

Formulierung und Optimierung Neuronaler Netze

von

Martin Rast

Tectum Verlag
Marburg 2004

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

I	Modellierung Neuronaler Netze	5
1	Grundlagen Neuronaler Netze	7
1.1	Biologische Neuronale Netze	7
1.1.1	Neuronen	7
1.1.2	Aufbau und Struktur des Gehirns	8
1.2	Künstliche Neuronale Netze	8
1.2.1	Modell eines Neurons	8
1.2.2	Netzstrukturen	8
1.2.3	Aktivierungsfunktionen	12
1.2.4	Wertpropagierung	12
1.2.5	Lernverfahren	13
1.2.6	Pruning	15
1.2.7	Konstruktive Verfahren der Optimierung von Netztopologien	15
1.3	Aufgabengebiete Neuronaler Netze	16
1.3.1	Mustererkennung	16
1.3.2	Untersuchung und Prognose von Zeitreihen	16
1.3.3	Nachbildung unbekannter Funktionen aus Datenpunkten	17
1.3.4	Klassifizierung	17
1.3.5	Fuzzy Neural Networks	18
2	Neuronale Netze aus graphentheoretischer Sicht	19
2.1	Graphentheoretische Grundlagen	19
2.2	Netztopologien	20
2.3	Auswertung	22
3	Neuronale Netze aus numerischer Sicht	25
3.1	Neuronale Netze	25
3.2	Lernprobleme	26
3.3	Multilayer Perceptrons	27
3.3.1	Netze in M^n	27
3.3.2	Feed-Forward Netze	30
3.4	Training von Feed-Forward Netzen als Optimierungsproblem	32
3.4.1	Optimierung von Feed-Forward Netzen ohne hidden-layer	32
3.4.2	Optimierung von single-hidden-layer Feed-Forward Netzen	33
3.4.3	Analyse der Optimierungsprobleme	34
3.5	Neuronale Netze in Banachräumen	34
4	Approximation mit Neuronalen Netzen	35

4.1	Minimale Anzahl von Schichten	35
4.1.1	Das XOR-Problem	35
4.1.2	Interpolation mit einem hidden-layer.	36
4.2	Approximationsfähigkeit Neuronaler Netze	38
II	Verarbeitung von Zeitreihen durch Neuronale Netze	41
5	Zeitreihenanalyse	43
5.1	Arten von Zeitreihen.	43
5.1.1	Begriffe.	43
5.1.2	Beispiele.	43
5.2	Grundaufgaben der Zeitreihenanalyse.	44
6	Eingabe unbearbeiteter Werte	47
6.1	Vorgehen.	47
6.2	Probleme.	48
6.2.1	Trends.	48
6.2.2	Informationsreduktion.	48
6.2.3	Korrelation.	48
7	Integration technischer Indikatoren in Neuronale Netze	49
7.1	Trendeiminierung	49
7.1.1	Einfache Trendeliminierung.	49
7.1.2	Trendeliminierung durch Regression	50
7.2	Saisonbereinigung.	50
7.3	Technische Indikatoren.	50
7.3.1	Indikatoren auf einer Zeitreihe.	50
7.3.2	Intermarket Analysis	51
7.3.3	Weitere Indikatoren	52
7.4	Praktischer Einsatz technischer Indikatoren.	52
7.4.1	Ein Trendfolgemodell.	52
7.4.2	Probleme.	52
7.5	Verbesserung der Zeitreihenanalyse durch Neuronale Netze auf Indikatoren.	53
7.6	Auswahl geeigneter Indikatoren.	53
7.6.1	Kriterien	53
7.6.2	Feststellen geeigneter Kombinationen.	53
7.7	Zusammenfassung.	54
8	Neuronale Netze als universelle Prognosefunktion	55
8.1	Dynamische Systeme.	55
8.2	Prognostizierbarkeit	56
8.3	Prognostizierbarkeit durch Neuronale Netze.	57
8.4	Diskrete Prognoseprobleme.	57
9	Prognose mittels boolescher Variablen	59
9.1	Indikatoren.	59
9.2	Prognose der entstehenden Zeitreihe.	59
10	Anwendung: Prognose von Börsenkursen	61
10.1	Annahmen.	61
10.2	Eingabedaten.	61
10.2.1	Auswahl	61

