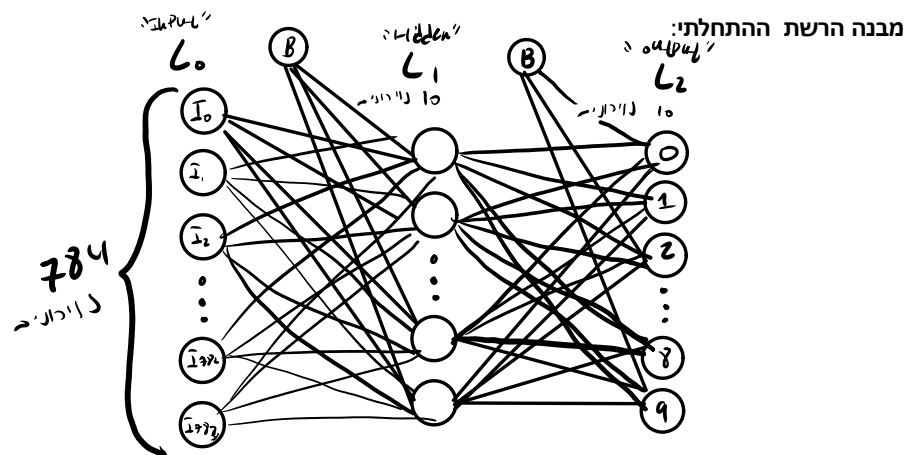


## למידת מכונה פרוייקט סיום

מטרת הפרוייקט: בניית רשת נוירונים אשר מזהה ומבצעת קלסיפיקציה נכונה על דטאסט MNIST.



הרשת תהיה רשת fully connected כלומר כל נוירון בשכבה הקודמת יהיה מחובר לכל נוירון בשכבה העוקבת.

כיוון שבכל תמונה בדטאסט קיימים  $784 = 28 \times 28$  פיקסלים מתבקש כי השכבה הראשונה של הרשת "input layer" שלנו גם היא תכיל 784 נוירונים עבור כל פיקסל.

על מנת להקטין את סיבוכיות הפרוייקט בחרתי לעבוד עם שכבת "hidden layer" בודדת שגודלה 10 נוירונים כיוון שזו נראתה בחירה טבעית.

וכמובן שכבת "output layer" אשר ממנה נשלוף את הפרדיקציה של הרשת אשר מכילה 10 נוירונים גם היא נוירון עבור כל תוצאה אפשרית. כמובן עבור השכבה האמצעית והאחרונה נסיף נוירון עבור ה-BIAS אשר לא יהיה מחובר אליו כלום.

## ניסיונות שיפור:

לאחר סיום כתיבת הקוד הראשוני בהתרגשות רבה אימנתי את הרשת והרצתי לראשונה וקיבלתי תוצאה מפתיעה!

the success rate is 0.098

98% אחוזי הצלחה? מדהים! ואז במבט קרוב יותר.. אהה.. 0.098 אחוזי הצלחה.. קצת פחות טוב מניחוש מוחלט.. לאחר הרצה נוספת לבדיקה אם זו טעות.. לא טעות, אותה תוצאה בדיוק.

החלטתי שאריץ הרצה נוספת על מנת לבצע בדיקת שפיות. הפעם הרצה ללא אימון בכלל, אלא פשוט בניית הרשת וביצוע

score  
the success rate is 0.1186

שיפור! התקדמות! אפילו יותר טוב מניחוש!

כמובן שהיה מדובר בבעיה בקוד.. לאחר מעבר קפדני על הקוד מצאתי את מקור הבעיה..

זה כמובן הוביל לחישוב שגוי שפעפע לאחר ברשת וגרר אותה לתוצאות שהן רנדומליות.

לאחר תיקון, הקוד עבד הרבה יותר טוב והביא תוצאות יותר טובות!

the success rate is 0.524

52% אחוז הצלחה! הרבה יותר טוב נכון?

## שינוי הפרמטרים מס' האיטרציות וקצב הלמידה

### שינוי מס' epochs

עכשיו החלטתי לשחק עם המשתנים קצת. עד עכשיו הרצתי את הרשת למשך epoch יחיד בוא נעלה את הכמות ל-3.

the success rate is 0.7457

שיפור גדול!

ועכשיו ל-5 איפוקים

the success rate is 0.8109

שיפור!

ועכשיו ל-10 איפוקים

the success rate is 0.863

עוד שיפור קטן!

