

ביולוגיה חישובית תרגיל 3 על רשת הופילד

א. בשלב הראשון למדנו רק את האות הראשונה מכל סוג. כלומר למדנו את מטריצות 1,11,21,31,41,51,61,71,81,91 על אותיות אלה בנינו את מטריצת המשקולות שלנו. היינו עדים לביצועים לא טובים. והצלחנו לשחזר בהצלחה רק אות אחת. היות וביצועי הרשת לא הניחו את דעתנו, ולאחר קריאה, החלטנו להשתמש במרחק האמינג בשביל לשפר את הביצועים. הפתרון שלנו פעל כך; בעבור כל דוגמא שרצינו לשחזר, חישבנו מרחק האמינג בינה לבין האותיות שלמדנו. ויצרנו מטריצת משקולות חדשה (100 על 100) רק על הדוגמא הנלמדת הכי קרובה מבחינת מרחק האמינג לדוגמא שאנו מעוניינים לשחזר. אופטימיזציה זו, שיפרה משמעותית את הצלחת המודל שלנו.

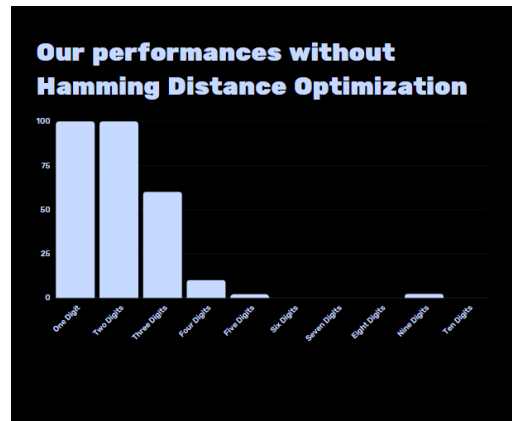
```
100.0% = SUCCESS!!!  
68.42105263157895% = FAILURE!!!  
72.41379310344827% = FAILURE!!!  
41.02564102564102% = FAILURE!!!  
4.081632653061225% = FAILURE!!!  
0.0% = FAILURE!!!  
0.0% = FAILURE!!!  
1.2658227848101267% = FAILURE!!!  
11.235955056179774% = FAILURE!!!  
10.1010101010101% = FAILURE!!!  
STOPPED
```

איור 1, ביצועי הרשת לפני האופטימיזציה.

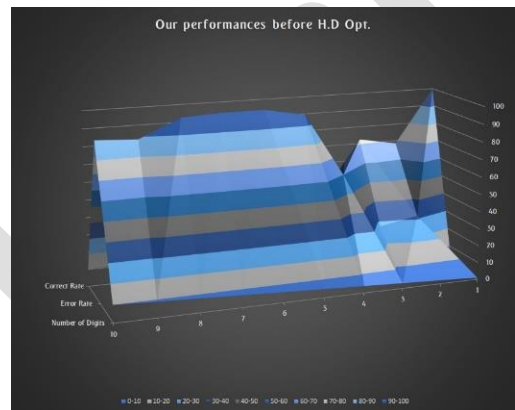
```
100.0% = SUCCESS!!!  
94.73684210526315% = SUCCESS!!!  
93.10344827586206% = SUCCESS!!!  
92.3076923076923% = SUCCESS!!!  
91.83673469387756% = SUCCESS!!!  
91.52542372881356% = SUCCESS!!!  
91.30434782608695% = SUCCESS!!!  
91.13924050632912% = SUCCESS!!!  
91.01123595505618% = SUCCESS!!!  
90.9090909090909% = SUCCESS!!!  
STOPPED
```

איור 2, ביצועי הרשת לאחר הוספת אופטימיזציית מרחק האמינג.

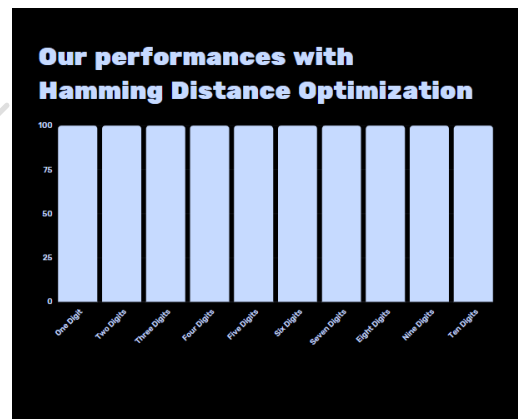
...



