

Predgovor.....	XV
----------------	----

Deo I Osnove mašinskog učenja

1. Pejzaž mašinskog učenja	3
Šta je mašinsko učenje?	4
Zašto koristiti mašinsko učenje?	4
Primeri primene	7
Vrste sistema mašinskog učenja	9
Nadgledano/nenadgledano učenje	9
Paketno i onlajn učenje	16
Učenje na primerima nasuprot učenju na modelu	19
Glavni izazovi mašinskog učenja	25
Nedovoljna količina podataka za obuku	26
Nereprezentativni podaci za obuku	27
Podaci lošeg kvaliteta	28
Nebitna svojstva	29
Preterano uklapanje podataka za obuku	29
Nedovoljno uklapanje podataka za obuku	31
Korak unazad	32
Testiranje i procena	32
Podešavanje hiperparametara i izbor modela	33
Neuklapanje podataka	34
Vežbe	35
2. Projekat mašinskog učenja od početka do kraja.....	37
Rad sa stvarnim podacima	37
Sagledavanje celine	39
Definisanje problema	39
Izbor mere performanse	41
Provera pretpostavki	44
Pribavljanje podataka	44
Izrada radnog prostora	44
Preuzimanje podataka	47

Pogled na strukturu podataka	49
Izrada probnog skupa	52
Otkrivanje i vizuelizovanje podataka radi sticanja uvida	57
Vizuelizovanje geografskih podataka	57
Traženje korelacija	59
Eksperimentisanje sa kombinacijama atributa	62
Priprema podataka za algoritme mašinskog učenja	63
Prečišćavanje podataka	64
Rad sa tekstualnim i kategorijskim atributima	66
Namenski transformeri	68
Skaliranje svojstava	69
Transformacijski cevovodi	70
Izbor i obuka modela	72
Obuka i procena na trening skupu	72
Bolja procena unakrsnom proverom	73
Fino podešavanje modela	76
Rešetkasto pretraživanje	76
Nasumično pretraživanje	78
Metode ansambla	78
Analiza najboljih modela i njihovih grešaka	78
Procenite sistem na probnom skupu	79
Puštanje u pogon, praćenje i održavanje sistema	80
Pokušajte sami!	83
Vežbe	84
3. Klasifikacija	85
MNIST	85
Obučavanje binarnog klasifikatora	87
Mere performanse	88
Merenje tačnosti unakrsnom proverom	88
Matrica zabuna	90
Preciznost i prepoznavanje	92
Kompromis između preciznosti i prepoznavanja	93
ROC kriva	96
Višeklasna klasifikacija	99
Analize grešaka	102
Klasifikacija sa više oznaka	105
Klasifikacija sa više izlaza	106
Vežbe	107
4. Obučavanje modela.....	109
Linearna regresija	110
Normalna jednačina	111
Složenost proračuna	114

Gradijentni spust	115
Paketni gradijentni spust	118
Stohastički gradijentni spust	121
Mini-paketni gradijentni spust	124
Polinomska regresija	125
Krive učenja	127
Regularizovani linearni modeli	130
Grebenasta regresija	131
Lasso regresija	133
Elastična mreža	135
Rano zaustavljanje	136
Logistička regresija	138
Procenjivanje verovatnoća	138
Obuka i funkcija gubitka	139
Granice odlučivanja	140
Softmax regresija	142
Vežbe	146
5. Mašine sa vektorima podrške.....	147
Linearna SVM klasifikacija	147
Klasifikacija sa propustljivom marginom	148
Nelinearna SVM klasifikacija	150
Polinomsko jezgro	151
Svojstva sličnosti	152
Gausovo RBF jezgro	153
Složenost izračunavanja	155
SVM regresija	155
Ispod haube	157
Funkcija odlučivanja i predviđanja	157
Cilj obuke	158
Kvadratno programiranje	160
Dualni problem	161
Kernerlizovani SVM	161
Onlajn SVM	164
Vežbe	165
6. Stabla odluka.....	167
Obuka i vizuelizovanje stabla odluke	167
Predviđanja	168
Procenjivanje verovatnoće klase	170
Algoritam obuke CART	171
Složenost izračunavanja	172
Gini nečistoća ili entropija?	172
Hiperparametri regularizacije	173

