = 1 - P(A)$



2.3 Die sechs Grundregeln (2)

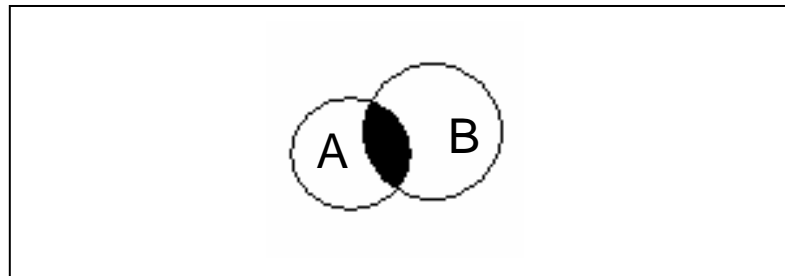
- Regel 4: Wenn sich zwei Ereignisse gegenseitig ausschließen, kann immer nur ein Ereignis eintreten



- $\rightarrow P(A \cup B) = P(A) + P(B)$

2.3 Die sechs Grundregeln (3)

- In Spielen schließen sich Ereignisse nicht immer aus: Ein Spieler kann lebendig und verletzt sein
- Regel 5: $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$



- Regel 6: Wenn zwei Ereignisse unabhängig von einander sind, lautet die Wahrscheinlichkeit, dass beide Ereignisse auftreten: $P(A \cap B) = P(A) P(B)$

2.4 Bedingte Wahrscheinlichkeit

- Bedingte Wahrscheinlichkeit wenn Ereignisse nicht unabhängig sind: $P(A|B)$ bzw. $P(B|A)$
- In diesem Fall: $P(A \wedge B) = P(A) P(B|A)$
- Durch umformulieren: $P(B|A) = P(A \wedge B) / P(A)$
- Da $P(A \wedge B) = P(B) P(A|B)$
→ $P(B|A) = P(B) P(A|B) / P(A)$ → Bayes´Regel

3. Bayesian Techniques

3.1 Einführung

3.2 Beispielszenario

3.1 Einführung

- Einsetzbar bei
 - Entscheidungen von NPCs (nonplayer characters) unter Unsicherheit
 - Anpassungsfähigkeit von NPCs gewährleisten

3.2 Beispielszenario

- Rollenspiel indem ein Spieler
 - Inventar in einer Kiste verstauen kann
 - Eine Falle in die Kiste bauen kann
 - Die Kiste verschließen kann
- Problemstellung für Spielentwickler:
 - Auf welcher Grundlage entscheiden NPCs, ob sie versuchen sollen, die Kiste zu öffnen
- Drei Möglichkeiten
 - A) Immer alle Kisten öffnen → NPC zu berechenbar
 - B) NPC cheaten lassen → Er verfügt über die Information, was in der Kiste ist und ob sie verschlossen bzw. eine Falle gestellt wurde; nicht immer möglich (z.B. Kampfspiel)
 - C) Dem NPC eine Art Gedächtnis geben

