

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Zur Einordnung	1
1.1.1	Akustische Mustererkennung	1
1.1.2	Intelligente Audiosignalverarbeitung	2
1.2	Voraussetzung für Mustererkennung	6
1.2.1	Äquivalenzrelation	6
1.2.2	Merkmalvektor, Merkmalvektorfolge und Merkmalraum	7
1.2.3	Stetigkeit, Kompaktheit und Separierbarkeit	11
2	Grundlagen	15
2.1	Analysator	15
2.1.1	Akustische Schnittstelle	16
2.1.2	Signalanalyse	18
2.1.3	Vorverarbeitung	21
2.1.4	Dynamische Merkmale	24
2.1.5	Merkmalgenerierung als Zufallsprozess	28
2.1.6	Merkmaltransformation und -selektion	35
2.1.7	Zusammenfassung	41
2.2	Klassifikator	43
2.2.1	Aussagen und Klassen	43
2.2.2	Entscheidungsproblem	45
2.2.3	Modelle	51
2.2.4	Linearklassifikator	52
2.3	Lernen	57
2.3.1	Überblick	57
2.3.2	Serieller Perzeptron-Lernalgorithmus	59
2.3.3	Gradientenverfahren	61
2.3.4	Konvexe Optimierung	64
2.3.5	Maximum-Likelihood-Schätzung	68
2.3.6	Maximum-A-Posteriori-Schätzung	70
2.3.7	EM-Algorithmus	72

2.4	Test	83
2.4.1	Anforderungen an Tests	83
2.4.2	Beurteilung eines Klassifikators	85
2.4.3	Beurteilung eines Detektors	86
2.4.4	Beurteilung eines Klassenfolgenklassifikators	91
3	Vektorklassifikatoren	93
3.1	Supportvektormaschine	93
3.1.1	Duale Form des Linearklassifikators	93
3.1.2	Supportvektoren	94
3.1.3	Geometrischer und funktionaler Rand, Maximierung ...	96
3.1.4	Hard-Margin-Supportvektormaschine	102
3.1.5	Gestörte Daten, Soft-Margin-Supportvektormaschine... ..	104
3.1.6	Separierbarkeit und Kernmethode	106
3.2	Statistischer Vektorklassifikator	108
3.2.1	BAYES- und Maximum-Likelihood-Klassifikator	109
3.2.2	BAYES-Klassifikator mit Normalverteilungsdichten	110
3.2.3	Statistischer Abstandsklassifikator	112
3.3	GMM-Klassifikator	113
3.3.1	BAYES-Klassifikator mit GAUSSSchen Mischverteilungen	114
3.3.2	EM-Parameterschätzung	116
3.3.3	Ermittlung der Einzelverteilungen	119
3.3.4	Zusammenfassung	121
3.4	Weitere Vektorklassifikatoren	123
3.4.1	Neuronale Netzwerke	123
3.4.2	Unscharfe Klassifikatoren	125
4	Folgenklassifikatoren	127
4.1	Folgenmodelle	127
4.1.1	Endliche sequenzielle Automaten	128
4.1.2	Generatoren, Akzeptoren und Transduktoren	134
4.1.3	Weitere Spezialfälle endlicher Automaten	138
4.1.4	Weitere Folgenmodelle	140
4.2	Abstandsklassifikation für Folgen	140
4.2.1	Darstellung von Folgen durch Automaten	141
4.2.2	LEVENSHTEIN-Distanz	142
4.2.3	Abstand zwischen Folgen	147
4.2.4	Zeitvariante dynamische Programmierung	148
4.2.5	Dynamische Zeitanpassung	153
4.3	Statistische Klassifikation für Folgen	156
4.3.1	Stochastischer Generator	158
4.3.2	Hidden-MARKOV-Modell	159
4.3.3	Formen von Hidden-MARKOV-Modellen	162
4.3.4	Vorwärts-Rückwärts- und VITERBI-Algorithmus	163
4.4	HMM-Klassifikatoren mit Normalverteilungsdichten	166

