

מטלה 1 – רשתות נוירונים

סטודנטים:

- ספיר גילני

- עידן נישול

הסבר כללי:

בתרגיל זה ביצענו אימון של רשת נוירונים הלומדת את פונקציית XOR.

השתמשנו ב-2 סטים של דוגמאות: train set, validation set.

מצורף קובץ output.txt המכיל את פלט הרצת הקוד.

בתרגיל ביצענו 9 ניסויים ולהלן תוצאותיהם:

ניסוי 1:

Learning rate: 0.1

Hidden: 2

Bypass: True

Experiment Results Table:										
Experiment	Mean	Train Loss	Std Dev	Train Loss	Epochs Until Stop	Final Train Loss	Final Val Loss			
1		0.138259		0.208382	3903	0.015614	0.032744			
2		0.171423		0.244220	3767	0.014917	0.030759			
3		0.142182		0.206883	3350	0.014551	0.028649			
4		0.168280		0.235184	2928	0.015360	0.025521			
5		0.180097		0.246589	3662	0.016318	0.036313			
6		0.124393		0.186951	3608	0.015111	0.031134			
7		0.166212		0.229744	3603	0.014660	0.029186			
8		0.207540		0.260190	4205	0.020143	0.041110			
9		0.146319		0.206840	3740	0.020049	0.040960			
10		0.149685		0.216694	3925	0.017235	0.036015			
Summary Table (Percentage Std Dev and Mean):										
Metric		Mean	Std Dev	%						
Epochs Until Stop		3669.100000	9.446532							
Final Train Loss		0.016396	12.862974							
Final Val Loss		0.033239	15.747942							
Total Failures: 0										

ניסוי 2:

Learning rate: 0.1

Hidden: 2

Bypass: False

Experiment Results Table:

Experiment	Mean Train Loss	Std Dev Train Loss	Epochs Until Stop	Final Train Loss	Final Val Loss
1	0.171647	0.223814	2618	0.013148	0.019420
4	0.218427	0.254617	2922	0.013037	0.019446
5	0.290127	0.297640	3364	0.013168	0.019398
7	0.252855	0.263760	3260	0.012880	0.019426
9	0.284320	0.275342	3511	0.012893	0.019434
10	0.344815	0.306071	3943	0.013080	0.019371
11	0.331355	0.287997	3993	0.012858	0.019432
12	0.204341	0.257613	2755	0.013231	0.019441
13	0.199471	0.245077	2782	0.013078	0.019380
15	0.237233	0.257372	3106	0.012922	0.019439

Summary Table (Percentage Std Dev and Mean):

Metric	Mean	Std Dev %
Epochs Until Stop	3225.400000	14.973658
Final Train Loss	0.013029	1.026049
Final Val Loss	0.019419	0.137214

Total Failures: 5

ניסוי 3:

Learning rate: 0.1

Hidden: 4

Bypass: True

Experiment Results Table:

Experiment	Mean Train Loss	Std Dev Train Loss	Epochs Until Stop	Final Train Loss	Final Val Loss
1	0.154104	0.229737	3017	0.012567	0.026226
2	0.169108	0.253637	3257	0.012060	0.026185
3	0.150638	0.219751	2984	0.013910	0.025871
4	0.105828	0.159723	3485	0.014539	0.030109
5	0.132416	0.200424	3400	0.013493	0.026908
6	0.170828	0.241062	4044	0.015007	0.032952
7	0.182619	0.263218	2825	0.012564	0.022476
8	0.107337	0.169740	3069	0.012409	0.027091
9	0.131516	0.237819	2951	0.012297	0.025928
10	0.130539	0.229742	2665	0.013996	0.025030

Summary Table (Percentage Std Dev and Mean):

Metric	Mean	Std Dev %
Epochs Until Stop	3169.700000	12.504100
Final Train Loss	0.013284	7.837580
Final Val Loss	0.026878	10.595444

Total Failures: 0

ניסוי 4:

Learning rate: 0.1

Hidden: 4

Bypass: False

Experiment Results Table:								
Experiment	Mean Train Loss	Std Dev Train Loss	Epochs Until Stop	Final Train Loss	Final Val Loss			
1	0.223237	0.256679	2970	0.010063	0.016837			
2	0.175205	0.235602	2676	0.014512	0.019658			
3	0.209775	0.261544	2710	0.011609	0.018012			
4	0.274471	0.197967	5035	0.014977	0.019868			
5	0.280036	0.238655	4429	0.014738	0.020032			
6	0.218898	0.262529	2893	0.012599	0.017500			
7	0.183213	0.238692	2649	0.011217	0.017950			
8	0.187384	0.242955	2876	0.012408	0.017737			
10	0.231129	0.275829	2791	0.010928	0.017369			
11	0.200514	0.263942	2628	0.010714	0.017311			
Summary Table (Percentage Std Dev and Mean):								
Metric		Mean	Std Dev %					
Epochs Until Stop		3165.700000	26.701792					
Final Train Loss		0.012377	14.527970					
Final Val Loss		0.018227	6.439278					
Total Failures: 1								

ניסוי 5:

Learning rate: 0.01

Hidden: 2

Bypass: True

Experiment Results Table:							
Experiment	Mean Train Loss	Std Dev Train Loss	Epochs Until Stop	Final Train Loss	Final Val Loss		
1	0.283007	0.224036	12549	0.064089	0.100568		
2	0.364874	0.264662	14895	0.071942	0.111426		
3	0.421337	0.274518	18729	0.064364	0.100520		
4	0.358926	0.266814	13453	0.054252	0.083200		
5	0.326988	0.241231	13324	0.074590	0.114310		
6	0.333994	0.253525	14013	0.057171	0.089336		
7	0.322091	0.238286	13338	0.071517	0.110631		
8	0.306283	0.232734	12622	0.073860	0.113576		
9	0.381623	0.261649	15532	0.074142	0.114081		
10	0.372397	0.257328	14927	0.062583	0.101931		
Summary Table (Percentage Std Dev and Mean):							
Metric		Mean	Std Dev %				
Epochs Until Stop		14338.200000	12.823480				
Final Train Loss		0.066851	11.086120				
Final Val Loss		0.103958	10.510768				
Total Failures: 0							

ניסוי 6:

Learning rate: 0.01

Hidden: 2

Bypass: False

Experiment Results Table:							
Experiment	Mean Train Loss	Std Dev Train Loss	Epochs Until Stop	Final Train Loss	Final Val Loss		
2	0.445256	0.204236	25801	0.041057	0.061158		
5	0.373258	0.248260	14044	0.045030	0.062713		
6	0.402369	0.252813	15712	0.044779	0.062680		
7	0.413405	0.242758	17240	0.044104	0.062493		
8	0.346076	0.245603	12847	0.045220	0.062838		
10	0.437811	0.232536	20516	0.043196	0.062160		
11	0.386342	0.218245	17353	0.043188	0.062152		
14	0.389936	0.241915	15591	0.044429	0.062605		
15	0.469515	0.226860	25323	0.042221	0.061671		
17	0.416797	0.216787	20455	0.042242	0.061743		
Summary Table (Percentage Std Dev and Mean):							
Metric	Mean	Std Dev %					
Epochs Until Stop	18488.200000	24.101197					
Final Train Loss	0.043547	3.203866					
Final Val Loss	0.062221	0.884133					
Total Failures: 7							

ניסוי 7:

Learning rate: 0.01

Hidden: 4

Bypass: True

Experiment Results Table:							
Experiment	Mean Train Loss	Std Dev Train Loss	Epochs Until Stop	Final Train Loss	Final Val Loss		
1	0.288579	0.242232	12193	0.050404	0.079425		
2	0.327465	0.259500	13530	0.065646	0.105742		
3	0.318288	0.255936	12285	0.048549	0.080232		
4	0.301835	0.235700	12187	0.050792	0.081451		
5	0.352813	0.267827	13707	0.053170	0.061346		
6	0.325387	0.257998	12165	0.049848	0.078349		
7	0.288115	0.237039	12144	0.066407	0.106889		
8	0.262684	0.240270	11250	0.054074	0.085112		
9	0.338099	0.261765	11528	0.049042	0.071512		
10	0.308459	0.236542	13499	0.060208	0.095165		
Summary Table (Percentage Std Dev and Mean):							
Metric	Mean	Std Dev %					
Epochs Until Stop	12448.800000	6.813105					
Final Train Loss	0.054814	12.416501					
Final Val Loss	0.084522	17.019832					
Total Failures: 0							

ניסוי 8:

Learning rate: 0.01

Hidden: 4

Bypass: False

Experiment Results Table:								
Experiment	Mean Train Loss	Std Dev Train Loss	Epochs Until Stop	Final Train Loss	Final Val Loss			
1	0.379882	0.237837	16236	0.049185	0.065924			
2	0.361069	0.234637	15280	0.050601	0.066918			
3	0.355831	0.235183	15167	0.050333	0.067252			
4	0.334859	0.230112	13923	0.052579	0.069231			
5	0.378022	0.241028	16367	0.051214	0.068165			
6	0.335532	0.268285	11827	0.048927	0.064718			
7	0.393109	0.248370	15408	0.043888	0.062462			
8	0.316720	0.249809	12456	0.050234	0.066880			
9	0.362215	0.234070	15471	0.049559	0.066242			
10	0.330724	0.255997	12461	0.045642	0.061788			
Summary Table (Percentage Std Dev and Mean):								
Metric		Mean	Std Dev %					
Epochs Until Stop		14459.600000	11.553302					
Final Train Loss		0.049216	5.283649					
Final Val Loss		0.065958	3.582857					
Total Failures: 0								

ניסוי 9:

Learning rate: 0.1

Hidden: 1

Bypass: True

Experiment Results Table:								
Experiment	Mean Train Loss	Std Dev Train Loss	Epochs Until Stop	Final Train Loss	Final Val Loss			
1	0.219929	0.266720	4315	0.020261	0.041163			
2	0.136908	0.196652	3676	0.020218	0.041096			
3	0.158597	0.217421	3833	0.020208	0.041081			
4	0.200745	0.255485	4153	0.020219	0.041097			
5	0.154421	0.214006	3787	0.020258	0.041160			
6	0.213048	0.263179	4251	0.020254	0.041155			
7	0.199187	0.252534	4144	0.020217	0.041097			
8	0.272533	0.281904	4713	0.026866	0.034508			
9	0.214282	0.263017	4277	0.020209	0.041082			
10	0.150678	0.211332	3760	0.020270	0.041177			
Summary Table (Percentage Std Dev and Mean):								
	Metric	Mean	Std Dev %					
	Epochs Until Stop	4090.900000	7.919560					
	Final Train Loss	0.020898	10.034709					
	Final Val Loss	0.040462	5.170765					
Total Failures: 0								

בניסוי זה, קיבלנו 10 טבלאות אמת עבור הנירן הנסתר, מרבית הטבלאות הציגו פונקציה לוגית OR. להלן דוגמה עבור פלט הנירן הנסתר באחת ההרצות:

Truth Table for Hidden Neuron:	
Input	Hidden Output

[0.0, 0.0]	[0.02823871746659279]
[0.0, 1.0]	[0.990946888923645]
[1.0, 0.0]	[0.9909551739692688]
[1.0, 1.0]	[0.999997615814209]

גרפים והסקת מסקנות מהניסויים:

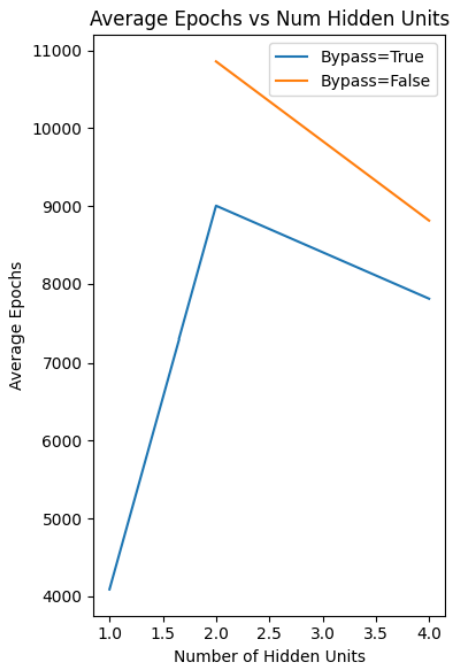
1. גרף זה מציג את השפעת ממוצע כמות ה-epoch-ים

ממספר היחידות הנסתרות.

ניתן להסיק מן הגרף, כי עבור רשת בעלת נורון נסתר אחד כמות ה-epoch-ים הנדרשת לביצוע הלמידה הינה המינימלית ביותר.

לעומת זאת, בין רשתות נורונים בעלת שכבה נסתרת עם 2 נורונים דורשות מספר מקסימלי של epoch-ים. ורשתות בעלות 4 נורונים בשכבה הנסתרת יש ירידה קלה.

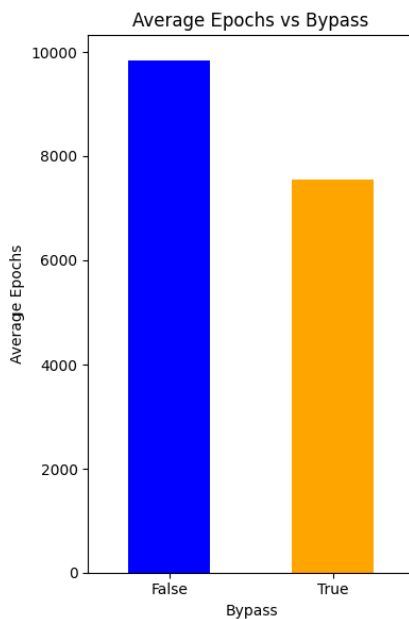
בנוסף, ניתן לראות כי הוספת bypass מקטינה את מספר ה-epoch-ים.

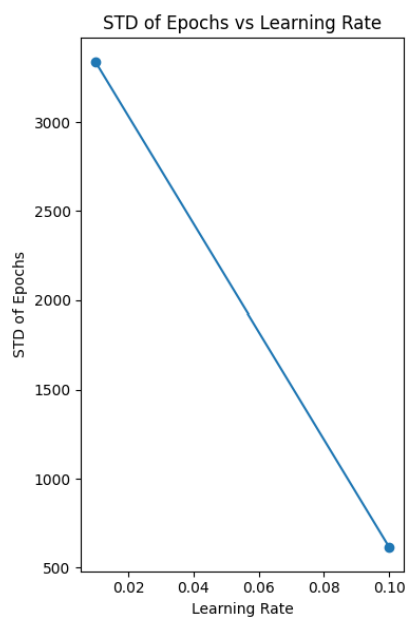


2. גרף זה מציג את השפעת ממוצע כמות ה-epoch-ים

מקיומו של Bypass.

ניתן להסיק מן הגרף, כי הוספת bypass מקטינה את מספר ה-epoch-ים.





3. גרף זה מציג את השפעת ה-STD של מספר ה-epoch-ים מה-Learning rate. ניתן להסיק מן הגרף, כי העלאת ה-learning rate מקטינה משמעותית את מספר ה-epoch-ים.