4. Bayesian Networks

4.1 Einführung

4.2 Inference (Rückschlüsse)

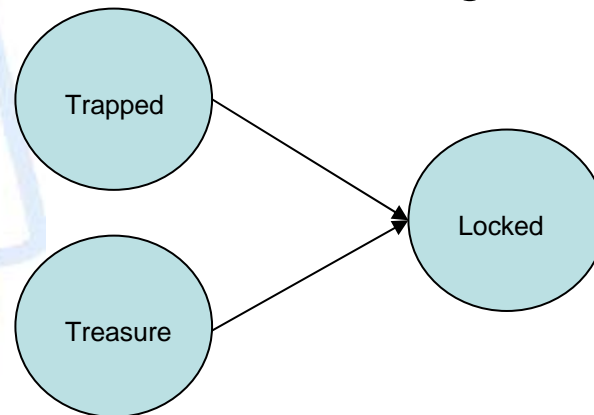
4.3 Beispielszenario

4.4 Nutzung von Fuzzy Logic

4.5 Beispielszenario II

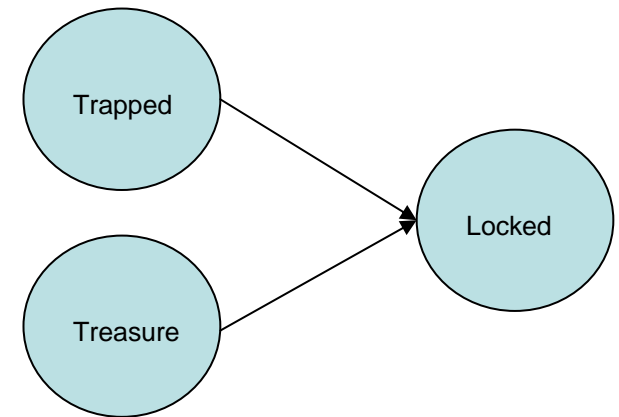
4.1 Einführung (1)

- Was sind Bayesian Networks?
 - Graphen, die in kompakter Form die Beziehungen zwischen Zufallsvariablen für ein gegebenes Problem repräsentieren
 - Ein Bayessches Netzwerk besteht aus
 - Knoten (Zufallsvariablen) und gerichteten Kanten zwischen den Variablen
 - Jede Variable kann eine endliche, sich gegenseitig ausschließende Menge an Zuständen einnehmen.



4.1 Einführung (2)

- Jeder Knoten (mit Ausnahme von Wurzelknoten) hat eine Wahrscheinlichkeitstabelle
- Trapped = T ; Treasure = Tr ; Locked = L
- Wahrscheinlichkeitstabelle für Locked:



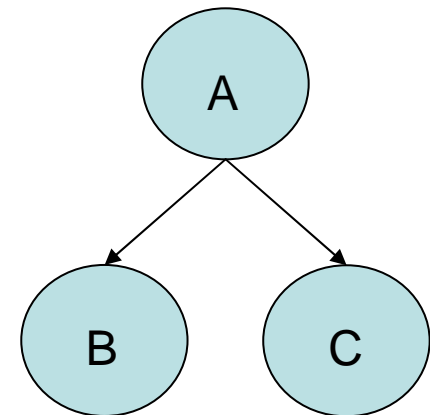
Wert von Trapped	Wert von Treasure	L = True	L = False
True	True	$P(L T \wedge Tr)$	$P(\sim L T \wedge Tr)$
True	False	$P(L T \wedge \sim Tr)$	$P(\sim L T \wedge \sim Tr)$
False	True	$P(L \sim T \wedge Tr)$	$P(\sim L \sim T \wedge Tr)$
False	False	$P(L \sim T \wedge \sim Tr)$	$P(\sim L \sim T \wedge \sim Tr)$

4.1 Einführung (3)

- Laufzeit:
 - Mit Steigender Anzahl von Zuständen, die Locked einnehmen kann
 - und mit steigender Anzahl von Vorgängerknoten
 - Exponentielles Wachstum
 - Sehr schlechtes Laufzeitverhalten bei komplexeren Netzwerken
 - Einsatz von Bayesian Networks in Computerspielen beschränkt sich auf spezielle Entscheidungsprobleme

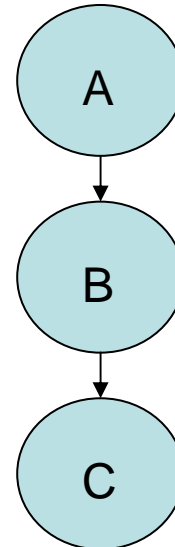
4.2 Inference (Rückschlüsse) (1)

- Drei Möglichkeiten Rückschlüsse mit Bayesian Networks zu modellieren:
 - A) Diagnostic reasoning
 - B und C sind Symptome
 - A Krankheit
 - Sind die Symptome gegeben, kann der Arzt Rückschlüsse auf die Krankheit ziehen