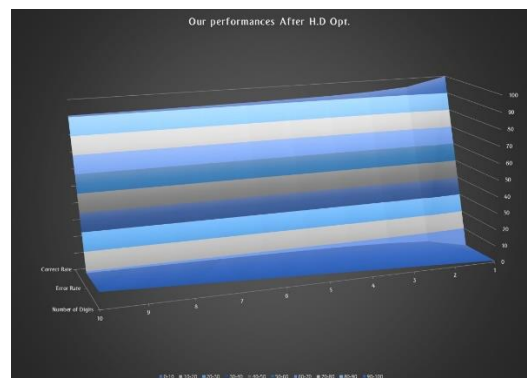
איור 3: ביצועי הרשת במהלך למידה הדרגתית ללא אופטימיזציית מרחק האמינג. ציר הX מייצג כמה אותיות למדנו. ציר הY את אחוז ההצלחה (ערך בין 0 ל100 אחוזים).



איור 4: ביצועי הרשת במהלך למידה הדרגתית ללא אופטימיזציית מרחק האמינג. ציר הX מייצג כמה אותיות למדנו. ציר הY את אחוז השגיאה (ערך בין 0 ל100 אחוזים) וציר הZ את אחוז ההצלחה (ערך בין 0 ל100 אחוזים).



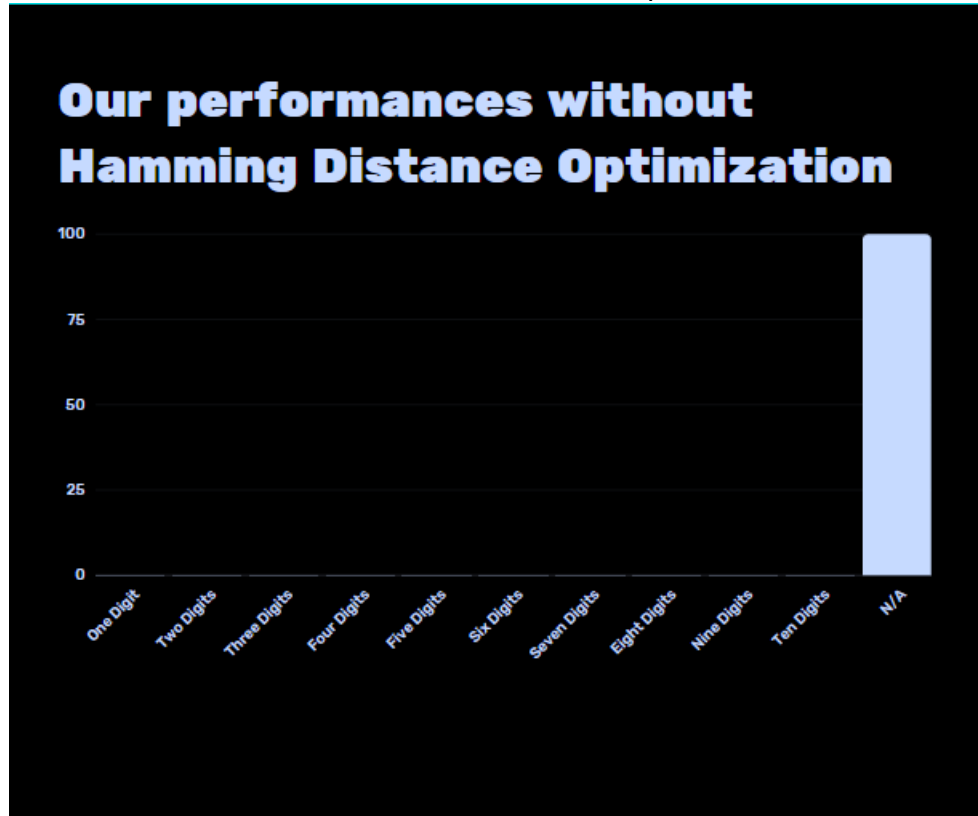
איור 5: ביצועי הרשת במהלך למידה הדרגתית עם אופטימיזציית מרחק האמינג. ציר הX מייצג כמה אותיות למדנו. ציר הY את אחוז ההצלחה (ערך בין 0 ל100 אחוזים).



