

Problemlösen durch heuristische Suche in der Artificial Intelligence

Hermann Kaindl

Technische Universität Darmstadt	
FACHBEREICH INFORMATIK	
B I B L I O T H E K	
Inventar-Nr.:	<u>1104 - 00072</u>
Sachgebiete:	<u></u>
Standort:	<u>J.2 / kain</u>

Springer-Verlag Wien New York

Inhalt

1 Problemdarstellung	1
1.1 <i>Produktionssysteme</i>	2
1.1.1 Beispiele für Produktionssysteme	3
1.1.2 „Constraint Satisfaction“ Probleme	7
1.1.3 Produktionssysteme „im engeren Sinn“	8
1.1.4 Kommutative Produktionssysteme	11
1.2 <i>Graphen</i>	12
1.2.1 Begriffliche Übersicht	13
1.2.2 Darstellung des Vorgehens eines Produktionssystems	14
1.3 <i>Zerlegbare Produktionssysteme</i>	18
1.3.1 UND/ODER-Graphen	18
1.3.2 Spielbäume	26
1.4 <i>Beziehungen zwischen verschiedenen Begriffen und Formalismen</i>	30
1.4.1 Richtung des Vorgehens	30
1.4.2 Beziehungen zwischen kommutativen und zerlegbaren Produktionssystemen	33
1.4.3 Begriffliche Zusammenhänge	35
2 Problemlösen mittels Suche	39
2.1 <i>Allgemeines</i>	39
2.1.1 Ein allgemeines Schema für Such-Verfahren	40
2.1.2 Ein Graph-Such-Verfahren	44
2.1.3 Suche in UND/ODER-Graphen	48
2.2 <i>„Irrevocable Control“</i>	52
2.2.1 Kommutativität	52
2.2.2 „Hill-Climbing“	53
2.3 <i>„Breadth-First Search“</i>	53
2.3.1 Vorgangsweise	54
2.3.2 Komplexität	55
2.3.3 „Uniform-Cost Search“	55
2.4 <i>„Depth-First Search“</i>	56
2.4.1 Vorgangsweise	57
2.4.2 „Backtracking“	57
2.4.3 Komplexität	62

2.5	„Best-First Search“	62
2.5.1	Bewertungsfunktion von A*	63
2.5.2	Die heuristische Komponente: Ermittlung und Anwendung	64
2.5.3	Zulässigkeit	71
2.5.4	Geometrische Darstellung	75
2.5.5	Gewichtete Bewertungsfunktionen	75
2.5.6	Vergleich von Bewertungsfunktionen für A*	78
2.5.7	Konsistente (monotone) heuristische Funktionen	80
2.5.8	Konsistenz und vereinfachte Modelle	84
2.5.9	Nicht-konsistente Funktionen und Modifikationen von A*	85
2.5.10	Komplexität von A*	88
2.5.11	Bewertungsfunktionen ohne Garantie für optimale Lösungen	92
2.5.12	Allgemeine Funktionen für Kosten und Bewertungen	97
2.5.13	Ist A* optimal?	99
2.5.14	„Best-First Search“ in UND/ODER-Graphen	102
2.6	„Depth-First Iterative-Deepening“	107
2.6.1	DFID	108
2.6.2	IDA*	111
2.6.3	PIDA* – Eine parallele Version von IDA*	113
2.7	„Bidirectional Search“	114
2.7.1	„Blinde“ Suche in beide Richtungen	115
2.7.2	Suche in beide Richtungen mit Heuristik	117
2.8	„Conflict Resolution“	120
3	Begrenzte Suche zum Füllen von Entscheidungen	123
3.1	Allgemeines	123
3.1.1	Entscheidungen bei Problemen	123
3.1.2	Lösen von Spielbäumen	126
3.1.3	Bewerten von Spielbäumen	128
3.1.4	„Minimaxing“	130
3.1.5	Modifikationen und Alternativen bezüglich „Minimaxing“	132
3.2	„Depth-First Search“	137
3.2.1	Suche zur Berechnung des Minimax-Werts	137
3.2.2	Das α - β -Verfahren	140
3.2.3	Die Verwendung eines „Fensters“	146
3.2.4	PAB und SCOUT	150
3.3	„Depth-First Iterative-Deepening“	155
3.4	„Best-First Search“	156

3.4.1	SSS* und DUAL*	158
3.4.2	B* und PB*	167
3.5	<i>Die Effizienz der Minimax-Verfahren im Vergleich</i>	179
3.5.1	Ungünstigste und günstigste Bedingungen	180
3.5.2	Der „durchschnittliche“ Fall	181
3.6	<i>Zusätzliche Aspekte und Heuristika</i>	187
3.6.1	Erreichen einer „guten“ Anordnung der Nachfolger	188
3.6.2	Statische Bewertungsfunktionen	190
3.6.3	„Quiescence“ und der Horizont-Effekt	193
3.6.4	Variable Such-Tiefe	196
3.7	<i>Die Qualität der Entscheidungen</i>	201
Epilog		205
Literatur		207
Glossar		219
Notation		227
Sachverzeichnis		229