

Inhaltsverzeichnis

1	Digitale Bilder	1
1.1	Einführung	2
1.2	Abbildung durch Auge und Kamera	3
1.2.1	Sammellinse	3
1.2.2	Schärfentiefe	5
1.3	Digitale Bildmatrix	9
1.3.1	Rasterbilder	10
1.3.2	Schwarz-Weiß-Bilder	11
1.3.3	Grauwertbilder	12
1.3.4	Farbsehen und Farbbilder	13
1.3.5	Bildgrößen ändern und Bildbereiche ausschneiden	16
1.3.6	Abstandsmessung	17
1.4	Aufgaben	19
1.5	Zusammenfassung	20
1.6	Lösungen zu den Aufgaben	21
1.7	Programmbeispiele	22
	Literatur	25
2	Helligkeit und Kontrast	27
2.1	Bitebenen	28
2.1.1	Digitale Darstellung der Bildelemente	28
2.1.2	Steganografie	30
2.2	Helligkeit und Kontrast	31
2.2.1	Analyse von Bildelementen mit MATLAB	31
2.2.2	Histogramm eines Grauwertbildes	32
2.3	Kontrastanpassung	35
2.3.1	Lineare Grauwertspreizung	35
2.3.2	Gammakorrektur	36
2.3.3	Automatische Kontrastanpassung mit Abschneiden	37
2.3.4	Histogrammebenen	38

2.4	Aufgaben	45
2.5	Zusammenfassung	46
2.6	Lösungen zu den Aufgaben	47
2.7	Programmbeispiele	48
	Literatur	50
3	Punkt- und Rangoperatoren	53
3.1	Homogene Punktoperatoren zur Grauwerttransformation	55
3.1.1	Schwellenwertsegmentierung	55
3.1.2	Zusammenfassen von Graustufen (Postereffekt)	60
3.1.3	Grauwertinvertierung	62
3.1.4	Arithmetische Operationen mit Bildern	62
3.2	Rangordnungsfilter	63
3.2.1	Rangoperationen	63
3.2.2	Minimum- und Maximumfilter	65
3.2.3	Kantenfilter	66
3.2.4	Schwellenwertsegmentierung mit Beleuchtungskompensation	67
3.3	Medianfilter und konservierendes Glättungsfilter	69
3.3.1	Salz-und-Pfeffer-Rauschen	69
3.3.2	Medianfilter	70
3.3.3	Konservierendes Glättungsfilter	71
3.4	Aufgaben	73
3.5	Zusammenfassung	75
3.6	Lösungen zu den Aufgaben	76
3.7	Programmbeispiele	78
	Literatur	81
4	LSI-Systeme und lineare Filterung	83
4.1	Basisoperation Faltung	84
4.1.1	Eindimensionale Faltung	84
4.1.2	Zweidimensionale Faltung	86
4.1.3	Zweidimensionale Faltung mit MATLAB	89
4.2	Zweidimensionale LSI-Systeme	90
4.2.1	Impulsantwort	90
4.2.2	Lineare Filterung von Bildern mit MATLAB	91
4.2.3	Faltungskern und Filtermaske	92
4.3	Kreuzkorrelation und Vorlagenabgleich	95
4.4	Aufgaben	102
4.5	Zusammenfassung	104
4.6	Lösungen zu den Übungen und den Aufgaben	104
4.7	Programmbeispiele	109
	Literatur	110

5	Glättungsfilter, Rauschen und Verzerrungen	111
5.1	Glättungsfilter	112
5.1.1	Rechteckfilter	112
5.1.2	Binomialfilter	113
5.1.3	Gauß-Filter	116
5.1.4	Filterung ausgewählter Bildregionen	117
5.2	Unterdrückung von Bildrauschen durch Glättungsfilter	119
5.2.1	Bildrauschen	120
5.2.2	Rauschsignalunterdrückung	124
5.3	Lineare Verzerrungen	125
5.3.1	Verzerrungsoperator	125
5.3.2	MATLAB-Befehl fspecial	127
5.4	Aufgaben	128
5.5	Zusammenfassung	128
5.6	Lösungen zu den Übungen und den Aufgaben	129
5.7	Programmbeispiele	131
	Literatur	135
6	Kanten und Konturen	137
6.1	Skalarfelder und Differenzialoperatoren	138
6.1.1	Gradient	139
6.1.2	Digitaler Differenzierer	141
6.2	Kantenfilter und Kantenbilder	143
6.3	Kompassoperatoren	146
6.3.1	Kantenorientierung	146
6.3.2	Kantenstärke und Kantenrichtung	147
6.4	Canny-Methode	149
6.4.1	Simple Edge Operator	149
6.4.2	Gradientenschätzung mit glättendem Differenzenfilter	150
6.4.3	Kantenausdünnung	151
6.4.4	Schwellenwertoperation mit Hysterese	152
6.4.5	Klassifikation der Kantenpunkte durch Verbindungsanalyse	153
6.5	Kantenbilder mit MATLAB	153
6.6	Wasserscheidentransformation	155
6.7	Aufgaben	161
6.8	Zusammenfassung	161
6.9	Programmbeispiele	162
6.10	Lösungen zu den Übungen und Aufgaben	166
	Literatur	168