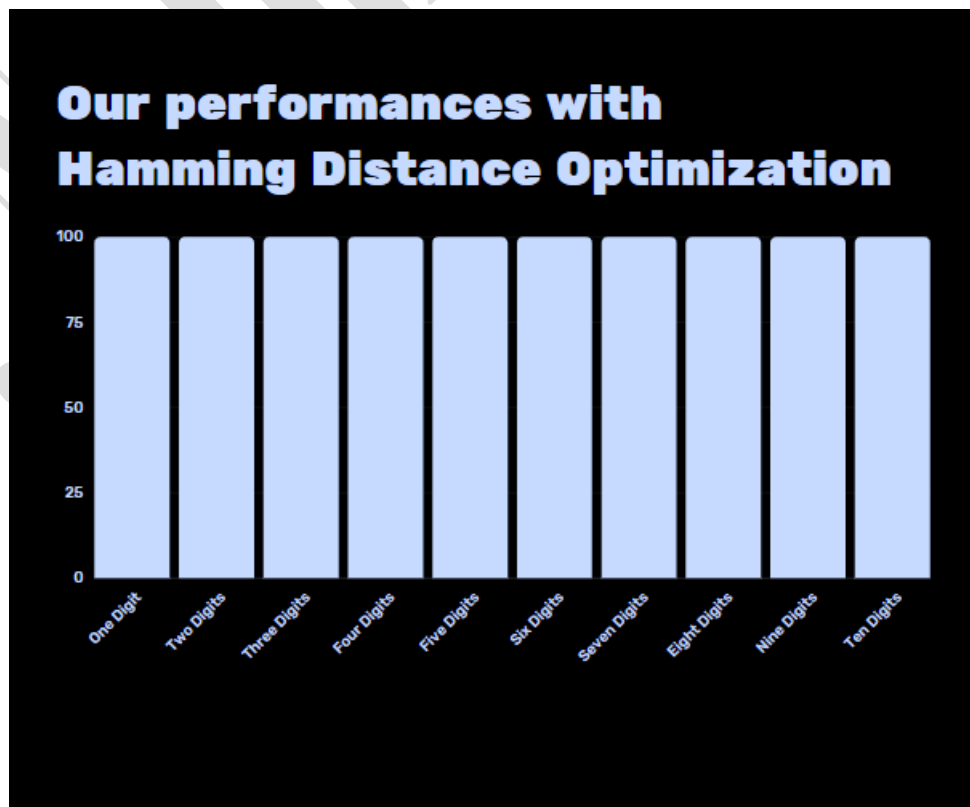
איור 6: ביצועי הרשת במהלך למידה הדרגתית עם אופטימיזציית מרחק האמינג. ציר הX מייצג כמה אותיות למדנו. ציר הY את אחוז השגיאה (ערך בין 0 ל100 אחוזים) וציר הZ את אחוז ההצלחה (ערך בין 0 ל100 אחוזים).

...

ג. הלמידה לא משתפרת. נהפוך הוא, היא רק נהייתה גרועה יותר. יחד עם זאת, הביצועים עם האופטימיזציה של מרחק האמינג אשר תיארונו בסעיף א' לא נפגעו, ונותרו במאה אחוזי הצלחה. למעשה, אנו מניחים כי הלמידה רק השתפרה תחת השימוש באופטימיזציה שכן ההסתברות שדוגמא שהוספנו לה רעש, בכל זאת תהיה הכי קרובה לאחת מהדוגמאות של הספרה הרלוונטית בסט הלמידה היא גבוהה יותר. להלן שני גרפים שממחישים את התוצאות שלנו, לאחר שימוש בכל דוגמאות הקלט, לסט הלמידה.



