

# הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

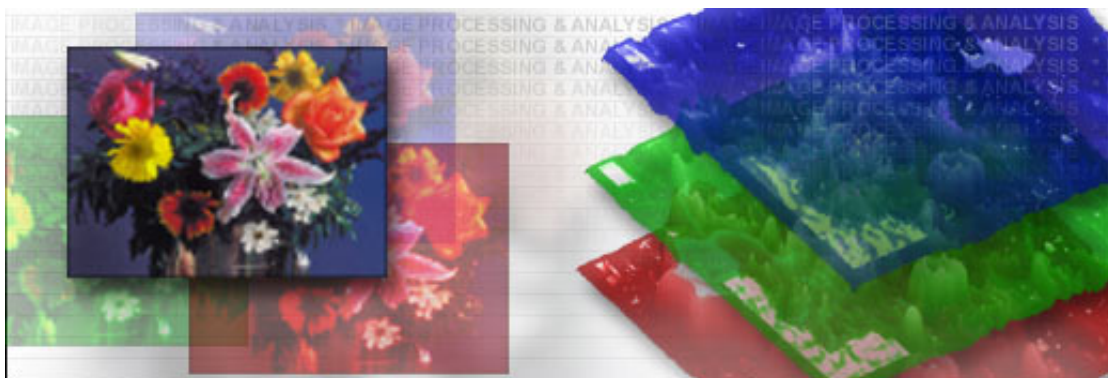
## הפקולטה להנדסת חשמל ע"ש ויטרבי

### המעבדה לראיה ומדעי התמונה

---

מעבדה בהנדסת חשמל 2, 3

*מבוא לעיבוד תמונות*



סמסטר אביב תש"פ

חוברת זו מתארת ניסוי בסיסי בתחום עיבוד וניתוח תמונה, תחת החסות של המעבדה לראיה ומדעי התמונה (VISL). הניסוי מורכב משורה של תרגילים קצרים. בחלק מהתרגילים נדרש לכתוב קוד MATLAB, בחלק אחר יוצגו משטחי עבודה מוכנים, אותם יש להפעיל, לשנות מספר פרמטרים, לראות את השפעתם, להסביר את התוצאה ולהסיק מסקנות. בסיום הניסוי תתבצע משימה מורכבת יותר המבוססת על התובנות מהניסוי. דרישות הקדם לניסוי: הקורסים "אותות ומערכות" (044131) או קורס מקביל, "מבוא להסתברות ח" (104034) או קורס מקביל וכן הכרה כללית של תוכנת MATLAB.

## מבנה המעבדה

המעבדה כוללת 2 פגישות (חלק א' וחלק ב'), כל חלק נמשך 4 שעות.

### חלק א'

- בחינה קצרה בכתב על דו"ח מכין חלק א' (~10 דקות)
- משימה 1 – אינפורמציה על תמונה (~25 דקות)
- משימה 2 – מתיחת היסטגרמה, שינוי בהירות וניגודיות (~30 דקות)
- משימה 3 – סגמנטציה בסיסית (~25 דקות)
- משימה 4 – סינון רעש ושחזור תמונות (~40 דקות)
- משימה 5 – קוונטיזציה והתמרה (מבוא לדחיסה) (~40 דקות)
- משימה 6 – גילוי שפות (~25 דקות)
- הסברים במהלך חלק א' של הניסוי (~10 דקות)

### חלק ב'

- בחינה קצרה בכתב על דו"ח מכין חלק ב' (~10 דקות)
- משימה 7 – פעולות מורפולוגיות (~30 דקות)
- משימה 8 – מרחבי צבע (~35 דקות)
- משימה 9 – מיצוי מאפיינים (~30 דקות)
- משימה 10 – בניית אלגוריתם (~120 דקות)
- הסברים במהלך חלק ב' של הניסוי (~10 דקות)

### הציון לניסוי זה ייקבע על פי המפתח הבא:

- 25% - הכנה (נכונות הדו"חות המכינים).
- 10% - בוחן מוכנות בכתב (התרשמות המדריך ממוכנות הסטודנט לניסוי לפני ביצועו).
- 40% - ביצוע (שלמות ואיכות ביצוע התרגילים בניסוי עצמו, עמידה בזמני הניסוי, הבנת החומר).
- 25% - סיכום (דו"ח הכולל תשובות לכל השאלות הנמצאות בגוף הניסוי, הסברים ומסקנות).

## הנחיות כלליות

- יש להגיע למעבדה מוכנים על פי משימות ההכנה של כל תרגיל – על פי חוברת זו. את הדו"ח המכין יש להגיש לפני כל פגישה בצורה אלקטרונית דרך מערכת LABADMIN בלבד בקובץ מסוג pdf בלבד והוא גם שמש כעזר לביצוע הניסוי. בתחילת הניסוי המדריך יערוך בחינה קצרה בכתב על תוכן הדו"ח המכין.
- כללית יש לבצע את הסעיפים של הניסוי על פי חוברת זו – ייתכנו שינויים על פי הנחיות המדריך!
- בניסוי זה אין צורך להגיש קבצי קוד. עם זאת, הגשת קבצי קוד יכולה רק לשפר את ציון הניסוי ולא לגרוע ממנו. אם הינכם מעוניינים להגיש את קבצי הקוד שלכם יש לעשות זאת בעזרת קובץ ZIP בלבד בצורה אלקטרונית דרך מערכת LABADMIN בלבד.
- שימו לב: חלק משאלות המשימה מתייחסות לתוצאות שמתקבלות בזמן המשימה. לכן, כדאי לענות עליהן בטרם תעברו למשימה הבאה. בסוף כל מפגש ישנן שאלות עליהן יש לענות רק בסיום המפגש והן מסומנות ככאלה. השתדלו להשקיע זמן בניסוי עצמו כדי לסיימו בזמן ופחות בכתובת הדו"ח המסכם! השתדלו להוסיף תמונות לדו"ח המסכם היכן שניתן. זהו ניסוי בעיבוד תמונות, אנו מצפים לתמונות רבות בכל חלקי הניסוי.
- אחרי ביצוע הניסוי יש להגיש דו"ח מסכם – עד שבועיים לאחר הפגישה – בצורה אלקטרונית דרך מערכת LABADMIN בלבד, שוב בקובץ מסוג pdf בלבד. שימו לב שקיימת תבנית מוכנה מראש עבור הדו"ח המסכם ויש להשתמש בה בלבד ובסיום להמירה ל-pdf.
- לתשומת ליבכם: הציון ייפגע למאחרים בהגשת הדו"ח ללא סיבה מוצדקת! הגשת קבצי word עלולה גם כן לפגוע בציון.

## מקורות להכנת המעבדה

- כל קבצי הניסוי וחוברת הניסוי נמצאים במערכת LABADMIN תחת עמוד הניסוי.
- רקע תאורטי המסייע בהבנת נושאי הניסוי נמצא בחוברות המצורפות של אלעד ומקאנדרו. ינתנו הפניות כלליות מתאימות במשימות ההכנה.
- ניתן ורצוי להיעזר **בוויקיפדיה** ובמקורות דומים באופן סביר לצורך ההכנה.
- בנוסף ניתן להשתמש בעמודי help על פונקציות MATLAB אותם ניתן למצוא גם בכתובת:  
<http://www.mathworks.com/>
- הדרכה כללית ב-MATLAB :  
<http://www.ee.technion.ac.il/courses/matlab>
- שאלות ובעיות ניתן להפנות למדריכי הניסוי לפי הפרטים במערכת LABADMIN.

### תרגיל 1 – אינפורמציה על תמונה ב-MATLAB

קראו ב-help של MATLAB את המבוא ל-Image Processing toolbox.

קראו גם על הפונקציות הבאות, שימו לב לפרמטרים השונים של כל אחת מהן:

`meshgrid`, `figure`, `impixelinfo`, `imshow`, `imshowpair`, `mesh`, `imfinfo`, `imread`, `imwrite`, `immse`

בנו תמונה בעזרת הפונקציה `meshgrid`:

```
[X Y]=meshgrid(1:1:127);
im=(128-X+Y);
imshow(im, []);
```

הביטו בתוכן המטריצות X ו-Y.

ניתן היה לבנות את אותה התמונה ע"י שימוש בלולאות. תוכנת MATLAB חזקה בחישובים מטריציים, אך חלשה בביצוע לולאות. בתרגילים המופיעים בניסוי נסו להמעיט בשימוש בלולאות!

עתה הריצו את הקוד הבא:

```
figure(1);imshow(im,[0 127]); impixelinfo;
figure(2);imshow(im,[50 150]);impixelinfo;
figure(3);imshow(im,[150 255]); impixelinfo;
figure(4);imshow(im,[]); impixelinfo;
```

העבירו את הסמן מעל כל תמונה.

כל איבר במטריצה מהווה נקודה בתמונה. נקודה כזו נקראת פיקסל (pixel - picture element).

1. איך מיוצגת תמונה ב-MATLAB? מה ההבדל בין סוגי התמונות `indexed`, `grayscale`, `colored`, `binary`?
2. הוסיפו את התמונות המתקבלות לדר"ח. הסבירו מה מהות השוני בין התמונות (התייחסו למושג 'תחום דינאמי'). האם התמונות שונות בערכי הפיקסלים?
3. מהו התחום הדינאמי עבור תמונה כאשר הסוגריים ריקות []?
4. הסבירו מה עושה הפונקציה `impixelinfo` ומדוע היא שימושית.