4.4.1	Automatentopologien	167
4.4.2	EM-Parameterschätzung	169
4.4.3	Ermittlung des Automatengraphen	173
4.4.4	Zusammenhang zwischen HMM und GMM	174
4.4.5	Zusammenfassung	175
5	Klassenfolgenklassifikatoren	179
5.1	Klassenfolgenmodelle	180
5.1.1	Formale Sprachen und Grammatiken	180
5.1.2	Reguläres Folgenmodell	183
5.1.3	Stochastisches Folgenmodell	184
5.2	Automatenalgebra	185
5.2.1	Topologische Operationen	186
5.2.2	Rationale Operationen	188
5.2.3	Weitere Operationen	191
5.2.4	Topologieoptimierung	193
5.2.5	Kombination	199
5.2.6	Zusammenfassung	204
5.3	Reguläre Klassifikation für Klassenfolgen	205
5.3.1	Erkennungsnetzwerke	205
5.3.2	Dekodierung	216
5.3.3	Lernen von endlichen Automaten	220
5.4	Stochastische Klassifikation für Klassenfolgen	225
5.4.1	BAYES-Klassifikator für Klassenfolgen	225
5.4.2	Maximum-Likelihood-Klassifikator für Klassenfolgen ...	225
5.4.3	Reguläre Formulierung der a-priori-Wahrscheinlichkeit .	226
6	Anwendungsbeispiele	231
6.1	Sprachsignale	232
6.1.1	Prosodieerkennung zur Stimmaktivierung	232
6.1.2	Hardware-Sprachdialogsystem	233
6.1.3	Internetbasierter Spracherkennung	234
6.1.4	Landessprachenerkennung	235
6.2	Musiksignale	236
6.2.1	Identifikation individueller Musikinstrumente	236
6.2.2	Zeitliche Zuordnung von Liedtexten zum Signal	237
6.2.3	Ermittlung musikalischer Aspekte zur Musikempfehlung	238
6.3	Biosignale	239
6.3.1	Auskultatorische Blutdruckmessung	239
6.3.2	Klassifikation von Schnarchlauten	240
6.3.3	Numerische Analyse von Nutztierlauten	241
6.4	Technische Signale	242
6.4.1	Zerstörungsfreie Prüfung von Zahnrädern	242
6.4.2	Zerstörungsfreie Prüfung von Radreifen	243
6.4.3	Zerstörungsfreie Prüfung von Flugzeugbauteilen	244

6.4.4	Lebensdaueranalyse von Magnetventilen	246
6.4.5	Fehlerfrüherkennung an Textilmaschinen	247
6.4.6	Qualitätskontrolle von Tissue-Papieren	248
6.4.7	Mustererkennung von BARKHAUSEN-Rauschen	249
6.4.8	Analyse von Bremsgeräuschen	250
7	Ausblick: Integrierte Analyse- und Syntheseverfahren	251
7.1	Vereinheitlichte Spracherkennung und -synthese (UASR)	251
7.1.1	Akustische Nutzerschnittstelle	254
7.1.2	HMM-Synthese	255
7.1.3	Automatisches Lernen von Aussprachewörterbüchern	256
7.1.4	Automatisches Lernen von Grammatiken	257
7.1.5	Verwendung von Sprachmodellen für die Sprachsynthese	258
7.1.6	Prosodieanalyse und -synthese	259
7.2	Intelligente Audiosignalverarbeitungssysteme	260
7.2.1	Sprachsignale	262
7.2.2	Musiksignale	264
7.2.3	Technische und Biosignale	264
7.3	Kognitive dynamische Systeme	265
A	Anhang	269
A.1	Halbringe	269
A.2	Einheitenkontrolle	270
A.3	Langformen der Gleichungen aus Kapitel 2.3.7	271
A.4	Traditionelle Formulierung der dynamischen Zeitanpassung	272
A.5	Automatenoperationen	273
A.6	Zeitvariante A*-Suche mit Ausgabe der N besten Wege	277
A.7	Zeitvariante A*-Suche für alle Gewichtshalbringe	279
B	Beweise	283
B.1	Konvergenz des seriellen Perzeptron-Lernalgorithmus	283
B.2	Optimalität des BAYES-Klassifikators	285
B.3	Autokorrelations- und Kovarianzmatrizen	288
B.4	Eigenwertprobleme	289
B.5	Wahrscheinlichkeitsrechnung	290
	Literaturverzeichnis	291