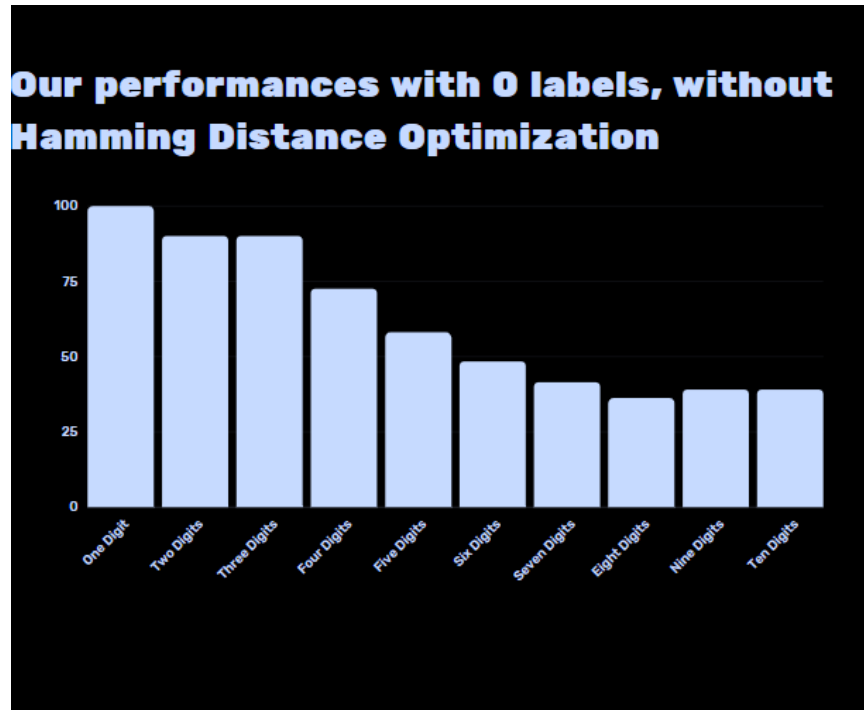
איור 7: ביצועי הרשת במהלך למידה הדרגתית ללא אופטימיזציית מרחק האמינג בשימוש בכל דוגמאות הקלט. ציר ה-X מייצג כמה אותיות למדנו (על ידי 10 דוגמאות לכל אחת). ציר ה-Y את אחוז ההצלחה (ערך בין 0 ל-100 אחוזים).



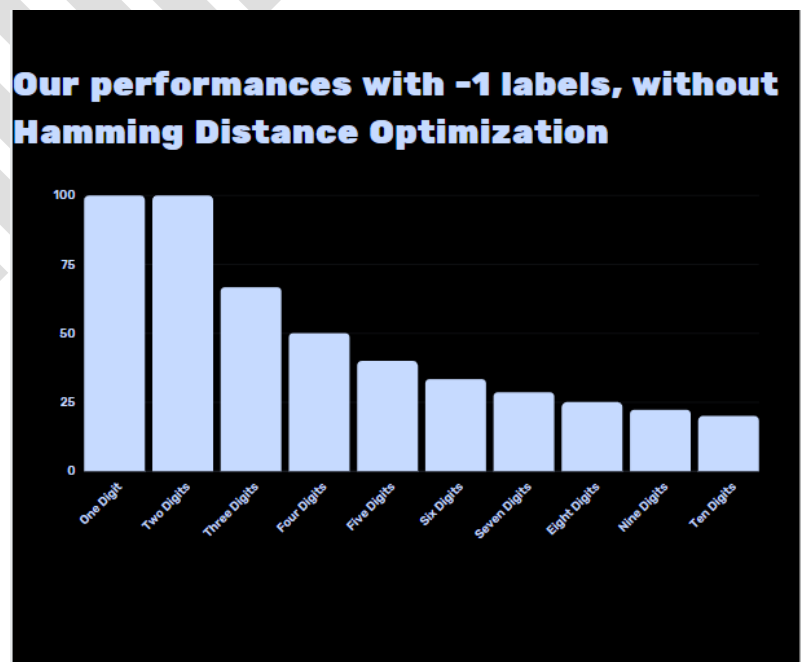
איור 8: ביצועי הרשת במהלך למידה הדרגתית עם אופטימיזציית מרחק האמינג בשימוש בכל דוגמאות הקלט. ציר הX מייצג כמה אותיות למדנו (על ידי 10 דוגמאות לכל אחת). ציר הY את אחוז ההצלחה (ערך בין 0 ל100 אחוזים).

...