### תרגיל 2 – מתיחת היסטוגרמה, שינוי בהירות וניגודיות (אלעד 5.1; מקאנדרו 2.3)

קראו את ה-MATLAB Help על הפונקציות `histeq`, `histogram`, `imhist`.

1. מהי היסטוגרמה של תמונה? מה ניתן ללמוד מההיסטוגרמה על התמונה?
2. לשם מה מבצעים מתיחת היסטוגרמה (נקרא גם מתיחת קונטרסט)?
3. שרטטו את פונקציית ההמרה שמבצעת מתיחת היסטוגרמה – מוצא לעומת כניסה. ציר x יתאר את ערך הפיקסל לפני ההמרה, וציר y את הערך אחריה.
4. שרטטו שתי היסטוגרמות. האחת של תמונה לפני שעברה המרה, והשנייה – אחריה. תארו במילים את הקשר בין ההיסטוגרמות.
5. הסבירו מהי פעולת שוויון היסטוגרמה, ובמה היא שונה ממתחת היסטוגרמה.
6. האם פעולות מתיחה, כדוגמת זו ששרטטתם בשאלה 3, הן פעולות לינאריות, באופן כללי?

### תרגיל 3 – סגמנטציה של תמונה (מקאנדרו 7.2)

קראו את ה-MATLAB Help של הפונקציות `labelmatrix`, `bwconncomp`.

1. מהי קישוריות וכיצד היא משפיעה על גילוי עצמים בתמונות? הסבירו והדגמו באיור את הסוגים.
2. פרטו על מוצא הפונקציה `bwconncomp`. מה מבצעת פונקציה זו ומה החשיבות בכך?
3. הסבירו מה מבצעת הפונקציה `labelmatrix` ומה מתקבל ממנה. כיצד ניתן להיעזר בפונקציה זו?
4. מהו חיתוך בסף ובאיזה מקרים הוא שימושי? האם זוהי פעולה לינארית?

5. תארו את השינוי ברמות ההארה של תמונה העוברת חיתוך בסף ע"י גרפים: הגרף הראשון יכיל את ההארה ההתחלית (ציר x) לעומת הסופית (ציר y). הגרפים השני והשלישי יכילו את ההיסטוגרמה של התמונה המקורית, ושל התמונה הסופית (שרטוטים איכותיים).
6. נתונה תמונה כללית אשר בה מספר עצמים בגוון שונה ולא ידוע כל אחד, ורקע בגוון אחר לא ידוע כלשהו. בידיכם פעולת חיתוך בסף עם ערך סף T קבוע בלבד. הסבירו כיצד ניתן לקבל תמונה בינארית יחידה המכילה את כל העצמים.
7. רשמו שתי דוגמאות לתהליכים מציאותיים הדורשים ביצוע סגמנטציה.

#### תרגיל 4 – סינון רעש ושחזור תמונה (אלעד 5.3; מקאנדרו 5)

קראו את ה-MATLAB Help של הפונקציות `imnoise`, `fspecial`, `imfilter`, `deconvlucy`.

1. פרטו על סוגי הרעש `Poisson`, `Salt & Pepper`, `Speckle` והשפעתם על התמונה. ציינו את הפרמטרים המתאימים לכל אחד מהם.
2. אילו רכיבים או פעולות במצלמה עלולים להכניס רעש (לא טשטוש) לתהליך הצילום וכיצד?
3. פרטו על פעולתן של הפונקציות `fspecial`, `imfilter` וכיצד הן קשורות זו לזו.
4. הסבירו על דרך פעולתו, יתרונותיו וחסרונותיו של מסנן חציון (`Median`).
5. הסבירו על דרך פעולתו, יתרונותיו וחסרונותיו של מסנן ממצע (`Averaging`).
6. הסבירו על ההבדל בין שימוש בפרמטר `circular` לבין שימוש בפרמטר `replicate` בפונקציה `imfilter`. מדוע פרמטר זה חשוב? איזו בחירה מתאימה יותר לדעתכם עבור תמונות?
7. פרטו על פעולתה של הפונקציה `deconvlucy`. מהו `psf`? תנו דוגמה פשוטה.
8. טשטשו תמונה לבחירתכם בעזרת מסנן טשטוש מתאים לבחירתכם והציגו את התוצאות.

#### תרגיל 5 – קוונטיזציה והתמרה (אלעד 4.1, 4.2, 7.1-7.3)

קראו את ה-MATLAB Help של הפונקציות `dct2`, `idct2`, `lloyds`, `imquantize`.

1. מה היא קוונטיזציה? מדוע אנו צריכים לבצע קוונטיזציה למידע?
2. מה תפקידם של הפרמטרים `values` ו-`levels` בתהליך הקוונטיזציה?
3. הסבירו מהי שגיאה ריבועית ממוצעת (`MSE`).
4. העזרו בפונקציה `immse` ומדדו `MSE` בין שתי התמונות שקיבלתם בסעיף 8 בתרגיל הקודם. לאחר מכן מדדו `MSE` בין התמונה המקורית לעצמה. מה המסקנה?
5. מהן שגיאות ה-`MSE` המינימלית והמקסימלית האפשריות ומתי הן מתקבלות?
6. מהו ההבדל העיקרי בין התמרת ה-DCT להתמרת הפורייה ומדוע הוא חשוב?
7. מה לדעתכם מקבלים כאשר מבצעים התמרת פורייה של עיגול לבן (255) מלא על פני רקע שחור (0)? נמקו. רמז: חשבו תחילה על המקרה החד-ממדי. מומלץ לא להעזר ב-MATLAB.

#### תרגיל 6 – גילוי שפות (מקאנדרו 8.1-8.3)

קראו את ה-MATLAB Help של הפונקציה `edge`.

1. איזו סוג של תמונה היא תמונת שפות? מדוע?
2. פרטו על דרכי הפעולה של האופרטורים לגילוי שפות `Sobel`, `Laplacian of Gaussian`, `Canny`.
3. רשמו לפחות שני הבדלים מהותיים בין האופרטורים ותכונותיהם. פרטו.
4. רשמו לפחות שני גורמים טבעיים או סיבות טבעיות שונות שבגללן ישנן שפות בתמונות.
5. ציינו שתי בעיות שונות היכולות להפריע לתהליך גילוי השפות. רשמו דוגמאות בהן בעיות אלו יכולות להופיע.

תרגיל 1 – פעולות מורפולוגיות (מקאנדרו 9.3)

קראו את ה-MATLAB Help של הפונקציות `strel`, `imerode`, `imdilate`.

1. הסבירו את פעולת ההרחבה (`dilation`) ואת פעולת השחיקה (`erosion`) במקרה הכללי.
2. הסבירו את ההשפעה של הגודל והצורה של אלמנט הבניה על תוצאות הפעולות הנ"ל במקרה הבינארי.
3. האם פעולות ההרחבה והשחיקה הן פעולות הופכיות? הסבירו.
4. רשמו מספר דוגמאות לפעולות בעיבוד תמונה שניתן לבצע בעזרת הרחבה ושחיקה במקרה הבינארי.
5. עבור תמונה בינארית, הסבירו כיצד ניתן לממש את פעולות ההרחבה והשחיקה בעזרת פעולות פשוטות שראינו בקורסים קודמים.

תרגיל 2 – מרחבי צבע (אלעד 12.1-12.3; מקאנדרו 11.1-11.2)

1. כמה ערוצים דרושים לייצוג במרחב צבע במקרה הכללי? הסבירו מדוע.
2. עבור כל אחד מחמשת מרחבי הצבע הבאים, הסבירו מה משמעות כל ערוץ בו והיכן משתמשים בו:  
א. RGB    ב. HSV    ג. CMYK    ד. YUV    ה. YCbCr
3. מהו השוני המהותי בין שימוש במרחב RGB לעיבוד תמונה לבין שימוש במרחב HSV?
4. הסבירו מהו מקור אור מונוכרומטי ותנו דוגמה למקור כזה.

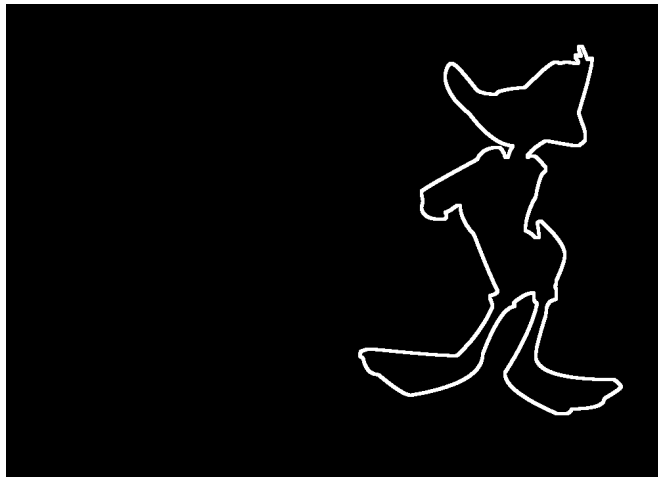
תרגיל 3 – מיצוי מאפיינים

קראו את ה-help של הפונקציה `regionprops`.

