

Modellierung menschlichen Entscheidungsverhaltens mit Extended Behavior Networks

Prof. Dr. rer. nat. Klaus Dorer
Fakultät Elektrotechnik
und Informationstechnik (E+I)

Badstraße 24
77652 Offenburg
Tel.: 0781 205-385
E-Mail: klaus.dorer@hs-offenburg.de

1971: Geboren in Furtwangen
1992–1996: Allgemeine Informatik / Künstliche Intelligenz,
Fachhochschule Furtwangen
7. Semester De Montfort University Leicester/England
1996–2000: Promotionsstudium Informatik, Albert-Ludwigs-
Universität Freiburg
2000–2003: Senior Software Engineer, living systems AG,
Donaueschingen
2003–2007: Senior Researcher, Whitestein Technologies GmbH,
Donaueschingen
seit 2007: Professur für Software Engineering, Algorithmen
und Datenstrukturen sowie Grundlagen der Informatik
an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Medien Offenburg
Lehrgebiete: Software Engineering, Algorithmen und Datenstrukturen,
Objektorientierte Programmierung, Künstliche Intelligenz



Forschungsgebiete: Autonome Systeme, Transportoptimierung, Künstliche Intelligenz

1.7 Modellierung menschlichen Entscheidungsverhaltens mit Extended Behavior Networks

Prof. Dr. rer. nat. Klaus Dorer

Einleitung

Seit 1997 finden jährlich Weltmeisterschaften im Roboterfußball statt. Das Ziel ist es dabei, bis 2050 eine Mannschaft aus Robotern zu stellen, die gegen den menschlichen Fußballweltmeister gewinnt (Abbildung 1.7-1). Dazu müssen die Roboter in der Lage sein, das Verhalten ihrer menschlichen Gegner einzuschätzen und ihre Entscheidungen vorauszuahnen. Während die gängigen Verfahren zur Entscheidungsfindung in unsicheren Umgebungen in der Regel auf rationalen Entscheidungen nach der Entscheidungstheorie basieren, zeigt sich, dass menschliches Entscheiden teilweise nicht dieser Rationalität folgt. Daniel Kahneman und Amos Tversky zeigten das in vielen Studien und entwickelten daraus die bekannte Prospect Theory [4] für die Kahneman 2002 den Wirtschaftsnobelpreis erhielt.

In diesem Artikel wird beschrieben, wie Extended Behavior Networks (EBNs) [1] auf einfache Weise erweitert werden können, um menschliches Entscheidungsverhalten auch in Situationen reproduzieren zu können, die von der rationalen Entscheidungstheorie abweichen. Dazu wird ein kurzer Überblick über die Prospect-Theorie sowie EBNs gegeben.



Abb. 1.7-1: Nao-Roboter der Standard Plattform Liga

Danach erläutern wir die notwendigen Erweiterungen von EBNs, um menschliches Verhalten zu reproduzieren. Schließlich zeigen wir anhand der von Kahneman und Tversky an Menschen durchgeführten Experimente, dass die EBNs das Entscheidungsverhalten der Menschen in diesen Experimenten reproduzieren können.

Prospect-Theorie

Die Entscheidungstheorie genauso wie die Spieltheorie oder gängige Motivationstheorien basieren auf dem Prinzip der Maximierung des erwarteten Nutzens, der sich als Summe aller Produkte aus Wahr-

scheinlichkeit des Eintretens und Wert des Ergebnisses berechnet. Wenn also z.B. bei „Wer wird Millionär?“ die 125.000 Euro-Frage richtig beantwortet wurde, aber keine der vier Antworten der 500.000-Euro-Frage ausgeschlossen werden kann, hat man die Wahl zwischen 125.000 Euro sicher ($W_s=1$) oder 500.000 Euro zu 25 % und 16.000 Euro zu 75%, wenn man falsch geraten hat. Die Entscheidungstheorie würde also für Variante A 125.000 für Variante B $500.000 \cdot 0.25 + 16.000 \cdot 0.75 = 137.000$ liefern und sich damit fürs Zocken entscheiden. Menschen wählen in dieser Situation aber typischerweise Variante A, die sichere Variante.

Name	Prospect (Wert, Wahrscheinlichkeit)	Erwarteter Nutzen	Entscheidung Versuchspersonen
A	(2500,0.33; 2400,0.66; 0,0.01)	2409	18
B	(2400, 1.0)	2400	82*

Tabelle 1: Experiment 1, eine unsichere und eine sichere Alternative (*=signifikant)

Name	Prospect (Wert, Wahrscheinlichkeit)	Erwarteter Nutzen	Entscheidung Versuchspersonen
C	(2500,0.33; 0,0.67)	825	83*
D	(2400, 0.34; 0,0.66)	816	17

Tabelle 2: Experiment 2, beide Alternativen unsicher

Kahneman und Tversky haben in zahlreichen Experimenten das menschliche Entscheidungsverhalten untersucht. Dabei zeigten sich verschiedene systematische Abweichungen von der rationalen Entscheidungstheorie.

