

8899 - 8616

Christian Borgelt, Frank Klawonn,
Rudolf Kruse, Detlef Nauck

Neuro-Fuzzy-Systeme

Von den Grundlagen künstlicher
Neuronaler Netze zur Kopplung
mit Fuzzy-Systemen

3. Auflage



vieweg

Inhaltsverzeichnis

I	Neuronale Netze	1
1	Einleitung	3
1.1	Motivation	3
1.2	Biologische Grundlagen.	5
2	Schwellenwertelemente	8
2.1	Definition und Beispiele.	8
2.2	Geometrische Deutung.	10
2.3	Grenzen der Ausdrucksmächtigkeit	12
2.4	Netze von Schwellenwertelementen.	14
2.5	Training der Parameter.	16
2.6	Varianten.	27
2.7	Training von Netzen.	27
3	Allgemeine neuronale Netze	29
3.1	Struktur neuronaler Netze.	29
3.2	Arbeitsweise neuronaler Netze.	32
3.3	Training neuronaler Netze.	36
4	Mehrschichtige Perzeptren	39
4.1	Definition und Beispiele.	39
4.2	Funktionsapproximation.	46
4.3	Logistische Regression.	52
4.4	Gradientenabstieg	55
4.5	Fehler-Rückpropagation.	59
4.6	Beispiele zum Gradientenabstieg	61
4.7	Varianten des Gradientenabstiegs.	65
4.8	Beispiele zu einigen Varianten.	71
4.9	Sensitivitätsanalyse.	74
5	Radiale-Basisfunktionen-Netze	76
5.1	Definition und Beispiele.	76
5.2	Funktionsapproximation.	80
5.3	Initialisierung der Parameter.	84
5.4	Training der Parameter.	91
5.5	Verallgemeinerte Form.	96

6	Selbstorganisierende Karten	98
6.1	Definition und Beispiele	98
6.2	Lernende Vektorquantisierung	101
6.3	Nachbarschaft der Ausgabeneuronen	105
7	Hopfield-Netze	111
7.1	Definition und Beispiele	111
7.2	Konvergenz der Berechnungen	115
7.3	Assoziativspeicher	120
7.4	Lösen von Optimierungsproblemen	125
7.5	Simuliertes Ausglühen	131
8	Rückgekoppelte Netze	134
8.1	Einfache Beispiele	134
8.2	Darstellung von Differentialgleichungen	140
8.3	Vektorielle neuronale Netze	141
8.4	Fehler-Rückpropagation in der Zeit	145
II	Fuzzy-Systeme	149
9	Einleitung	151
9.1	Motivation	151
9.2	Fuzzy-Mengen	152
9.3	Grundlegende Operationen auf Fuzzy-Mengen	156
10	Fuzzy-Systeme und -Verfahren	161
10.1	Fuzzy-Regelung	161
10.2	Fuzzy-Klassifikatoren	168
10.3	Fuzzy-Clusteranalyse	170
III	Neuro-Fuzzy-Systeme	177
11	Einleitung	179
11.1	Modellierung von Expertenverhalten	179
11.2	Kombination Neuronaler Netze und Fuzzy-Systeme	182
11.3	Was ist ein Neuro-Fuzzy-System?	188
12	Typen von Neuro-Fuzzy-Systemen	194
12.1	Kooperative und Hybride Neuro-Fuzzy-Systeme	194
12.2	Adaptive Fuzzy-Assoziativspeicher	201
12.3	Linguistische Interpretation selbstorganisierender Karten	208
12.4	Erlernen von Fuzzy-Mengen	211
12.5	Das ARIC-Modell	215
12.6	Das GARIC-Modell	224

12.7	Das ANFIS-Modell	233
12.8	Das NNDFR-Modell	238
12.9	Das FuNe-I-Modell	242
12.10	Fuzzy RuleNet	248
12.11	Weitere Modelle	252
13	Das generische Fuzzy-Perzeptron	257
13.1	Architektur	258
13.2	Lernverfahren	260
13.3	Semantische Aspekte	262
14	Fuzzy-Regeln aus Daten lernen	264
14.1	Strukturlernen	266
14.2	Lernalgorithmen	273
14.3	Behandlung symbolischer Daten	282
14.4	Behandlung fehlender Werte	289
15	Optimierung von Fuzzy-Regelbasen	293
15.1	Adaptive Regelgewichte	293
15.2	Lernverfahren für Fuzzy-Mengen	308
15.3	Strukturoptimierung (Pruning)	327
16	Fuzzy-Regelung mit NEFCON	330
16.1	Die Architektur	332
16.2	Parameterlernen — Fuzzy-Mengen trainieren	336
16.3	Erlernen einer Regelbasis	346
16.4	Implementierungen von NEFCON	350
17	Klassifikation mit NEFCLASS	362
17.1	Intelligente Datenanalyse	362
17.2	Das NEFCLASS-Modell	364
17.3	Implementierungsaspekte	367
17.4	Der Einfluss von Regelgewichten	370
17.5	Erzeugung kleiner Klassifikatoren	373
17.6	Verwendung Symbolischer Variablen	376
17.7	Klassifikation als Datenvorverarbeitung	378
18	Funktionsapproximation mit NEFPROX	383
19	Anwendung von Neuro-Fuzzy-Systemen	387
19.1	Anwendungsbeispiele	387
19.2	Auswahl von Neuro-Fuzzy-Ansätzen	390
19.3	Semantik und Interpretierbarkeit	392

IV	Anhänge	397
A	Geradengleichungen	399
B	Regression	402
C	Aktivierungsunirechnung	407
	Literaturverzeichnis	409
	Index	429