

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>1</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>1 Einführung</b> (VK.1.3.3, 16.03.2003)	<b>9</b>
1.1 Allgemeines . . . . .	10
1.2 Definitionen . . . . .	11
1.3 Grundsätzliche Vorgehensweise . . . . .	19
1.4 Thematik des Buches . . . . .	26
1.5 Klassifikationsprobleme . . . . .	27
1.6 Optimierungsverfahren . . . . .	34
1.6.1 Lokale Optimierung ohne Nebenbedingungen . . . . .	35
1.6.2 Iterative Optimierung . . . . .	36
1.6.3 Lokale Optimierung mit Nebenbedingungen . . . . .	36
1.6.4 EM-Algorithmus . . . . .	38
1.6.5 Stochastische Approximation . . . . .	39
1.6.6 Globale Optimierung . . . . .	40
1.6.7 Kombinatorische Optimierung . . . . .	41
1.6.8 Dynamische Programmierung . . . . .	42
1.6.9 Graph- und Baumsuche . . . . .	45
1.6.10 Evolutionäre Algorithmen . . . . .	46
1.6.11 “No-Free-Lunch”-Theoreme . . . . .	47
1.7 Anwendungen . . . . .	48
1.8 Ausblick . . . . .	49
1.9 Literaturhinweise . . . . .	50
1.10 Literaturverzeichnis . . . . .	53
<b>2 Vorverarbeitung</b> (VK.1.3.3, 18.05.2007)	<b>59</b>
2.1 Kodierung (VA.1.2.3, 18.05.2007) . . . . .	61
2.1.1 Allgemeine Bemerkungen . . . . .	61
2.1.2 Abtastung . . . . .	62
2.1.3 Puls Kode Modulation . . . . .	68
2.1.4 Vektorquantisierung . . . . .	73
2.1.5 Kodierung der Lauflänge . . . . .	75
2.1.6 Kettenkodierung . . . . .	76
2.1.7 Ergänzende Bemerkungen . . . . .	76
2.2 Schwellwertoperationen (VA.1.1.2, 27.12.2003) . . . . .	77

2.2.1	Vorbemerkung . . . . .	77
2.2.2	Grauwert histogramm . . . . .	78
2.2.3	Schwellwerte aus dem Grauwert histogramm . . . . .	80
2.2.4	Optimierte Schwellwerte . . . . .	82
2.2.5	Unsicherheit und Homogenität . . . . .	85
2.3	Lineare Operationen (VA.1.4.2, 04.12.2005) . . . . .	87
2.3.1	Anliegen . . . . .	87
2.3.2	Lineare Systeme . . . . .	87
2.3.3	Diskrete FOURIER-Transformation . . . . .	91
2.3.4	Gesichtspunkte zur Auswahl eines linearen Systems . . . . .	99
2.3.5	Beispiele für lineare Filter . . . . .	100
2.3.6	Approximation durch rekursive Filter . . . . .	105
2.4	Nichtlineare Operationen (VA.1.2.3, 04.12.2005) . . . . .	107
2.4.1	Binäre Masken . . . . .	107
2.4.2	Rangordnungsoperationen . . . . .	109
2.4.3	Morphologische Operationen . . . . .	111
2.4.4	Diffusionsfilter . . . . .	114
2.5	Normierungsmaßnahmen (VA.1.2.2, 11.06.2004) . . . . .	118
2.5.1	Anliegen . . . . .	118
2.5.2	Interpolation . . . . .	119
2.5.3	Größe . . . . .	124
2.5.4	Lage . . . . .	127
2.5.5	Energie . . . . .	130
2.5.6	Strichstärke . . . . .	132
2.5.7	Sprache . . . . .	134
2.6	Operationen auf diskreten Mustern (VA.1.1.2, 30.12.2003) . . . . .	136
2.6.1	Zusammenhang in diskreten Mustern . . . . .	136
