Inhaltsverzeichnis

8 Grundlagen der Klassifikation 1
8.1 Mustererkennung 1
8.1.1 Begriffe 1
8.1.2 Äquivalenzrelation 2
8.1.3 Merkmalvektor, Merkmalvektorfolge und Merkmalraum 4
Merkmalvektoren 4
Merkmalraum und Abstandsfunktion 5
Verallgemeinerter EUKLIDischer Abstand 5
MINKOWSKI-Norm 6
Beispiel 8
8.1.4 Stetigkeit, Kompaktheit und Separierbarkeit 11
8.2 Analysator 12
8.2.1 Signalschnittstelle 13
8.2.2 Signalanalyse 17
8.2.3 Vorverarbeitung 17
Logarithmierung 17
Normierung 20
Glättung 20
8.2.4 Dynamische Merkmale 21
Geschwindigkeits- und Beschleunigungsmerkmale 22
Kontextmerkmale 23
8.2.5 Merkmalgenerierung als Zufallsprozess 25
Merkmale als Zufallsgrößen 25
Schätzung der Momente aus endlichen Stichproben . . . 27
Normalverteilte Merkmalvektoren 28
8.2.6 Merkmaltransformation und -selektion 29
Lineare Vektortransformationen 31
Diskrete KARHUNEN-LOÈVE-Transformation (DKLT) . 32
Dimensionsreduktion 35
Hauptkomponentenanalyse (HKA) und
Hauptachsentransformation (HAT) 35

Weitere Verfahren 36
8.2.7 Zusammenfassung 37
8.3 Klassifikator 39
8.3.1 Aussagen und Klassen 40
8.3.2 Entscheidungsproblem 41
Entscheidung durch Verschärfung 42
Rückweisung 44
Detektion 46
Mehrstufige und mehrkriterielle Entscheidungen 46
8.3.3 Modelle 48
8.3.4 Linearklassifikator 49
Abstandsklassifikator 49
Verallgemeinerung der Unterscheidungsfunktion 50
Beispiel 52
Zweiklassenproblem 54
8.3.5 Bayes-Klassifikator 56
Unterscheidungs- und Entscheidungsfunktionen 56
Optimalität 58
Bayes-Klassifikator mit Normalverteilungsdichten 62
Beispiel 64
Anwendung weiterer Verteilungsfunktionen 66
8.3.6 Statistischer Abstandsklassifikator 67
8.4 Lernen 68
8.4.1 Überblick 68
8.4.2 Serieller Perzeptron-Lernalgorithmus 69
Prinzip 69
Beweis der Konvergenz 72
Beispiel 74
8.4.3 Gradientenverfahren 76
Prinzip 76
Adaline-Lernalgorithmus 78
Beispiel 79
8.4.4 Konvexe Optimierung 81
Prinzip 81
Diskussion 84
8.4.5 Regressionsverfahren 84
Einführendes Beispiel 84
Regressionsansatz 87
Analytisches Lösungsverfahren 88
Iteratives Lösungsverfahren 89
Regel von Robbins und Monro 90
8.4.6 Maximum-Likelihood-Schätzung 91
Likelihood-Funktion 91
Beispiel 92
8.4.7 Maximum-A-Posteriori-Schätzung 93

Beispiel 94
8.4.8 EM-Algorithmus 95
Interpretation der Funktion $Q(q', q)$ 97
Interpretation der zufälligen Hilfsgröße z 98
Algorithmus 99
Beispiel 99
Diskussion 106
8.4.9 Clusterung und Vektorquantisierung 107
Prinzip und Anwendungsgebiete 107
Einteilungskriterien 107
Iterative Top-down-Clusterung 108
Iterative Bottom-up-Clusterung 111
Vektorquantisierung 111
8.5 Test 113
8.5.1 Anforderungen an Tests 114
8.5.2 Beurteilung eines Klassifikators 115
Verwechslungsmatrix 115
Kosten 116
8.5.3 Beurteilung eines Detektors 117
Receiver Operating Characteristic (ROC) 118
Verallgemeinerung 120
8.5.4 Beurteilung eines Klassenfolgenklassifikators 121
Vergleich von Folgen 121
Richtigkeit und Genauigkeit 122
8.5.5 Kostenoptimale Bayes-Klassifikatoren 123
Risiko 123
Minimierung des Risikos. BOK-AK 125
Symmetrische Kostenfunktion. BOK-SK 125
8.5.6 Statistische Auswertung von Tests 127
Verteilung von Erkennquoten 127
Konfidenzintervall von Erkennquoten 132
Vergleich von Erkennquoten 136
Literatur 143

9 Vektorklassifikatoren 149
9.1 Supportvektormaschine 149
9.1.1 Duale Form des Linearklassifikators 149
9.1.2 Supportvektoren 150
9.1.3 Geometrischer und funktionaler Rand, Maximierung . . 152
9.1.4 Hard-Margin-Supportvektormaschine 158
9.1.5 Gestörte Daten, Soft-Margin-Supportvektormaschine . . 160
9.1.6 Separierbarkeit und Kernmethode 162
9.2 GMM-Klassifikator 164
9.2.1 Bayes-Klassifikator mit Gaussschen Mischverteilungen 166
9.2.2 EM-Parameterschätzung 168

