

NORBERT HOFFMANN

SIMULATION NEURONALER NETZE

Grundlagen, Modelle, Programme in Turbo Pascal

Technische Universität Darmstadt
FACHBEREICH INFORMATIK

B I B L I O T H E K

Inventar-Nr.: 104-00492

Sachgebiete: _____

Standort: _____



INHALTSVERZEICHNIS

I GRUNDLAGEN

1	Einleitung	1
1.1	Begriff und Bedeutung neuronaler Netze	1
1.1.1	Nervensysteme	1
1.1.2	Abstraktes Modell eines Nervensystems	4
1.1.3	Neuronales Netz	5
1.1.4	Vergleich mit herkömmlichen Computern	5
1.1.5	Ausblicke	6
1.2	Übersicht über den Buchinhalt	6
1.3	Vorkenntnisse des Lesers	8
2	Allgemeine Beschreibung des Programms.....	9
2.1	Allgemeine Hinweise	9
2.1.1	Hardwarevoraussetzungen und Programminstallation.....	9
2.1.2	Konventionen zur Programmbedienung	10
2.2	Bedienoberfläche aus Anwendersicht	11
2.2.1	Einteilung des Bildschirms	11
2.2.2	Aufruf eines Menüpunkts.....	11
2.2.3	Umgang mit Fenstern	13
2.2.4	Dialogfenster	14
2.2.5	Anzeige von Zahlen	16
2.2.6	Anzeige von Zahlengruppen	18
2.2.7	Monochrome Bildschirme	18
2.3	Künstliche neuronale Netze	19
2.3.1	Aufbau.....	19
2.3.2	Aktivierungsfunktionen.....	21
2.3.3	Ausgangsfunktionen.....	23
2.3.4	Zustände und Zustandsänderungen.....	24

2.4	Programmtechnische Realisierung	26
2.4.1	Aufbau des Programms	26
2.4.2	Datenstruktur eines Neurons	26
2.4.3	Neuronen in Turbo-Pascal.....	28
2.4.4	Datenstruktur des Netzes	31
2.4.5	Netz in Turbo-Pascal	33

II MODELLE

3	Grundlagen des Muster-Assoziators	36
3.1	Begriff des Muster-Assoziators	36
3.1.1	Struktur des Netzes	36
3.1.2	Eigenschaften der einzelnen Neuronen	37
3.1.3	Aktivierung des Netzes in der Reproduktionsphase	37
3.2	Reproduktion gespeicherter Muster: Das ODER-Problem.....	38
3.2.1	Erklärung des Problems	38
3.2.2	Programmbedienung	38
3.2.3	Analyse der Ergebnisse	46
3.2.4	Speichern der Musterpaare und Gewichte.....	48
3.2.5	Drucken des Netzzustandes	50
3.3	Lernen beim Muster-Assoziator.....	51
3.3.1	Lernen des ODER-Problems mit der Hebb'schen Lernregel.....	51
3.3.2	Versagen der Hebb'schen Lernregel	56
3.3.3	Lernen mit der Delta-Lernregel.....	60
3.4	Allgemeine Richtlinien für die Bedienung des Programms	64
3.4.1	Programmablauf	64
3.4.2	Menü "Aktionen"	65
3.4.3	Menü "Anzeige"	66
3.4.4	Menü "Parameter"	67
3.4.5	Menü "Werte"	68
3.4.6	Menü "Muster"	68
3.4.7	Menü "Rücksetzen"	69
3.4.8	Menü "Info"	69
3.4.9	Sondertasten	70
3.4.10	Typische Vorgangsweise	71
3.5	Zusammenfassung.....	72

4	Anwendungen des Muster-Assoziators	74
4.1	Assoziative Speicherung	74
4.1.1	Problemstellung	74
4.1.2	Verwendung der McCulloch-Pitts-Funktion	76
4.1.3	Verwendung der Fermi-Funktion	77
4.1.4	Vereinfachtes Problem	78
4.1.5	Verwendung der linearen Ausgangsfunktion	80
4.2	Lesen von Buchstaben	80
4.2.1	Problemstellung	80
4.2.2	Darstellung auf dem Bildschirm	81
4.2.3	Lernphase	81
4.2.4	Reproduktionsphase	82
4.2.5	Folgerungen	86
4.2.6	Verwendung der Fermi-Funktion	87
5	Auto-Assoziatoren	88
5.1	Definition des linearen Auto-Assoziators	88
5.1.1	Struktur des Netzes	88
5.1.2	Eigenschaften der Neuronen	89
5.1.3	Aktivierung des Netzes in der Reproduktionsphase	90
5.1.4	Hebb'sche Lernregel beim linearen Auto-Assoziator	90
5.2	Richtlinien für die Programmbedienung	90
5.2.1	Festlegung des Netzes	90
5.2.2	Lernen	91
5.2.3	Erläuterung der Anzeige	91
5.2.4	Reproduzieren	93
5.2.5	Weiteres Beispiel	95
5.2.6	Besonderheiten der Reproduktion	95
5.3	Lernen und Wiedererkennen von Buchstaben	96
5.3.1	Problemstellung	96
5.3.2	Delta-Lernregel beim Auto-Assoziator	97
5.3.3	Lernphase	97
5.3.4	Rekonstruktion gestörter Vorlagen	98
5.4	BSB-Modell (Brain-State-in-the-Box)	99
5.4.1	Beschreibung des BSB-Modells	99
5.4.2	Lernen und Wiedererkennen im BSB-Modell	100
5.5	DMA-Modell (Distributed memory and amnesia)	101
5.5.1	Aufbau des DMA-Modells	101
5.5.2	Beschreibung eines Beispiels: Möbel	102
5.5.3	Lernen des Prototyps "Tisch"	103