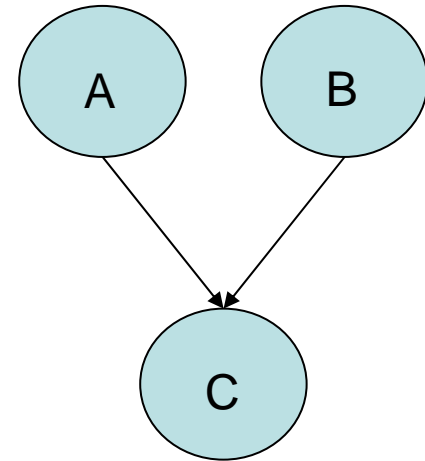
4.2 Inference (Rückschlüsse) (2)

- B) Predictive reasoning
 - Rückschlüsse aufgrund gegebener Informationen über Ursachen
 - Wenn ich Informationen über A habe, kann ich Rückschlüsse auf die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von B ziehen



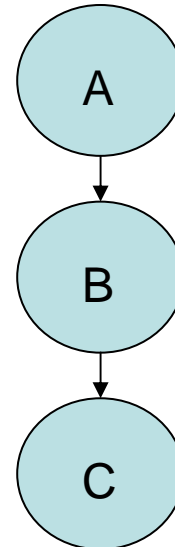
4.2 Inference (Rückschlüsse) (3)

- C) Explaining away
 - Wenn C True ist, dann erhöht das die Wahrscheinlichkeit, dass A und B True sind
 - Wenn wir später erfahren, dass B True ist, dann senkt das die Wahrscheinlichkeit, dass A True ist
 - Voraussetzung: A und B sind unabhängig



4.2 Inference (Rückschlüsse) (4)

- blocking
 - Zustand von B gegeben
 - Rückschlüsse auf C unabhängig von A möglich
 - B blockiert A betreffend C
- d-seperation
 - Ein Knoten blockiert ein Cluster von Knoten
 - Möglichkeit der Vereinfachung bei der Berechnung

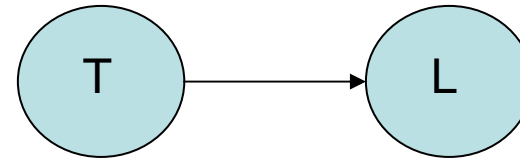


4.3 Beispielszenario (1)

- Erinnerung:
- Rollenspiel indem ein Spieler
 - Inventar in einer Kiste verstauen kann
 - Eine Falle in die Kiste bauen kann
 - Die Kiste verschließen kann
- NPC kann herausfinden, ob eine Kiste verschlossen ist, aber nicht, ob eine Falle aufgestellt wurde
- Muss nun entscheiden, ob er die Kiste öffnen möchte

4.3 Beispielszenario (2)

- Zwei mögliche Konsequenzen:
 - NPC kriegt den Inhalt
 - Er wird von der Falle getötet
- Zwei Wahrscheinlichkeitstabellen

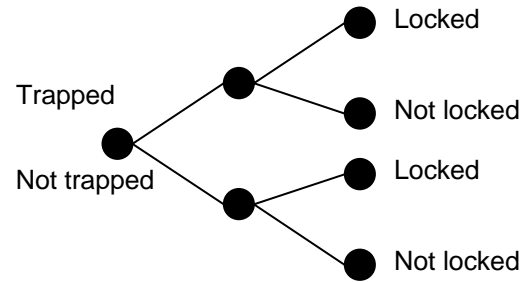


P (Trapped)	
True	False
P (T)	(1 - P(T))

	P (Locked Trapped)	
Trapped	True	False
True	P (L T)	P (~L T)
False	P (L ~T)	P (~L ~T)

4.3 Beispielszenario (3)

- Baumdiagramm zur übersichtlichen Darstellung:



4.3 Beispielszenario (4)

- Bestimmen der Wahrscheinlichkeiten:
 - Sammeln von Statistiken während des Spiels
 - Beispiel: Jedes Mal wenn ein NPC eine Kiste öffnet, wird die Häufigkeit, ob eine Falle gestellt wurde oder nicht, geupdated

4.3 Beispielszenario (5)

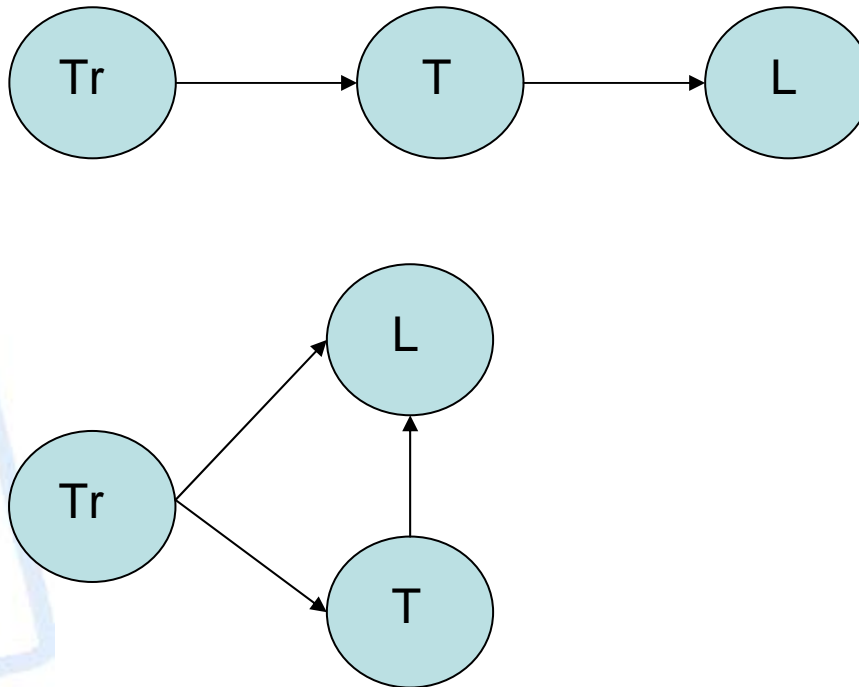
- Rückschlüsse ziehen:
 - Verwendung von: diagnostic reasoning
 - Gesucht: Wahrscheinlichkeit ob eine Falle aufgestellt ist
 - Wenn der NPC nicht untersucht, ob die Kiste verschlossen ist:
→ $P(T)$
 - Ansonsten → $P(T | L) = P(L | T) P(T) / P(L)$ (Bayes´Regel)
 - $P(T)$ und $P(L | T)$ sind in der Wahrscheinlichkeitstabelle gegeben
 - Berechnung von $P(L)$:
 - $P(L) = P(L | T) P(T) + P(L | \sim T) P(\sim T)$

4.4 Nutzung von Fuzzy Logic

- Ergebnis beispielsweise:
 - $P(T | L) = 61\%$
 - Mittels if-Regeln entscheiden, ob der NPC die Kiste öffnen soll
 - Anwendung von Fuzzy Logic

4.5 Beispielszenario II

- Mögliche Erweiterungen der Problemstellung:



→ Drei Wahrscheinlichkeitstabellen notwendig

5. Einsatzmöglichkeit: Strategiespiele

5.1 Einführung

5.2 Model

5.3 Wahrscheinlichkeiten berechnen

5.1 Einführung (1)

- Mögliches Szenario:
 - Strategiespiel, in dem der Spieler per Luft, Land oder Luft und Land angreifen kann
 - Ziel: Bestimmung der Wahrscheinlichkeit, ob der Spieler gewinnt, in Abhängigkeit welche Strategie er wählt
 - NPC kann aus dieser Wahrscheinlichkeit Rückschlüsse über seine Verteidigungsstrategie ziehen

