בחינה בעיבוד תמונות, חלק 1, 7/11/21

ענו על שתי השאלות. חומר פתוח ללא מחשבים או מחשבונים.
הערה: תשובה לשאלה יכולה לכלול יותר מנושא בודד המכוסה בבחינה.
<u>משך הבחינה: 60 דקות.</u>

<u>פתחו והסבירו את התשובה במחברת לפני הסימון בטופס הבחינה. סימון התשובות נעשה ע"י X במשבצת המתאימה.</u> ניתן לתקן סימון ע"י השחרת המשבצת וסימון X במשבצת אחרת.

שאלה 1.1

נתונה התמונה f, בגודל $N \times N$, שטווח ערכי האפור שלה הוא $0 \leq f \leq 127$. נחשב את הנגזרת הראשונה בכיוון x ונשמור בתמונה g. נחשב את הלפלסיאן ונשמור בתמונה h. בנוסף, נמצא בh את כל נקודות ה – zero crossing ונשמור אותן בתור התמונה הבינארית z. נגדיר את $|z| = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} z_{ij}$ להיות סכום ערכי הפיקסלים של התמונה הבינארית z.
בכל אחד מהסעיפים הבאים, ביצענו איזשהו שינוי לתמונה f. עבור כל שינוי, עליכם לבחור מה יהיה הערך החדש של g, h ו- $|z|$. שימו לב שניתן להשתמש באותן התשובות עבור סעיפים שונים.

להלן תשובות אפשריות עבור g :

1. g
2. $2 \cdot g$
3. $\frac{1}{2}g$
4. $g + 128$
5. $g - 128$
6. $g + 1$

להלן תשובות אפשריות עבור h :

1. h
2. $2 \cdot h$
3. $4 \cdot h$
4. $\frac{1}{2}h$
5. $\frac{1}{4}h$
6. $h + 128$

להלן תשובות אפשריות עבור $|z|$:

1. $|z|$
2. $2 \cdot |z|$
3. $\frac{1}{2}|z|$
4. 0
5. $4 \cdot |z|$
6. $\frac{1}{4}|z|$

<u>סעיף א</u>: $f_1 = 2 \cdot f$

1. מה יהיו ערכי הפיקסלים ב g_1 ?
2. מה יהיו ערכי הפיקסלים ב h_1 ?
3. מה יהיה הערך $|z_1|$?

<u>סעיף ב</u>: $f_2 = \frac{1}{2} f$

1. מה יהיו ערכי הפיקסלים ב g_2 ?
2. מה יהיו ערכי הפיקסלים ב h_2 ?
3. מה יהיה הערך $|z_2|$?

<u>סעיף ג</u>: $f_3 = f + 128$

1. מה יהיו ערכי הפיקסלים ב g_3 ?
2. מה יהיו ערכי הפיקסלים ב h_3 ?
3. מה יהיה הערך $|z_3|$?

תשובות:

<u>סעיף א –</u>

קונבולוציה היא פעולה לינארית ולכן אם נכפיל את הפיקסלים בתמונה פי 2 כך יוכפלו פי *2* גם הנגזרת הראשונה והלפלסיאן.

$$g_1 = 2g$$
$$h_1 = 2h$$

לעומת זאת, נקודות ה*zero crossing* לא ישתנו, מכיוון שהערכים של הנגזרות גדלים פי 2 אך הסימנים אינם משתנים ואפס נשאר אפס. ולכן:

$$|z_1| = |z|$$

<u>סעיף ב –</u>

באופן דומה לסעיף הקודם נקבל:

$$g2 = \frac{1}{2}g$$
$$h_2 = \frac{1}{2}h$$
$$|z_2| = |z|$$

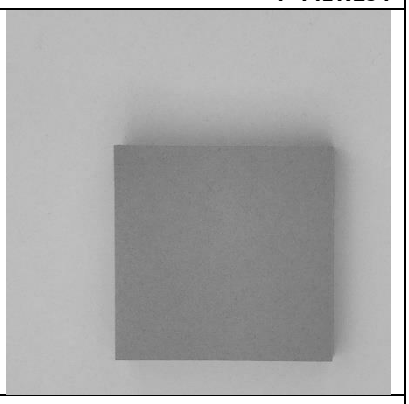
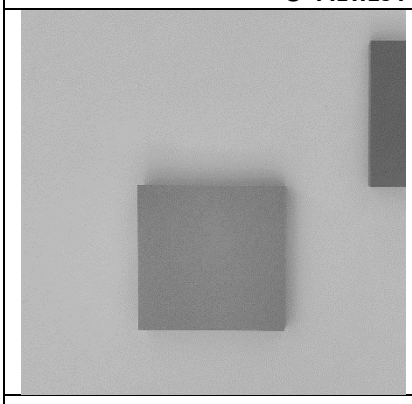
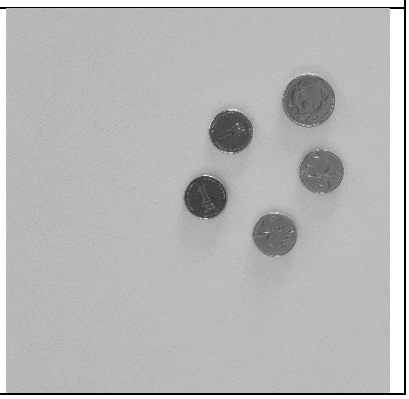
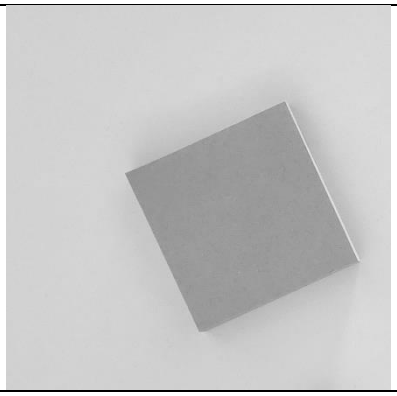
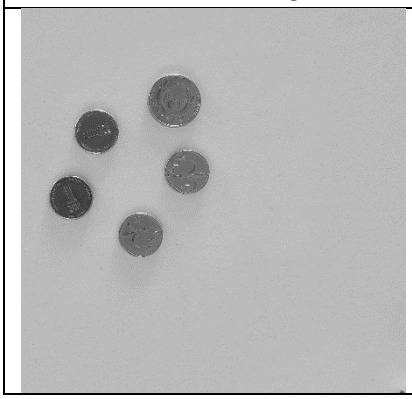
<u>סעיף ג –</u>

חיבור של סקלר אינו משנה את הנגזרות ולכן נקבל:

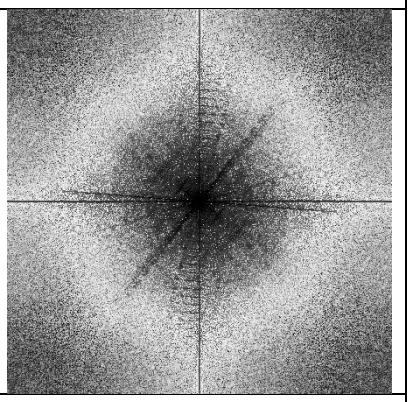
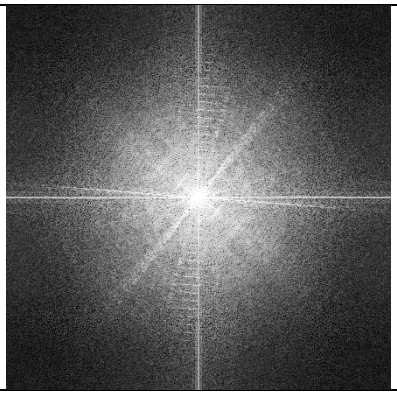
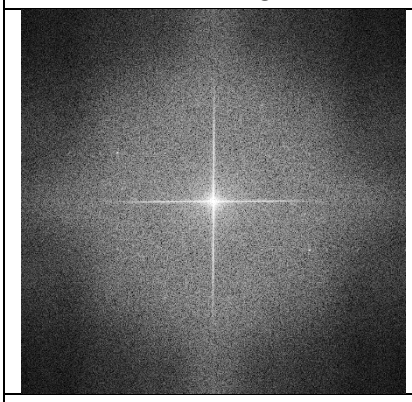
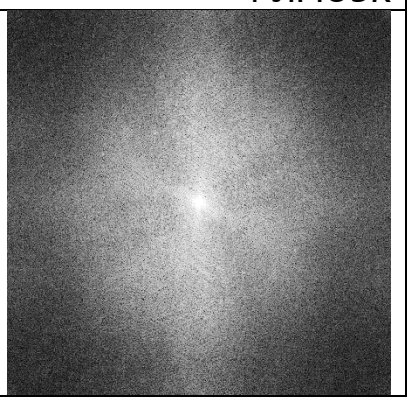
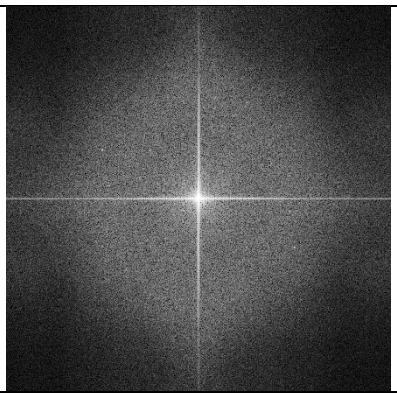
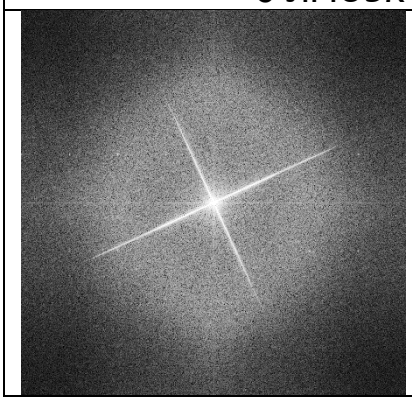
$$g_3 = g$$
$$h_3 = h$$
$$|z_3| = |z|$$