In einem ersten Experiment stellten sie Studenten vor die Wahl, 2.500 israelische Dollar (knapp ein Monatsgehalt) mit 33 % Wahrscheinlichkeit, 2.400 Dollar mit 66 % Wahrscheinlichkeit und gar nichts mit 1 % Wahrscheinlichkeit zu gewinnen oder mit Sicherheit 2.400 Dollar. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt. Während die Entscheidungstheorie Variante A bevorzugt, wählten 82 % der Versuchspersonen Variante B. Das zweite Experiment wiederholt das erste, eliminiert aber in beiden Alternativen die Möglichkeit 2.400 mit 66 % Wahrscheinlichkeit zu gewinnen. Waren beide Alternativen mit Unsicherheit

verbunden, entschied sich die Mehrheit der Versuchspersonen für die erste Variante analog der Entscheidungstheorie. Mit diesen und anderen Experimenten konnte gezeigt werden, dass Menschen niedrige Wahrscheinlichkeiten überschätzen und hohe Wahrscheinlichkeiten unterschätzen wie in Abbildung 1.7-2 dargestellt.

Auf dieselbe Weise konnte nachgewiesen werden, dass menschliche Entscheider hohe Werte geringer einschätzen als entscheidungstheoretisch erwartet und Verluste weniger schlimm, was in einigen Experimenten sogar zu intransitivem Entscheidungsverhalten führte. Eine qualitative Wertfunktion zeigt Abbildung 1.7-3.

Extended Behavior Networks

Extended Behavior Networks (EBNs) wurden 1999 zur situationsangepassten und planenden Verhaltenssteuerung vor-

geschlagen [1]. EBNs bestehen aus den Zielen und Wahrnehmungen des Roboters sowie aus sogenannten Kompetenzmodulen. Die Ziele bestehen aus einer Zielbedingung (fuzzy-Proposition), einer Wichtigkeit und einer situationsabhängigen Relevanzbedingung. Damit lassen sich z. B. unterschiedliche Wichtigkeiten von Zielen wie „Tor erzielen“ für Stürmer und Abwehrspieler modellieren. Außerdem kann mithilfe der Relevanzbedingung z. B. der Einfluss dieses Ziels auf die Verhaltensauswahl reduziert werden, wenn sich der Ball in der Nähe des eigenen Tors befindet. Ziele definieren den Nutzen einer (Teil-)Situation.

Die Wahrnehmungen sind fuzzy-Propositionen, die zur Ermittlung der Ausführbarkeit von Kompetenzmodulen dienen. Die Verknüpfung mehrerer Wahrnehmungen wird durch ein fuzzy-und bewerkstelligt.

Die Kompetenzmodule enthalten Verhaltensregeln mit Vorbedingungen (und verknüpfte fuzzy-Propositionen), Aktion und Effekten mit Eintrittswahrscheinlichkeit. Eine Regel kann z. B. lauten: Wenn naheAmTor und habeBall, dann schießeAufTor mit Effekt torErzielt 0.4 und nicht habeBall 0.96.

Ziele, Wahrnehmungen und Kompetenzmodule werden in ein Netzwerk verknüpft. Die Verbindungen dienen dazu, einerseits die Ausführbarkeit jedes Kompetenzmoduls zu berechnen, andererseits den erwarteten Nutzen zu bestimmen. Das Kompetenzmodul mit dem höchsten Produkt aus Ausführbarkeit und erwartetem Nutzen (Aktivierung) kommt zur Ausführung. Die Aktivierung, die ein Kompetenzmodul von einem Ziel erhält, entspricht dabei dem Produkt aus Wahrscheinlichkeit und Nutzen entsprechend der Entscheidungstheorie. Weiterhin werden Kompetenzmodule, die nicht erfüllte Vorbedingungen anderer Kompetenzmodule wahr machen können zu Unterzielen dieser und senden ebenfalls Aktivierung an diese. So wird durch einen Prozess des Aktivierungsaustauschs ständig berechnet, welches Kompetenzmodul und damit welches Verhalten das Nützlichste in der aktuellen Situation ist. Dieses kommt dann zur Ausführung.

Das rationale Entscheidungsverhalten von EBNs kann nun leicht dem menschlichen Entscheidungsverhalten ange-

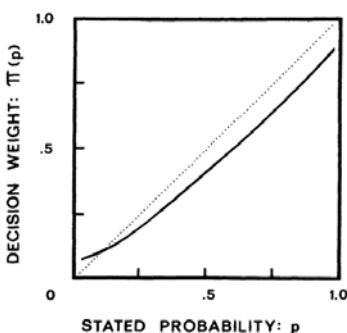


Abb. 1.7-2: Hypothetische Gewichtungs-funktion der Wahrscheinlichkeiten [1]