5.1 Einführung (2)



5. Einsatzmöglichkeit:
Strategiespiele

Knowledge Engineering und Lernen in Spielen -
Bayesian Networks

5.1 Einführung (3)

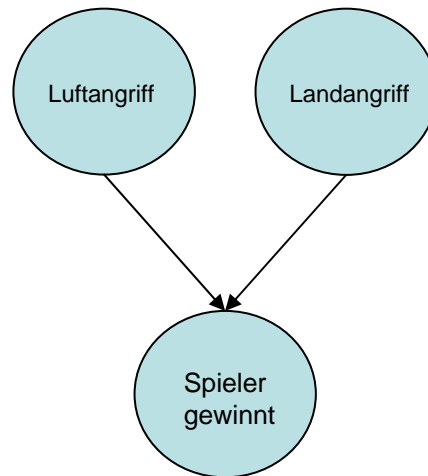


5. Einsatzmöglichkeit:
Strategiespiele

Knowledge Engineering und Lernen in Spielen -
Bayesian Networks

5.2 Model

- Bayesian Network für dieses Beispiel:



5.3 Wahrscheinlichkeiten berechnen

- Benötigte Statistiken:
 - Anzahl gespielter Spiele, N
 - Gewonnene Spiele des Spielers, N_w
 - Gewonnene Spiele, Strategie Luftangriff, N_{pa}
 - Gewonnene Spiele, Strategie Landangriff, N_{pl}
 - Anzahl Spiele, Strategie Luftangriff, N_a
 - Anzahl Spiele, Strategie Landangriff, N_l
 - Gewonnene Spiele, Strategie Luft- und Landangriff, N_{pla}

5.3 Wahrscheinlichkeiten berechnen (2)

- Aus den Statistiken können folgende Daten berechnet werden:
 - $P(A) = N_a / N \rightarrow$ Wahrscheinlichkeit eines Luftangriffs
 - $P(L) = N_l / N \rightarrow$ Wahrscheinlichkeit eines Landangriffs
 - $P(P_w | A \wedge L) = N_{pla} / N_w \rightarrow$ Spieler gewinnt, Strategie Luft- und Landangriff
 - $P(P_w | A \wedge \sim L) = N_{pa} / N_w \rightarrow$ Spieler gewinnt, Strategie Luftangriff
 - $P(P_w | \sim A \wedge L) = N_{pl} / N_w \rightarrow$ Spieler gewinnt, Strategie Landangriff
 - $P(P_w | \sim A \wedge \sim L) = 0 \rightarrow$ Hat er keine Strategie, kann er auch nicht gewinnen

5.3 Wahrscheinlichkeiten berechnen (3)

- Bedingte Wahrscheinlichkeitstabelle:

Luftangriff	Landangriff	$P(P_w A \wedge L)$	$P(P_w)$	Normalisiertes $P(P_w)$
$P(A) = N_a / N$	$P(L) = N_l / N$	N_{pla} / N_w	$N_a * N_l * N_{pla} / N_w * N^2$	$P(P_w) / \sum P(P_w)$
$P(A) = N_a / N$	$P(\sim L) = 1 - P(L)$	N_{pa} / N_w	$(N_a * N_{pa} / N_w * N) * (1 - N_l / N)$	$P(P_w) / \sum P(P_w)$
$P(\sim A) = 1 - P(A)$	$P(L) = N_l / N$	N_{pl} / N_w	$(N_l * N_{pl} / N_w * N) * (1 - N_a / N)$	$P(P_w) / \sum P(P_w)$
$P(\sim A) = 1 - P(A)$	$P(\sim L) = 1 - P(L)$	0	0	0
			$\sum P(P_w)$	1.0