שאלה 1.2

נתונות התמונות הבאות. לכל אחת מהן חישבנו טרנספורם פורייה. התאימו בין תמונות המגניטוד, המופיעות בעמוד הבא, לתמונות המתאימות להן. שימו לב שניתן להשתמש באותן התשובות עבור סעיפים שונים. במידה ואין אף תמונה מתאימה, סמנו את אפשרות 7 (אין אף תשובה מתאימה).

תמונה 1	תמונה 2	תמונה 3
		
תמונה 4	תמונה 5	תמונה 6
		

להלן האפשרויות:

אפשרות 1	אפשרות 2	אפשרות 3
		
אפשרות 4	אפשרות 5	אפשרות 6
		

אפשרות 7: אין אף תשובה מתאימה.

תשובות:

1. תמונה 1 – אפשרות 3.
תמונה זו חלקה ברובה כאשר ישנם אדג'ים רק בקצוות הריבוע, כלומר רק בציר הX ובציר הY. לכן, אנו מצפים לראות בעיקר תדרים נמוכים המרוכזים על ציר U ועל ציר V, ואיננו מצפים לראות תדרים "אלכסוניים". בנוסף, היות וקצוות התמונה חלקות ובצבעים דומים, הציקליות אינה מוסיפה לנו אדג'ים מלאכותיים כך שאיננו מקבלים תדרים מאוד גבוהים בצירי U ו-V.
2. תמונה 2 – אפשרות 2.
מדובר בתמונה המכילה אובייקטים רבים בגדלים, מיקומים וזוויות שונות. ולכן, אנו מצפים לראות תדרים רבים בכל מיני צירים. כמו כן, ישנם אובייקטים על הקצוות כך שהציקליות תגרום להוספה של תדרים גבוהים רבים.
3. תמונה 3 – אפשרות 5.
תמונה זו דומה מאוד לתמונה 1 כאשר ישנם שני שינויים: הריבוע קטן יותר, ולכן נצפה לראות תדרים גבוהים יותר. בנוסף, ישנו ריבוע נוסף בקצוות, כך שהציקליות גם היא תוסיף לנו תדרים גבוהים. ולכן, תמונת המגניטוד דומה לזו של תמונה 1 – מרבית התדרים נמצאים על ציר U וציר V, אך יהיו תדרים הרבה יותר גבוהים הפעם ולכן ה"צלב" הלבן יגיע עד הקצוות.
4. תמונה 4 – אפשרות 4.
מדובר בתמונה המכילה אובייקטים עגולים ולכן נצפה לראות תדרים רבים שאינם ממרוכזים רק על ציר U ועל ציר V. כמו כן, הקצוות חלקים כך שהציקליות לא תתרום גם היא תדרים גבוהים על הצירים.
5. תמונה 5 – אפשרות 6.
מדובר בתמונה מאוד דומה לתמונה 1, כאשר כעת הריבוע מסובב. ולכן, מאותן הסיבות נצפה לראות "צלב" שאינו מגיע עד הקצוות, היות וקצוות התמונה אחידים. אולם כן נצפה לראות תדרים הנמצאים על האלכסונים, ולכן נקבל "צלב" מסובב.
6. תמונה 6 – אפשרות 4.
תמונה זו היא הזזה של תמונה 4, ולכן המגניטוד שלה ישאר זהה ואילו רק הפאזה, שאינה מוצגת כאן, תשתנה.

