

Berichte aus der Informatik

Frank M. Thiesing

**Analyse und Prognose
von Zeitreihen mit Neuronalen Netzen**

Shaker Verlag
Aachen 1998

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Stand der Erkenntnis	1
1.2	Zielsetzung und Überblick	2
2	Neuronale Netze	5
2.1	Das Neuron als Entscheidungsmodell.	6
2.2	Entscheidungsnetzwerke.	8
2.3	Minimalität neuronaler Entscheidungsmodelle.	10
2.4	Komplexität neuronaler Abbildungen.	10
2.5	Der Backpropagation-Lernalgorithmus.	11
2.5.1	Differenzierbare Aktivierungsfunktionen.	12
2.5.2	Das Lernproblem.	13
2.5.3	Berechnungen in einem Backpropagation-Netz.	14
2.5.4	Training durch Gradientenabstieg.	16
2.5.5	Herleitung der Backpropagation-Regel.	17
2.5.6	Wahl der Zielfunktion.	20
2.5.7	Probleme des Lernverfahrens Backpropagation.	22
2.5.8	Varianten des Backpropagation-Verfahrens.	24
2.5.9	Resilient Propagation (Rprop).	25
2.6	Overfitting und Generalisierung.	27
2.6.1	Optimierung der Verbindungsstruktur.	29

3	Der Stuttgarter Neuronale Netze Simulator (SNNS)	31
3.1	Der Simulorkern von SNNS.	31
3.2	Die Grafikoberfläche von SNNS.	32
3.3	Von SNNS unterstützte konnektionistische Modelle.	32
3.4	Erweiterungen.	33
3.4.1	Das Lernverfahren BPM_In_cosh.	33
3.5	Batch-Version.	35
3.5.1	Batchman.	35
3.6	Der entwickelte SNNS-Netzgenerator.	36
3.6.1	Shortcut-Verbindungen.	37
3.6.2	Verwendung einer Vorschicht.	39
3.6.3	Jordan- und Elman-Netze.	40
3.7	Parallelisierung für SIMD-Rechner.	42
4	Parallele Backpropagation	43
4.1	Parallele Systeme.	43
4.2	Parallelisierungsstrategien.	44
4.2.1	Partitionierung des experimentellen Raumes.	44
4.2.2	Partitionierung der Trainingsmenge.	44
4.2.3	Partitionierung des MLP-Netzes.	46
4.2.4	Kommunikationsaufwand.	49
4.3	Parallele Implementationen.	50
4.3.1	Parix.	50
4.3.2	Realisation unter Parix.	53
4.3.3	PVM.	55
4.3.4	Realisation unter PVM.	56
4.4	Ergebnisse.	57
4.4.1	Experimentelle Speedups.	57
4.4.2	Vergleich und Bewertung der Parallelisierungen.	59

5	Zeitreihenprognose	65
5.1	Aufbau und Arten von Prognosemodellen.	66
5.1.1	Qualitative und quantitative Prognosemodelle.	66
5.1.2	Univariate und multivariate Prognosemodelle.	67
5.1.3	Kurz- und langfristige Prognosemodelle.	67
5.1.4	Weitere Klassifikationen.	67
5.2	Ablaufschema für Prognosen.	67
5.3	Beurteilungsmaße für Prognosen.	69
5.3.1	Ex-ante-Beurteilung.	70
5.3.2	Ex-post-Beurteilung.	70
5.4	Lineare Filter und integrierte autoregressive Prozesse.	73
5.4.1	Lineare Filter.	73
5.4.2	Integrierte autoregressive moving average-Prozesse.	75
5.4.3	Das ARIMA-Verfahren.	76
6	Datenvorverarbeitung	79
6.1	Systematisierung der Datenvorverarbeitung.	79
6.1.1	Methoden mit Fehlerbezug.	80
6.1.2	Methoden mit Sachbezug.	80
6.1.3	Methoden mit Modellbezug.	80
6.1.4	Anwendung der Methoden.	81
6.2	Vorbereitung von Daten für große Probleme.	82
6.2.1	Die Vorverarbeitung einzelner Zeitreihen.	82
6.2.2	Andere Datenvorverarbeitungsmethoden.	84
6.2.3	Wahl einer Lag-Struktur.	85
7	Prognose von Zeitreihen mit Neuronalen Netzen	87
7.1	Allgemeine Vorgehensweise bei der Prognose mit Neuronalen Netzen	90

