

עבודה מבוא לרשתות נוירונים

רשת נוירונים נסתרת עם 1 hidden layer

א. 1. בבחירת קבוצות למידה על ידי מספרים מודפסים, ובדיקת אחוזי הצלחה על קבוצת המספרים המטושטשים, בצורה סדרתית:

TEST	
30%	ErrPattern1
30%	ErrPattern2
30%	ErrPattern3

מספר צעדי אימון	אחוזי הצלחה
1-6	10%
7-11	20%
16-18	40%
23-25	50%
37	70%
38	70%
39	40%
40	70%
41	80%
42	90%

Training loop: 30 ... 70 % success

Training loop: 31 ... 60 % success

Training loop: 32 ... 70 % success

Training loop: 33 ... 50 % success

Training loop: 34 ... 70 % success

Training loop: 35 ... 70 % success

Training loop: 36 ... 60 % success

Training loop: 37 ... 70 % success

Training loop: 38 ... 70 % success

Training loop: 39 ... 40 % success

Training loop: 40 ... 70 % success

Training loop: 41 ... 80 % success

Training loop: 42 ... 90 % success

Studied network complete

TEST NETWORK

Test network ...  
30% success  
30 is the success on the first error group

TEST NETWORK

Test network ...  
30% success  
30 is the success on the first error group

TEST NETWORK

Test network ...  
30% success  
30 is the success on the first error group

2. בבחירת קבוצות למידה על ידי מספרים מודפסים, ובדיקת אחוזי הצלחה על קבוצת המספרים המטושטשים, בצורה אקראית:

TEST	
40%	ErrPattern1
30%	ErrPattern2
20%	ErrPattern3

```

Training loop: 59    ...    30 %    success
Training loop: 60    ...    80 %    success
Training loop: 61    ...    40 %    success
Training loop: 62    ...    40 %    success
Training loop: 63    ...    40 %    success
Training loop: 64    ...    30 %    success
Training loop: 65    ...    60 %    success
Training loop: 66    ...    50 %    success
Training loop: 67    ...    30 %    success
Training loop: 68    ...    60 %    success
Training loop: 69    ...    70 %    success
Training loop: 70    ...    90 %    success

```

Studied network complete

-----  
TEST NETWORK  
-----

```

Test network    ...
40%    success
40 is the success on the first error group

```

-----  
TEST NETWORK  
-----

```

Test network    ...
30%    success
30 is the success on the first error group

```

-----  
TEST NETWORK  
-----

```

Test network    ...
20%    success
20 is the success on the first error group

```

מספר צעדי אימון	אחוזי הצלחה
1-8	0%
9-13	20%
16-20	0%
21-25	30%
50-55	50%
66	60%
67	30%
68	60%
69	70%
70	90%

ניתן לראות שבבחירת קבוצת למידה בצורה סדרתית, הגעה ל-90% הצלחה הייתה מהירה בהרבה, תוך 42 פעמים בלבד, לעומת 70 כאשר קבוצת הלמידה הייתה אקראית. לעומת זאת, לא נראה הבדל משמעותי על הזיהוי של המספרים המטושטשים.

- ב. 1. בבחירת קבוצת למידה על ידי קבוצת מספרים מודפסים וקבוצת מספרים מטושטשים, ובדיקת אחוזי הצלחה על שאר קבוצות המפסקים המטושטשים, בצורה **סדרתית**:

TEST	
50%	ErrPattern2
40%	ErrPattern3

מספר צעדי אימון	אחוזי הצלחה
4-8	5%
9-18	10%
21-25	25%
26-31	30%
69-72	50%
82-87	60%
91-94	70%
114	80%
115	80%
116	85%
117	80%
118	90%

```

Training loop: 102    ...    80 %    success
Training loop: 103    ...    70 %    success
Training loop: 104    ...    80 %    success
Training loop: 105    ...    70 %    success
Training loop: 106    ...    80 %    success
Training loop: 107    ...    80 %    success
Training loop: 108    ...    80 %    success
Training loop: 109    ...    85 %    success
Training loop: 110    ...    80 %    success
Training loop: 111    ...    80 %    success
Training loop: 112    ...    80 %    success
Training loop: 113    ...    85 %    success
Training loop: 114    ...    80 %    success
Training loop: 115    ...    80 %    success
Training loop: 116    ...    85 %    success
Training loop: 117    ...    80 %    success
Training loop: 118    ...    90 %    success

Studied network complete