שאלה 2 - שאלת אלגוריתם

נתונה התמונה A, בגודל $N \times N$. נרצה להחזיר את התמונה T שבה כ-10% מהפיקסלים הנמצאים על השפות (edges) הכי חזקים יסומנו ב-1, ושאר הפיקסלים יסומנו ב-0.
נתון האלגוריתם הבא, כאשר בכל צעד מסומנים מספר רכיבים חסרים. עליכם להשלים את הרכיבים החסרים מתוך האופציות הנתונות.
הערה 1: בחישוב $histogram_equalization$, טווח הערכים לאחר השיווי יהיה בין 0-255.
הערה 2: הסף בסעיף 8: הפיקסלים שערכם גבוה ממש מ- t יעברו ל- "1", והשאר יעברו ל- "0".
הערה 3: כל המטריצות המתוארות בשאלה ניתנות להצגה גם כמטריצות בגודל $N \times N$ בעזרת ריפוד מתאים באפסים.

1. נחשב את $B = \boldsymbol{op_1}(A)$
2. $C = \boldsymbol{op_2}(B, \boldsymbol{K_2})$
3. $D = \boldsymbol{op_3}(B, \boldsymbol{K_3})$
4. $E = \boldsymbol{op_4}(C)$
5. $F = \boldsymbol{op_5}(D)$
6. $G = \boldsymbol{op_6}(E, F)$
7. $H = histogram_equalization(G)$
8. $T = Threshold(H, \boldsymbol{t})$

להלן האופרטורים אשר ניתן להשתמש בהן בסעיפים **1, 4, 5**:

1. $op(x) = IDFT(x)$
2. $op(x) = DFT(x)$
3. $op(x) = x$
4. $op(x) = x^2$
5. $op(x) = x^3$
6. $op(x) = -x$

להלן אופרטורים שניתן להשתמש בהם בסעיפים **2, 3, 6:**

1. $op(x, y) = x + y$
2. $op(x, y) = x - y$
3. $op(x, y) = x \cdot y$
4. $op(x, y) = \frac{x}{y}$
5. $op(x, y) = x * y$

להלן ספים (threshold) שניתן להשתמש בהם בסעיף **8**:

1. $t = 10$
2. $t = 50$
3. $t = 127$
4. $t = 128$
5. $t = 200$
6. $t = 230$
7. $t = 255$

להלן מטריצות K שניתן להשתמש בהן בסעיפים **2-3**:

.1

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

.2

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

.3

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

.4

1	2	1
2	4	2
1	2	1

.5

1	0	0
0	0	0
0	0	0

.6

0	0	0
0	1	0
0	0	0

תשובה:
על מנת לקבל את השפות (אדג'ים) החזקות ביותר, נצטרך קודם כל לחשב את הנגזרות. היות ואין מבחינתנו הבדל בין נגזרות שליליות וחיוביות עבור המקרה הזה, נעלה את הנגזרות בריבוע ונפטר מהסימן. לאחר מכן, נבצע שיווי היסטוגרמה כך שנוכל לדעת מהו הערך ש90% מהפיקסלים נמוכים ממנו, כלומר $0.9 \cdot 255 = 230$ ולהעביר בו סף.

1. נחשב את $B = A$
(אין צורך לשנות את התמונה ולכן op_1 שווה לאפשרות מספר 3: $op(x) = x$)
2. $C = B * \boldsymbol{sobel_x}$
(נחשב את הנגזרת הכיוונית בציר X ולכן k_2 יהיה קרנל סובל בציר X (אפשרות 1) וop_2 יהיה קונבולוציה (אפשרות 5)
3. $D = B * \boldsymbol{sobel_y}$
(נחשב את הנגזרת הכיוונית בציר Y ולכן k_3 יהיה קרנל סובל בציר Y (אפשרות 2) וop_3 יהיה קונבולוציה (אפשרות 5)
4. $E = C^2$
(נעלה בריבוע מכיוון שאנו מעוניינים רק בעצמה של הנגזרת ולא בסימן ולכן op_4 שווה לאפשרות מספר 4)
5. $F = D^2$
(נעלה בריבוע מכיוון שאנו מעוניינים רק בעצמה של הנגזרת ולא בסימן ולכן op_5 שווה לאפשרות מספר 4)
6. $G = E + F$
(נסכום את הנגזרות הכיוניות על מנת לקבל תמונה אחת המכילה את כל הנגזרות ולכן op_6 יהיה אפשרות מספר 1)
7. $H = histogram_equalization(G)$
8. $T = Threshold(H, \mathbf{230})$
(נעביר סף בערך ש90% מהפיקסלים קטנים ממנו, כלומר 230, כך שנשאר עם תמונה שרק 10% מהפיקסלים הנמצאים על השפות החזקות ביותר ישארו).

שימו לב כי ניתן להחליף בין שלבים 2 ו-3: זה לא משנה אם נחשב קודם את הנגזרת בציר הY ואז את הנגזרת בציר הX.