7	Kantenschärfen und Hough-Methode	169
7.1	Kantenschärfen	170
7.1.1	Laplace-Filter	170
7.1.2	Kantenschärfen mit dem Laplace-Filter	172
7.1.3	Kantenschärfen mit dem LoG-Filter	174
7.1.4	Unschärfemaskierung	175
7.2	Zero-crossing-Methode	176
7.3	Hough-Methode	177
7.3.1	Standard-Hough-Transformation	178
7.3.2	Hough-Methode für die Detektion von Geraden	182
7.3.3	Hough-Transformation für Kreise	185
7.4	Aufgaben	187
7.5	Zusammenfassung	188
7.6	Lösungen zu den Aufgaben	189
7.7	Programmbeispiele	191
	Literatur	195
8	Morphologische Transformationen	197
8.1	Schrumpfen und Wachsen	199
8.1.1	Logische Operationen	199
8.1.2	Strukturelemente und Punktmengen	199
8.1.3	Erosion	201
8.1.4	Dilatation	203
8.1.5	Erosion und Dilatation von Grauwertbildern	204
8.2	Mehrschrittige Operationen	207
8.2.1	Öffnen und Schließen	207
8.2.2	Zylinderhut-Transformation	209
8.2.3	Füllen	210
8.2.4	Rekonstruieren von Objekten	211
8.2.5	Automatisches Füllen	213
8.3	Ausdünnen, Verdicken und Skelettieren	217
8.3.1	Hit-or-Miss-Transformation	217
8.3.2	Ausdünnen	219
8.3.3	Verdicken	220
8.3.4	Skelettieren	221
8.4	Markergesteuerte Wasserscheidentransformation	224
8.5	Aufgaben	232
8.6	Zusammenfassung	232
8.7	Lösungen zu den Aufgaben	233
8.8	Programmbeispiele	234
	Literatur	240

9	Fourier-Transformation für digitale Bilder	241
9.1	Eindimensionale Fourier-Transformation	243
9.1.1	Harmonische Analyse und lineare Filterung	243
9.1.2	Harmonische Analyse für eindimensionale Signale	243
9.1.3	Abtasttheorem für eindimensionale Signale	246
9.1.4	Zyklische Faltung	248
9.2	Zweidimensionale diskrete Fourier-Transformation	251
9.2.1	2-D-DFT für Bildsignale	251
9.2.2	Beispiele zur 2-D-DFT	253
9.2.3	Phase und Betrag des Spektrums der 2-D-DFT	255
9.2.4	Spektrum der 2-D-DFT für verschobene und rotierte Bilder	257
9.3	Spektrum abgetasteter Bilder	258
9.3.1	Bilderzeugung	259
9.3.2	Effektive Frequenz	259
9.3.3	Moiré-Muster	261
9.4	Fensterung von Bildern für die 2-D-DFT	262
9.5	Zusammenfassung	266
9.6	Aufgaben	267
9.7	Lösungen zu den Aufgaben	267
9.8	Programmbeispiele	269
	Literatur	276
10	Filtern und Entzerren mit der 2-D-DFT	277
10.1	Impulsantwort und Frequenzgang	278
10.2	2-D-DFT und zyklische Faltung	279
10.3	Gauß-Filter im Frequenzbereich	280
10.4	Filterentwurf mit dem Frequenzabtastverfahren	284
10.4.1	Tiefpässe	284
10.4.2	Hochpässe	288
10.4.3	Bandpässe und Bandsperren	289
10.4.4	Kerbfilter	290
10.5	Bildrestauration	297
10.5.1	Inverses Filter	297
10.5.2	Wiener-Filter	300
10.5.3	Entfaltung mit speziellen MATLAB-Befehlen	302
10.6	Aufgaben	307
10.7	Zusammenfassung	307
10.8	Lösungen zu den Aufgaben	308
10.9	Programmbeispiele	309
	Literatur	317

11 Künstliche Neuronen und Lernen	319
11.1 Lernziele	320
11.2 Einführung	320
11.3 Künstliche Intelligenz	322
11.4 Künstliche Neuronen	323
11.5 Perzeptron	325
11.6 LMSE-Trainingsalgorithmus	335
11.7 Zusammenfassung	343
11.8 Lösungen zu den Übungen und Aufgaben	343
Literatur	347
12 Flache Neuronale Netze für die Klassifizierung	349
12.1 Lernziele	350
12.2 Einführung	350
12.3 XOR-Problem	351
12.4 Struktur flacher neuronaler Netze	353
12.5 Kreuzentropie-Kriterium	357
12.6 MATLAB-Simulation flacher neuronaler Netze	363
12.7 Zeichenerkennung mit flachen neuronalen Netzen	371
12.8 Zusammenfassung	375
12.9 Lösungen zu den Übungen und Aufgaben	376
Literatur	382
13 Lernen mit dem Backpropagation-Algorithmus	383
13.1 Lernziele	384
13.2 Einführung	384
13.3 Backpropagation für neuronale Netze	384
13.4 MATLAB-Simulation mit Backpropagation	389
13.5 Regularisieren	396
13.6 Neuronale Netze mit mehreren Zwischenschichten	398
13.7 Zusammenfassung	401
13.8 Lösungen zu den Übungen und Aufgaben	402
Literatur	408
14 Neuronale Netze mit Faltungsschichten	409
14.1 Lernziele	410
14.2 Neuronales Netzwerk in Vorwärtsstruktur	411
14.3 Bildsignalverarbeitung in Auge und Gehirn	413
14.4 Künstliches Neuron und Faltung	415
14.5 Faltungs- und Bündelungsschichten	416

14.6	Backpropagation-Algorithmus für Faltungsschichten	418
14.7	Erkennung von Handschriftzeichen	421
14.7.1	Neuronales Netz mit einer Faltungsschicht	422
14.7.2	Neuronales Netz mit zwei Faltungsschichten	429
14.7.3	Handschriftzeichenerkennung mit der MATLAB-Toolbox	437
14.8	Zusammenfassung	447
14.9	Lösungen und Programme	447
	Literatur	465
	Stichwortverzeichnis	467