10.2.2	Korrelation	. . . . .	.62
10.2.3	Probleme mit zu kurzen Zeitreihen	. . . . .	.62
10.3	Auswahl der Netztopologie	. . . . .	.62
10.4	Training und Pruning	. . . . .	.63
10.5	Fehlermaße	. . . . .	.63
10.6	Performance-Maße	. . . . .	.63
10.6.1	Performance	. . . . .	.64
10.6.2	Risiko	. . . . .	.64
10.6.3	Aktivität	. . . . .	.64

III Training Neuronaler Netze durch Anwendung Mathematischer Optimierungsverfahren 65

11 Gewichtsoptimierung bei Feed-Forward-Netzen, Anwendung auf reale Probleme 67

11.1	Fehlergebirge	. . . . .	.67
11.2	Näherung eines „Gradienten“ an e/u bei Feed-Forward-Netzen	. . . . .	.68
11.2.1	Netze ohne hidden-layer	. . . . .	.68
11.2.2	Netze mit einem hidden-layer	. . . . .	.68
11.2.3	Netze mit zwei oder mehr hidden-layer	. . . . .	.70
11.2.4	Analyse der Berechnung des Näherungsgradienten (BPG)	. . . . .	.70
11.2.5	Spezielle BPG bei Kursprognosen	. . . . .	.70
11.3	Gebäuchliche Gradientenverfahren und ihre Äquivalente in der Numerik	. . . . .	.71
11.3.1	Deltaregel/Backpropagation	. . . . .	.71
11.3.2	Momentum-Term	. . . . .	.71
11.3.3	SuperSAB	. . . . .	.72
11.3.4	Quickprop	. . . . .	.72
11.4	Anwendung von Neuronalen Netzen auf Zuordnungsprobleme	. . . . .	.72
11.4.1	Das Zuordnungsproblem	. . . . .	.72
11.4.2	Das Zuordnungsproblem als Lineares Optimierungsproblem	. . . . .	.73
11.4.3	Neuronale Netze zur Lösung des Zuordnungsproblems	. . . . .	.74
11.4.4	Neuronale Netze und Zuordnungsprobleme	. . . . .	.74
11.4.5	Lösbarkeit des Zuordnungsproblems	. . . . .	.76
11.4.6	Ein Lernalgorithmus für das Zuordnungsproblem	. . . . .	.77
11.5	Anwendung von Neuronalen Netzen auf die Bundfutureprognose	. . . . .	.78
11.6	Andere Ansätze zur Optimierung	. . . . .	.80
11.6.1	Genetische Algorithmen	. . . . .	.80
11.6.2	Simulated Annealing	. . . . .	.80

12 Input Parameter Training für Neuronale Netze 81

12.1	Klassische Vorgehensweise	. . . . .	.81
12.1.1	Prognose mit Indikatoren	. . . . .	.81
12.1.2	Optimierung des Indikatorenansatzes	. . . . .	.81
12.2	Integriertes Training	. . . . .	.81
12.2.1	Konzeption	. . . . .	.82
12.2.2	Modifizierter Backpropagation-Algorithmus	. . . . .	.82

13 Konvergenz von Abstiegsverfahren für Neuronale Netze 85

13.1	Optimierungsproblem bei Single-Hidden-Layer Netzen	. . . . .	.85
13.1.1	Das Neuronale Netz	. . . . .	.85
13.1.2	Das resultierende Optimierungsproblem	. . . . .	.86
13.2	Analyse des quadratischen Terms	. . . . .	.87
13.2.1	Determinanten	. . . . .	.88