ד. להלן גרפים הממחישים את אחוזי ההצלחה של המודל כאשר תא לבן מסווג כ-1 או כ0 ותא כהה מסווג כ1. הבדיקות נערכו כאשר אנו לומדים דוגמא אחת מכל ספרה ובהדרגתיות. וכן, משתמשים בסט בדיקה בגודל של 10 מטריצות בעבור כל ספרה נלמדת. לדוגמא; כאשר למדנו 5 ספרות, השתמשנו בסט בדיקה בגודל 50 מטריצות.



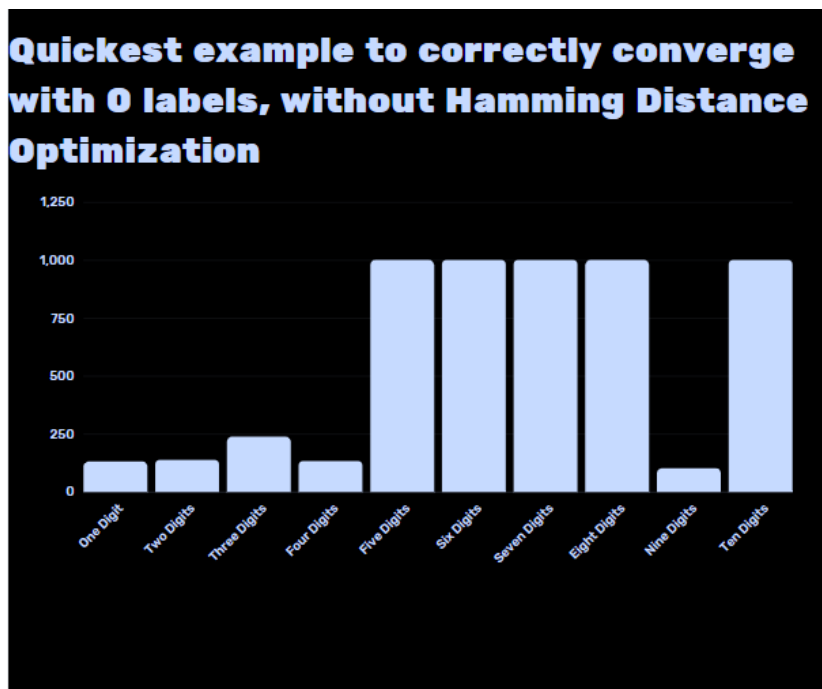
איור 9: ציר הX מייצג כמה אותיות למדנו באיפוק וציר הY את הצלחת המודל באחוזים.



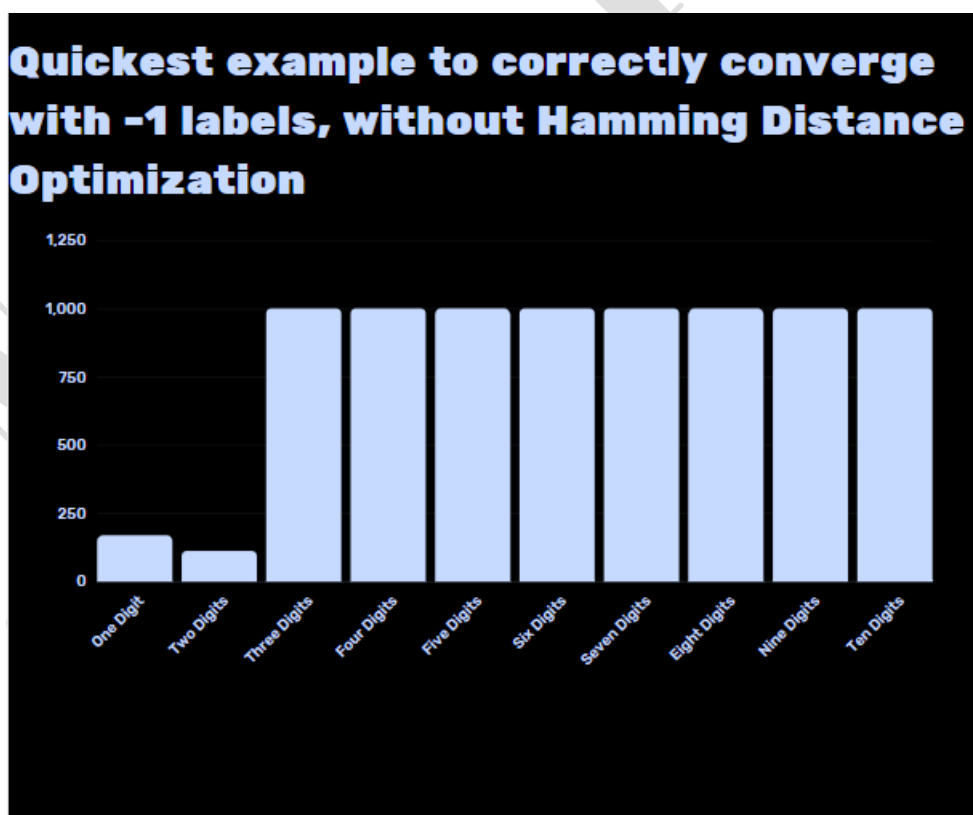
איור 10: ציר הX מייצג כמה אותיות למדנו באיפוק וציר הY את הצלחת המודל באחוזים.