1. מה מבצעת פונקציה זו? הסבירו את משמעות המאפיינים הבאים המתקבלים מהפונקציה:  
`BoundingBox`, `Centroid`, `Eccentricity`, `EulerNumber`, `FilledArea`, `MajorAxisLength`, `Orientation`, `Solidity`.
2. מה אפשר לבצע על העצמים בתמונה בעזרת מאפיינים אלו? מה לא ניתן לבצע?
3. מדוע לדעתכם משתמשים באלפיסה לצורך חילוף המאפיינים ולא בצורה אחרת? הסבירו.
4. מה המשמעות המתמטית של המומנט המרכזי השני של אליפסה דו-ממדית מלאה?
5. מהו "סגור קמור" של צורה? מהי צורה קמורה? הסבירו והדגימו באיור.

תרגיל 4 – בניית אלגוריתם

1. מצאו פונקציה הממלאת חורים בתמונות. הסבירו על פרמטרי הפונקציה וכיצד היא פועלת, לדעתכם.
2. מצאו פונקציה המשאירה עצמים בתמונה בינארית ע"פ מאפיינים. באילו מאפיינים לא ניתן להשתמש?
3. הציעו שני אלגוריתמים פשוטים ושונים שמטרתם למלא בצבע לבן ברווז בגודל ומיקום לא ידועים בתמונה בינארית, שניהם ללא שימוש בפונקציה מסעיף 1. ציינו הנחות סבירות שהנחתם. תמונה לדוגמה:



# חלק א'

## משימה 1 – אינפורמציה על תמונה

### מטרת המשימה

הכרת שיטות לקבלת אינפורמציה על תמונה – ערכי מינימום ומקסימום של התמונה, והתפלגות רמות האפור.

### הסבר המשימה

פעמים רבות לפני ביצוע עיבודים שונים על תמונה נרצה לקבל אינפורמציה (סטטיסטית) אודותיה. להלן מספר נקודות כדוגמה לאינפורמציה בעלת תועלת:

- מימדים (רוחב, גובה, עומק, מספר מרכיבים, זמן – אם מדובר בתמונה מתוך סרט).
- סוג המידע בפיקסלים (או אלמנטים אחרים) - (bit, byte, integer, complex,...).
- פורמט קידוד התמונה (הפורמט בו נשמר הקובץ: tiff, gif, jpeg,...).
- מרחב הצבע (RGB, CMY, HSI, ...).
- מסכה על התמונה (validity mask).
- ערך ממוצע של ההארה, שונות (ואריאנס) וכו'.
- ערכי מקסימום ומינימום, ומיקומם.
- התפלגות ערכים (היסטוגרמה).

במשימה זו נפיק מידע סטטיסטי על התמונה (פילוג רמות ההארה), ונציג אותו בצורות שונות. בסיום, נציג את פרופיל רמות האפור של שורה אחת מהתמונה.

במשימה יעשה שימוש בפונקציה `randn` המספקת מספרים אקראיים לפי פילוג גאוס (תוחלת אפס, סטיית תקן 1). עבור סטיית תקן שונה יש לכפול המספרים בסטיית התקן הרצויה. תמונות המיוצגות ע"י 8 ביטים (0 – 255 רמות), יש להמיר למשתנה `double` לעשיית חישובים (חיבור למשל) ולהמיר חזרה ל-`uint8`. מתבצעת קטימה אוטומטית ל-0 או 255 של ערכים נמוכים או גבוהים מדי (בהתאמה).

### תאור המשימה

א.	<p>נתחיל בעבודה על ציפור. טענו את התמונה toucan.tif, הציגו אותה והציגו עליה אינפורמציה:</p> <pre>im=imread('toucan.tif'); figure(1); imshow(im); imfinfo('toucan.tif');</pre> <p>התמונה toucan היא תמונת בדיקה סטנדרטית. ישנן הרבה תמונות בדיקה סטנדרטיות המשמשות להערכת איכות של שיטות ואלגוריתמים בעיבוד תמונות, ואנו נעשה שימוש בכמה מהן. תמונת הבדיקה המפורסמת ביותר היא lena (אותה לא נראה בניסוי).</p> <p><b>עיינו במידע המוצג. מהו גודל הקובץ?</b></p>
ב.	<p>השתמשו בפונקציות <code>mean</code>, <code>max</code>, <code>min</code> על מנת למצוא את הערכים הקיצוניים והערך הממוצע של כל הפיקסלים בתמונה. לדוגמה:</p> <pre>minvalue=min(min(im))</pre> <p><b>מהי רמת ההארה הנמוכה ביותר בתמונה (ערך הפיקסל הנמוך ביותר)? מהו הערך הגבוה ביותר? מהו הערך הממוצע? האם התמונה מנצלת את כל תחום ההארה המותר?</b></p>



ג.	<p>על מנת לחשב כמה פיקסלים הם בעלי ערך <math>N</math>, השתמשו בביטוי:</p> <pre>sum(sum(im==N))</pre> <p><b>מה מספר הפיקסלים בעלי ערך 18?</b></p>
ד.	<p>על מנת לבדוד את השורה ה-<math>N</math> של התמונה השתמשו בביטוי:</p> <pre>L=im(N,:)</pre> <p>הציגו בעזרת הפונקציה <code>plot</code> את השורה ה-170 של התמונה. האם אתם מצליחים למצוא את הקורלציה בין התרשים הדו-ממדי לשורה המתאימה בתמונה? <b>שמרו את הגרף שהתקבל לד"ח המסכם והסבירו בפירוט מה רואים.</b></p>
ה.	<p>הציגו את ההיסטוגרמה של התמונה:</p> <pre>figure(2); imhist(im);</pre> <p>עתה צרו עותק רועש של התמונה ע"י הוספת רעש גאוסני לבן לתמונה המקורית עם סטית תקן 15:</p> <pre>std_n=15; noise=std_n*randn(size(im)); im_n=uint8(double(im)+noise); figure(3); imshow(im_n); figure(4); imhist(im_n);</pre> <p>הציגו את התמונה המורעשת ואת ההיסטוגרמה שלה. <b>הסבירו את ההבדל בין ההיסטוגרמות. ממה לדעתכם נובע ההבדל? הוסיפו את כל התמונות לד"ח.</b></p>
ו.	<p>עקב הכשלון בהדחת הנשיא טראמפ, נצבע את הבית הלבן בשחור:</p> <div data-bbox="145 891 1318 1270" data-label="Image"> </div> <p>טענו את התמונה <code>whitehouse.tif</code> והציגו אותה.</p> <pre>wh=imread('whitehouse.tif'); figure(5); imshow(wh);</pre> <p>בחרו את הפקסלים השייכים לבית הלבן ע"פ ערכם (ולא ע"פ מיקומם) והפכו אותם לשחורים <b>דרך פעולה:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>הפעילו את הפונקציה <code>impixelinfo</code> וטיילו עם העכבר בתמונה.</li> <li>על מנת להפוך את כל הפיקסלים מעל הערך <math>m</math> לערך חדש <math>n</math> השתמשו בביטוי:</li> </ol> <pre>wh(wh&gt;m)=n;</pre> <p><b>שמרו את התוצאה לד"ח הסופי. האם התמונה נראית טבעית? אם לא, מדוע?</b></p>

## שאלות ד"ח מסכם

יש לענות בכתב על כל השאלות בכתום לעיל ולצרף את התמונות והגרפים הרלוונטיים. שמרו את קטעי הקוד שכתבתם בקובץ `ex1.m`.



## משימה 2 – מתיחת היסטוגרמה, שינוי בהירות וניגודיות

### מטרת המשימה

הבנת השפעת שינוי בהירות וניגודיות בתמונה ובהיסטוגרמה של התמונה, שימושים למתיחת היסטוגרמה.

### הסבר המשימה

במשימה זו ייעשה שימוש בכלי אינטראקטיבי של MATLAB שמאפשר לשנות את הערכים של הבהירות ושל הניגודיות של תמונה ולראות את ההשפעה על ההיסטוגרמה של התמונה.

במתיחת היסטוגרמה קובעים שני ערכים: נקודת האמצע (level) ורוחב התחום (window). כלומר, כל פיקסל שערכו גדול מ- $(Level + Window/2)$  ממופה לערך המקסימלי; ערכי ביניים ממופים באופן ליניארי; ערכים הקטנים מ- $(Level - Window/2)$  ממופים לערך המינימלי.

