

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Intelligente Systeme	1
1.2	Computational Intelligence	2
I	Neuronale Netze	5
2	Einleitung	7
2.1	Motivation	7
2.2	Biologische Grundlagen	9
3	Schwellenwertelemente	13
3.1	Definition und Beispiele	13
3.2	Geometrische Deutung	15
3.3	Grenzen der Ausdrucksmächtigkeit	17
3.4	Netze von Schwellenwertelementen	18
3.5	Training der Parameter	21
3.6	Varianten	31
3.7	Training von Netzen	31
4	Allgemeine neuronale Netze	33
4.1	Struktur neuronaler Netze	33
4.2	Arbeitsweise neuronaler Netze	36
4.3	Training neuronaler Netze	40
5	Mehrschichtige Perzeptren	43
5.1	Definition und Beispiele	43
5.2	Funktionsapproximation	49
5.3	Logistische Regression	55
5.4	Gradientenabstieg	58
5.5	Fehler-Rückübertragung	62
5.6	Beispiele zum Gradientenabstieg	64
5.7	Varianten des Gradientenabstiegs	69
5.8	Beispiele zu einigen Varianten	74
5.9	Anzahl der versteckten Neuronen	76
5.10	Sensitivitätsanalyse	78

6 Radiale-Basisfunktionen-Netze	81
6.1 Definition und Beispiele	81
6.2 Funktionsapproximation	85
6.3 Initialisierung der Parameter	89
6.4 Training der Parameter	95
6.5 Verallgemeinerte Form	100
7 Selbstorganisierende Karten	103
7.1 Definition und Beispiele	103
7.2 Lernende Vektorquantisierung	106
7.3 Nachbarschaft der Ausgabeneuronen	113
8 Hopfield-Netze	119
8.1 Definition und Beispiele	119
8.2 Konvergenz der Berechnungen	123
8.3 Assoziativspeicher	127
8.4 Lösen von Optimierungsproblemen	132
8.5 Simuliertes Ausglühen	138
9 Rückgekoppelte Netze	141
9.1 Einfache Beispiele	141
9.2 Darstellung von Differentialgleichungen	146
9.3 Vektorielle neuronale Netze	148
9.4 Fehler-Rückübertragung in der Zeit	151
II Evolutionäre Algorithmen	155
10 Einleitung	157
10.1 Metaheuristiken	157
10.2 Biologische Evolution	158
10.3 Simulierte Evolution	163
10.4 Das n -Damen-Problem	172
10.5 Verwandte Optimierungsalgorithmen	177
10.6 Das Problem des Handlungsreisenden	183
11 Bausteine evolutionärer Algorithmen	187
11.1 Kodierung der Lösungskandidaten	187
11.2 Fitness und Selektion	195
11.3 Genetische Operatoren	207
12 Grundlegende evolutionäre Algorithmen	219
12.1 Genetische Algorithmen	219
12.2 Evolutionsstrategien	232
12.3 Genetische Programmierung	243
12.4 Weitere populationsbasierte Ansätze	255

13 Spezielle Anwendungen und Techniken	269
13.1 Verhaltenssimulation	269
13.2 Mehrkriterienoptimierung	276
13.3 Parallelisierung	284
 III Fuzzy-Systeme	 287
14 Fuzzy-Mengen und Fuzzy-Logik	289
14.1 Natürliche Sprache und formale Modelle	289
14.2 Fuzzy-Mengen	290
14.3 Repräsentation von Fuzzy-Mengen	293
14.4 Fuzzy-Logik	297
14.5 Operationen auf Fuzzy-Mengen	307
15 Das Extensionsprinzip	313
15.1 Abbildungen von Fuzzy-Mengen	313
15.2 Abbildungen von Niveaumengen	315
15.3 Kartesisches Produkt und zylindrische Erweiterung	316
15.4 Extensionsprinzip für mehrelementige Abbildungen	317
16 Fuzzy-Relationen	321
16.1 Gewöhnliche Relationen	321
16.2 Anwendung von Relationen und Inferenz	322
16.3 Inferenzketten	325
16.4 Einfache Fuzzy-Relationen	326
16.5 Verkettung von Fuzzy-Relationen	330
17 Ähnlichkeitsrelationen	333
17.1 Ähnlichkeit	333
17.2 Fuzzy-Mengen und extensionale Hüllen	334
17.3 Skalierungskonzepte	336
17.4 Interpretation von Fuzzy-Mengen	339
18 Possibilitätstheorie und verallgemeinerte Maße	345
19 Fuzzy-Regelsysteme	347
19.1 Mamdani-Regler	347
19.2 Takagi-Sugeno-Kang-Regler	356
19.3 Mamdani-Regler und Ähnlichkeitsrelationen	358
19.4 Logikbasierte Regler	362
20 Fuzzy-Relationalgleichungen	365
20.1 Lösbarkeit von Fuzzy-Relationalgleichungen	365
20.2 Fuzzy-Regelsysteme und -Relationalgleichungen	366
21 Hybride Systeme	369
21.1 Neuro-Fuzzy-Regler	369
21.2 Evolutionäre Fuzzy-Regler	380

22 Fuzzy Clustering	387
22.1 Fuzzy-Methoden in der Datenanalyse	387
22.2 Clusteranalyse	389
22.3 Voraussetzungen und Notation	389
22.4 Klassisches c-Means-Clustering	390
22.5 Transformation der Zugehörigkeiten	392
22.6 Regularisierung der Zugehörigkeiten	396
22.7 Vergleich der Ansätze	401
 IV Bayes-Netze	 403
23 Bayes-Netze	405
24 Grundlagen der Wahrscheinlichkeits- und Graphentheorie	411
24.1 Wahrscheinlichkeitstheorie	411
24.2 Graphentheorie	420
25 Zerlegungen	439
25.1 Abhängigkeits- und Unabhängigkeitsgraphen	443
26 Evidenzpropagation	451
27 Lernen Graphischer Modelle	465
28 Anhänge	477
28.1 Geradengleichungen	477
28.2 Regression	479
28.3 Aktivierungsumrechnung	483
 Literaturverzeichnis	 485
 Index	 501