

Vorwort	XV
----------------------	-----------

Teil I Die Grundlagen des Machine Learning

1 Die Machine Learning-Umgebung	3
Was ist Machine Learning?	4
Warum wird Machine Learning verwendet?	4
Arten von Machine-Learning-Systemen	7
Überwachtes/unüberwachtes Lernen	8
Batch- und Online-Learning	14
Instanzbasiertes versus modellbasiertes Lernen	17
Die wichtigsten Herausforderungen beim Machine Learning	22
Unzureichende Menge an Trainingsdaten	23
Nicht repräsentative Trainingsdaten	24
Minderwertige Daten	26
Irrelevante Merkmale	26
Overfitting der Trainingsdaten	26
Underfitting der Trainingsdaten	29
Zusammenfassung	29
Testen und Validieren	30
Übungen	32

2	Ein Machine-Learning-Projekt von A bis Z	33
	Der Umgang mit realen Daten	33
	Betrachte das Gesamtbild	35
	Die Aufgabe abstecken	35
	Wähle ein Qualitätsmaß aus	37
	Überprüfe die Annahmen	40
	Beschaffe die Daten	40
	Erstelle eine Arbeitsumgebung	40
	Die Daten herunterladen	44
	Wirf einen kurzen Blick auf die Datenstruktur	45
	Erstelle einen Testdatensatz	49
	Erkunde und visualisiere die Daten, um Erkenntnisse zu gewinnen	53
	Visualisieren geografischer Daten	53
	Suche nach Korrelationen	56
	Experimentieren mit Kombinationen von Merkmalen	58
	Bereite die Daten für Machine-Learning-Algorithmen vor	60
	Aufbereiten der Daten	60
	Bearbeiten von Text und kategorischen Merkmalen	63
	Eigene Transformer	65
	Skalieren von Merkmalen	66
	Pipelines zur Transformation	67
	Wähle ein Modell aus und trainiere es	69
	Trainieren und Auswerten auf dem Trainingsdatensatz	69
	Bessere Auswertung mittels Kreuzvalidierung	71
	Optimiere das Modell	73
	Gittersuche	73
	Zufällige Suche	75
	Ensemble-Methoden	76
	Analysiere die besten Modelle und ihre Fehler	76
	Evaluieren das System auf dem Testdatensatz	77
	Nimm das System in Betrieb, überwache und warte es	78
	Probieren Sie es aus!	78
	Übungen	79
3	Klassifikation	81
	MNIST	81
	Trainieren eines binären Klassifikators	83
	Qualitätsmaße	84
	Messen der Genauigkeit über Kreuzvalidierung	84
	Konfusionsmatrix	86
	Relevanz und Sensitivität	88

Die Wechselbeziehung zwischen Relevanz und Sensitivität	89
Die ROC-Kurve.	92
Klassifikatoren mit mehreren Kategorien	96
Fehleranalyse	98
Klassifikation mit mehreren Labels	102
Klassifikation mit mehreren Ausgaben	103
Übungsaufgaben	105
4 Trainieren von Modellen	107
Lineare Regression	108
Die Normalengleichung	110
Komplexität der Berechnung	112
Das Gradientenverfahren	112
Batch-Gradientenverfahren.	116
Stochastisches Gradientenverfahren.	118
Mini-Batch-Gradientenverfahren	121
Polynomielle Regression	122
Lernkurven.	124
Regularisierte lineare Modelle	128
Ridge-Regression.	129
Lasso-Regression.	131
Elastic Net.	133
Early Stopping.	134
Logistische Regression	135
Abschätzen von Wahrscheinlichkeiten.	135
Trainieren und Kostenfunktion	136
Entscheidungsgrenzen	138
Softmax-Regression	140
Übungen	144
5 Support Vector Machines	145
Lineare Klassifikation mit SVMs	145
Soft-Margin-Klassifikation	146
Nichtlineare SVM-Klassifikation	149
Polynomieller Kernel.	150
Hinzufügen von ähnlichkeitsbasierten Merkmalen	151
Der Gaußsche RBF-Kernel	152
Komplexität der Berechnung	153
SVM-Regression.	154
Hinter den Kulissen	156
Entscheidungsfunktion und Vorhersagen.	156
Zielfunktionen beim Trainieren	157