Regresija	174
Nestabilnost	176
Vežbe	177
7. Učenje u ansamblu i nasumične šume	179
Klasifikatori glasanja	179
Samoagregacija i umetanje	182
Samoagregacija i umetanje u Scikit-Learnu	184
Procena oob	185
Nasumični isečci i nasumični podprostori	186
Nasumične šume	186
Ekstra stabla	187
Važnost svojstava	188
Pojačavanje	189
AdaBoost	189
Gradijentno pojačavanje	193
Nagomilavanje	197
Vežbe	200
8. Redukcija dimenzionalnosti.....	203
Prokletstvo dimenzionalnosti	204
Glavni načini redukcije dimenzionalnosti	205
Projekcija	205
Učenje mnogostrukosti	208
PCA	209
Očuvanje varijanse	209
Glavne komponente	210
Redukovanje na d dimenzija projektovanjem	211
Upotreba Scikit-Learna	212
Stopa objašnjene varijanse	212
Izbor tačnog broja dimenzija	212
PCA za komprimovanje	213
Nasumični PCA	214
Inkrementalni PCA	215
Kernel PCA	215
Izbor jezgra i podešavanje hiperparametara	216
LLE	219
Ostale tehnike redukcije dimenzionalnosti	220
Vežbe	222
9. Tehnike nenadgledanog učenja	223
Raspodela u klastere	224
K-Means	226
Ograničenja K-Meansa	236

Segmentacija slike klasterovanjem	236
Predobrada klasterovanjem	238
Polunadgledano učenje klasterovanjem	240
DBSCAN	242
Ostali algoritmi klasterovanja	245
Gausove mešavine	246
Otkrivanje anomalija pomoću Gausovih mešavina	252
Biranje broja klastera	253
Bajesovi modeli Gausovih mešavina	256
Ostali algoritmi za otkrivanje anomalija i noviteta	260
Vežbe	261

Deo II **Neuronske mreže i duboko učenje**

10. Uvod u veštačke neuronske mreže sa Kerasom.....	265
Od bioloških do veštačkih neurona	266
Biološki neuroni	267
Logička izračunavanja pomoću neurona	268
Perceptron	269
Višeslojni perceptron i povratna propagacija	273
MLP regresija	277
MLP klasifikacija	278
Implementiranje MLP-ova pomoću Kerasa	280
Instaliranje TensorFlowa 2	281
Izrada klasifikatora slika pomoću API-ja Sequential	282
Izrada regresionog MLP-a pomoću API-ja Sequential	291
Izrada složenih modela pomoću API-ja Functional	292
Upotreba API-ja Subclassing za izradu dinamičkih modela	296
Upisivanje i učitavanje modela	298
Upotreba callbacks	298
Upotreba TensorBoarda za vizuelizaciju	300
Fino podešavanje hiperparametara neuronskih mreža	303
Broj skrivenih slojeva	306
Broj neurona po skrivenom sloju	307
Brzina učenja, veličina paketa i ostali hiperparametri	308
Vežbe	310
11. Obuka dubokih neuronskih mreža.....	313
Problemi nestajućih/eksplodirajućih gradijenata	314
Glorotova i Heova inicijalizacija	315
Nezasićene aktivirajuće funkcije	316
Normalizacija paketa	320
Odsecanje gradijenta	326

Višekratna upotreba predobučenih slojeva	327
Prenosno učenje u Kerasu	328
Nenadgledana predobuka	330
Predobuka na pomoćnom zadatku	331
Brži optimizatori	332
Optimizacija momenta	332
Nesterovljev ubrzani gradijent	334
AdaGrad	335
RMSProp	336
Adam i Nadam optimizacija	337
Raspored brzine učenja	340
Izbegavanje prekomernog uklapanja pomoću regularizacije	344
ℓ_1 i ℓ_2 regularizacija	344
Izostavljanje	345
Monte Carlo (MC) izostavljanje	348
Max-Norm regularizacija	350
Rezime i praktične smernice	351
Vežbe	352