13.2.2	Eigenwerte	92
13.2.3	Eigenvektoren	93
13.2.4	Verallgemeinerungen	95
13.2.5	Analyse der Eigenwertstruktur	95
13.3	Konvergenzbetrachtungen	95
14	Subgradienten und Neuronale Netze	99
14.1	Besonderheiten bei nichtdifferenzierbaren Zielfunktionen	99
14.2	Subgradienten	99
14.3	Die Subgradienten-Methode	101
14.4	Konvergenz der Subgradienten-Methode in Banachräumen	102
14.5	Der (Sub-) Gradientenschritt	103
14.6	Äquivalenzbeziehung	105
14.7	Neuronale Netze über Banachräumen	105
15	Optimierung von Netztopologien	107
15.1	Pruningverfahren	107
15.1.1	Gewichtspruning	107
15.1.2	Knotenpruning	108
15.2	Konstruktive Verfahren	108
15.2.1	Cascade-Correlation	108
15.2.2	Das Verfahren von Moody	108
15.2.3	Der DDAS-Algorithmus	108
16	Neuronale Netze als Handelssysteme	111
16.1	Bundfuture-Prognose	111
16.1.1	Definition des Bundfuture	111
16.1.2	Verwendete Indikatoren	111
16.1.3	Netztopologie	111
16.1.4	Performance	112
16.2	Bundfuture-Prognose mit multivariater Analyse	114
IV	Fuzzy Neural Networks	115
17	Fuzzy Sets	117
17.1	Fuzzymengen	117
17.2	Operationen auf Fuzzymengen	118
17.3	Linguistische Variable	122
17.4	Fuzzyifizierung	122
17.5	Regeln	122
18	Regelbasierte Fuzzy Neural Networks	127
18.1	Einbau von Regeln	127
18.2	Regelkonformität	130
18.3	Beispiele	130
19	Fuzzy Neural Networks als Handelssysteme	131
19.1	Prognose des Deutschen Aktienindex (DAX)	131
19.2	Währungsprognosen	131
19.3	Prognose des Rohölpreises	134

A	Grundlegende Notationen	139
A.1	Zusammenfassung	139
A.2	Übersicht der verwendeten Symbole	143
B	Ein Neuronale Netze Simulator (SNNS)	145
B.1	Aufbau eines Neuronale Netze Simulators	145
B.2	Bestandteile des SNNS	145
B.2.1	Kernel	145
B.2.2	Graphische Benutzeroberfläche und Netz-Editor	146
B.2.3	Batch-Betrieb	146
B.2.4	Zusätzliche Hilfsprogramme	146
B.3	Im Kernel eingebaute Algorithmen	148
B.3.1	Implementierte Netztopologien	148
B.3.2	Implementierte Lernverfahren	148
B.3.3	Pruning	148
B.4	Im Rahmen dieser Arbeit entstandene Hilfsprogramme	148
B.4.1	Preprocessing	148
B.4.2	Analyse trainierter Netze	149
B.4.3	Postprocessing	150
C	Finanzmärkte	153
C.1	Aktien, Aktienindizes	153
C.1.1	Aktien	153
C.1.2	Aktienindizes	154
C.1.3	Aktioptionen	154
C.1.4	Termingeschäfte und Futures auf Aktien	155
C.2	Zinsprodukte	157
C.2.1	Geldmarkt	157
C.2.2	Anleihen	157
C.2.3	Optionen	157
C.2.4	Zins-Futures und Termingeschäfte	157
C.2.5	Zinskurven	165
C.2.6	Corporate Bonds und Credit Markets	165
C.3	Devisen	165
C.3.1	Spot	165
C.3.2	Termingeschäfte	165
C.4	Commodities: Metalle, Waren	166
C.4.1	Metalle	166
C.4.2	Waren	166
C.4.3	Neue Commodity-Märkte	167
C.5	Derivatmärkte	167
C.5.1	Swaps	167
C.5.2	Cross-Currency-Swaps	167
C.6	Financial Engineering	167

Literaturverzeichnis	169
-----------------------------	------------

Index	173
--------------	------------