

Sadržaj

O zbirci	7
Napomene u vezi kôda	9
1 Numpy/cupy biblioteka	11
1.1 Kreiranje nizova i osnovni atributi	12
1.1.1 Kreiranje praznih ili unapred popunjenih nizova	14
1.2 Indeksiranje i uzimanje podnizova	15
1.3 Matematičke operacije i broadcasting	18
1.3.1 Agregacione funkcije	21
1.3.2 Einsum funkcija	22
1.4 Zadaci	24
1.5 Rešenja	26
2 O veštačkim neuronskim mrežama	31
2.1 Neuroni u mozgu	32
2.2 Veštački neuroni	33
2.3 Treniranje veštačkih neuronskih mreža	35
2.3.1 Graf izračunavanja i računanje izvoda	37
2.3.2 Algoritam treniranja veštačkih neuronskim mreža	41
2.3.3 Podela podataka na skupove za treniranje, validaciju i testiranje	45
2.4 Implementacija	46
2.5 Zadaci	54

2.6	Rešenja	56
3	Linearni sloj i aktivacione funkcije	63
3.1	Linearni sloj	63
3.2	Aktivacione funkcije	66
3.3	Implementacija	70
3.4	Zadaci	74
3.5	Rešenja	75
4	Funkcije greške	81
4.1	Nelinearna regresija	81
4.2	Binarna klasifikacija	83
4.3	Višelabelna klasifikacija	85
4.4	Višeklasna klasifikacija	87
4.5	Implementacija	89
4.5.1	Primer regresije	94
4.5.2	Primer binarne klasifikacije	99
4.5.3	Metrike i tačnost klasifikacije	101
4.5.4	Primer višeklasne klasifikacije	107
4.6	Zadaci	110
4.7	Rešenja	111
5	Normalizacije	119
5.1	Normalizacija grupe primera	120
5.1.1	Propagacija greške unazad	122
5.2	Normalizacija sloja	125
5.2.1	Propagacija greške unazad	127
5.3	Implementacija	130
5.3.1	Normalizacija grupe primera	130
5.3.2	Test performansi	136
5.4	Zadaci	137
5.5	Rešenja	137

6	Gradijentni algoritmi optimizacije	143
6.1	Analiza konvergencije gradijentnog spusta	143
6.1.1	Uvod	143
6.1.2	Lipšicova kontinualnost gradijenta	145
6.1.3	Lema o spustu	145
6.1.4	Posledica Lipšicove kontinualnosti i leme o spustu	147
6.1.5	Izbor koraka pomeraja η_k	149
6.1.6	Brzina konvergencije gradijentnog spusta . . .	149
6.1.7	Stohastički gradijentni spust	151
6.2	Specifičnosti optimizacije veštačkih neuronskih mreža	154
6.3	Gradijentni spust i njegove modifikacije	155
6.3.1	Gradijenti spust	156
6.3.2	Momentum	157
6.3.3	Nesterov momentum	158
6.3.4	Adagrad	160
6.3.5	Adadelata	161
6.3.6	RMSProp	163
6.3.7	Adam	164
6.3.8	AMSGrad	165
6.4	Implementacija	167
6.4.1	Test performansi	172
6.5	Zadaci	172
6.6	Rešenja	173
7	Rekurentne neuronske mreže	179
7.1	Osnovni model	180
7.1.1	Propagacija greške unazad kroz vreme	182
7.1.2	Minibatch izvođenje	184
7.2	Implementacija	188
7.2.1	Primer korišćenja	192
7.3	Zadaci	195
7.4	Rešenja	196

8	LSTM i GRU	203
8.1	LSTM	203
8.1.1	Propagacija greške unazad	205
8.2	GRU	210
8.2.1	Propagacija greške unazad	210
8.3	Implementacija	213
8.3.1	Test performansi	218
8.4	Zadaci	219
8.5	Rešenja	220
9	Konvolucioni sloj	225
9.1	Propagacije greške unazad	230
9.2	Implementacija	231
9.2.1	Svođenje na matrični proizvod	236
9.2.2	Test performansi	244
9.3	Zadaci	246
9.4	Rešenja	246
10	Generativni modeli - VAE i GAN	253
10.1	Varijacioni autoenkoder	253
10.2	Generativne protivničke mreže	260
10.3	Implementacija	265
10.3.1	Primer korišćenja	268
10.4	Zadaci	272
10.5	Rešenja	273