12. Namenski modeli i obuka pomoću TensorFlowa..... 355

Kratak pregled TensorFlowa	355
Upotreba TensorFlowa kao NumPya	358
Tenzori i operacije	358
Tenzori i NumPy	360
Konverzije tipova	361
Promenljive	361
Ostale strukture podataka	362
Prilagođavanje modela i algoritama obuke	363
Namenske funkcije gubitka	363
Upisivanje i učitavanje modela koji sadrže namenske komponente	364
Namenske aktivirajuće funkcije, inicijalizatori, regularizatori i ograničenja	366
Namenski merni pokazatelji	367
Namenski slojevi	370
Prilagođeni modeli	373
Gubici i merni pokazatelji zasnovani na unutrašnjosti modela	375
Izračunavanje gradijenata pomoću autodiffa	376
Namenske petlje za obuku	380
TensorFlow funkcije i grafovi	383
AutoGraph i iscrtavanje	384
Pravila TF funkcija	386
Vežbe	387

13. Učitavanje i predobrada podataka u TensorFlowu.....	389
API Data	390
Ulančavanje transformacija	390
Mešanje podataka	392
Predobrada podataka	395
Povezivanje svega zajedno	396
Predučitavanje	396
Upotreba skupa podataka u tf.keras	398
Format TFRecord	399
Komprimovane TFRecord datoteke	400
Kratak uvod u bafere protokola	400
TensorFlow protobaferi	402
Učitavanje i raščlanjivanje protobafera Example	403
Rad sa listama lista pomoću protobafera SequenceExample	404
Predobrada ulaznih osobina	405
Kodiranje kategorijskih osobina u obliku vektora jedan-vruće	406
Kodiranje kategorijskih osobina umetcima	408
Kerasovi slojevi predobrade	412
TF Transform	413
Projekat TensorFlow Datasets (TFDS)	415
Vežbe	416
14. Dobro kompjuterski vid upotrebom konvolucionih neuronskih mreža.....	419
Arhitektura vizuelnog korteksa	420
Konvolucionni slojevi	421
Filtri	423
Slaganje više mapa osobina	424
Implementacija u TensorFlowu	426
Memorijski zahtevi	428
Redukcioni slojevi	429
Implementacija u TensorFlowu	431
Arhitekture CNN	433
LeNet-5	435
AlexNet	436
GoogLeNet	438
VGGNet	442
ResNet	442
Xception	445
SENet	447
Implementiranje CNN ResNet-34 pomoću Kerasa	449
Upotreba predobučenih modela iz Kerasa	450
Predobučeni modeli za prenosno učenje	452
Klasifikacija i lokalizacija	454

Prepoznavanje objekata	456
Potpuno konvolucione mreže	457
YOLO (You Only Look Once)	459
Semantičko segmentovanje	462
Vežbe	466
15. Obrada sekvenci pomoću RNN i CNN.....	467
Rekurentni neuroni i slojevi	468
Memorijske ćelije	470
Ulazne i izlazne sekvence	471
Obuka RNN	472
Predviđanje vremenskih serija	473
Osnovni merni pokazatelji	475
Implementiranje jednostavne RNN	475
Duboke RNN	476
Predviđanje nekoliko vremenskih koraka unapred	478
Obrada dugačkih sekvenci	481
Borba sa problemom nestabilnih gradijenata	481
Rešavanje problema kratkoročne memorije	484
Vežbe	492
16. Obrada govornog jezika pomoću RNN i pažnje.....	493
Generisanje šekspirovskog teksta pomoću znakovnog RNN	494
Stvaranje skupa podataka za obuku	494
Kako podeliti sekvencijalni skup podataka	495
Isecanje sekvencijalnog skupa podataka u više prozora	496
Izrada i obučavanje modela Char-RNN	498
Upotreba modela Char-RNN	499
Generisanje izmišljenog šekspirovskog teksta	499
RNN sa stanjem	500
Analiza mišljenja	502
Maskiranje	506
Višekratna upotreba predobučanih umetaka	507
Mreža enkoder–dekoder za neuronsko mašinsko prevođenje	509
Dvosmerne RNN	512
Pretraživanje snopom	513
Mehanizmi pažnje	515
Vizuelna pažnja	518
Pažnja je sve što vam treba: Arhitektura Transformer	519
Nedavne inovacije u modelima jezika	527
Vežbe	529