### שינוי קצב הלמידה

ננסה לשחק עם הlearning rate שהיה שווה 0.001 עד עכשיו:

לאחר ניסיון להקטין את הlearning rate ל-0.0001 התקבל

the success rate is 0.5749

ירידה גדולה! כנראה זה לא הכיוון הנכון..

ננסה להעלות אותו ל-0.01

the success rate is 0.9057

מדהים! הגענו ל-90% הצלחה!

האם העלאה נוספת תביא אותנו לשלמות ניסון עם  $\text{learningRate} = 0.1$ ?

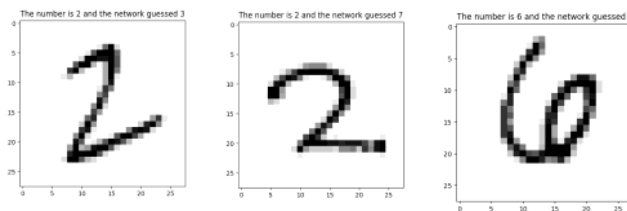
the success rate is 0.893

נראה שלא שינה הרבה ואפילו הוריד קצת לכן נשאיר את קצב הלמידה על 0.01.

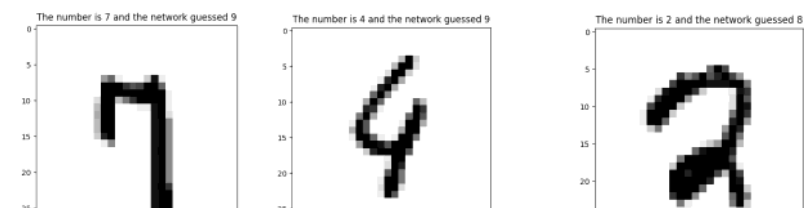
בינתיים הגענו לאחוז הצלחה של בערך 90%

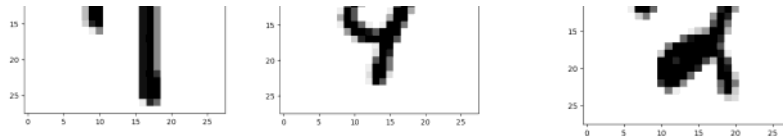
רציתי להסתכל על חלק מהתמונות שהרשת לא מצליחה לסווג נכון:

ואכן יש תמונות שהרשת לא מצליחה למרות שכבן-אדם הייתה מצפה שתזהה בקלות לדוגמא:



אך לעומת זאת יש תמונות שאפשר להבין את הבלבול שלה:





## שינוי מבנה הרשת

כדי לשפר את ביצועי הרשת נוכל לנסות להוסיף עוד נוירונים לשכבה הנסתרת ננסה זאת:

כעת השכבה הנסתרת מכילה 10 נוירונים

ננסה להגדיל את כמות הנוירונים ל-20

the success rate is 0.924

הידד! אומנם קטן אך שיפור!

האם הגדלה ל-30 נוירונים תשפר?

the success rate is 0.9426

נראה שכן!

האם הגדלה ל-40 תהיה אפקטיבית?

the success rate is 0.9523

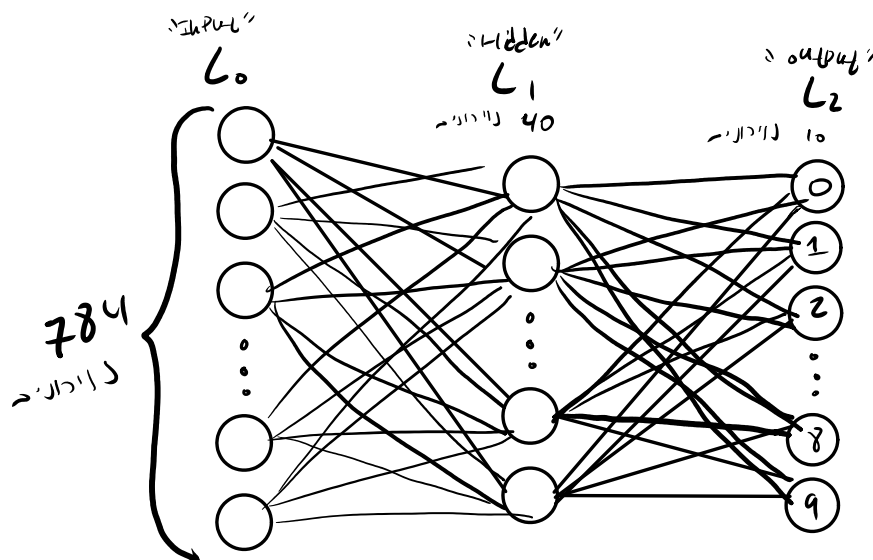
מרשים! האם ניתן לשפר גם את?

