

# Künstliche Intelligenz

Wissensverarbeitung – Neuronale Netze

# DAS INHALTS- VERZEICHNIS

» Hier geht's  
direkt  
zum Buch

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Künstliche Intelligenz</b> .....	<b>9</b>
1.1	Eine intelligente Maschine .....	9
1.2	Intelligenz und künstliche Intelligenz .....	11
1.3	Knobelaufgaben und symbolverarbeitende KI .....	18
1.4	Geschichte der KI .....	20
1.5	Wir und die KI .....	22

## Teil 1 – Symbolverarbeitende KI

<b>2</b>	<b>Darstellung und Verarbeitung von Wissen</b> .....	<b>27</b>
2.1	Wissen und Wissensarten .....	27
2.2	KI und explizite Wissensdarstellung .....	28
2.3	Darstellung von Wissen mit Hilfe von Logik .....	32
2.3.1	Aussagenlogik .....	33
2.3.2	Prädikatenlogik .....	50
2.3.3	Logik und PROLOG .....	65
2.4	Wissensverarbeitung mit Regeln .....	69
2.4.1	Regelbasierte Wissensdarstellung .....	69
2.4.2	Regelverarbeitung .....	72
2.4.2.1	Vorwärtsverkettung .....	73
2.4.2.2	Rückwärtsverkettung .....	76
2.4.2.3	Regelverarbeitung und PROLOG .....	77
2.4.3	Regelsysteme im Einsatz .....	79
2.4.3.1	Business Rules .....	80
2.4.3.2	Decision Model and Notation .....	83
2.5	Semantische Netze und Frames .....	87
2.5.1	Semantische Netze .....	87
2.5.2	Frames .....	89
2.5.3	Wissensnetze .....	91
2.6	Vages Wissen .....	94
2.6.1	Unsicheres Wissen .....	95

---

2.6.2	Fuzzy-Mengen .....	103
2.6.3	Fuzzy-Logik.....	109
2.6.4	Fuzzy-Regler.....	111
<b>3</b>	<b>Problemlösung mittels Suche .....</b>	<b>117</b>
3.1	Suche in Graphen.....	117
3.2	Uninformierte Suche.....	122
3.3	Heuristische Suche .....	131
3.3.1	Heuristik des nächsten Nachbarn .....	136
3.3.2	Bergsteiger-Strategie .....	138
3.3.3	Bestensuche .....	139
3.3.4	A*-Suche .....	140
3.4	Das Rundreiseproblem .....	144
<b>4</b>	<b>Wissensverarbeitung mit PROLOG .....</b>	<b>153</b>
4.1	Logisches Programmieren.....	154
4.1.1	Erste Schritte .....	154
4.1.2	Ein Beispiel .....	156
4.1.3	Regeln .....	158
4.2	PROLOG-Programme .....	162
4.2.1	Problemlösung mit PROLOG.....	162
4.2.2	Lösungsfindung mittels Backtracking .....	164
4.2.3	Parameterübergabe mittels Unifikation .....	166
4.2.4	Interpretation von Programmen .....	170
4.3	Datentypen und Arithmetik.....	171
4.3.1	Einfache und zusammengesetzte Datentypen .....	171
4.3.2	Listen .....	174
4.3.3	Arithmetik .....	177
4.4	Steuerung der Abarbeitung .....	179
4.4.1	Reihenfolge der Klauseln .....	179
4.4.2	Reihenfolge der Literale im Körper einer Regel.....	180
4.4.3	Kontrolle des Backtracking .....	181
4.4.4	Die Negation .....	184
4.5	Vordefinierte Prädikate .....	186
4.6	Beispielprogramme .....	187
4.6.1	Das Einfärben einer Landkarte .....	187
4.6.2	Die Türme von Hanoi .....	188
4.6.3	Das Acht-Damen-Problem .....	189
4.6.4	Das Problem der stabilen Paare .....	191
4.6.5	Das Einstein-Problem.....	193

## Teil 2 – KI mit neuronalen Netzen

<b>5</b>	<b>Künstliche neuronale Netze</b> .....	<b>197</b>
5.1	Das natürliche neuronale Netz .....	197
5.2	Geschichte .....	198
5.3	Die Kapitel über neuronale Netze .....	199
5.4	Das künstliche Neuron .....	200
5.5	Architekturen .....	205
5.6	Arbeitsweise .....	207
<b>6</b>	<b>Vorwärtsgerichtete Netze</b> .....	<b>211</b>
6.1	Das Perzeptron .....	211
6.1.1	Die Delta-Regel .....	213
6.1.2	Musterzuordnungen .....	216
6.2	Backpropagation-Netze .....	219
6.2.1	Das Backpropagation-Verfahren .....	220
6.2.2	Das XOR-Backpropagation-Netz .....	224
6.2.3	Modifikationen des Backpropagation-Algorithmus .....	227
6.3	Typische Anwendungen .....	230
6.3.1	Zeichenerkennung .....	230
6.3.2	Das Encoder-Decoder-Netz .....	236
6.3.3	Ein Prognose-Netz .....	237
6.4	Datenvorverarbeitung .....	241
6.4.1	Verarbeitungsschritte .....	241
6.4.2	Daten des Kreditvergabe-Beispiels .....	244
6.5	Netzgröße und Optimierungen .....	248
6.5.1	Die Größe der inneren Schicht .....	249
6.5.2	Das Entfernen von Verbindungen .....	251
6.5.3	Genetische Algorithmen .....	252
6.6	Partiell rückgekoppelte Netze .....	255
6.6.1	Jordan-Netze .....	256
6.6.2	Elman-Netz .....	257
6.7	Convolutional Neural Network .....	259
<b>7</b>	<b>Wettbewerbslernen</b> .....	<b>269</b>
7.1	Selbstorganisierende Karte .....	270
7.1.1	Architektur und Arbeitsweise .....	270
7.1.2	Das Training .....	273
7.1.3	Visualisierung einer Karte und deren Verhalten .....	276
7.1.4	Eine Lösung des Rundreiseproblems .....	278

7.2	Neuronales Gas .....	283
7.2.1	Architektur und Arbeitsweise .....	283
7.2.2	Wachsendes neuronales Gas .....	285
7.3	Adaptive Resonanz-Theorie.....	289
7.3.1	Das Plastizitäts-Stabilitäts-Dilemma .....	289
7.3.2	Struktur eines ART-Netzes .....	290
7.3.3	Das Beispiel Würfelmuster .....	292
7.3.4	Arbeitsweise .....	294
<b>8</b>	<b>Autoassoziative Netze .....</b>	<b>299</b>
8.1	Hopfield-Netze.....	299
8.1.1	Arbeitsweise .....	300
8.1.2	Wiedererkennung von Mustern .....	302
8.1.3	Energie-Niveau eines Netzes.....	306
8.2	Lösung von Optimierungsproblemen .....	307
8.3	Die Boltzmann-Maschine .....	310
<b>9</b>	<b>Entwicklung neuronaler Netze .....</b>	<b>315</b>
9.1	Datenanalyse-Software .....	315
9.2	JavaNNS.....	317
9.3	Programmentwurf und Datenstrukturen .....	319
9.3.1	Einsatz von Array-Datenstrukturen .....	320
9.3.2	Der objektorientierte Ansatz .....	321
9.4	Implementation eines Perzeptrons in Java .....	323
9.5	Ein Perzeptron in Python .....	330
9.6	Implementieren mit Python und Keras.....	335
9.7	Implementieren mit TensorFlow .....	342
	<b>Literatur .....</b>	<b>351</b>
	<b>Index .....</b>	<b>355</b>