שני המודלים הצליחו באופן מושלם כשהפעלנו את האופטימיזציה שלנו. ולכן לא נביא את הגרפים הממחישים את הצלחת המודלים בשימוש אופטימיזציית מרחק האמינג. במקום, נציג מידע לגבי זמן ההתכנסות. נשים לב שהמודל שלנו

פוסל דוגמא או מעביר אותה לטיפול האופטימיזציה, לאחר 1,001 ניסיונות כושלים. בשני הגרפים הבאים, נציג בעבור כל כמות ספרות שלמדנו, את הדוגמא המהירה ביותר שהתכנסה.



איור 11: ציר הX מייצג כמה אותיות למדנו באיפוק וציר הY את מספר האיטרציות שנדרשו לדוגמא המהירה ביותר להתכנס נכונה.



איור 12: ציר הX מייצג כמה אותיות למדנו באיפוק וציר הY את מספר האיטרציות שנדרשו לדוגמא המהירה ביותר להתכנס נכונה.

מסקנה: כאשר השתמשנו בתיוגים של 0,1 הגענו לביצועים טובים יותר בהשוואה לשימוש בתיוגים של -1,1. הן מבחינת נכונות, והן מבחינת זמן התכנסות.

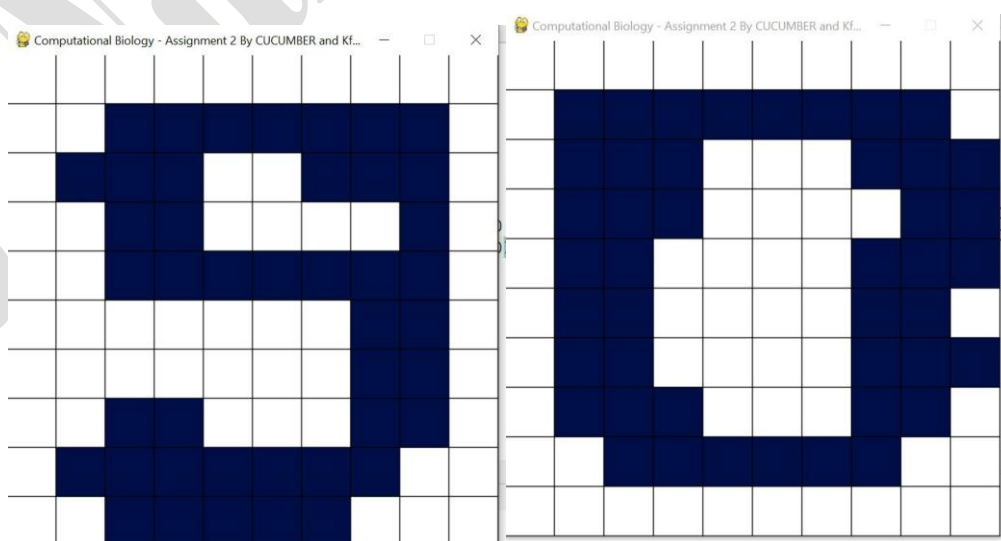
אנו מניחים כי הסיבה לכך נובעת מהנוסחה. כאמור, במהלך בניית מטריצת המשקולות אנחנו בוחנים את ההסכמה בין שתי עמודות. הסימן של התא (+ או -) נקבע בהתאם למאזן ההסכמות\אי ההסכמות באותן עמודות המעורבות בחישוב. כזכור, 1- מייצג תא לבן ובנוסחה, כאשר מקבלים מספר שלילי, מסווגים את התא בשאלה להיות לבן. אך כאשר משתמשים ב-1, קורה משהו מעניין; אם המאזן הסכמות\מחלוקות הוא לטובת המחלוקות, ויש בתא המתאים 1, יומלץ להציב בתא בשאלה 1, שכן שלילי כפול שלילי שווה חיובי, באופן נחרץ יותר משימוש בתייגים של 0, שכן, שלילי כפול אפס שווה לאפס. כלומר, מבחינה אינטואיטיבית לפחות, עושה הרושם ששימוש בתייגים של 0 ואחד, נותן חופש למידה גדול יותר למודל מאשר שימוש ב-1 וב-1.