5.5.4	Simultanes Lernen mehrerer Prototypen	106
5.5.5	Automatische Einteilung gelernter Muster in Kategorien.....	107
5.5.6	Zusätzliches Lernen einzelner Muster	109
5.6	Zusammenfassung.....	112
6	Training verborgener Einheiten mit der Backpropagation-Lernregel.....	114
6.1	Begriff des Backpropagation-Netzes.....	114
6.1.1	Ein bisher unlösbares Problem.....	114
6.1.2	Struktur des Backpropagation-Netzes.....	115
6.1.3	Eigenschaften der einzelnen Neuronen	116
6.1.4	Aktivierung des Netzes in der Reproduktionsphase	117
6.1.5	Backpropagation-Lernregel	117
6.1.6	Variante der Backpropagation-Lernregel.....	119
6.1.7	Erfolg und Versagen der Backpropagation-Lernregel	119
6.2	Lernen des XOR-Problems	119
6.2.1	Festlegung der Netzstruktur.....	119
6.2.2	Vorbereitung des Netzes.....	120
6.2.3	Erster Lernschritt	124
6.2.4	Weitere Lernschritte.....	128
6.2.5	Lernen mit geänderten Startgewichten.....	130
7	Hopfield-Netze	132
7.1	Definition des Hopfield-Netzes	132
7.1.1	Struktur des Netzes	132
7.1.2	Eigenschaften der Neuronen	133
7.1.3	Lernregel.....	133
7.1.4	Reproduktionsphase	133
7.2	Beispiel: Möbel.....	134
7.2.1	Problemstellung.....	134
7.2.2	Lernen der Prototypen	134
7.2.3	Überprüfung des Lernerfolgs	135
7.2.4	Vervollständigung von Möbel-Fragmenten.....	136
8	Zusammenfassende Übersicht über die behandelten Netzmodelle.....	137
8.1	Berechnung eines Neurons.....	137
8.2	Berechnung des Netzes	137
8.3	Netzmodelle.....	139
8.3.1	Muster-Assoziator	139
8.3.2	Auto-Assoziator.....	139
8.3.3	Backpropagation-Netz.....	140
8.3.4	Hopfield-Netz	141

III PROGRAMME

9	Grundlegende Programme.....	142
9.1	Vorbemerkungen zu allen Programmen.....	142
9.2	Rahmenprogramm (NN.PAS).....	144
9.2.1	Erläuterungen	144
9.2.2	Programmtext	144
9.3	Allgemeine Unterprogramme (Unit ALLGUPG).....	145
9.3.1	Erläuterungen	145
9.3.2	Programmtext	146
9.4	Fensterprogramme (Unit ALLGPROG)	150
10	Neuronstrukturen und Hilfsprogramme.....	156
10.1	Neuronstrukturen (Unit UNEURON).....	156
10.1.1	Rahmenprogramm	156
10.1.2	Interface	156
10.1.3	Methoden für TAktivierungs_Parameter	159
10.1.4	Methoden für TAusgangs_Parameter	160
10.1.5	Methoden für TEingangs_Zuordnung	161
10.1.6	Methoden für TReal.....	161
10.1.7	Methoden für TNeuron	163
10.2	Hilfsprogramme (Unit UNETZ)	164
10.2.1	Rahmenprogramm	164
10.2.2	Interface	165
10.2.3	Methoden für TSchichtbeschreiber.....	167
10.2.4	Methoden für TAnzeigeformat	168
10.2.5	Methoden für Terw_Anzeigeformat	169
10.2.6	Methoden für TAnzeige	170
10.2.7	Methoden für TIANzeigefenster	172
10.2.8	Methoden für TAnzeigefenster	175
10.2.9	Prozedur Daten_eingeben	175
10.2.10	Methoden für TMusterpaar.....	177
11	Objekt TNetz (Unit NETZ).....	183
11.1	Rahmenprogramm.....	183
11.2	Interface	184
11.3	Implementation	185
11.3.1	Menüsteuerung.....	185
11.3.2	Speicher bereitstellen.....	189

11.3.3	Weitere Programme	198
11.3.4	Fensterüberschriften.....	212
11.3.5	Zufallsgenerator.....	212
11.3.6	Reproduzieren.....	213
11.3.7	Lernen.....	215
12	Eingabe und Modifikation des Programms	222
12.1	Neuerstellung des Programms.....	222
12.2	Einfache Änderungen.....	222
12.2.1	Änderung von Texten	222
12.2.2	Änderung von Programmkonstanten.....	223
12.2.3	Änderung von Standardwerten.....	223

IV ANHANG

13	Literaturverzeichnis.....	225
13.1	Literaturverweise aus dem Text.....	225
13.2	Weiterführende Literatur.....	226
14	Synonymverzeichnis	228
15	Symbolverzeichnis.....	229
16	Register	230