2.6.2	Parallele und sequentielle Operationen . . . . .	137
2.7	Literaturhinweise . . . . .	139
2.8	Literaturverzeichnis . . . . .	144
<b>3</b>	<b>Merkmale</b> (VK.2.3.3, 13.04.2004) . . . . .	<b>161</b>
3.1	Anliegen und allgemeine Ansätze (VA.1.2.2, 15.11.2005) . . . . .	163
3.2	Orthogonale Reihenentwicklung (VA.1.2.2, 07.02.2004) . . . . .	166
3.2.1	Allgemeine Beziehungen . . . . .	166
3.2.2	Diskrete FOURIER-Transformation . . . . .	169
3.2.3	Gefensterte FOURIER-Transformation . . . . .	175
3.2.4	Diskrete Cosinus Transformation . . . . .	176
3.2.5	WALSH-Transformation . . . . .	178
3.2.6	HAAR-Transformation . . . . .	181
3.3	Wavelet-Transformation (VA.2.3.2, 31.10.2005) . . . . .	184
3.3.1	Kontinuierliche Wavelet-Transformation . . . . .	184
3.3.2	Wavelet Reihe . . . . .	184
3.3.3	Auflösungshierarchie . . . . .	185
3.3.4	Diskrete Wavelet Transformation einer endlichen Folge . . . . .	192
3.3.5	Zweidimensionale Wavelet Transformation . . . . .	194
3.4	Filterbänke (VA.2.1.3, 09.03.2004) . . . . .	196

3.4.1	GABOR–Filter . . . . .	196
3.4.2	GAUSS-Filter . . . . .	199
3.5	Andere heuristische Verfahren (VA.1.3.2, 08.04.2004) . . . . .	201
3.5.1	R–Transformation . . . . .	201
3.5.2	Momente . . . . .	201
3.5.3	Merkmalsfilter . . . . .	203
3.5.4	Kennzahlen . . . . .	206
3.6	Merkmale für die Spracherkennung (VA.1.2.2, 06.02.2004) . . . . .	209
3.6.1	Kurzzeittransformationen . . . . .	209
3.6.2	Lineare Vorhersage . . . . .	209
3.6.3	Cepstrum Koeffizienten . . . . .	213
3.6.4	Lautheit . . . . .	216
3.6.5	Normierung . . . . .	216
3.7	Merkmale für die Objekterkennung (VA.1.1.2, 14.05.2004) . . . . .	218
3.7.1	Vorbemerkung . . . . .	218
3.7.2	Lokale Merkmale . . . . .	218
3.7.3	Kombinierte Merkmale . . . . .	220
3.8	Analytische Methoden (VA.1.2.2, 10.01.2004) . . . . .	222
3.8.1	Kriterien . . . . .	222
3.8.2	Problemabhängige Reihenentwicklung . . . . .	223
3.8.3	Nichtlineare (kernbasierte) Hauptachsentransformation . . . . .	232
3.8.4	Optimale lineare Transformationen . . . . .	238
3.8.5	Bemerkungen . . . . .	244
3.9	Merkmalsbewertung und –auswahl (VA.1.2.3, 13.04.2004) . . . . .	246
3.9.1	Anliegen und Probleme . . . . .	246
3.9.2	Gütemaße für Merkmale . . . . .	247
3.9.3	Auswahlverfahren . . . . .	254
3.10	Symbole (VA.1.1.3, 13.04.2004) . . . . .	263
3.10.1	Festlegung von Symbolen . . . . .	263
3.10.2	Extraktion von Symbolen . . . . .	265
3.11	Literaturhinweise . . . . .	272
3.12	Literaturverzeichnis . . . . .	280
<b>4</b>	<b>Numerische Klassifikation (VK.2.3.3, 07.09.2005)</b>	<b>303</b>
4.1	Statistische Entscheidungstheorie (VA.1.2.3, 13.04.2004) . . . . .	305
4.1.1	Ansatz . . . . .	305
4.1.2	Voraussetzungen . . . . .	306