### תאור המשימה

א.	<p>פתחו והריצו את הקובץ <code>imadjdemo.m</code> על מנת להגיע למסך האינטראקטיבי של ה-Intensity DEMO Adjustment and Histogram Equalization. ודאו כי הפעולה על התמונה היא <a href="#">Intensity Adjustment</a> (ולא <a href="#">Histogram Equalization</a>). מצד שמאל רואים את התמונה המקורית, ומתחתיה את ההיסטוגרמה שלה. לידה (מימינה) מוצגת התמונה לאחר מתיחת ההיסטוגרמה ומתחתיה – ההיסטוגרמה החדשה. בחלק הימני של החלון מוצג גרף המתאר את פעולת ההמרה שעובר כל פיקסל (ערך סופי לעומת ערך התחלתי). בגרף מופיעות שלוש נקודות עזר בצבעים שונים (אדום, צהוב וירוק). ניתן להזיז את הנקודות עם העכבר. פנו למדריך במידה ויש בעיה.</p>
ב.	<p>טענו את התמונה <code>circuit</code>. שנו את הערכים של <a href="#">brightness</a> ושל <a href="#">contrast</a> בלבד ובמידת הצורך את הנקודות האדומה והירוקה בגרף, עד שתתקבל תוצאה של רקע שכולו בגוון לבן ואילו הפיקסלים בעלי גוון אפור הכהים ביותר יהפכו לשחור אחיד (ראו דוגמה). בשלב זה לא נשנה את הנקודה הצהובה, אלא מיקומה ישתנה בהתאם לנקודות האחרות.</p> <div data-bbox="678 1245 1307 1615"></div> <p>שמרו את כל החלון עם התוצאה שהשגתם לדו"ח המסכם והסבירו.</p>

<p>ג.</p>	<p>עתה טענו את התמונה pout. הביטו בהיסטוגרמה, האם כל התחום של ערכי האפור מנוצל? באופן דומה לסעיף הקודם, שנו את הערכים עד שתתקבל תמונה משופרת אשר מבליטה את השינויים בין הגוונים הקיימים בתמונה (ראו דוגמה).</p> <div data-bbox="699 271 1315 629">  </div> <p>הוסיפו את החלון עם התוצאה שהשגתם לדו"ח המסכם והסבירו.</p>
<p>ד.</p>	<p>הפעילו על התמונה את פעולת Histogram Equalization והציגו את התוצאה. הסבירו את ההבדל בין התוצאות. איזו פעולה נותנת תוצאה טובה יותר ומדוע?</p>
<p>ה.</p>	<p>עתה טענו את התמונה tire. נבצע לתמונה המרה לא לינארית בערכי ההארה. הפעולה שנבצע הינה שינוי ערך הגמא של התמונה. לחצו על הכפתורים <math>\gamma + \gamma</math> (ניתן לשנות גם על-ידי הזזת הנקודה הצהובה). איזה ערך גמא מניב את התוצאה הטובה ביותר לדעתכם? הוסיפו את החלון עם התוצאה שהשגתם לדו"ח המסכם.</p>
<p>ו.</p>	<p>כעת נסגור את ה-DEMO ונחזור ל-MATLAB. טענו את התמונה liftingbody.png והפעילו עליה את הפונקציה histeq:</p> <pre>lb=imread('liftingbody.png'); figure; histeq(lb);</pre> <p>הציגו את התמונות ואת ההיסטוגרמות שלהן לפני ואחרי ביצוע הפונקציה. פרטו והסבירו את ההבדלים בין התמונות ובין ההיסטוגרמות. איזו תמונה נראית טוב יותר? הסבירו. איזו תמונה שימושית יותר? הסבירו.</p>

### שאלות דו"ח מסכם

יש לענות בכתב על כל השאלות בכתום ולצרף את התמונות והגרפים הרלוונטיים.

שמרו את קטעי הקוד שכתבתם בקובץ ex2.m.

## משימה 3 – סגמנטציה בסיסית (חיתוך בסף, תיוג)

### מטרת המשימה

ביצוע סגמנטציה של תמונה (חלוקת התמונה לאזורים) באופן בסיסי בעזרת חיתוך בסף.

### הסבר המשימה

סגמנטציה של תמונה היא תהליך של חלוקת התמונה לאזורים שונים, לרוב ע"פ העצמים שבה. תהליך זה, כמובן, תלוי בהגדרת הבעיה.

שיטה פשוטה ומקובלת לביצוע סגמנטציה היא בעזרת חיתוך בסף של התמונה. בפעולה זו פיקסלים בעלי ערך מתחת לסף מסוים מקבלים ערך אחד (למשל 0 = שחור), בעוד פיקסלים בעלי ערך הגבוה מהסף מקבלים ערך אחר (למשל 1 = לבן) והתוצאה היא תמונה בינארית. במשימה זו נבצע סגמנטציה של תמונה בעלת עצמים אותם רוצים לבדוד מן הרקע. לאחר מכן נבצע תיוג עצמים, תהליך שנקרא labeling. בתהליך זה מסמנים כל עצם בתווית זיהוי שונה. ניתן כך להציג כל עצם בצבע שונה לצורך הפרדה וויזואלית.



### תאור המשימה

א.	טענו והציגו את התמונה rice.png והציגו היסטוגרמה שלה. <b>שערו (ללא בדיקה), איזה ערך סף שנפעיל על התמונה יפריד את גרגרי האורז מן הרקע?</b>
ב.	בצעו <u>כמה</u> חיתוכי סף בערכים שונים לפי הדוגמה הבאה, והציגו את התוצאות להשוואה (ניתן להשתמש ב-subplot כדי להציג מספר תמונות בחלון אחד).  Thresh=100; bw=im>Thresh;  <b>הציגו את התמונות, תארו והסבירו את התוצאות שהתקבלו. מהו אחוז הפיקסלים הלבנים בכל אחת מהתמונות (אפשר לספור את הפיקסלים בעזרת sum)? האם מצאתם ערך סף המפריד במדויק את כל הגרגירים מהרקע? אם כן, מהו?</b>
ג.	כעת נבצע תיוג (labeling). טענו והציגו את התמונה pieces.png. בצעו חיתוך בסף עם ערך סף מתאים כדי להפוך את התמונה לתמונה בינארית עם הפרדה ברורה בין העצמים לרקע ומעט טעויות ככל האפשר. שנו את התמונה שקיבלתם כך שתכיל <b>רקע שחור ועצמים לבנים</b> . <b>הציגו את התמונה הסופית. איזה ערך סף בחרתם?</b>

ד.

בצעו תיוג של התמונה, בעזרת הפונקציות `bwconncomp` ו-`labelmatrix`.  
הציגו את התמונה אחרי התיוג בעזרת מפת צבעים אקראית באופן הבא:

```
CC=bwconncomp(im);  
labels=labelmatrix(CC);  
cmap=rand(1000,3);  
imshow(labels,cmap);
```

הציגו את התוצאה. מה המשמעות של הערך של כל פיקסל בתמונת התיוג (לפני הצביעה)?

מצאו כמה עצמים זוהו בתמונת התיוג בעזרת השדה `CC.NumObjects`.

האם מספר העצמים שזוהה זהה למספר החפצים בתמונה המקורית? אם לא, הסבירו מדוע.

## שאלות דר"ח מסכם

יש לענות בכתב על כל השאלות בכתום ולצרף את התמונות והגרפים הרלוונטיים.

שמרו את קטעי הקוד שכתבתם בקובץ `ex3.m`.

## משימה 4 – סינון רעש ושחזור תמונות

### מטרת המשימה

הכרת סוגי רעש וטשטוש ואת דרכי ההתמודדות איתם. סינון תמונות ושחזור תמונות מטשטוש.

### הסבר המשימה

ברוב התמונות בהם אנו נתקלים קיים רעש במידה כזו או אחרת. רעש יכול לנבוע מהגלאי שבו משתמשים במצלמה, מהמערכת האופטית, מהאופן בו הועברה/נשמרה התמונה, ועוד. סינון (ניקוי) הרעש מתבצע בד"כ בשלב העיבוד המקדים (pre-processing) של התמונה. פעולת סינון הרעש תלויה הן בסוג הרעש והן במטרה לשמה רוצים לנקות את התמונה. במהלך המשימה נבחן תמונות עם רעשים שונים ולחילופין טשטוש. כדי לסנן את הרעש נשתמש במסננים בגדלים שונים, ונשים לב ל-trade-off הקיים בין גודל החלון, איכות סינון הרעש ושמירה על חדות התמונה המקורית. בתיקון של טשטוש נשתמש בתהליך שחזור איטרטיבי ונבחן את איכות שחזור הפרטים העדינים בתמונה המקורית לעומת מגבלות תהליך השחזור עצמו.

