

Inhalt

1	Künstliche Intelligenz	9
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

2	Darstellung und Verarbeitung von Wissen	27
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

3 Problemlösung mittels Suche117

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

4 Wissensverarbeitung mit PROLOG153

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

5	Künstliche neuronale Netze	197
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
6	Vorwärtsgerichtete Netze	211
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
7	Wettbewerbslernen	269
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	Neurales Gas	283
7.2.1	Architektur und Arbeitsweise	283
7.2.2	Wachsendes neurales 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
8	Autoassoziative Netze	299
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
9	Entwicklung neuronaler Netze	315
9.1	Datenanalyse-Software	315
9.2	JavaNNS.....	317
9.3	Programmwurf 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
	Literatur	351
	Index.....	355