4.1.3	Die optimale Entscheidungsregel . . . . .	308
4.1.4	Zwei spezielle Kostenfunktionen . . . . .	311
4.1.5	Fehlerwahrscheinlichkeit und Kosten . . . . .	315
4.1.6	Verallgemeinerungen der Klassifikation eines Merkmalsvektors . . . . .	317
4.1.7	Klassenspezifische Klassifikation . . . . .	319
4.2	Statistische Klassifikatoren (VA.3.3.4, 29.09.2004) . . . . .	322
4.2.1	Statistische Modellierung von Beobachtungen . . . . .	322
4.2.2	Parameterschätzung . . . . .	333
4.2.3	Rekursive Schätzung . . . . .	338
4.2.4	Modelle mit maximaler Entropie . . . . .	343

4.2.5	Klassifikation normalverteilter Merkmalsvektoren . . . . .	349
4.2.6	Nichtparametrische Schätzung von Verteilungsdichten . . . . .	352
4.2.7	Nächster Nachbar Klassifikator . . . . .	354
4.3	Support Vektor Maschinen (VA.1.1.3, 13.04.2004) . . . . .	360
4.3.1	Die VC–Dimension . . . . .	360
4.3.2	Linear separierbare Stichprobe . . . . .	363
4.3.3	Zur Lösung des Optimierungsproblems . . . . .	365
4.3.4	Linear nicht separierbare Stichprobe . . . . .	366
4.3.5	Nichtlineare Trennfunktionen . . . . .	367
4.4	Polynomklassifikator (VA.2.2.3, 07.09.2005) . . . . .	369
4.4.1	Annahmen . . . . .	369
4.4.2	Optimierungsaufgabe . . . . .	370
4.4.3	Berechnung der Trennfunktionen . . . . .	371
4.4.4	Zur numerischen Berechnung der Parametermatrix . . . . .	376
4.4.5	Rückweisungskriterium . . . . .	381
4.5	Neuronale Netze (VA.2.2.3, 13.04.2004) . . . . .	383
4.5.1	Vorbemerkungen . . . . .	383
4.5.2	Mehrschicht-Perzeptron . . . . .	384
4.5.3	Netze mit radialen Basisfunktionen . . . . .	391
4.5.4	Merkmalskarte . . . . .	392
4.6	Andere Klassifikatortypen (VA.1.1.3, 13.04.2004) . . . . .	395
4.6.1	Sequentielle Klassifikatoren . . . . .	395
4.6.2	Klassifikationsbäume und hierarchische Klassifikation . . . . .	396
4.6.3	Klassifikator für nominale Merkmale . . . . .	399
4.6.4	Abstandsmessende Klassifikatoren . . . . .	399
4.7	Klassifikation im Kontext . . . . .	407
4.8	Unüberwachtes Lernen (VA.1.2.3, 13.04.2004) . . . . .	412
4.8.1	Anliegen . . . . .	412
4.8.2	Die Identifikation von Mischungsverteilungen . . . . .	414
4.8.3	Unüberwachte Berechnung von Schätzwerten . . . . .	419
4.8.4	Analyse von Häufungsgebieten . . . . .	422
4.8.5	Graphentheoretische Ansätze . . . . .	431
4.8.6	Bemerkungen . . . . .	432
4.9	Objektklassifikation und -lokalisierung (VA.1.1.2, 14.05.2004) . . . . .	434
4.9.1	Übersicht . . . . .	434
4.9.2	Lageunabhängige Erkennung mit Histogrammen . . . . .	435
4.9.3	Klassifikation und Lokalisation mit lokalen Merkmalen . . . . .	437
4.10	Dimensionierungsprobleme (VA.1.1.3, 13.04.2004) . . . . .	443
4.11	Literaturhinweise . . . . .	448
4.12	Literaturverzeichnis . . . . .	457