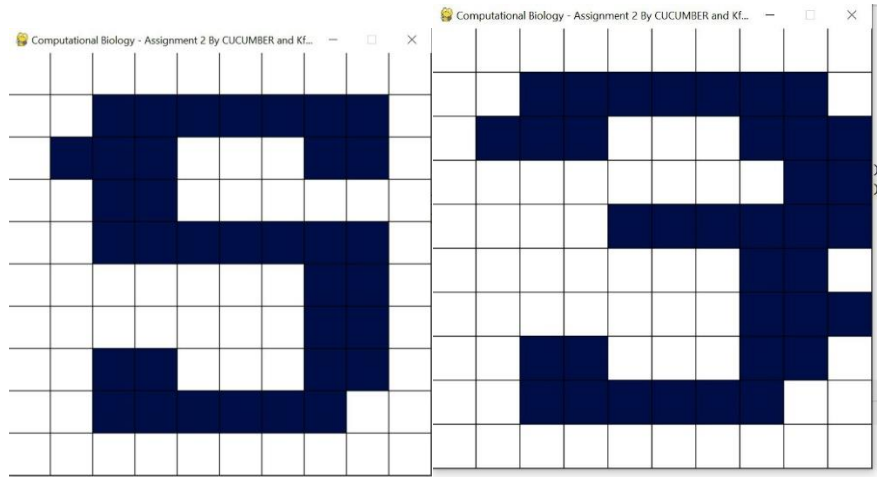
...

ה. במהלך סיווג השגיאות גילינו שלרוב הדוגמאות מתכנסות לצורה שאינה מסט האימון שלנו ביחס של 61:1. על מנת לבצע את החקירה הנדרשת לסעיף נטרלנו את האופטימיזציה, הפעלנו את הלמידה ההדרגתית והשתמשנו בדוגמא אחת בסט הלמידה לכל ספרה.

```
main
C:\Users\kfiri\anaconda3\envs\HopfieldNetwork\python.exe C:/Users/kfiri/F
pygame 2.0.1 (SDL 2.0.14, Python 3.9.5)
Hello from the pygame community. https://www.pygame.org/contribute.html
100.0% = SUCCESS!!!
95.0% = SUCCESS!!!
96.66666666666667% = SUCCESS!!!
72.5% = FAILURE!!!
57.99999999999999% = FAILURE!!!
48.333333333333336% = FAILURE!!!
41.42857142857143% = FAILURE!!!
36.25% = FAILURE!!!
43.333333333333336% = FAILURE!!!
39.0% = FAILURE!!!
39.0% = FAILURE!!!
Wrong digit percent= 1.0
Not a digit= 61.0
STOPPED
```

איור 13: פירוט וסיווג השגיאות.





איורים 14-17, מימין לשמאל, דוגמאות לשגיאות מסוג "לא ספרה בסט הלמידה". איור 14 נראה כמו הספרה 0, איור 15 נראה כמו הספרה 9, איור 16 נראה כמו הספרה 3 ואיור 17 נראה כמו הספרה 5.

נשים לב כי על אף, שהדוגמאות באיורים 14-17, אינן סופקו לנו בקלט, יש דמיון רב בין לבין הדוגמאות האמיתיות. אם עסקינן במרחק האמינג, נראה, כי המרחק בין השגיאות הללו לדוגמאות האמיתיות, קצר מ-10.

...