### תאור המשימה

א.	הריצו את הקובץ <code>nrfiltdemo.m</code> על מנת להגיע למסך האינטראקטיבי של ה-DEMO עבור Noise Reduction Filtering. ה-DEMO דומה לזה ממשימה 2. פנו למדריך במידה ויש בעיה.
ב.	הרעש הראשון עמו ננסה להתמודד הוא רעש שיאים. בחרו את התמונה <code>Pepper</code> . בחרו רעש <code>Salt &amp; Pepper</code> עם צפיפות 0.1 ולחצו על הכפתור <code>Add Noise</code> כדי להוסיף לתמונה את הרעש. בצעו ששה סינונים של הרעש באמצעות מסננים מסוג <code>Median</code> ו- <code>Averaging</code> בשלושת הגדלים האפשריים (הקישו <code>Enter</code> לאחר הזנת ערכים חדשים ובצעו את הפעולה ע"י לחיצה על הכפתור <code>Apply Filter</code> ). <b>הציגו את התוצאות והשוו ביניהן. מתי מתקבלת התוצאה הטובה ביותר? מדוע?</b>
ג.	בחרו רעש <code>Salt &amp; Pepper</code> , צפיפות 0.7, מסנן חציון <code>7x7</code> , ואת התמונות <code>Rice</code> ו- <code>Saturn</code> . <b>הציגו את התוצאות. איזו תוצאה מובנת יותר? מדוע? האם יש קשר לגודל המסנן? לאופי התמונה?</b>
ד.	כעת ננסה להתמודד עם רעש לבן גאوسی. בחרו את התמונה <code>Coins</code> ובחרו רעש גאوسی עם תוחלת 0 ושונות 0.01. בצעו ששה סינונים של הרעש באופן דומה לסעיף ב'. <b>הציגו את התוצאות והשוו ביניהן. איזה מסנן שומר על השפות יותר טוב? הסבירו מדוע.</b>
ה.	בסעיפים הבאים נבצע תהליך שחזור לתמונה אשר הוחלקה עם מסנן טשטוש, מחוץ ל-DEMO. טענו והציגו את התמונות <code>cameraman.tif</code> ו- <code>cam_blur.tif</code> . התבוננו בגבולות העצמים בתמונות. <b>נסו להעריך, איזה סוג של טשטוש עברה התמונה המקורית? כיצד יכול להתקבל טשטוש כזה? התמונה <code>cameraman</code> היא גם תמונת בדיקה סטנדרטית (אם כי לא מוצלחת במיוחד). מצאו את מסנן הטשטוש שהופעל על התמונה (ע"י התבוננות בתמונה וניסוי). ודאו את תשובתכם ע"י הפעלת המסנן על התמונה המקורית והשוואה לתמונה המטושטשת. מהו המסנן שמצאתם?</b>
ו.	הפעילו על התמונה המטושטשת את הפונקציה <code>deconvlucy</code> עם המסנן שמצאתם בסעיף הקודם. <b>הציגו את התוצאה. האם היא זהה לתמונה המקורית? האם היא מטושטשת? איזו בעיה מופיעה בתמונה זו? מדוע מופיעה בעיה זו? פרטו ככל הניתן. בפועל, אנו מנסים להפוך פעולת קונבולוציה. האם היא הפיכה? באיזה תנאים מתקיימת הפיכות?</b>

### שאלות דר"ח מסכם

יש לענות בכתב על כל השאלות בכתום ולצרף את התמונות והגרפים הרלוונטיים.

שמרו את קטעי הקוד שכתבתם בקובץ `ex4.m`.

## משימה 5 – קוונטיזציה והתמרה

### מטרת המשימה

הכרת תהליכי קוונטיזציה והתמרה והבנת השימוש בהם.

### הסבר המשימה

תהליכי קוונטיזציה והתמרה הם תהליכים עיקריים ברכישת תמונות ובדחיסתן. כאשר אנו מעוניינים לייצג תמונות במחשב או באמצעי אחר באופן יעיל, יש להקטין ולארגן באופן חכם את המידע בתמונה. קוונטיזציה לתמונה אכן מקטינה את מספר ערכי רמות האפור השונים בה, אך עלולה להביא לפגיעה באיכות התמונה. במשימה זו נבחן שתי שיטות קוונטיזציה ונשווה ביניהן. התמרת התמונה למישור אחר לרוב אינה יוצרת חסכון במידע התמונה, אך מאפשרת לסדר אותו בדרך יעילה יותר אשר מאפשר לתהליכי אחריים אפשרות להקטין את כמות המידע תוך פגיעה קטנה הרבה יותר באיכות התמונה. במשימה זו נבחן את התוצאה של התמרת ה-DCT, הן באופן גלובלי והן באופן מקומי ע"י חלוקת התמונה לטלאים.

### תאור המשימה

<p><b>א.</b> טענו והציגו את התמונה barbara.tif ואת ההיסטוגרמה שלה. גם barbara היא תמונת בדיקה סטנדרטית, המתאימה לבחינת תהליכי דחיסת תמונות. נבצע לתמונה קוונטיזציה <u>אחידה</u>:</p> <pre>N=16; levels=linspace(0,256,N+1); values=levels(1:end-1)+(128/N); im_qu=uint8(imquantize(im,levels(2:end-1),values)); figure(3); imshow(im_qu); figure(4); imhist(im_qu);</pre> <p>חזרו על התהליך עבור ערכי N של 8 ו-4 והשוו בין התוצאות. העזרו בפונקציה <code>immse</code> וחשבו MSE לכל אחת מהן אל מול תמונת המקור.</p> <p><b>איזו תוצאה הכי טובה ויזואלית? ולפי MSE? מה דעתכם על איכות התוצאות?</b></p>	
<p><b>ב.</b> העבירו את הקבצים שסיפקנו, <code>lloyds.m</code> ו-<code>quantiz.m</code> לספרייה בה אתם עובדים. כעת נבצע קוונטיזציה <u>אופטימלית</u> לתמונה לאותו מספר רמות כמקודם:</p> <pre>N=16; [levels,values]=lloyds(double(im(:)),N); im_qo=uint8(imquantize(im,levels,values));</pre> <p>חזרו על התהליך עבור ערכי N של 8 ו-4 והשוו בין התוצאות (גם עם אלו של הסעיף הקודם). חשבו MSE לכל אחת מהן אל מול תמונת המקור (והשוו לתוצאות עבור אותו N מהסעיף הקודם).</p> <p><b>האם האיכות השתפרה? וה-MSE? מה השוני בהיסטוגרמות לעומת א'?</b> הוסיפו הכל לד"ח.</p>	
<p><b>ג.</b> כעת ננסה להבין את פעולתה של התמרת ה-DCT, ע"י בחינת שלושה בלוקים שונים מתוך התמונה. חתכו מהתמונה את הבלוקים שהפינות השמאליות עליונות שלהן הן (179,6), (184,384), (420,466) והציגו אותם ב-figure יחיד בעזרת הפקודה <code>subplot</code>:</p> <pre>figure(10); b1 = imcrop(im,[179 6 15 15]); subplot(1,3,1); imshow(b1); title('Block 1');</pre> <p><b>הסבירו מה רואים בכל בלוק.</b> נבצע התמרה לבלוקים ונציג אותם באופן דומה:</p> <pre>figure(11); b1_dct=dct2(b1); subplot(1,3,1); imshow(sqrt(abs(b1_dct)),[0 50]); title('DCT Block 1');</pre> <p>המיקום (X,Y) בתוצאת ההתמרה מציין את גובה התדר. הפינה השמאלית העליונה היא תדר 0 (DC). הבהירות מציינת את אמפליטודת (חוזק) התדר. <b>הציגו את התוצאות והסבירו את הקשר לבלוקים.</b></p>	



ד.	<p>נבחן כיצד ניתן להשתמש בהתמרה לצורך הקטנת כמות המידע (דחיסה).  נבצע התמרה לתמונה בבלוקים בגודל 8x8 בעזרת הפונקציה <code>blockproc</code> (אין צורך להכיר אותה):</p> <pre>im_dct_b=blockproc(im,[8 8],@(block_struct)dct2(block_struct.data)); figure; imshow(abs(im_dct_b),[]); impixelinfo;</pre> <p><b>בחנו את תמונת התוצאה. בצעו zoom לכמה מקומות. אילו מקומות בולטים בתמונת התוצאה?</b>  <b>להדגשת התדרים בתמונה אשר בעלי אמפליטודה נמוכה ניתן לבצע sqrt על ה-abs בתוך imshow.</b>  <b>מהו אחוז הפיקסלים הקטנים מ-10 בערכם המוחלט (העזרו במשימה 3 סעיף ב' בשביל למדוד)?</b></p>
ה.	<p>אפסו את כל הפיקסלים בתמונת ההתמרה אשר קטנים מ-10 <u>בערכם המוחלט</u> ובצעו התמרה הפוכה:</p> <pre>im_dct_b(abs(im_dct_b)&lt;10)=0; im_r=uint8(blockproc(im_dct_b,[8 8],@(block_struct)idct2(block_struct.data)));</pre> <p><b>הציגו את התוצאה ומדדו עליה MSE לעומת תמונת המקור.</b>  <b>מהי איכות התוצאה לדעתכם? צרפו את התוצאות לדו"ח. האם לדעתכם התוצאה הייתה דומה אם היינו מאפסים את אותו אחוז מהפיקסלים שמצאתם בסעיף הקודם בתמונה עצמה? הסבירו.</b></p>

### שאלות דו"ח מסכם

יש לענות בכתב על כל השאלות בכתום ולצרף את התמונות והגרפים הרלוונטיים.

שמרו את קטעי הקוד שכתבתם בקובץ `ex5.m`.

## משימה 6 – גילוי שפות

### מטרת המשימה

הכרת שיטות שונות לגילוי שפות, הפעלתן ובחינת ההבדלים ביניהן.

### הסבר המשימה

גילוי שפות הינה משימה בעלת חשיבות רבה הן בעיבוד תמונה והן עבור תהליכים מתקדמים יותר בראיה ממוחשבת. המעבר מעצם אחד למשנהו על-פי רוב הינו חד ומאפשר את הזיהוי של קו המתאר (contour) של העצם, אשר מקל על משימות מתקדמות כגון סגמנטציה או זיהוי. בעיבוד תמונות, הפרדה בין אזורי עצמים שונים יכולה לאפשר לתהליכים כגון ניקוי רעש או מתיחת היסטוגרמה לעבוד באופן טוב יותר. מטרתנו לכן הינה למצוא את שפות העצמים השונים באופן המדויק והשלם ביותר (וזו לא משימה טריוויאלית!). במהלך המשימה נפעיל אופרטורים שונים לגילוי שפות וננסה לבחון את היתרונות והחסרונות של כל אופרטור.

