

## שאלה 5

### סעיף 1

א

צילום השינויים שנערכו:

```
HW2_C1.m
@@ -3,21 +3,12 @@
3 3 %% ===== Parameters =====
4 4 N = 4000;
5 5 digit1 = 0;
6 6 - digit2 = 7;

7 6
8 7 %% ===== Load MNIST dataset =====
9 8 load('mnist.mat');
10 9

11 10 - % ----- Little bit of exploration to feel the data -----
12 11 - whos
13 12 - disp(training);
14 13 - disp(size(training.images));
15 14 - imagesc(training.images(:,:,10)); axis image; colormap(gray(256));
16 15 - title(['This image label is ',num2str(training.labels(10))]);
17 16 - % -----
18 17 -

19 18 imagesPerDigit1 = training.images(:,:,training.labels == digit1);
20 19 - imagesPerDigit2 = training.images(:,:,training.labels == digit2);
21 20 + imagesPerOtherDigits = training.images(:,:,training.labels ~= digit1);

22 21
23 22 figure(1);
24 23 for k=1:1:100

@@ -29,7 +20,7 @@
29 20
30 21 figure(1);
31 22 for k=1:1:100
32 23 - imagesc(imagesPerDigit2(:,:,k));
33 24 + imagesc(imagesPerOtherDigits(:,:,k));
34 25 colormap(gray(256))
35 26 axis image; axis off;
36 27 pause(0.1);

@@ -40,7 +31,7 @@
40 31 b_all = zeros(2*N,1);
41 32 for i=1:N
42 33 A_all(2*i-1,:) = reshape(imagesPerDigit1(:,:,i),1,28*28);
43 34 - A_all(2*i,:) = reshape(imagesPerDigit2(:,:,i),1,28*28);
44 35 + A_all(2*i,:) = reshape(imagesPerOtherDigits(:,:,i),1,28*28);
45 36 b_all(2*i-1) = +1;
46 37 b_all(2*i) = -1;
47 38 end
```

נסביר:

1. הורדנו את המשתנה digit2 שכן אין צורך יותר להבחין ספציפית בספרה 7
2. (מחקנו את החלק של feel the data מטעמי נוחות, לא באמת משפיע על הפתרון)
3. במקום לאתחל מטריצה imagesPerDigit2 אנחנו מאתחלים מטריצה בשם imagesPerOtherDigits עם כל התמונות שאינן 0
4. בהמשך הקוד החלפנו בהתאם את imagesPerDigit2 בimagesPerOtherDigits כדי לעבוד על כל התמונות שאינן 0 ולא רק על התמונות של 7

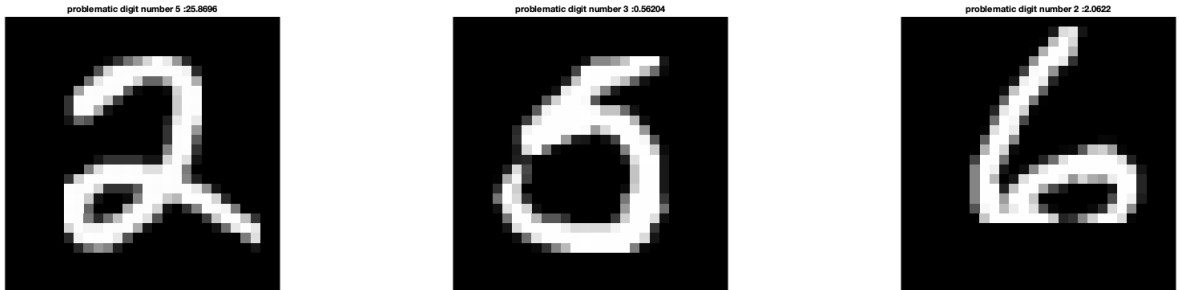
ב

```
Command Window
Train Error:
Accuracy=99.075% (37 wrong examples)
Test Error:
Accuracy=96.45% (142 wrong examples)
```

