
Inhaltsübersicht

Teil I	Deep Learning vorgestellt	1
1	Biologisches und maschinelles Sehen	3
2	Menschen- und Maschinensprache	25
3	Maschinenkunst	47
4	Spielende Maschinen	61
Teil II	Die nötige Theorie	91
5	Der (Code-)Karren vor dem (Theorie-)Pferd	93
6	Künstliche Neuronen, die Hotdogs erkennen	105
7	Künstliche neuronale Netze	121
8	Deep Networks trainieren	137
9	Deep Networks verbessern	163
Teil III	Interaktive Anwendungen des Deep Learning	195
10	Maschinelles Sehen	197
11	Natural Language Processing	241
12	Generative Adversarial Networks	315
13	Deep Reinforcement Learning	341

Teil IV KI und Sie	375
14 Mit Ihren eigenen Deep-Learning-Projekten beginnen	377
Anhang	399
A Die formale Notation neuronaler Netze	401
B Backpropagation	403
C PyTorch	407
D Bildnachweise	415
Abbildungsverzeichnis	417
Tabellenverzeichnis	429
Beispielverzeichnis	431
Index	435

Inhaltsverzeichnis

Teil I	Deep Learning vorgestellt	1
1	Biologisches und maschinelles Sehen	3
1.1	Das biologische Sehen	3
1.2	Maschinelles Sehen	10
1.2.1	Das Neocognitron	10
1.2.2	LeNet-5	11
1.2.3	Der traditionelle Machine-Learning-Ansatz	14
1.2.4	ImageNet und die ILSVRC	15
1.2.5	AlexNet	17
1.3	TensorFlow Playground	20
1.4	Quick, Draw!	22
1.5	Zusammenfassung	23
2	Menschen- und Maschinensprache	25
2.1	Deep Learning für Natural Language Processing	26
2.1.1	Deep-Learning-Netze lernen Repräsentationen automatisch	26
2.1.2	Natural Language Processing	28
2.1.3	Eine kurze Geschichte des Deep Learning für NLP	30
2.2	Repräsentationen von Sprache im Computer	31
2.2.1	1-aus-n-Repräsentationen von Wörtern	31
2.2.2	Wortvektoren	32
2.2.3	Wortvektor-Arithmetik	36
2.2.4	word2viz	37
2.2.5	Lokalistische versus verteilte Repräsentationen	39
2.3	Elemente der natürlichen menschlichen Sprache	41
2.4	Google Duplex	44
2.5	Zusammenfassung	46

3	Maschinenkunst	47
3.1	Eine feuchtfrohliche Nacht	47
3.2	Berechnungen auf nachgemachten menschlichen Gesichtern	50
3.3	Stiltransfer: Fotos in einen Monet verwandeln (und umgekehrt)	53
3.4	Machen Sie Ihre eigenen Skizzen fotorealistisch	54
3.5	Fotorealistische Bilder aus Text erzeugen	55
3.6	Bildverarbeitung mittels Deep Learning	56
3.7	Zusammenfassung	58
4	Spielende Maschinen	61
4.1	Deep Learning, KI und andere Monster	61
4.1.1	Künstliche Intelligenz	61
4.1.2	Machine Learning	63
4.1.3	Representation Learning	63
4.1.4	Künstliche neuronale Netze	63
4.1.5	Deep Learning	64
4.1.6	Maschinelles Sehen	65
4.1.7	Natural Language Processing	66
4.2	Drei Arten von Machine-Learning-Problemen	66
4.2.1	Supervised Learning	67
4.2.2	Unsupervised Learning	67
4.2.3	Reinforcement Learning	68
4.3	Deep Reinforcement Learning	70
4.4	Videospiele	72
4.5	Brettspiele	73
4.5.1	AlphaGo	74
4.5.2	AlphaGo Zero	78
4.5.3	AlphaZero	81
4.6	Manipulation von Objekten	83
4.7	Populäre Umgebungen für das Deep-Reinforcement-Learning	85
4.7.1	OpenAI Gym	85
4.7.2	DeepMind Lab	86
4.7.3	UnityML-Agents	88
4.8	Drei Arten von KI	89
4.8.1	Artificial Narrow Intelligence	89
4.8.2	Artificial General Intelligence	89
4.8.3	Artificial Super Intelligence	89
4.8.4	Zusammenfassung	90