17. Reprezentativno učenje i generativno učenje pomoću automatskih koda i GAN-ova	531
Efiksno predstavljanje podataka	532
Izvršavanje PCA pomoću nepotpunog linearnog autoenkodera	534
Naslagani autoenkoderi	535
Implementiranje naslaganog autoenkodera u Kerasu	536
Prikazivanje rekonstrukcija	537
Vizuelizovanje skupa Fashion MNIST	538
Nenadgledana predobuka upotrebom naslaganih autoenkodera	539
Povezivanje težina	540
Obučavanje jednog po jednog autoenkodera	541
Konvolucionni autoenkoderi	543
Rekurentni autoenkoderi	543
Autoenkoderi za uklanjanje šuma	544
Proređeni autoenkoderi	546
Varijacioni autoenkoderi	549
Generisanje Fashion MNIST slika	553
Generativne suparničke mreže	554
Teškoće obučavanja GAN mreža	558
Duboke konvolucionione GAN mreže	559
Progresivni rast GAN mreža	563
StyleGAN mreže	565
Vežbe	568
18. Forsirano učenje.....	569
Učenje optimizacije nagrada	570
Nalaženje pravila	571
Uvod u OpenAI Gym	573
Pravila ponašanja neuronske mreže	577
Procenjivanje akcija: problem raspodele zasluga	578
Gradijenti pravila ponašanja	580
Markovljevi procesi odlučivanja	584
Učenje vremenske razlike	588
Q-učenje	589
Pravila istraživanja	591
Aproksimativno Q-učenje i duboko Q-učenje	591
Implementacija dubokog Q-učenja	592
Varijante dubokog Q-učenja	597
Fiksne ciljne Q-vrednosti	597
Dvostruki DQN	597
Prioriterni iskustveni odgovori	598
Duel DQN	599

Biblioteka TF-Agents	600
Instaliranje biblioteke TF-Agents	601
TF-Agents okruženja	601
Specifikacije okruženja	602
Omotači okruženja i predobrada Atari	603
Arhitektura obuke	606
Izrada duboke Q-mreže	607
Izrada DQN agenta	609
Izrada bafera odgovora i odgovarajućeg posmatrača	610
Izrada mernih pokazatelja obuke	612
Izrada drajvera za prikupljanje	613
Formiranje skupa podataka	614
Izrada petlje obuke	617
Pregled nekih popularnih algoritama forsiranog učenja	618
Vežbe	620

19. Obuka i uvođenje u primenu modela TensorFlow po meri 621

TensorFlow model u obliku usluge	622
Upotreba TensorFlow Servinga	622
Izrada servisa predviđanja na platformi GCP AI	631
Upotreba servisa predviđanja	634
Primena modela na mobilni ili ugrađen uređaj	637
Upotreba GPU za ubrzavanje izračunavanja	641
Nabavljanje GPU	642
Upotreba virtuelne mašine sa GPU	644
Saradnja	645
Upravljanje RAM-om GPU-a	646
Raspoređivanje operacija i promenljivih na uređaje	649
Paralelno izvršavanje na više uređaja	651
Obuka modela pomoću više uređaja	653
Paralelizam modela	653
Paralelizam podataka	655
Obuka po meri pomoću API-ja Distribution Strategies	660
Obuka modela na TensorFlow klasteru	661
Izvršavanje obimnih poslova obuke na Google Cloud AI platformi	664
Podešavanje hiperparametara crnom kutijom na AI platformi	666
Vežbe	667
Hvala!	668

Dodaci

A	Rešenja vežbi	669
B	Kontrolna lista projekta mašinskog učenja	703
C	Problem dualnosti SVM	709
D	Autodiff	713
E	Ostale popularne arhitekture veštačkih neuronskih mreža.....	721
F	Specijalne strukture podataka	731
G	TensorFlow grafovi	737
	Rečnik termina korišćenih u knjizi.....	745
	Indeks	753