### תאור המשימה

<p>א.</p>	<p>טענו את התמונה church.tif והציגו אותה. התמונה church נלקחה ממאגר התמונות לסגמנטציה של אוניברסיטת ברקלי (BSDS), ומתאימה במיוחד להערכת תהליכי סגמנטציה וגילוי שפות. תחילה נבחן את אופרטור Sobel ואת השפעת ערך הסף על תוצאותיו:</p> <pre> imedge=edge(im,'SOBEL',0,'both'); figure(2); imshow(imedge,[]); title('SOBEL, Thresh=0'); imedge=edge(im,'SOBEL',0.09,'both'); figure(3); imshow(imedge,[]); title('SOBEL, Thresh=0.09'); imedge=edge(im,'SOBEL',0.2,'both'); figure(4); imshow(imedge,[]); title('SOBEL, Thresh=0.2'); </pre> <p><b>עבור התוצאות השונות, השוו לתמונת המקור ופרטו האם התגלו כל השפות, אם לא התגלו שפות מסוימות, ואם התגלו שפות באופן שגוי. מהי התוצאה הטובה ביותר? הוסיפו את התוצאות לדו"ח.</b></p>
<p>ב.</p>	<p>כעת נבחן את אלגוריתם Canny ואת השפעת מידת ההחלקה סיגמה על תוצאותיו. נקבע את ערך הסף של האלגוריתם להיות 0.35:</p> <pre> imedge=edge(im,'CANNY',0.35,0.1); figure(5); imshow(imedge,[]); title('CANNY, Thresh=0.35, Sigma=0.1'); imedge=edge(im,'CANNY',0.35,1); figure(6); imshow(imedge,[]); title('CANNY, Thresh=0.35, Sigma=1'); imedge=edge(im,'CANNY',0.35,5); figure(7); imshow(imedge,[]); title('CANNY, Thresh=0.35, Sigma=5'); </pre> <p><b>עבור התוצאות השונות, השוו לתמונת המקור ופרטו האם התגלו כל השפות, אם לא התגלו שפות מסוימות, ואם התגלו שפות באופן שגוי. מהי התוצאה הטובה ביותר? הוסיפו את התוצאות לדו"ח. שנו את הערכים של הסף ושל הסיגמה כך שתקבלו תוצאה מיטבית לדעתכם. צרפו את התוצאה והערכים לדו"ח.</b></p>
<p>ג.</p>	<p>נשווה את ביצועי שלושת השיטות השונות לגילוי שפות:</p> <pre> imedge=edge(im,'SOBEL',0.1,'both'); figure(8); imshow(imedge,[]); title('SOBEL'); imedge=edge(im,'LOG',0.017,1.5); figure(9); imshow(imedge,[]); title('LoG'); imedge=edge(im,'CANNY',0.25,1); figure(10); imshow(imedge,[]); title('CANNY'); </pre> <p><b>הציגו את התוצאות. איזה גלאי הוא המוצלח ביותר לדעתכם? איזה הכי פחות מוצלח? נמקו.</b></p>

ד.

נבחן את ביצועי האלגוריתם Canny בנוכחות רעש. בנו תמונה חדשה ע"י הוספת רעש גאוס לזרע עם סטיית תקן `std_n=40` לתמונה המקורית.

```
noise=std_n*randn(size(im));  
im_n=uint8(double(im)+noise);
```

הפעילו את האלגוריתם לפי הפרמטרים של הסעיף הקודם. **מה התקבל?**  
שנו את הפרמטרים של אלגוריתם Canny עד לקבלת תוצאה סבירה.  
**הוסיפו את התוצאות לדו"ח. מהי השפעת הרעש על ביצועי האלגוריתם ועל הפרמטרים?**

### שאלות דו"ח מסכם

יש לענות בכתב על כל השאלות בכתום ולצרף את התמונות והגרפים הרלוונטיים.

שמרו את קטעי הקוד שכתבתם בקובץ `ex6.m`.

## שאלות סיכום לבית עבור משימה 2

---

1. האם פעולת Histogram Equalization יכולה לשפר את התמונה? במה זה תלוי?
2. מהי ההשפעה של תיקון גמא על ההיסטוגרמה? מהי השפעתו על התמונה? פרטו.

## שאלות סיכום לבית עבור משימה 3

---

3. מדוע לדעתכם לא ניתן למצוא ערך סף מתאים עבור תמונת האורז בסעיף ב'? הציעו דרך פשוטה אחרת להעביר את תמונת האורז לתמונה בינארית.

## שאלות סיכום לבית עבור משימה 5

---

4. מה מבצעת התמרת ה-DCT למידע המאפשר את הצלחת הפעולה שביצענו בסעיף ה'?
5. מה היתרון בביצוע ההתמרה על בלוקים בגודל  $8 \times 8$  (למשל לעומת ביצוע על התמונה כולה)?

## שאלות סיכום לבית עבור משימה 6

---

6. מה משמעות ערך ה-sigma באלגוריתמים? כיצד הוא משפיע על השפות?
7. רשמו את מטריצות האופרטור Sobel בכיוון אופקי ובכיוון אנכי. מה מתבצע כאשר החישוב הוא בשני הכיוונים? הסבירו.
8. מהם היתרונות של אופרטור Sobel לעומת Canny? וההפך? איזה גלאי שפות עדיף?
9. האם רמת הבהירות הממוצעת בתמונה משפיעה על בחירת ערך sigma? נמקו.
10. האם גודל העצמים בתמונה משפיע על בחירת ערך sigma? נמקו.

# חלק ב'

## משימה 7 – פעולות מורפולוגיות

### מטרת המשימה

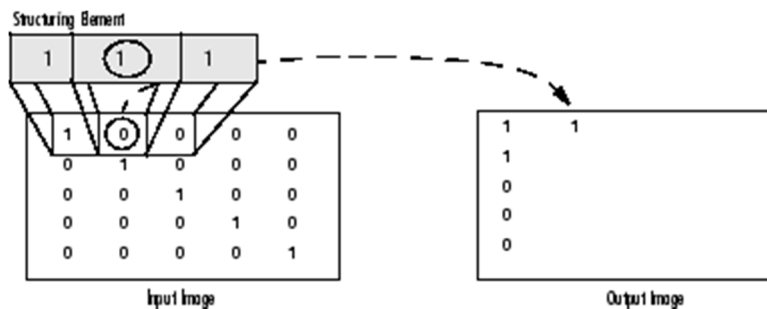
הכרת פעולות מורפולוגיות בסיסיות להרחבת או הצרת עצמים ועריכת תמונות.

### הסבר המשימה

פעולות מורפולוגיות הן פעולות גיאומטריות על צורות. ערך של כל פיקסל בתמונת הפלט נקבע בעזרת שכניו של אותו הפיקסל בתמונת המקור, כאשר הסביבה - neighborhood (מספר ומיקום השכנים הנבדקים) נבחרת בהתאם לאופי הפעולה, מטרתה ואופי תמונת המקור והיא מתקבלת ע"י אלמנט בניה (structuring element).

### Image dilation - הרחבת התמונה

בפעולת הרחבה עבור תמונה בינארית, פיקסל בתמונת התוצאה יהפוך ללבן אם לפחות אחד הפיקסלים בסביבה שלו היה לבן. הסביבה נקבעת על ידי אלמנט הבניה.



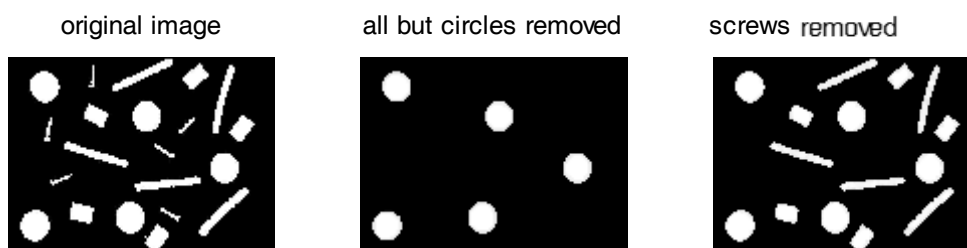
עבור תמונה בגווני אפור, הפיקסל בתמונת התוצאה יקבל את הערך המרבי מבין כל הפיקסלים בסביבה שלו בתמונת המקור (פיקסלים מעבר לגבולות התמונה נחשבים לשחורים, כלומר בעלי ערך 0).

### Image erosion - הצרת התמונה

הפעולה דומה לפעולת הרחבת התמונה, אך הפעם ערך הפיקסל בתמונת התוצאה יהיה הערך הקטן ביותר מבין כל הפיקסלים בסביבה שלו בתמונת המקור. בתמונה בינארית: אם לפחות אחד הפיקסלים בסביבה שחור, אזי בתמונת התוצאה הפיקסל יהפוך לשחור. (כעת פיקסלים מעבר לגבולות התמונה נחשבים ללבנים, כלומר בעלי ערך 1).