8 Das Prognosesystem	93
8.1 Datenstrukturen	96
8.1.1 Kopf einer Zeitreihe.	97
8.1.2 Rumpf einer Zeitreihe.	101
8.2 Datenspeicherung	101
8.2.1 Der Dateibaum.	101
8.2.2 Die Datei STEUERUNG-GESAMT.	102
8.2.3 Die Datei STEUERUNG-PROJEKT.	104
8.2.4 Die Datei INDEX.	104
8.2.5 Die Datei PROGNOSE_INFO.	104
8.2.6 Lokale und globale Daten.	105
8.3 Die grafische Oberfläche.	106
8.4 Zeitrechnung.	107
8.4.1 Die kanonischen Zeiteinheiten	108
8.4.2 Interne Zeitpunkt-Notation: die logische Zeitrechnung	109
8.4.3 Einsatzgebiete der Zeitrechnung in der Oberfläche.	112
8.5 Skalierungen.	113
8.6 Ein Beispiel.	120
8.6.1 Prognosezeitreihen.	125
8.7 Der Prognoseprozeß.	127
8.7.1 Das Prognosesystem schematisch	127
8.7.2 Das Prognosesystem auf Dateiebene.	129
8.7.3 Allgemeiner Ablauf einer Prognose.	131
8.7.4 Die Standardprognose unter Einsatz von SNNS.	133
8.7.5 Batchman-Skript zur Prognose.	136
8.7.6 Das Log-File zur Prognose.	136
8.8 Dateien im Detail	137

8.8.1	Das BP-File. . . . .	.137
8.9	Kreuzvalidierung . . . . .	.146
8.9.1	Parameter im Steuerungsfile. . . . .	.147
8.9.2	Die Kreuzvalidierung im Prognosesystem . . . . .	.148
8.9.3	Ausgabedateien . . . . .	.149
8.10	Sensitivitätsanalyse. . . . .	.150
8.10.1	Praktischer Einsatz. . . . .	.150
8.10.2	Parameter im BP-Steuerungsfile. . . . .	.151
8.10.3	Ablauf einer Sensitivitätsanalyse. . . . .	.153
8.10.4	Darstellung und Bewertung. . . . .	.155
8.11	Pruning-Verfahren. . . . .	.155
8.11.1	Parameter im BP-Steuerungsfile. . . . .	.157
8.11.2	Ablauf des Prunings im Prognosesystem . . . . .	.158
8.11.3	Ausgabedateien . . . . .	.159
8.12	Auswertungen von Prognosen. . . . .	.159
8.12.1	Leistungsmerkmale von zr_error.pl. . . . .	.161
8.13	Anwendung . . . . .	.164
9	Prognose von Volkswirtschaftsdaten	165
9.1	Bruttosozialprodukt . . . . .	.166
9.1.1	Lineare Regression im Vergleich mit Neuronalen Netzen. . . . .	.167
9.1.2	ARIMA im Vergleich mit Neuronalen Netzen. . . . .	.171
9.2	Arbeitnehmerzahl. . . . .	.175
9.2.1	Lineare Regression im Vergleich mit Neuronalen Netzen. . . . .	.176
9.2.2	ARIMA im Vergleich mit Neuronalen Netzen. . . . .	.180
9.3	Diskussion der Ergebnisse. . . . .	.183

10 Analyse und Prognose des CO₂-Gehalts der Luft	185
10.1 Die Daten . . . . .	.185
10.2 Analyse . . . . .	.187
10.2.1 Regression . . . . .	.187
10.2.2 Neuronale Netze . . . . .	.189
10.2.3 Ergebnisse . . . . .	.192
10.2.4 Fazit . . . . .	.194
10.3 Prognose . . . . .	.194
10.3.1 Ergebnisse . . . . .	.195
10.4 Diskussion der Ergebnisse . . . . .	.196
11 Abverkaufsprognose im Supermarkt	197
11.1 Die Daten . . . . .	.197
11.1.1 Das Datenformat . . . . .	.198
11.1.2 Darstellung in der grafischen Oberfläche . . . . .	.200
11.2 Die betrachteten Zeitreihen . . . . .	.201
11.3 Die Prognoseaufgabe . . . . .	.202
11.4 Bestandempfehlung im Supermarkt . . . . .	.203
11.4.1 Die Tegut-Prognose . . . . .	.203
11.4.2 Die naive Prognose . . . . .	.204
11.5 Abverkaufsprognose mit Neuronalen Netzen . . . . .	.205
11.5.1 Vorverarbeitung der Input-Daten . . . . .	.206
11.5.2 Parameterwahl . . . . .	.206
11.5.3 Clusterung der Artikel . . . . .	.207
11.6 Prognoseläufe . . . . .	.207
11.6.1 Zeiträume . . . . .	.208
11.6.2 Parametereinstellungen der Prognoseläufe . . . . .	.209
11.7 Ergebnisse . . . . .	.212
11.8 Zusammenfassung . . . . .	.216

<i>Inhaltsverzeichnis</i>	xiii
12 Zusammenfassung und Ausblick	219
A Eine Übersicht über GAUSS	223
B (Partielle) Autokorrelationsfunktion	227
C Signifikanztests der multiplen Regression	229
C.1 t-Test	229
C.2 F-Test	230
D Die Wirtschaftszeitreihen	231
D.1 Einflußzeitreihen zum Bruttosozialprodukt	231
D.2 Einflußzeitreihen zur Arbeitnehmerzahl	235
E Exogene Umweltzeitreihen	239
F Güte verschiedener Neuronaler Netzen bei der Abverkaufsprognose	241
Literaturverzeichnis	247