Quadratische Programme	159
Das duale Problem	160
Kernel-SVM	161
Online-SVMs	163
Übungen	165
6 Entscheidungs bäume	167
Trainieren und Visualisieren eines Entscheidungsbaums	167
Vorhersagen treffen	168
Schätzen von Wahrscheinlichkeiten für Kategorien	171
Der CART-Trainings-Algorithmus	171
Komplexität der Berechnung	172
Gini-Unreinheit oder Entropie?	173
Hyperparameter zur Regularisierung	173
Regression	175
Instabilität	177
Übungen	178
7 Ensemble Learning und Random Forests	181
Abstimmverfahren unter Klassifikatoren	181
Bagging und Pasting	185
Bagging und Pasting in Scikit-Learn	186
Out-of-Bag-Evaluation	187
Zufällige Patches und Subräume	188
Random Forests	189
Extra-Trees	190
Wichtigkeit von Merkmalen	190
Boosting	191
AdaBoost	192
Gradient Boosting	195
Stacking	200
Übungen	203
8 Dimensionsreduktion	205
Der Fluch der Dimensionalität	206
Die wichtigsten Ansätze zur Dimensionsreduktion	207
Projektion	207
Manifold Learning	210
Hauptkomponentenzerlegung (PCA)	211
Erhalten der Varianz	211
Hauptkomponenten	212
Die Projektion auf d Dimensionen	213

Verwenden von Scikit-Learn	214
Der Anteil erklärter Varianz	214
Auswählen der richtigen Anzahl Dimensionen.	215
PCA als Komprimierungsverfahren	216
Inkrementelle PCA	217
Randomisierte PCA.	217
Kernel PCA	218
Auswahl eines Kernels und Optimierung der Hyperparameter . . .	219
LLE	221
Weitere Techniken zur Dimensionsreduktion	223
Übungen	224

Teil II Neuronale Netze und Deep Learning

9 Einsatzbereit mit TensorFlow	227
Installation	230
Erstellen und Ausführen eines ersten Graphen	230
Graphen verwalten	232
Lebenszyklus des Werts von Knoten	232
Lineare Regression mit TensorFlow	233
Implementieren des Gradientenverfahrens	235
Manuelle Berechnung der Gradienten	235
Verwenden von Autodiff.	236
Verwenden von Optimierungsverfahren.	237
Daten in den Trainingsalgorithmus einspeisen	238
Modelle speichern und wiederherstellen	239
Graphen und Lernkurven mit TensorBoard visualisieren	240
Name Scopes	244
Modularität	245
Teilen von Variablen	247
Übungen	250
10 Einführung in künstliche neuronale Netze	253
Von biologischen zu künstlichen Neuronen	254
Biologische Neuronen.	255
Logische Berechnungen mit Neuronen.	256
Das Perzeptron	257
Mehrschichtiges Perzeptron und Backpropagation	261
Ein MLP mit der TensorFlow-API trainieren	264
Ein DNN direkt mit TensorFlow trainieren	265
Konstruktionsphase	265

Ausführungsphase	269
Verwenden des neuronalen Netzes	270
Feinabstimmung der Hyperparameter eines neuronalen Netzes	270
Anzahl verborgener Schichten	271
Anzahl Neuronen pro verborgene Schicht	272
Aktivierungsfunktionen	272
Übungen	273
11 Trainieren von Deep-Learning-Netzen	275
Das Problem schwindender/explodierender Gradienten	275
Initialisierung nach Xavier und He	277
Nicht sättigende Aktivierungsfunktionen	279
Batch-Normalisierung	282
Gradient Clipping	286
Wiederverwenden vortrainierter Schichten	287
Wiederverwenden eines TensorFlow-Modells	288
Modelle aus anderen Frameworks wiederverwenden	290
Einfrieren der unteren Schichten	291
Caching der eingefrorenen Schichten	291
Verändern, Auslassen oder Ersetzen der oberen Schichten	292
Modell-Zoos	293
Unüberwachtes Vortrainieren	293
Vortrainieren anhand einer Hilfsaufgabe	294
Schnellere Optimierer	295
Momentum Optimization	296
Beschleunigter Gradient nach Nesterov	297
AdaGrad	298
RMSProp	300
Adam-Optimierung	300
Scheduling der Lernrate	302
Vermeiden von Overfitting durch Regularisierung	305
Early Stopping	305
ℓ_1 - und ℓ_2 -Regularisierung	305
Drop-out	306
Max-Norm-Regularisierung	309
Data Augmentation	311
Praktische Tipps	312
Übungen	313
12 TensorFlow über mehrere Geräte und Server verteilen	317
Mehrere Recheneinheiten auf einem Computer	318
Installation	318