בTrain טעינו 37 פעמים, וסיימנו עם 99.075% אחוזי הצלחה  
בTest טעינו 142 פעמים וסיימנו עם 96.45% אחוזי הצלחה

ג

נראה כמה דוגמאות. התמונות הבאות סווגו כ0 למרות שאינן מוגדרות כ0 במאגר:



בעוד שהתמונות הבאות סווגו כשונות מ0, למרות שהן מוגדרות כ0 במאגר:



## סעיף 2

א

- עבור  $k = 0$  התקבלו אותן התוצאות כמו בסעיף א, כלומר התקבל:

בTrain טעינו 37 פעמים, וסיימנו עם 99.075% אחוזי הצלחה  
בTest טעינו 142 פעמים וסיימנו עם 96.45% אחוזי הצלחה

- עבור  $k = 1$  התקבל:

בTrain טעינו 67 פעמים, וסיימנו עם 98.325% אחוזי הצלחה  
בTest טעינו 173 פעמים וסיימנו עם 95.675% אחוזי הצלחה

- עבור  $k = 2$  התקבל:

בTrain טעינו 187 פעמים, וסיימנו עם 95.325% אחוזי הצלחה  
בTest טעינו 330 פעמים וסיימנו עם 91.75% אחוזי הצלחה

- עבור  $k = 3$  התקבל:

בTrain טעינו 192 פעמים, וסיימנו עם 95.2% אחוזי הצלחה

בTest טעינו 340 פעמים וסיימנו עם 91.5% אחוזי הצלחה

- עבור  $k = 4$  התקבל:

בTrain טעינו 125 פעמים, וסיימנו עם 96.875% אחוזי הצלחה

בTest טעינו 236 פעמים וסיימנו עם 94.1% אחוזי הצלחה

- עבור  $k = 5$  התקבל:

בTrain טעינו 167 פעמים, וסיימנו עם 95.825% אחוזי הצלחה

בTest טעינו 390 פעמים וסיימנו עם 90.25% אחוזי הצלחה

- עבור  $k = 6$  התקבל:

בTrain טעינו 78 פעמים, וסיימנו עם 98.05% אחוזי הצלחה

בTest טעינו 181 פעמים וסיימנו עם 95.475% אחוזי הצלחה

- עבור  $k = 7$  התקבל:

בTrain טעינו 102 פעמים, וסיימנו עם 97.45% אחוזי הצלחה

בTest טעינו 236 פעמים וסיימנו עם 94.1% אחוזי הצלחה

- עבור  $k = 8$  התקבל:

בTrain טעינו 293 פעמים, וסיימנו עם 92.675% אחוזי הצלחה

בTest טעינו 434 פעמים וסיימנו עם 89.15% אחוזי הצלחה

- עבור  $k = 9$  התקבל:

בTrain טעינו 227 פעמים, וסיימנו עם 94.325% אחוזי הצלחה

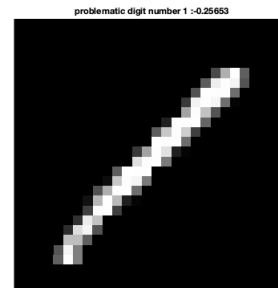
בTest טעינו 403 פעמים וסיימנו עם 89.925% אחוזי הצלחה

