

**עיבוד תמונה דיגיטלי**

**תרגיל מחשב 2**

**מגישים:**

**יגאל ספקטור 214146896**

**יוסף גורן 211515606**

## שאלה 1.

א.

הרצנו על  $a = 0, 0.5, 0.75, 1$  ולדעתי  $a$  הכי טוב הוא  $a = 1$  כי השפות הכי מחודדות עבור  $a$  זה ולא רואים טשטוש בניגוד לתמונה המקורית.



נראה באופן מתמטי. מתקיים כי הפילטר שלנו מקיים:

$$\delta = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\nabla^2 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

בחישוב הפילטר, אנחנו מבצעים קונבולוציה של הפילטר עם התמונה. לכן

$$Y = X * (\delta - a\nabla^2)$$

לפי פילוג:

$$Y = X * \delta - X * a\nabla^2$$

מתקיים כי  $\delta$  לא משפיע על התמונה, שכן הוא לוקח רק את הפיקסל האמצעי שזה הפיקסל הנוכחי עליו הגרעין עובד, כלומר הוא לא מושפע מהפיקסלים סביבו ולכן הוא נשאר זהה. נראה זאת מתמטית:

$$\begin{aligned} Y(x, y) &= (X * \delta)(x, y) \stackrel{\text{commutative}}{=} (\delta * X)(x, y) \\ &= \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 \delta(i, j) X(x - i, y - j) = \delta(0, 0) X(x, y) = X(x, y) \end{aligned}$$

, לכן הוא אדיש לקונבולוציה. לכן נקבל:

$$Y = X - aX * \nabla^2$$

וקונבולוציה עם לפלסיאן מפעילה את הלפלסיאן על התמונה לפי הגדרה. על כן:

$$Y = X - a\nabla^2 X$$

בחלק הכהה של השפה, יש לנו לפלסיאן מאוד חיובי, ולכן החסרת מספר חיובי מפיקסל תהפוך אותו ליותר קטן ולכן יותר כהה. בחלק הבהיר של השפה, יש לנו לפלסיאן מאוד שלילי, לכן החסרת מספר שלילי מפיקסל תהפוך אותו ליותר גדול ולכן יותר בהיר.

על כן הבהרנו את החלקים הבהירים והכהנו את החלקים הכהה, לכן השפה נראית יותר בולטת ולכן זה אכן מבצע חידוד קצוות כי יש יותר קונטרסט בין החלק הכהה לבהיר. ותפקיד הפרמטר  $a$  הוא כמה חזק אנחנו מבצעים את החידוד. אם  $a$  גדול אז החידוד יותר חזק כי אז אנחנו מגדילים את הקונטרסט בין החלק הכהה לחלק הבהיר של הקצה.

ב.

a=5



$$a=10$$



השתמשנו ב- $a = 10$ ,  $a = 5$  ונראה שהתמונה נהיית מחודדת יותר מדי כאשר  $a > 1$ , וזה אף גורם להיווצרות תופעה לא רצויה של רעש, כאשר הרעש נראה חזק ב- $a = 10$ . ואנחנו גם רואים שבקצוות שלנו מאוד "מודגשות". הסיבה היא ש- $a$  הוא פרמטר ששולט בחידוד השפות ולכן המודל נהיה יותר רגיש ללפלסיאנים יותר נמוכים, גם כאשר אין שפות, לכן נוצר רעש, כי המודל מבצע קונטרסט בין אזורים עם לפלסיאן נמוך לגבוה גם כאשר הערכים המוחלטים של הלפלסיאן לא גדולים מדי.

ג.

$a=0.2$



$$a=0.7$$



ניתן לראות שגם הרעש התגבר במיוחד עבור  $a = 0.7$  אבל זה מצופה מכיוון שהערכים המוחלטים של הלפליסיאן מאוד גבוהים כאשר יש רעש *salt and pepper* שכן יש שינוי חד בתמונה (כי אנחנו קופצים מפיקסל כלשהו לערך הכי גבוה 255 או הכי נמוך 0) ולכן המודל מתייחס לזה כאל שפה ולכן הוא מחדד אותה, לכן הקונטרסט בין הרעש לסביבה גדל וזה מגביר את הרעש.

ד.

תחילה נסיר את רעש *salt and pepper* באמצעות מסנן חציון סביבה-8 ולאחר מכן נבצע את חידוד השפות.

$a=0.2$





$$a=0.7$$



ניתן לראות כי חידוד השפות היה יותר אפקטיבי עבור  $a = 0.7$ , כי מסנן חציון גורם לתמונה להיות יותר מטושטשת כי אנחנו מסירים תדרים גבוהים, ולכן חידוד שפות עזר לתמונה להיראות פחות מטושטשת.

ה.

$a=0.2$



$a=0.7$



הוספנו רעש פואסוני לתמונה המנורמלת בתחום  $[0,1]$  עם ערך למדא  $40 \cdot X(x,y)$  לכל פיקסל וקיבלנו את התמונות לעיל.  
כעת נראה את שיפור תהליך חידוד השפות:

$a=0.2$



$$a=0.7$$



השתמשנו ב *non local means filter* עם עוצמה ששווה 22, גודל טמפלייט 9 על 9, גודל חיפוש 31 על 31. הסרנו את הרעש באמצעות ה *non local means filter* ולאחר מכן הפעלנו חידוד קצוות. בתוצאות ניתן לראות שעבור פיקסלים בהירים התיקון יותר גרוע מאשר עבור פיקסלים כהים. עבור פיקסלים כהים אנחנו רואים הורדה משמעותית של הרעש. לא השתמשנו ב *median filter* הפעם מכיוון שהצפיפות של רעש פואסוני גבוהה מאוד ולכן זה לא מתאים. ואילו *non local means* מתאים מכיוון שהוא משמר קצוות והוא יכול להבדיל בין קצוות לבין רעש ואנחנו רואים בתמונות שהקצוות אכן נשמרו היטב והרעש נעלם כמעט לגמרי.

ו.

רעש פואסוני תלוי בתמונה שכן פרמטר פואסון נבחר לפי כל פיקסל בתמונה, על כן אזורים כהים יותר בתמונה נראים יותר מורעשים מאשר אזורים בהירים יותר בתמונה. לעומת זאת, רעש גאוסיאני מתווסף לכל פיקסל באופן אחיד בלי תלוי בעוצמת הפיקסל.

בנוסף רעש גאוסיאני הוא סימטרי סביב התוחלת ואילו רעש פואסוני לא ולכן רעש פואסוני יותר משפיע על פיקסלים עם רמת אפור נמוכה. בנוסף אופן הטיפול ברעשים הוא שונה. ברעש גאוסיאני אנו מטפלים באמצעות מסנן גאוס, ואילו ברעש פואסון מטפלים באמצעות *bilateral filter* או *non local means*.