### פעולות משולבות

הפעולות הנ"ל יכולות לשמש אותנו, בין השאר, למחיקת עצמים לא רצויים מתמונות, במידה והם נבדלים מהשאר בצורתם הגיאומטרית, למילוי חורים, זיהוי גבולות וכדומה. העיקרון של סינון זה הוא להצר או להרחיב את התמונה עם אלמנט בניה מתאים עד להשלמת המשימה (למשל מחיקת עצמים מסוימים) ואח"כ בעזרת אותו האלמנט להצר או להצר את התמונה כדי להחזיר את שאר העצמים לגודלם המקורי.



א.	<p>נבחן את פעולת ההרחבה: יצרו תמונה פשוטה ואלמנטי בניה מן הסוג:</p> $SE_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ $SE_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ $im = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ <pre>im=ones(3,1); im=padarray(im,[1 2]); SE1=strel('arbitrary',[1 1 1]) out1=imdilate(im,SE1) SE2=strel('arbitrary',[1; 1; 1]) out2=imdilate(im,SE2)</pre> <p>שימו לב איך נראית התמונה (המטריצה) אחרי ביצוע הפעולה. <b>האם זה תואם את ציפיותיכם?</b></p>
ב.	<p>נבחן את פעולת ההצרה: יצרו תמונה פשוטה ואלמנטי בניה מן הסוג:</p> $im = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ $SE_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ $SE_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ <pre>im=ones(4); im=padarray(im,[1 1]); SE1=strel('square',3) out1=imerode(im,SE1) SE2=strel('pair',[2 2]) out2=imerode(im,SE2)</pre> <p>שימו לב איך נראית התמונה (המטריצה) אחרי ביצוע הפעולה. <b>האם זה תואם את ציפיותיכם?</b></p>
ג.	<p>בדוגמה הבאה נעשה שימוש באלמנט בניה מותאם להעלמת עצמים מסוימים. לאחר שימוש בהצרה והעלמת כל העצמים הלא רצויים, נבצע הרחבה על מנת לתקן עצמים שנפגמו אך לא נמחקו ולהחזירם לגודלם המקורי.</p> <p>טענו את התמונה shapes.jpg וסננו את כל העצמים חוץ מן העיגולים:</p> <pre>im=imread('shapes.jpg'); figure(1); imshow(im,[]); title('original image'); SE1=strel('disk',20); eroded=imerode(im,SE1); figure(2); imshow(eroded,[]); title('eroded image'); final=imdilate(eroded,SE1); figure(3); imshow(final,[]); title('only circles');</pre> <p><b>מדוע נבחר אלמנט בניה מסוג disk? הסבירו.</b></p>
ד.	<p>עתה טענו את התמונה pieces.png והפכו אותה לבינארית (משימה 3, סעיף ג'). השתמשו בפונקציות מורפולוגיות באופן דומה לסעיף הקודם על מנת להעלים את הברגים בתמונה. הוסיפו את התוצאות לדו"ח. באיזה אלמנט בניה השתמשתם? מדוע? האם העצמים בתמונה החדשה דומים לעצמים בתמונה המקורית? אם לא, מדוע?</p>



ה.	<p>טענו את התמונה rice.png.</p> <p>ננסה להתמודד עם בעיית הרקע הלא אחיד ע"י ביצוע פעולה מקומית.</p> <p>העזרו באלמנט בניה מסוג disk והעלימו את גרגירי האורז (הטמיעו אותם ברקע).</p> <p>אם הצלחתם להעלים את כל הגרגירים, התמונה שמתקבלת מכילה רקע לא אחיד בלבד.</p> <p>עתה החסירו את תמונת הרקע הלא אחיד מתמונת המקור.</p> <p><b>מה התקבל? הסבירו מדוע זה שימושי. צרפו את התוצאות לדו"ח.</b></p>
ו.	<p>העזרו בהיסטוגרמה והפכו את תמונת התוצאה מהסעיף הקודם לבינארית, כאשר גרגירי האורז יהיו בצבע לבן. בחרו גרגיר אורז <u>אופקי</u> בגודל אופייני והעריכו באופן גס את גודלו בעזרת <a href="http://impixelinfo">impixelinfo</a>.</p> <p><b>מה הגודל שהערכתם?</b></p> <p>מצאו ערך עליון upper וערך תחתון lower עבור שטח גרגיר אורז בודד כך שלאחר הסרת גרגירים שאינם עומדים בטווח שהגדרתם, ישארו בתמונה רק 70 גרגירים (בערך) אשר עומדים בטווח:</p> <pre>bw_r=bwpropfilt(bw, 'Area', [lower upper]); CC=bwconncomp(bw_r); CC.NumObjects</pre> <p>כעת מצאו את השטח הממוצע של גרגיר אורז:</p> <pre>sum(double(bw_r(:)))/CC.NumObjects</pre> <p><b>מה השטח שהתקבל? האם זה תואם את ציפיותיכם?</b></p>

### שאלות דו"ח מסכם

יש לענות בכתב על כל השאלות בכתום ולצרף את התמונות והגרפים הרלוונטיים.

שמרו את קטעי הקוד שכתבתם בקובץ ex7.m.

## משימה 8 – מרחבי צבע

### מטרת המשימה

הכרת מספר מרחבי צבע לייצוג צבעים בתמונות, ואופן ייצוג תמונות צבע ב-MATLAB.

### הסבר המשימה

צופה אופייני יכול להבחין בערך ב-20 עד 100 רמות-אפור שונות בו זמנית. אם מוסיפים צבע, אזי הצופה יכול להבחין במספר גדול הרבה יותר של סוגי גוונים שונים. אפשרות נוספת הגלומה בצבע היא בניתוח תמונות, כאשר הצבע הוא אחד המאפיינים החשובים של עצמים שונים. תמונות צבעוניות מתחלקות באופן כללי לשני סוגים: הראשון, תמונות צבע אמיתיות (True Color או Full Color), הנובעות מאמצעי רכישת תמונה צבעוני (כמו מצלמת וידאו צבעונית, או סורק צבעוני), והן מכילות שלושה רכיבים או ערוצים לתאור הצבע. הסוג השני, הנקרא pseudo-color, הן תמונות בהן כל פיקסל הוא למעשה אינדקס בטבלת צבעים. תמונה זו מיוצגת לכן על ידי ערכי האינדקסים וטבלת הצבעים (LUT - look up table). במשימה זו נציג תמונה צבעונית המורכבת משלושה רכיבי הצבע, ונציג כל אחד מהרכיבים בנפרד. נבחן שלושה מרחבי צבע נפוצים, RGB, HSV, ו-L\*a\*b\*, ונשתמש ב-HSV לצורך עריכת תמונה.

### תאור המשימה

א.	הריצו את הקוד ex8a.m המציג את מרכיבי התמונה peppers.png. <b>הסבירו את המשמעות של כל אחת מהתמונות.</b> <b>מדוע מתקבלת תמונה בצבעים מוזרים בשורה השנייה משמאל?</b> בחנו את התמונה השמאלית בשורה השלישית, המבודדת גווני אדום. <b>מדוע הערכים של HUE אינם רציפים בגווני אדום?</b>
ב.	עתה הריצו את הקוד ex8b.m. <b>הסבירו מה השתנה בתמונה המקורית. מה האיכות של תמונת התוצאה? הסבירו מדוע.</b>
ג.	קבלו תמונה צבעונית מן המדריך והחליפו בה צבעים לפי הנחיית המדריך. שימו לב, ניתן להשתמש <u>בכל אחד</u> מערוצי ה-HSV לצורך שינוי הצבעים במידת הצורך. לדוגמה:  <b>צרפו לד"ח את התוצאה. הסבירו מה שיניתם ואיך.</b>

ד.

קראו את ה-Matlab help של הפונקציה `rgb2lab`. הפעילו את הפונקציה על התמונה `peppers.png`:

```
lab=rgb2lab(im);
```

הפרידו את התמונה החדשה לערוצים. הציגו כל ערוץ בנפרד וכן היסטוגרמות של הערוצים:

```
figure; imshow(L, []);
figure; histogram(L(:), 300);
figure; imshow(a, []);
figure; histogram(a(:), 300);
figure; imshow(b, []);
figure; histogram(b(:), 300);
```

ניתן לשנות את הערוצים כרצונכם ואז לחזור ולהציג את התוצאה ב-RGB בעזרת הפונקציה ההופכית. לדוגמה:

```
a_new=-128*ones(size(a));
lab_new=lab;
lab_new(:, :, 2)=a_new;
rgb_new=lab2rgb(lab_new);
figure; imshow(rgb_new, []);
```

בחנו את העצמים בכל ערוץ בהשוואה לתמונה המקורית ב-RGB. **נסו להעריך, מה מכיל כל ערוץ ועל אילו תחומים הוא שולט? מי הוא הערוץ החשוב ביותר?**

### שאלות דר"ח מסכם

יש לענות בכתב על כל השאלות בכתום ולצרף את התמונות והגרפים הרלוונטיים.

שמרו את קטעי הקוד שכתבתם בקובץ `ex8.m`.