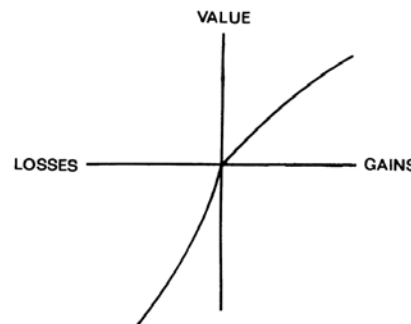


Abb. 1.7-3: Qualitative Wertfunktion bei Gewinnen und Verlusten [1]

passt werden, wenn man für die Nutzenfunktion von Zielen eine nicht lineare Abbildung vom objektiven Nutzen auf den subjektiven Nutzen verwendet wie in Abbildung 1.7-3 und für die Wahrscheinlichkeiten der Effekte ebenfalls eine nichtlineare Abbildung von objektiven auf subjektive Wahrscheinlichkeiten einführt, wie in Abbildung 1.7-2 dargestellt. Mithilfe dieser Anpassung an menschliches Entscheidungsverhalten wurden die Experimente, die Kahneman und Tversky mit Menschen durchführten, mit EBNs wiederholt.

Ergebnisse

Zunächst wurden die Experimente A-D mit EBNs und rationaler Entscheidungstheorie durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1.7-4 dargestellt. Die oberen Knoten des Netzwerks stellen die Ziele dar, die Zahl deren objektiven Nutzen. Die unteren Knoten sind die Kompetenzmodule, sind also Entscheidungsalternativen für den Roboter. Die Zahlen sind deren Aktivierung, in diesem Fall also der erwartete Nutzen nach der Entscheidungstheorie. Entsprechend würde sich der Roboter für Alternative „a“ in Experiment 1 und Alternative „c“ in Experiment 2 entscheiden. Die Verbindungen zwischen den Knoten entsprechen den Effekten der Handlungsalternativen, deren Zahlen den Wahrscheinlichkeiten des Eintritts.

Abbildung 1.7-5 zeigt, wie sich das EBN mit nicht-linearen Wert- und Wahrscheinlichkeitsfunktionen entsprechend der Prospect-Theorie verhält. Hier bevorzugt das EBN die Alternativen „b“ und „c“ in gleicher Weise, wie es die Versuchspersonen in den Experimenten taten. Auf die gleiche Weise konnten die EBNs alle modellierten Experimente von Kahneman und Tversky aus [4] und [6] reproduzieren. Weitere Details hierzu finden sie in [2].

Für die Modellierung der menschlichen Gegner eines Fußballspiels ist diese Modifikation von EBNs sicher eine interessante Alternative, um menschliches Verhalten besser einschätzen zu können. Spannend bleibt die Frage, ob auch der Roboter selbst sich besser rational entsprechend der Entscheidungstheorie verhalten soll oder doch für die eigenen Entscheidungen dem menschlichen Entscheidungsverhalten folgen sollte.

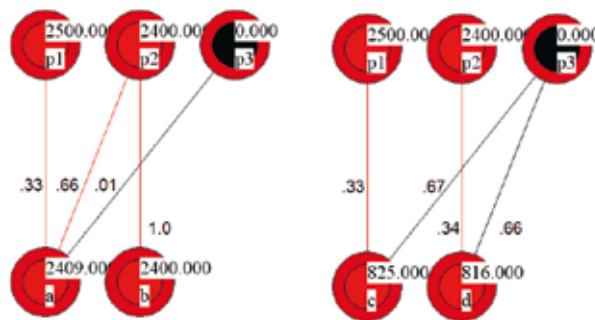


Abb. 1.7-4: Entscheidungstheoretisches EBN für Experiment 1 (links) und Experiment 2 (rechts)

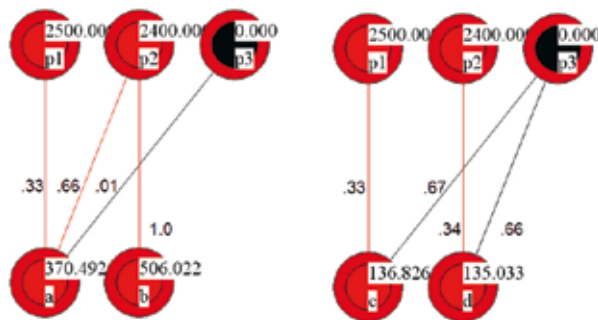


Abb. 1.7-5: EBN analog der Prospect-Theorie für Experiment 1 (links) und Experiment 2 (rechts)

Literatur

- [1] Dorer K.: Behavior Networks for Continuous Domains using Situation-Dependent Motivations. Proceedings of the 16th International Conference of Artificial Intelligence (1999), pp. 1233 – 1238
- [2] Dorer K.: Modeling Human Decision Making using Extended Behavior Networks. J Baltes et al. (Eds.): RoboCup 2009, LNAI 5949, pp. 81 – 91. Springer, Heidelberg, 2010
- [3] Eisenführ F., Weber M: Rationales Entscheiden. Springer Verlag, Berlin; Heidelberg, 1999
- [4] Kahnemann D., Tversky A.: Prospect theory: An analysis of decision under risk. Econometrica, 47: 263 – 291, 1979
- [5] Maes P.: The dynamics of action selection. Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence, pages 991 – 997, 1989
- [6] Tversky A., Kahneman D.: The framing of decisions and the psychology of choice. Science, 22:453 – 458, 1981