Das RAM der GPU verwalten	321
Operationen auf Recheneinheiten platzieren	322
Paralleles Ausführen	326
Control Dependencies	327
Mehrere Recheneinheiten auf mehreren Servern	328
Öffnen einer Session	329
Master- und Worker-Dienste	330
Operationen auf Tasks pinnen	330
Sharding von Variablen über mehrere Parameterserver	331
Zustände mit Resource Containers zwischen Sessions teilen	332
Asynchrone Kommunikation mit TensorFlow-Queues	334
Daten direkt aus dem Graphen laden	339
Parallelsieren neuronaler Netze auf einem TensorFlow-Cluster	346
Ein neuronales Netz pro Recheneinheit	346
In-Graph- und Between-Graph-Replikation	347
Parallelisierte Modelle	349
Parallelisierte Daten	351
Übungen	356
13 Convolutional Neural Networks	359
Der Aufbau des visuellen Cortex	360
Convolutional Layer	361
Filter	363
Stapeln mehrerer Feature Maps	364
Implementierung in TensorFlow	366
Speicherbedarf	368
Pooling Layer	369
Architekturen von CNNs	371
LeNet-5	372
AlexNet	373
GoogLeNet	375
ResNet	378
Übungen	382
14 Rekurrente neuronale Netze	385
Rekurrente Neuronen	386
Gedächtniszellen	388
Ein- und Ausgabesequenzen	388
Einfache RNNs in TensorFlow	390
Statisches Aufrollen entlang der Zeitachse	391
Dynamisches Aufrollen entlang der Zeitachse	393
Eingabesequenzen unterschiedlicher Länge	393

Ausgabesequenzen unterschiedlicher Länge	394
Trainieren von RNNs	395
Trainieren eines Sequenz-Klassifikators	395
Trainieren der Vorhersage von Zeitreihen	397
Kreative RNNs	401
Deep-RNNs	402
Ein Deep-RNN über mehrere GPUs verteilen	403
Drop-out verwenden	404
Die Schwierigkeit, über viele Schritte zu trainieren	405
LSTM-Zellen	406
Peephole-Verbindungen	409
GRU-Zellen	410
Natürliche Sprachverarbeitung	411
Word Embeddings	411
Ein Encoder-Decoder-Netz zur maschinellen Übersetzung	413
Übungen	416
15 Autoencoder	419
Effiziente Repräsentation von Daten	419
Hauptkomponentenzerlegung mit einem unvollständigen linearen Autoencoder	421
Stacked Autoencoder	423
Implementierung mit TensorFlow	423
Kopplung von Gewichten	424
Trainieren mehrerer Autoencoder nacheinander	426
Visualisieren der Rekonstruktionen	428
Visualisieren von Merkmalen	429
Unüberwachtes Vortrainieren mit Stacked Autoencoder	430
Denoising Autoencoder	432
Implementierung mit TensorFlow	433
Sparse Autoencoder	434
Implementierung in TensorFlow	435
Variational Autoencoder	436
Generieren von Ziffern	439
Weitere Autoencoder	440
Übungen	441
16 Reinforcement Learning	445
Lernen zum Optimieren von Belohnungen	446
Suche nach Policies	447
Einführung in OpenAI Gym	449
Neuronale Netze als Policies	452

Auswerten von Aktionen: Das Credit-Assignment-Problem	455
Policy-Gradienten	456
Markov-Entscheidungsprozesse	461
Temporal Difference Learning und Q-Learning	465
Erkundungspolicies	467
Approximatives Q-Learning	467
Ms. Pac-Man mit dem DQN-Algorithmus spielen lernen	469
Übungen	477
Vielen Dank!	477
A Lösungen zu den Übungsaufgaben	479
B Checkliste für Machine-Learning-Projekte	509
C Das duale Problem bei SVMs	515
D Autodiff	519
E Weitere verbreitete Architekturen neuronaler Netze	527
Index	537