```

#### TEST NETWORK

```

Test network    ...
50%    success
50 is the success on the first error group

```

#### TEST NETWORK

```

Test network    ...
40%    success
40 is the success on the first error group

```

2. בבחירת קבוצת למידה על ידי קבוצת מספרים מודפסים וקבוצת מספרים מטושטשים, ובדיקת אחוזי הצלחה על שאר קבוצות המפסקים המטושטשים, בצורה אקראית:

TEST	
40%	ErrPattern2
50%	ErrPattern3

מספר צעדי אימון	אחוזי הצלחה
9-10	25%
11	35%
12	20%
13	40%
14	25%
15	40%
16	60%
17	25%
85	70%
86	60%
87	55%
88	50%
89	80%
90	90%

```

Training loop: 75    ... 45 % success
Training loop: 76    ... 50 % success
Training loop: 77    ... 60 % success
Training loop: 78    ... 75 % success
Training loop: 79    ... 55 % success
Training loop: 80    ... 55 % success
Training loop: 81    ... 50 % success
Training loop: 82    ... 55 % success
Training loop: 83    ... 75 % success
Training loop: 84    ... 65 % success
Training loop: 85    ... 70 % success
Training loop: 86    ... 60 % success
Training loop: 87    ... 55 % success
Training loop: 88    ... 50 % success
Training loop: 89    ... 80 % success
Training loop: 90    ... 90 % success
Studied network complete

```

#### TEST NETWORK

```

Test network    ...
40% success
40 is the success on the second error group

```

#### TEST NETWORK

```

Test network    ...
50% success
50 is the success on the third error group

```

ניתן לראות שכאשר לקחנו כקבוצת למידה מספרים מודפסים ומטושטשים באופן סדרתי, הלימוד היה הרבה יותר עקבי, לעומת הקבוצות באופן אקראי, שם ישנם פערים גדולים בין הבדיקות, ואפילו לקראת סיום הלמידה קיבלנו תוצאה של 50% בלבד. ניתן להסיק מזה, שהלימוד על קבוצת מספרים מודפסים ומטושטשים אמין יותר ויציב יותר.

כמו כן, לא ראינו הבדלים גדולים ברמת ההצלחה של המבחנים, אולם ההצלחה של המבחנים בצורת למידה זו, טובה יותר מאשר קבוצת הלמידה של מספרים מודפסים בלבד.

ג. 1. בבחירת קבוצות למידה על ידי שתי קבוצות מספרים מטושטשים, ובדיקת אחוזי הצלחה על שאר קבוצות המפסקים המטושטשים, בצורה סדרתית:

TEST	
60%	ErrPattern3

```

Training loop: 107    ...    75 %    success
Training loop: 108    ...    80 %    success
Training loop: 109    ...    70 %    success
Training loop: 110    ...    85 %    success
Training loop: 111    ...    80 %    success
Training loop: 112    ...    75 %    success
Training loop: 113    ...    70 %    success
Training loop: 114    ...    80 %    success
Training loop: 115    ...    75 %    success
Training loop: 116    ...    80 %    success
Training loop: 117    ...    65 %    success
Training loop: 118    ...    75 %    success
Training loop: 119    ...    70 %    success
Training loop: 120    ...    75 %    success
Training loop: 121    ...    65 %    success
Training loop: 122    ...    80 %    success
Training loop: 123    ...    70 %    success
Training loop: 124    ...    75 %    success
Training loop: 125    ...    80 %    success
Training loop: 126    ...    85 %    success
Training loop: 127    ...    90 %    success

Studied network complete

-----

TEST NETWORK

-----

Test network    ...
60%    success
60 is the success on the third error group

```

מספר צעדי אימון	אחוזי הצלחה
1-11	0%
13-19	5%
65-66	25%
77	30%
92	50%
113	70%
114	80%
115	75%
116	80%
121	65%
122	80%
123	70%
126	85%
127	90%

2. בבחירת קבוצות למידה על ידי שתי קבוצות מספרים מטושטשים, ובדיקת אחוזי הצלחה על שאר קבוצות המפסקים המטושטשים, בצורה **אקראית**:

TEST	
40%	ErrPattern3

```

Training loop: 119    ...    60 %    success
Training loop: 120    ...    45 %    success
Training loop: 121    ...    75 %    success
Training loop: 122    ...    50 %    success
Training loop: 123    ...    75 %    success
Training loop: 124    ...    65 %    success
Training loop: 125    ...    60 %    success
Training loop: 126    ...    75 %    success
Training loop: 127    ...    65 %    success
Training loop: 128    ...    70 %    success
Training loop: 129    ...    75 %    success
Training loop: 130    ...    85 %    success
Training loop: 131    ...    90 %    success
Studied network complete

-----
TEST NETWORK
-----

Test network    ...
40% success
40 is the success on the third error group

```

מספר צעדי אימון	אחוזי הצלחה
1-2	0%
7-8	15%
22-24	10%
79	35%
80	5%
81	30%
97	40%
100	25%
114	45%
119	60%
127	65%
128	70%
129	75%
131	90%

כאשר בחרנו בקבוצת למידה שתי קבוצות של מספרים מטושטשים, ובדקנו את אחוזי ההצלחה על קבוצת מספרים מטושטשים נוספת, ראינו כי אין הבדל משמעותי בין שני האופנים, שכן בשניהם הגענו ל-90% הצלחה בתוך כ-130 ניסיונות, במהירות קצת יותר מהירה בלימוד באופן סדרתי. אמנם בבדיקה על קבוצת המספרים המטושטשת, ראינו הצלחה טובה יותר בקבוצת למידה באופן סדרתי.

**למסקנה בתוכנית עם שכבה חסויה אחת:** רואים כי אמנם הלימוד המהיר ביותר הוא כאשר לוקחים קבוצת מספרים מודפסים בלבד, שם גם הלימוד נעשה בצורה המסודרת ביותר, אמנם אחוזי ההצלחה שם אינם גבוהים כמו שראינו כאשר לקחנו קבוצת למידה עם מספרים מטושטשים. אגב, קבוצות המספרים המטושטשות שונות ב-5 תווים של שגיאה מהמספרים המודפסים, ולכן על אף שאחוזי ההצלחה נראים נמוכים, ביחס למספרים המטושטשים התוצאות טובות.

רשת נוירונים עם 3 hidden layer

א. 1. בבחירת קבוצות למידה על ידי מספרים מודפסים, ובדיקת אחוזי הצלחה על קבוצת המספרים המטושטשים, בצורה סדרתית:

TEST	
50%	ErrPattern1
50%	ErrPattern2
60%	ErrPattern3

מספר צעדי אימון	אחוזי הצלחה
1-20	10% - 20%
23-53	30% - 40%
53-54	40% - 60%
66-67	10%
77-79	80%
80-81	50%
83-85	40%
86	60%
87	70%
88	80%
89	90%

```

Training loop: 79    ... 80 % success
Training loop: 80    ... 50 % success
Training loop: 81    ... 50 % success
Training loop: 82    ... 10 % success
Training loop: 83    ... 40 % success
Training loop: 84    ... 40 % success
Training loop: 85    ... 40 % success
Training loop: 86    ... 60 % success
Training loop: 87    ... 70 % success
Training loop: 88    ... 80 % success
Training loop: 89    ... 90 % success
Studied network complete

-----

TEST NETWORK

-----

Test network    ...
50% success
50 is the success on the first error group

-----

TEST NETWORK

-----

Test network    ...
50% success
50 is the success on the first error group

-----

TEST NETWORK

-----

Test network    ...
60% success
60 is the success on the first error group

```

2. בבחירת קבוצות למידה על ידי מספרים מודפסים, ובדיקת אחוזי הצלחה על קבוצת המספרים המטושטשים, בצורה אקראית:

TEST	
30%	ErrPattern1
50%	ErrPattern2
40%	ErrPattern3

מספר צעדי אימון	אחוזי הצלחה
1-18	0% - 40% (קופץ באופן לא סדיר)
19-23	10%
24	30%
31-32	50%
33	60%
34	70%
35-36	50%
37	40%
38	80%
39	90%

```

Training loop: 28    ...    20 %    success
Training loop: 29    ...    30 %    success
Training loop: 30    ...    40 %    success
Training loop: 31    ...    50 %    success
Training loop: 32    ...    50 %    success
Training loop: 33    ...    60 %    success
Training loop: 34    ...    70 %    success
Training loop: 35    ...    50 %    success
Training loop: 36    ...    50 %    success
Training loop: 37    ...    40 %    success
Training loop: 38    ...    80 %    success
Training loop: 39    ...    90 %    success
Studied network complete

-----
TEST NETWORK
-----
Test network    ...
30%    success
30 is the success on the first error group

-----
TEST NETWORK
-----
Test network    ...
50%    success
50 is the success on the first error group

-----
TEST NETWORK
-----
Test network    ...
40%    success
40 is the success on the first error group

```

רואים כי בקבוצת למידה באופן סדרתי, הלימוד היה איטי יותר אך הצלחת המבחנים הייתה גדולה יותר. ולהיפך בלמידה באופן רנדומלי, הלימוד מהיר יותר אך הצלחת המבחנים נמוכה יותר.



ב. 1. בבחירת קבוצת למידה על ידי קבוצת מספרים מודפסים וקבוצת מספרים מטושטשים, ובדיקת אחוזי הצלחה על שאר קבוצות המפסקים המטושטשים, בצורה **סדרתית**:

TEST	
50%	ErrPattern2
70%	ErrPattern3

מספר צעדי אימון	אחוזי הצלחה
1-38	20% - 5%
39-48	30% - 25%
58-87	50% - 25%
90-94	80%
95-99	70%
102-106	80%
107-108	55%
109	40%
110	80%
112	60%
113	70%
114-115	80%
116	90%

```

Training loop: 103    ...    75 %    success
Training loop: 104    ...    75 %    success
Training loop: 105    ...    80 %    success
Training loop: 106    ...    80 %    success
Training loop: 107    ...    55 %    success
Training loop: 108    ...    55 %    success
Training loop: 109    ...    40 %    success
Training loop: 110    ...    80 %    success
Training loop: 111    ...    85 %    success
Training loop: 112    ...    60 %    success
Training loop: 113    ...    70 %    success
Training loop: 114    ...    80 %    success
Training loop: 115    ...    80 %    success
Training loop: 116    ...    90 %    success
Studied network complete

-----

TEST NETWORK

-----

Test network    ...
50%    success
50 is the success on the first error group

-----

TEST NETWORK

-----

Test network    ...
70%    success
70 is the success on the first error group

```

2. בבחירת קבוצת למידה על ידי קבוצת מספרים מודפסים וקבוצת מספרים מטושטשים, ובדיקת אחוזי הצלחה על שאר קבוצות המפסקים המטושטשים, בצורה **אקראית**:

TEST	
20%	ErrPattern2
50%	ErrPattern3

מספר צעדי אימון	אחוזי הצלחה
1-13	15% - 0%
20-22	50% - 40%
33-39	40% - 30%
44-45	80% - 70%
46-53	50% - 40%
54-57	60%
59-60	75%
65-66	85%
67	60%
68	55%
70	70%
71	90%

```

Training loop: 56    ...    65 %    success
Training loop: 57    ...    60 %    success
Training loop: 58    ...    70 %    success
Training loop: 59    ...    75 %    success
Training loop: 60    ...    75 %    success
Training loop: 61    ...    55 %    success
Training loop: 62    ...    75 %    success
Training loop: 63    ...    85 %    success
Training loop: 64    ...    70 %    success
Training loop: 65    ...    85 %    success
Training loop: 66    ...    85 %    success
Training loop: 67    ...    60 %    success
Training loop: 68    ...    55 %    success
Training loop: 69    ...    60 %    success
Training loop: 70    ...    70 %    success
Training loop: 71    ...    90 %    success
Studied network complete

-----
TEST NETWORK
-----
Test network    ...
20%    success
20 is the success on the second error group

-----
TEST NETWORK
-----
Test network    ...
50%    success
50 is the success on the third error group

```

כאשר לקחנו קבוצת למידה של מספרים מודפסים ומטושטשים ביחד, ראינו כי הלימוד באופן סדרתי היה טוב יותר אבל גם איטי יותר, ואילו בלימוד באופן אקראי הלימוד היה מהיר יותר, אבל הצליח פחות במבחנים