5.3 Wahrscheinlichkeiten berechnen (4)

- Erläuterung der Tabelle:
 - 1. und 2. Spalte: Mögliche Strategiekombinationen
 - 3. Spalte: Bedingte Wahrscheinlichkeiten, dass der Spieler gewinnt
 - 4. Spalte: Zusammengerechnete Wahrscheinlichkeiten → Multiplikation der Einträge, der ersten 3 Spalten
 - 5. Spalte: Normalisierte Wahrscheinlichkeit, dass der Spieler gewinnt
- Eintrag in der 5. Spalte verrät uns, welche Kombination am erfolgreichsten ist

6. Einsatzmöglichkeit: Kampfspiele

6.1 Modell

6.2 Bedingte Wahrscheinlichkeitstabelle

6.3 Angriffsvoraussage

6.4 Beispielvideos Kampfspiel

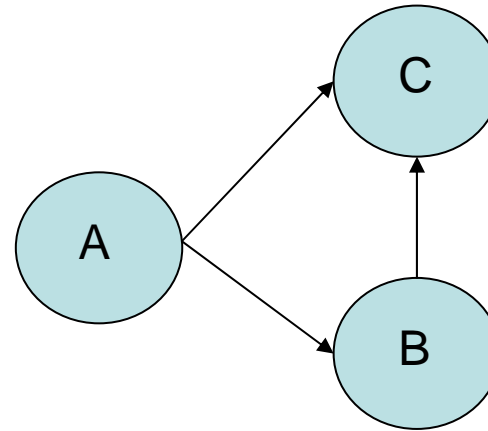
6.5 Idee: Einsatzmöglichkeit in Rollenspielen

6.1 Modell (1)

- Kampfspiel in der der Spieler:
 - Schlagen
 - Hoch Treten
 - Niedrig Tretenkann.
 - Für jeden Angriff wird die Wahrscheinlichkeit für die Art des nächsten Angriffs berechnet, in Abhängigkeit der letzten 2 Angriffe
- Kombinationen sind möglich

6.1 Modell (2)

- Bayesian Network
 - Erster Angriff: A
 - Zweiter Angriff: B
 - Dritter Angriff: C



6.2 Bedingte Wahrscheinlichkeitstabelle

Angriff A	Angriff B	Wahrscheinlichkeit für Angriff C		
		Schlag	Hoher Tritt	Niedriger Tritt
Schlag	Schlag	P00	P01	P02
Schlag	Niedriger Tritt	P10	P11	P12
Schlag	Hoher Tritt	P20	P21	P22
Niedriger Tritt	Schlag	P30	P31	P32
Niedriger Tritt	Niedriger Tritt	P40	P41	P42
Niedriger Tritt	Hoher Tritt	P50	P51	P52
Hoher Tritt	Schlag	P60	P61	P62
Hoher Tritt	Niedriger Tritt	P70	P71	P72
Hoher Tritt	Hoher Tritt	P80	P81	P82

6.3 Angriffsvoraussage

- In der Tabelle in die Zeile der letzten beiden Angriffe springen
 - Den Wert mit der höchsten Wahrscheinlichkeit wählen
 - Verteidigungsposition gegen diesen Angriff einnehmen
- Experimente zeigen, dass diese Methode eine Erfolgswahrscheinlichkeit von 60-80% erreicht

6.4 Beispielvideos Kampfspiel (1)



6. Einsatzmöglichkeit:
Kampfspiele

Knowledge Engineering und Lernen in Spielen -
Bayesian Networks

6.4 Beispielvideos Kampfspiel (2)



6. Einsatzmöglichkeit:
Kampfspiele

Knowledge Engineering und Lernen in Spielen -
Bayesian Networks

6.5 Idee: Einsatzmöglichkeit in Rollenspielen



6.5 Idee: Einsatzmöglichkeit in Rollenspielen Knowledge Engineering und Lernen in Spielen - Bayesian Networks

7. Blick über den Tellerrand

- Andere Anwendungsgebiete von Bayesian Networks:
 - Filter für Spam-Mails
 - Medizin (bspw. Pathfinder-System zur Diagnose von Lymphknotenerkrankungen)
 - Meteorologie (bspw. der Wettervorhersage)
 - Bayesian Network Repository