ב

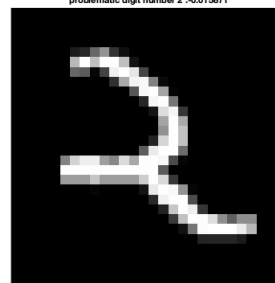
- $k = 0$ : תמונה זו לא סווגה כ 0



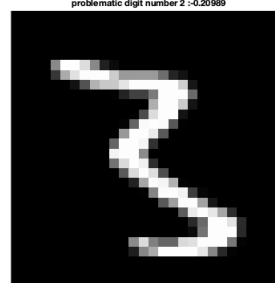
- $k = 1$ : תמונה זו לא סווגה כ 1



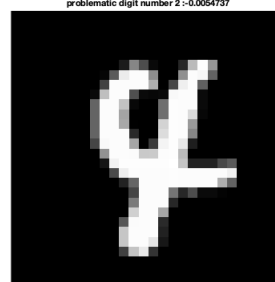
•  $k = 2$ : תמונה זו לא סווגה כ 2



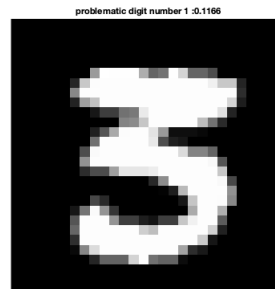
•  $k = 3$ : תמונה זו לא סווגה כ 3



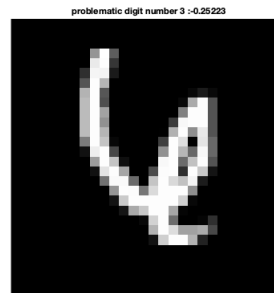
•  $k = 4$ : תמונה זו לא סווגה כ 4



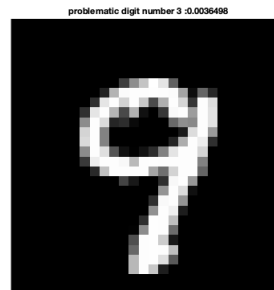
•  $k = 5$ : תמונה זו סווגה כ 5



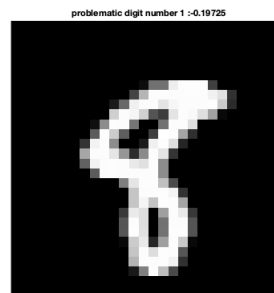
•  $k = 6$ : תמונה זו לא סווגה כ 6



•  $k = 7$ : תמונה זו סווגה כ 7



•  $k = 8$ : תמונה זו לא סווגה כ 8



•  $k = 9$ : תמונה זו סווגה כ 9



### סעיף 3

הצעת הפתרון:

נסתכל על התמונה המקבלת כוקטור שורה  $1 \times 28^2 + 1 = 1 \times 785$  (זו תהיה מטריצה  $A$  החדשה), ונכפיל בכל אחד מהמסווגים שקיבלנו  $x_0 \cdots x_9$ .

באופן אידאלי, רק אחת מההכפלות צריכה לצאת חיובית, ומכפלה זו מעידה על הספרה המופיעה בתמונה. באופן מעשי, על מנת לפתור מצב שייטכנו כמה מסווגים שיתנו תוצאה חיובית, ולכן נבחר את התוצאה החיובית הקרובה ביותר ל-1.

א

תחילה, בפתרון המוצע אנו מטפלים במקרים בהם כמה מהמסווגים מחזירים ערך חיובי. תמיד נבחר לסווג את התמונה כמספר שהחזיר את התוצאה הקרובה ביותר ל-1.

בנוסף, 86 מתוך 10,000 התמונות לא קיבלו ערך חיובי באף אחד מהמסווגים שמצאנו בסעיף ב, ולכן "סווגו" כמספר 1-  
במקרה כזה, נוכל לקחת את הערך המקסימלי מבין כל התוצאות, שכן הוא הכי קרוב לתוצאה חיובית (סיווג נכון).

ב

מתוך 10,000 התמונות קיבלנו 1,547 תמונות שסווגו בצורה לא נכונה (כולל 86 התמונות שהוזכרו בסעיף א).

```
Command Window
Accuracy=84.53% (1547 wrong examples)
Couldnt classify 86 results
fx >>
```

ג

נציג כמה דוגמאות. הכותרת של כל תמונה מציגה מה הספרה שהתקבלה ומה הספרה האמיתית.