שכבה אמצעית עם 50 נוירונים

the success rate is 0.9527

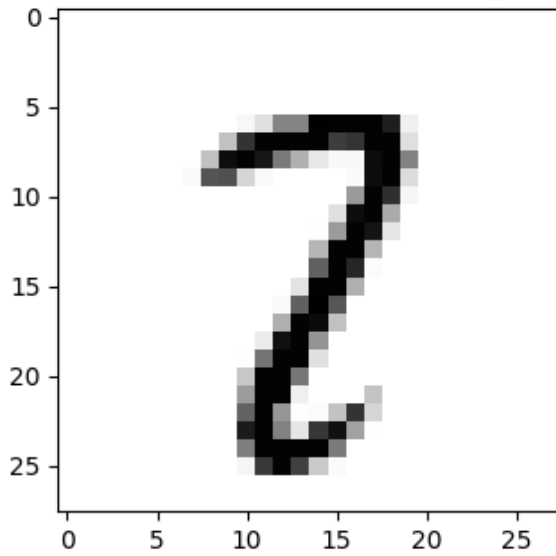
נראה שהגענו לקצה של האסטרטגיה הזו לכן נשאיר את השכבה האמצעית עם 40 נוירונים.

## מבנה הרשת הסופי:

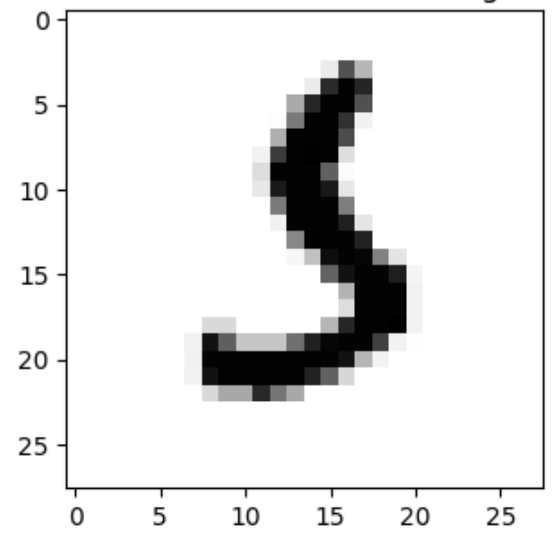


במובן ש95 אחוזי הצלחה זה מצויין! מעניין לראות איזה תמונות הרשת לא מצליחה לזהות

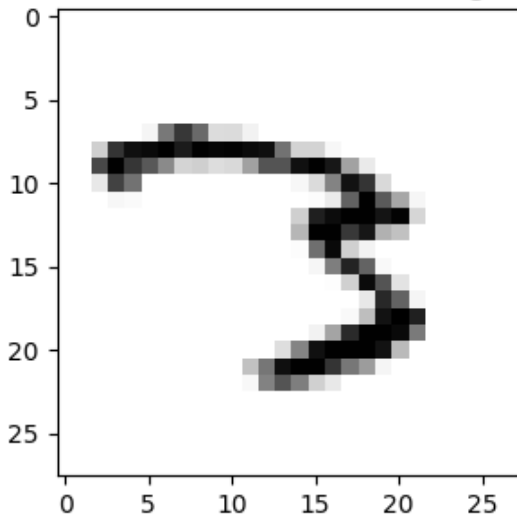
The number is 2 and the network guessed 7



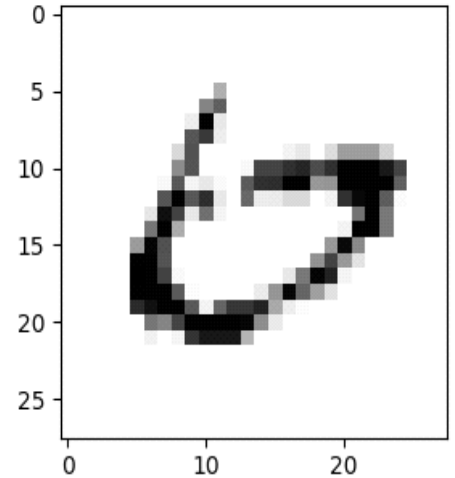
The number is 5 and the network guessed 3



The number is 3 and the network guessed 7



The number is 6 and the network guessed 0



ניתן לראות שבהרבה מהמקרים אכן הציורים במלבלים ועכשויים להטעות אפילו אדם!