8. Klassifikationsmodell

8.1 Einführung

8.2 Exemplarische Darstellung

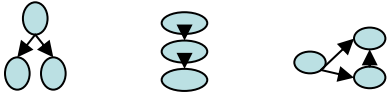
8.3 Erweiterungsmöglichkeiten

8.1 Einführung

- Hohe Komplexität der Thematik
 - Existenz vieler Einsatzmöglichkeiten und Anwendungsgebiete
- Standardisiertes Klassifikationsmodell, um einen schnellen Einstieg in die Problematik zu gewährleisten

8.2 Exemplarische Darstellung

- AI- Algorithmen in den Spalten
- Eigenschaften in den Zeilen
- Standardisierte Zellen, Einträge mittels Kommata getrennt, standardisierte Icons, etc.

	Bayesian Networks
Ziele	Entscheidungen unter Unsicherheit, Voraussage von Aktionen des Spielers
Beschreibung	Mittels statistischer Analyse von Daten kann der NPC Rückschlüsse auf Aktionen des Spielers ziehen
Laufzeitverhalten	Exponentiell
Mögliche Genres	Strategiespiele, Kampfspiele
Graphische Darstellung möglicher Problemstellungen	
Bekannte Spiele	-
Andere Anwendungsgebiete	Medizin, Repository, Meteorologie, Spam-Filter

8.3 Erweiterungsmöglichkeiten

- Einarbeitung der anderen Seminarthemen in Form weiterer Algorithmen in den Spalten und neuer Eigenschaften in den Zeilen
→ schneller Überblick über die Ergebnisse des gesamten Seminars
- Hinzunahme einer weiteren Ebene, z.B. Zeitebene:
 - Historie des Algorithmus, Möglichkeit der Darstellung von Weiterentwicklungen, zeitliche Relevanz des Algorithmus
- Verlinkung auf Programmcode (standardisierte Darstellung)

9. Fazit und Ausblick (1)

- Bayesian Networks stellen eine gute Möglichkeit dar, Entscheidungen unter Unsicherheit zu treffen
- Problem: schlechtes Laufzeitverhalten
- „Bayesian Networks sind zur Zeit aber so was wie ein „Buzzword“ in der AI Szene, aber ich denke dass noch einige Zeit vergehen wird bis solche komplexen Algorithmen in einfachen Spielen als Standard eingesetzt werden, obwohl sie auch jetzt schon toll funktionieren.“ (International PR-Manager Jowood)

Fazit und Ausblick (2)



Fazit und Ausblick (3)



Anstoß zur Diskussion

„Praxistauglichkeit des Klassifikationsmodell“



10. Quellen (1)

- Literatur:
 - David M. Bourg, Glenn Seemann: AI for Game Developers, O'Reilly, 2004
 - Robert Winkler: Bayesian Inference and Decision, Second Edition
 - Judea Pearl: Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference
 - Kevin Korb / Ann Nicholson: Bayesian Artificial Intelligence
 - F. Jensen: An Introduction to Bayesian Networks
- Arbeitspapier:
 - TU-Clausthal: Einführung in Bayessche Netze, 2005
- Online Quellen:
 - <http://www.cs.ualberta.ca/~greiner/bn.html/>
 - http://research.microsoft.com/research/pubs/view.aspx?msr_tr_id=MSR-TR-95-06
 - <http://www.auai.org/>
 - <http://ai.stanford.edu/~koller/BNtut/index.html>
 - <http://www.cs.huji.ac.il/labs/compbio/Repository/>

10. Quellen (2)

- Kontakte zu Spielentwickler / Publisher
 - International PR-Manager Jowood
 - Spielentwickler Blizzard
 - Ehemaliger Spielentwickler EA-Games
- Videos
 - In Eigenregie erstellt und geschnitten