Teil II	Die nötige Theorie	91
5	Der (Code-)Karren vor dem (Theorie-)Pferd	93
5.1	Voraussetzungen	93
5.2	Installation	94
5.3	Ein flaches Netzwerk in Keras	94
5.3.1	Der MNIST-Datensatz handgeschriebener Ziffern	95
5.3.2	Ein schematisches Diagramm des Netzwerks	96
5.3.3	Die Daten laden	99
5.3.4	Die Daten umformatieren	101
5.3.5	Die Architektur eines neuronalen Netzes entwerfen	102
5.3.6	Trainieren eines Deep-Learning-Modells	103
5.4	Zusammenfassung	104
6	Künstliche Neuronen, die Hotdogs erkennen	105
6.1	Das Einmaleins der biologischen Neuroanatomie	105
6.2	Das Perzeptron	106
6.2.1	Der Hotdog/Nicht-Hotdog-Detektor	107
6.2.2	Die wichtigste Gleichung in diesem Buch	111
6.3	Moderne Neuronen und Aktivierungsfunktionen	112
6.3.1	Das Sigmoid-Neuron	113
6.3.2	Das Tanh-Neuron	115
6.3.3	ReLU: Rectified Linear Units	116
6.4	Ein Neuron auswählen	118
6.5	Zusammenfassung	119
	Schlüsselkonzepte	119
7	Künstliche neuronale Netze	121
7.1	Die Eingabeschicht	121
7.2	Vollständig verbundene Schichten	122
7.3	Ein vollständig verbundenes Netzwerk zum Erkennen von Hotdogs	124
7.3.1	Forwardpropagation durch die erste verborgene Schicht	125
7.3.2	Forwardpropagation durch nachfolgende Schichten	126
7.4	Die Softmax-Schicht eines Netzwerks zum Klassifizieren von Fastfood	129
7.5	Zurück zu unserem flachen Netzwerk	132
7.6	Zusammenfassung	134
	Schlüsselkonzepte	135

8	Deep Networks trainieren	137
8.1	Kostenfunktionen	137
8.1.1	Quadratische Kosten	138
8.1.2	Gesättigte Neuronen	139
8.1.3	Kreuzentropie-Kosten	140
8.2	Optimierung: Lernen, um die Kosten zu minimieren	143
8.2.1	Der Gradientenabstieg	143
8.2.2	Die Lernrate	146
8.2.3	Batch-Größe und stochastischer Gradientenabstieg	148
8.2.4	Dem lokalen Minimum entkommen	152
8.3	Backpropagation	155
8.4	Die Anzahl der verborgenen Schichten und der Neuronen anpassen	156
8.5	Ein mittleres Netz in Keras	158
8.6	Zusammenfassung	161
	Schlüsselkonzepte	162
9	Deep Networks verbessern	163
9.1	Die Initialisierung der Gewichte	163
9.1.1	Xavier-Glorot-Verteilungen	168
9.2	Instabile Gradienten	171
9.2.1	Verschwindende Gradienten	171
9.2.2	Explodierende Gradienten	172
9.2.3	Batch-Normalisierung	172
9.3	Modellgeneralisierung (Überanpassung vermeiden)	174
9.3.1	L1- und L2-Regularisierung	176
9.3.2	Dropout	177
9.3.3	Datenaugmentation	180
9.4	Intelligente Optimierer	181
9.4.1	Momentum	181
9.4.2	Nesterov-Momentum	182
9.4.3	AdaGrad	182
9.4.4	AdaDelta und RMSProp	183
9.4.5	Adam	183
9.5	Ein tiefes neuronales Netz in Keras	184
9.6	Regression	186
9.7	TensorBoard	189
9.8	Zusammenfassung	192
	Schlüsselkonzepte	193

Teil III	Interaktive Anwendungen des Deep Learning	195
10	Maschinelles Sehen	197
10.1	Convolutional Neural Networks	197
10.1.1	Die zweidimensionale Struktur der visuellen Bilddarstellung	198
10.1.2	Berechnungskomplexität	198
10.1.3	Konvolutionsschichten	199
10.1.4	Mehrere Filter	202
10.1.5	Ein Beispiel für Konvolutionsschichten	203
10.2	Hyperparameter von Konvolutionsfiltern	208
10.2.1	Kernel-Größe	208
10.2.2	Schrittlänge	209
10.2.3	Padding	209
10.3	Pooling-Schichten	210
10.4	LeNet-5 in Keras	212
10.5	AlexNet und VGGNet in Keras	218
10.6	Residualnetzwerke	221
10.6.1	Schwindende Gradienten: Das Grauen der tiefen CNN	221
10.6.2	Residualverbindungen	222
10.6.3	ResNet	225
10.7	Anwendungen des maschinellen Sehens	225
10.7.1	Objekterkennung	226
10.7.2	Bildsegmentierung	230
10.7.3	Transfer-Lernen	233
10.7.4	Capsule Networks	237
10.8	Zusammenfassung	238
	Schlüsselkonzepte	239
11	Natural Language Processing	241
11.1	Natürliche Sprachdaten vorverarbeiten	241
11.1.1	Tokenisierung	244
11.1.2	Alle Zeichen in Kleinbuchstaben umwandeln	247
11.1.3	Stoppwörter und Interpunktionszeichen entfernen	247
11.1.4	Stemming	248
11.1.5	N-Gramme verarbeiten	249
11.1.6	Vorverarbeitung des kompletten Textkorpus	251