ג. 1. בבחירת קבוצות למידה על ידי שתי קבוצות מספרים מטושטשים, ובדיקת אחוזי הצלחה על שאר קבוצות המפסקים המטושטשים, בצורה **סדרתית**:

TEST	
40%	ErrPattern3

מספר צעדי אימון	אחוזי הצלחה
1-11	20% - 10%
34-37	40% - 30%
41-47	45% - 35%
56-60	60% - 55%
62-65	35% - 30%
71-73	65% - 60%
76-80	60% - 55%
81-86	75%
94-98	60% - 55%
104-106	80%
111	90%

```

Training loop: 92    ...    65 %    success
Training loop: 93    ...    70 %    success
Training loop: 94    ...    60 %    success
Training loop: 95    ...    55 %    success
Training loop: 96    ...    55 %    success
Training loop: 97    ...    55 %    success
Training loop: 98    ...    65 %    success
Training loop: 99    ...    75 %    success
Training loop: 100   ...    60 %    success
Training loop: 101   ...    50 %    success
Training loop: 102   ...    75 %    success
Training loop: 103   ...    65 %    success
Training loop: 104   ...    85 %    success
Training loop: 105   ...    75 %    success
Training loop: 106   ...    80 %    success
Training loop: 107   ...    50 %    success
Training loop: 108   ...    60 %    success
Training loop: 109   ...    70 %    success
Training loop: 110   ...    70 %    success
Training loop: 111   ...    90 %    success
Studied network complete

-----

TEST NETWORK

-----

Test network    ...
40%    success
40 is the success on the third error group

```

2. בבחירת קבוצות למידה על ידי שתי קבוצות מספרים מטושטשים, ובדיקת אחוזי הצלחה על שאר קבוצות המפסקים המטושטשים, בצורה **אקראית**:

TEST	
40%	ErrPattern3

מספר צעדי אימון	אחוזי הצלחה
0-15	15% - 0%
21-24	35%
46-62	65% - 40%
63	75%
64	60%
65	90%

```

Training loop: 46    ...    65 %    success
Training loop: 47    ...    50 %    success
Training loop: 48    ...    65 %    success
Training loop: 49    ...    45 %    success
Training loop: 50    ...    55 %    success
Training loop: 51    ...    45 %    success
Training loop: 52    ...    55 %    success
Training loop: 53    ...    50 %    success
Training loop: 54    ...    50 %    success
Training loop: 55    ...    60 %    success
Training loop: 56    ...    45 %    success
Training loop: 57    ...    65 %    success
Training loop: 58    ...    60 %    success
Training loop: 59    ...    50 %    success
Training loop: 60    ...    60 %    success
Training loop: 61    ...    55 %    success
Training loop: 62    ...    60 %    success
Training loop: 63    ...    75 %    success
Training loop: 64    ...    60 %    success
Training loop: 65    ...    90 %    success

Studied network complete

-----

TEST NETWORK

-----

Test network    ...
40%    success

```

גם כאשר לקחנו כקבוצת למידה מספרים מטושטשים, ראינו כי מהירות הלמידה באופן סדרתי היה מהיר יותר מאשר באופן רנדומלי. אולם פה, אין הבדל בהצלחת המבחן על קבוצת המספרים המטושטשת הנוספת.

**מסקנות סופיות**

ניתן לראות שכאשר משתמשים בתוכנית בעלת 3 שכבות חסויות, הלימוד הוא מהיר יותר וגם התוצאות טובות בהרבה. אפשר להניח שהסיבה לזה היא גם כי מספר השכבות החסויות היו 100,80,60 כך שכמות הנזירות גדולה מאוד, ומהווה תלות של נזירי תוצאה בנזירי כניסה בקלות ומהירות.

כמו כן, ראינו כי לאורך כל העבודה שימוש בקבוצת לימוד באופן אקראי הייתה מהירה יותר, אך פחות מוצלחת.

עוד ראינו, שכאשר לוקחים קבוצת למידה מודפסת בלבד, מקבלים תוצאות פחות טובות במבחנים, מאשר קבוצת למידה עם מספרים ממושטשים.