E-Schritt 169
M-Schritt 169
Algorithmus 171
9.2.3 Ermittlung der Einzelverteilungen 171
9.2.4 Zusammenfassung 173
9.3 Neuronale Netzwerke 175
9.3.1 Grundbegriffe 175
Einführendes Beispiel 176
Neuronentypen 178
Netzwerktopologien 181
9.3.2 Einsatzmöglichkeiten 183
9.3.3 Mehrschichtiges Perzeptron 184
Aufbau und Anwendung 184
Lernen mit Fehler-Rückverfolgung 185
Beispiel 187
9.3.4 Deep Belief Networks 189
9.4 Unscharfe Klassifikatoren 191
9.4.1 Zugehörigkeit 191
9.4.2 Das Konzept unscharfer Mengen 192
Scharfe und unscharfe Mengen 192
Zugehörigkeitsfunktionen 193
Rechenregeln für unscharfe Mengen 194
9.4.3 Modellierung von Zugehörigkeitsfunktionen 196
Modellierung durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen . . 196
Modellierung durch Potentialfunktionen 196
9.4.4 Verknüpfung von Zugehörigkeitsfunktionen 199
Aufgaben 199
Disjunktive und konjunktive Verknüpfungen 199
Aggregation von Zugehörigkeitsfunktionen 200
Literatur 202

10 Folgenklassifikatoren 205
10.1 Einführung 205
10.2 Folgenmodelle 206
10.2.1 Endliche sequenzielle Automaten 207
10.2.2 Generatoren, Akzeptoren und Transduktoren 212
Algebraische Automatendefinition 214
Wege durch Automaten 216
10.2.3 Weitere Spezialfälle endlicher Automaten 217
Topologische Spezialfälle 217
Stochastische Automaten 218
Mealy-, Moore- und Medvedev-Automaten 219
10.2.4 Weitere Folgenmodelle 219
10.3 Abstandsklassifikation für Folgen 220
10.3.1 Darstellung von Folgen durch Automaten 220

10.3.2 LEVENSHTEIN-Distanz . . . 222
10.3.3 Abstand zwischen Folgen . . . 226
10.3.4 Zeitvariante dynamische Programmierung . . . 228
BELLMANsches Optimalitätsprinzip . . . 228
Algorithmus . . . 230
Bestimmung des besten Weges . . . 231
Diskussion . . . 233
10.3.5 Dynamische Zeitanpassung . . . 233
10.4 Statistische Klassifikation für Folgen . . . 237
10.4.1 Stochastischer Generator . . . 238
10.4.2 Hidden-MARKOV-Modell . . . 239
10.4.3 Formen von Hidden-MARKOV-Modellen . . . 242
10.4.4 Vorwärts-Rückwärts- und VITERBI-Algorithmus . . . 244
10.5 HMM-Klassifikatoren mit Normalverteilungsdichten . . . 247
10.5.1 Automatentopologien . . . 249
10.5.2 EM-Parameterschätzung . . . 251
10.5.3 Ermittlung des Automatengraphen . . . 254
10.5.4 Zusammenhang zwischen HMM und GMM . . . 255
10.5.5 Zusammenfassung . . . 256
Literatur . . . 258

11 Klassenfolgenklassifikatoren . . . 261
11.1 Einführung . . . 261
11.2 Klassenfolgenmodelle . . . 263
11.2.1 Formale Sprachen und Grammatiken . . . 263
Alphabet . . . 263
Wort . . . 263
KLEENEsche Hülle . . . 264
Sprache . . . 264
Grammatik . . . 265
11.2.2 Reguläres Folgenmodell . . . 265
11.2.3 Stochastisches Folgenmodell . . . 267
11.3 Automatenalgebra . . . 268
11.3.1 Topologische Operationen . . . 269
Vereinigung . . . 269
Topologischer Durchschnitt . . . 270
Topologische Differenz . . . 270
11.3.2 Rationale Operationen . . . 271
Summe . . . 271
Produkt . . . 272
KLEENEscher Abschluss . . . 273
Rationale Differenz . . . 274
11.3.3 Weitere Operationen . . . 274
Umkehrung . . . 274
Inversion . . . 275

Projektion 275
11.3.4 Topologieoptimierung 276
Zuschneiden 277
Epsilon-Elimination 277
Determinierung 279
Minimierung 285
Verschiebung 286
11.3.5 Kombination 286
Kartesisches Produkt 287
Rationaler Durchschnitt 287
Komposition 289
11.3.6 Zusammenfassung 292
11.4 Reguläre Klassifikation für Klassenfolgen 293
11.4.1 Erkennungsnetzwerke 293
Konstruktion 293
Optimierung 295
Approximation 299
A*-Suche 300
11.4.2 Dekodierung 305
Zeitvariante Dekodierung 305
Zeitvariante A*-Suche 306
Näherungsweise Dekodierung 311
Zeitinvariante Dekodierung 311
11.4.3 Lernen von endlichen Automaten 313
11.5 Stochastische Klassifikation für Klassenfolgen 317
11.5.1 Bayes-Klassifikator für Klassenfolgen 317
11.5.2 Maximum-Likelihood-Klassifikator für Klassenfolgen . . 317
11.5.3 Reguläre Formulierung der A-priori-Wahrscheinlichkeit 318
Literatur 323

12 Intelligente Signalverarbeitungssysteme 325
12.1 Systemstruktur 325
12.2 Anwendungsbeispiele 327
12.2.1 Sprachsignale 328
12.2.2 Musiksignale 330
12.2.3 Technische und Biosignale 331
12.3 Hierarchische kognitive dynamische Systeme 332
12.3.1 Bedeutungsverarbeitung und Verhaltenssteuerung 336
12.3.2 Bidirektionale Verarbeitung 337
Literatur 338

Index 341

http://www.springer.com/978-3-662-46725-1

Intelligente Signalverarbeitung 2
Signalerkennung
Hoffmann, R.; Wolff, M.
2015, XVI, 345 S. 107 Abb., Hardcover
ISBN: 978-3-662-46725-1