11.2	Worteinbettungen mit word2vec erzeugen	254
11.2.1	Die prinzipielle Theorie hinter word2vec	254
11.2.2	Wortvektoren evaluieren	257
11.2.3	word2vec ausführen	258
11.2.4	Wortvektoren plotten	263
11.3	Der Bereich unter der ROC-Kurve	268
11.3.1	Die Wahrheitsmatrix	269
11.3.2	Die ROC-AUC-Metrik berechnen	270
11.4	Klassifikation natürlicher Sprache mit vertrauten Netzwerken	274
11.4.1	Die IMDb-Filmkritiken laden	274
11.4.2	Die IMDb-Daten untersuchen	278
11.4.3	Die Länge der Filmkritiken standardisieren	281
11.4.4	Vollständig verbundenes Netzwerk	281
11.4.5	Convolutional Networks	288
11.5	Netzwerke für die Verarbeitung sequenzieller Daten	293
11.5.1	Recurrent Neural Networks	294
11.5.2	Ein RNN in Keras implementieren	296
11.5.3	Long Short-Term Memory Units	299
11.5.4	Bidirektionale LSTMs	303
11.5.5	Gestapelte rekurrente Modelle	303
11.5.6	Seq2seq und Attention	305
11.5.7	Transfer-Lernen in NLP	307
11.6	Nichtsequenzielle Architekturen: Die funktionale API in Keras	308
11.7	Zusammenfassung	312
	Schlüsselkonzepte	313
12	Generative Adversarial Networks	315
12.1	Die grundlegende GAN-Theorie	315
12.2	Der Quick, Draw!-Datensatz	319
12.3	Das Diskriminator-Netzwerk	323
12.4	Das Generator-Netzwerk	326
12.5	Das Adversarial-Netzwerk	329
12.6	Das GAN-Training	331
12.7	Zusammenfassung	337
	Schlüsselkonzepte	338

13	Deep Reinforcement Learning	341
13.1	Die grundlegende Theorie des Reinforcement Learning	341
13.1.1	Das Cart-Pole-Spiel	342
13.1.2	Markow-Entscheidungsprozesse	344
13.1.3	Die optimale Strategie	347
13.2	Die grundlegende Theorie von Deep-Q-Learning-Netzwerken	349
13.2.1	Value-Funktionen	350
13.2.2	Q-Value-Funktionen	350
13.2.3	Einen optimalen Q-Value schätzen	351
13.3	Einen DQN-Agenten definieren	353
13.3.1	Initialisierungsparameter	355
13.3.2	Das neuronale-Netze-Modell des Agenten bauen	358
13.3.3	Sich an das Spiel erinnern	359
13.3.4	Training über Memory Replay	359
13.3.5	Eine Aktion auswählen	361
13.3.6	Speichern und Laden der Modellparameter	362
13.4	Mit einer OpenAI-Gym-Umgebung interagieren	362
13.4.1	Hyperparameter-Optimierung mit SLM Lab	366
13.5	Agenten jenseits von DQN	369
13.5.1	Policy-Gradienten und der REINFORCE-Algorithmus	370
13.5.2	Der Actor-Critic-Algorithmus	371
13.6	Zusammenfassung	372
	Schlüsselkonzepte	373
Teil IV	KI und Sie	375
14	Mit Ihren eigenen Deep-Learning-Projekten beginnen	377
14.1	Ideen für Deep-Learning-Projekte	377
14.1.1	Machine Vision und GANs	377
14.1.2	Natural Language Processing	380
14.1.3	Deep Reinforcement Learning	381
14.1.4	Ein vorhandenes Machine-Learning-Projekt überführen	381
14.2	Ressourcen für weitere Projekte	382
14.2.1	Gesellschaftlich nützliche Projekte	383
14.3	Der Modellierungsprozess einschließlich der Anpassung der Hyperparameter	384
14.3.1	Automatisierung der Hyperparameter-Suche	387

14.4	Deep-Learning-Bibliotheken	387
14.4.1	Keras und TensorFlow	388
14.4.2	PyTorch	390
14.4.3	MXNet, CNTK, Caffe und so weiter	391
14.5	Software 2.0	391
14.6	Die kommende Artificial General Intelligence	394
14.7	Zusammenfassung	397

Anhang	399
---------------	------------

A	Die formale Notation neuronaler Netze	401
B	Backpropagation	403
C	PyTorch	407
C.1	PyTorch-Eigenschaften	407
C.1.1	Das Autograd System	407
C.1.2	Das Define-by-Run-Framework	407
C.1.3	PyTorch im Vergleich mit TensorFlow	408
C.2	PyTorch in der Praxis	409
C.2.1	Die PyTorch-Installation	409
C.2.2	Die grundlegenden Bausteine in PyTorch	410
C.2.3	Ein tiefes neuronales Netz in PyTorch bauen	411
D	Bildnachweise	415
	Abbildungsverzeichnis	417
	Tabellenverzeichnis	429
	Beispielverzeichnis	431
	Index	435