

Detlef Nauck
Frank Klawonn
Rudolf Kruse

Neuronale Netze und Fuzzy-Systeme

Grundlagen des Konnektionismus,
Neuronaler Fuzzy-Systeme und
der Kopplung mit wissensbasierten Methoden

2., überarbeitete und erweiterte Auflage



Inhaltsverzeichnis

Einleitung

I	Grundlagen Neuronaler Netze	9
1	Historische und Biologische Aspekte	11
2	Ein generisches Modell für Neuronale Netze	19
2.1	Die Struktur Neuronaler Netze.	19
2.2	Die Arbeitsweise Neuronaler Netze.	24
2.3	Strukturveränderung - Lernen.	28
2.4	Lernparadigmen.	34
II	Architekturen Neuronaler Netze	37
S	Perceptrons	39
3.1	Das formale Modell des Perceptrons.	41
3.2	Lineare Separabilität	46
3.3	Der Lernalgorithmus des Perceptrons.	49
4	Einfache lineare Modelle	59
4.1	Das formale Modell Linearer Neuronaler Netze.	60
4.2	Das ADALINE und die Delta-Regel	62
i<	4.3 Matrixspeicher und die Hebbsche Lernregel.	67

5	Multilayer-Perceptrons	71
5.1	Das formale Modell des Multilayer-Perceptrons.	72
5.2	Backpropagation - Die verallgemeinerte Delta-Regel.	74
5.3	Anwendung des Backpropagation-Algorithmus.	78
5.4	Linear nicht-separable Lernaufgaben.	81
5.5	Multilayer-Perceptrons als universelle Approximatoren.	88
5.6	Anwendungen.	92
6	Radiale Basisfunktionen	97
6.1	Lokale versus globale Klassifikation.	97
6.2	Das formale Modell Radialer-Basisfunktionen-Netze.	101
6.3	Lernverfahren für RBF-Netze.	108
7	Wettbewerbslernen	117
8	Selbstorganisierende Karten	125
8.1	Das formale Modell.	126
8.2	Anwendungen selbstorganisierender Karten.	129
8.3	Counterpropagation.	134
9	Hopfield-Netze	137
9.1	Das formale Modell des Hopfield-Netzes.	138
9.2	Die Energiefunktion eines Hopfield-Netzes.	140
9.3	Das Hopfield-Netz als autoassoziativer Speicher.	142
9.4	Die Lösung von Optimierungsproblemen mit Hopfield-Netzen	147
9.5	Das kontinuierliche Hopfield-Modell.	154
10	Simulated Annealing und Boltzmann-Maschinen	159
10.1	Simulated Annealing	159
10.2	Boltzmann-Maschinen	161
	ale Regler	169

III	Konnektionistische Expertensysteme	175
12	Grundlagen der Expertensysteme	177
13	Wissensrepräsentation in Neuronalen Netzen	185
13.1	Der Wissensbegriff in der KI-Forschung	185
13.2	Wissensrepräsentation	186
13.3	Kognitionswissenschaftliche Aspekte der Wissensrepräsentation	191
13.4	Wissensverarbeitung	193
13.5	Konnektionistische Wissensrepräsentation und Wissensverarbeitung	194
14	Modellierung Konnektionistischer Expertensysteme	201
14.1	Konzeptionelle Überlegungen	202
14.2	Regelfolgende Modelle	210
14.3	Regelbeherrschte Modelle	225
15	Preprocessing	245
15.1	Transformationen und Merkmalsausprägung	246
15.2	Erlernen der Transformationen	248
IV	Neuronale Fuzzy-Systeme	253
16	Modellierung Neuronaler Fuzzy-Systeme	255
16.1	Kognitive Modellierung von Expertenverhalten	256
16.2	Fuzzy-Regler	258
16.3	Kombinationen Neuronaler Netze und Fuzzy-Regler	275
17	Kooperative Neuronale Fuzzy-Regler	291
17.1	Adaptive Fuzzy-Assoziativspeicher	291
17.2	Linguistische Interpretation selbstorganisierender Karten	300
17.3	Erlernen von Fuzzy-Mengen	303

18 Hybride Neuronale Fuzzy-Regler	307
18.1 Das ARIC-Modell.	307
18.2 Das GARIC-Modell.	317
18.3 Weitere Modelle.	327
19 Das NEFCON-Modell	337
19.1 Anforderungen an das Modell.	338
19.2 Die Architektur.	340
19.3 Die Arbeitsweise.	345
19.4 Fuzzy-Fehler-Propagation - Der Lernalgorithmus.	347
19.5 Erlernen einer Regelbasis.	356
19.6 Beurteilung des NEFCON-Ansatzes.	359
19.7 NEFCON-I - Eine Implementierung.	362
20 Neuro-Fuzzy-Datenanalyse	377
20.1 Fuzzy-Clusteranalyse.	378
20.2 Das FuNe-I-Modell.	384
20.3 Fuzzy RuleNet.	390
20.4 Das NEFCLASS-Modell.	395
20.5 NEFCLASS-PC - Eine Implementierung.	406
21 Neuronale Netze und Fuzzy-Prolog	417
21.1 Neuronale Netze und Logik.	417
21.2 Fuzzy-Logik.	419
21.3 Neuronale Netze und Fuzzy-logische Programme.	424
21.4 Der Lernalgorithmus.	438
Literaturverzeichnis	445
Index	469