## משימה 9 – מיצוי מאפיינים

### מטרת המשימה

הכרת תהליך בסיסי של סיווג עצמים בתמונות, ומאפיינים בסיסיים שונים אשר יעילים בהפרדת עצמים.

### הסבר המשימה

חלק לא מבוטל של תהליכי עיבוד תמונה הם למעשה שלבים מקדימים לתהליכים מתקדמים יותר של ניתוח והבנת התוכן של תמונות. תהליכים מתקדמים אלו לרוב כוללים סיווג של העצמים בתמונה למספר מחלקות, על בסיס ערכי מאפיינים שמחולצים מכל עצם. שלב מקדים של עיבוד תמונה יכול לכלול תהליכים שראינו במשימות הקודמות, ובעיקר פעולת תיוג (הפרדה לעצמים וסימונם). שלב מיצוי המאפיינים אחראי על הפקת ערכי מאפיינים עבור כל עצם שתיוג בשלב הקודם.

במשימה זו נעבד תמונה בינארית המכילה מספר עצמים שונים: בתמונה נמצאים מספר ברגי וו, מסמרים ויתדות. נתחיל בביצוע תיוג לעצמים בתמונה. לאחר מכן נבחן האם ניתן להפריד בין העצמים משלושת המחלקות בעזרת מאפיינים שונים. לצורך כך נשתמש בפונקציית MATLAB בשם `regionprops`.

### תאור המשימה

א.	טענו את התמונה <code>objects.bmp</code> והציגו אותה. <b>צרפו את התמונה לדו"ח. כמה סוגים שונים של עצמים יש בתמונה? כמה עצמים יש מכל סוג?</b>
ב.	נחשב את כל המידע האפשרי מהפונקציה <code>regionprops</code> : <pre>stats=regionprops(bw, 'all');</pre> בחרו עצם אחד בתמונה, רשמו את מספרו והציגו את ערכי המאפיינים שלו, לדוגמה: <pre>obj=stats(23)</pre> <b>מהו ההיקף של העצם שבחרתם? צרפו את המידע לדו"ח.</b>
ג.	עתה נבחן את המאפיינים <code>MajorAxisLength</code> ו- <code>ConvexArea</code> של העצמים על גרף אחד: <pre>f1=[stats.MajorAxisLength]; f2=[stats.ConvexArea]; figure(3); plot(f1,f2,'x'); title('Features 1'); xlabel('MajorAxisLength'); ylabel('ConvexArea');</pre> <b>הציגו ובחנו את הגרף שהתקבל. האם הושגה הפרדה לכמות המחלקות שהערכתם? מהי איכות ההפרדה שהתקבלה?</b>
ד.	בחרו ארבעה מאפיינים אחרים ושונים אחד מהשני ובנו שני גרפים נוספים הדומים לגרף מסעיף ג' המציגים הפרדה טובה ככל האפשר בין העצמים במחלקות השונות. <b>הציגו את הגרפים שבניתם. מהי איכות ההפרדה שקיבלתם בגרפים החדשים? באיזה גרף קיבלתם את ההפרדה הטובה ביותר?</b>

### שאלות דו"ח מסכם

יש לענות בכתב על כל השאלות בכתום ולצרף את התמונות והגרפים הרלוונטיים.

שמרו את קטעי הקוד שכתבתם בקובץ `ex9.m`.

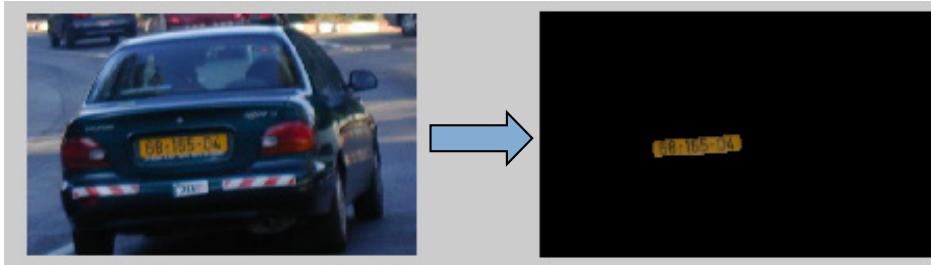
## משימה 10 – בניית אלגוריתם

### מטרת המשימה

התנסות בבניית אלגוריתם המבצע משימה אמיתית בעזרת הכלים שלמדנו במשימות הקודמות בניסוי.

### הסבר המשימה

במשימה זו ננסה לגלות ולחלץ תמונה של לוחית רישוי מתמונה של מכונית. לדוגמה:



כתבו אלגוריתם אשר מקבל תמונה המכילה לפחות לוחית רישוי אחת, ומחזיר תמונה של הלוחית בלבד (לפחות אחת) על רקע שחור, ללא רעש או עצמים אחרים. אין לשנות את הפיקסלים השייכים ללוחית לצורך החילוץ. לצורך ביצוע המשימה, תכננו תחילה את שיטת העבודה וקבלו אישור עקרוני מהמדריך לאלגוריתם. ישנן מספר דרכים וגישות על מנת לפתור בעיה זו. לרשותכם חמש תמונות של לוחיות, plate01-plate05, אשר בעזרתן תוכלו לבדוק את נכונות האלגוריתם שלכם ולעדכן אותו בהתאם. וודאו שהקוד עובד היטב עבור חמשת התמונות הללו לפני בדיקתו על תמונות נוספות.

#### הצעה לדרך פעולה מומלצת:

- לוחית רישוי היא בעלת תכונות מסוימות. חשבו כיצד ניתן לתרגם תכונות אלו לתנאים על התמונה והעצמים בה, ולמחוק חלקים או עצמים שאינם עומדים בתנאים. עדיף לנסות בתחילה למחוק עצמים אשר בוודאות אינם לוחית רישוי, ורק לאחר שנשארו מעט עצמים בתמונה, לנסות להשאיר בה עצמים שהם כן לוחית רישוי. כדי לפעול בדרך זו יש להגדיר תמונה בינארית (מסכה) של עצמים בתמונה, ובאופן הדרגתי להפעיל על המסכה תנאים נוספים וכך לצמצם את מספר העצמים בה. לא מומלץ לבצע פעולות מסוג זה על התמונה המקורית ממש.
- לצורך מחיקת רעשים במסכה, ניתן להשתמש בסינון (אך הוא עלול לשנות גם עצמים רצויים).
- לצורך שינוי גודלם של עצמים במסכה או מחיקתם, ניתן להשתמש בפעולות מורפולוגיות.
- לצורך שלמות המסכה, ניתן למלא בה חורים בעזרת הפונקציה למילוי שמצאתם בשלב ההכנה.
- לבסוף, אחרי שקיבלתם מסכה נכונה לדעתכם, הפעילו אותה על התמונה המקורית. השתמשו בקוד הבא:

```
mask=uint8(repmat(mask,[1 1 3]));  
result=im.*mask;
```

שימו לב! למרות שהאלגוריתם מיועד לחמשת התמונות הראשונות, עדיף לתכנן אלגוריתם יותר כללי במידה מסוימת, כדי שיוכל לפעול באופן סביר גם על תמונות נוספות. הציגו את התוצאה למדריך וקבלו את אישורו. שמרו את האלגוריתם שכתבתם בקובץ ex10.m.

בסיום, נבדוק את האלגוריתם על **15 תמונות נוספות אשר אצל המדריך**. אלגוריתם סביר הוא כזה אשר יפעל נכון על לפחות 5 מתוך 15 תמונות אלו. הצלחה ב-10 תמונות מתוך ה-15 תזכה את יוצרי האלגוריתם בבונוס! **יש לענות על כל השאלות המסכמות המופיעות בעמוד הבא.**

## שאלות סיכום לבית עבור משימה 7

---

1. האם השיטה מסעיף ו' להסרת גרגירים לא רצויים תעבוד עבור כל תמונת גרגירי אורז? אם לא, מדוע?
2. האם לדעתכם ישנה שיטה אחרת להסרת גרגירי אורז לא רצויים, מלבד שימוש בשטח או בהיקף?

## שאלות סיכום לבית עבור משימה 8

---

3. כיצד משפיעה הקטנת ערך ה-Saturation ב-HSV על ערכי הערוצים ב-RGB?
4. מדוע איננו משתמשים בפונקציה `imhist` בסעיף ד'? הסבירו.

## שאלות סיכום לבית עבור משימה 9

---

5. הסבירו מהי הפרדה טובה בין מחלקות. הציעו שני תנאים סטטיסטיים העוזרים להשיג הפרדה טובה.
6. אם היינו מסובבים את תמונת העצמים ב-90 מעלות, כיצד היו משתנות תוצאותיכם?
7. האם המאפיינים שהפרידו היטב את העצמים בדוגמה הנ"ל יתאימו גם לעצמים אחרים? הסבירו.

## שאלות מסכמות עבור משימה 10

---

- א. הסבירו באופן מפורט את האלגוריתם שפיתחתם.
  - ב. הציגו את התוצאות שהתקבלו על חמשת התמונות הראשונות, שעבורן פיתחתם את האלגוריתם.
  - ג. הציגו כמה תוצאות מוצלחות עבור 15 התמונות הנוספות שבדקתם.
  - ד. הציגו כמה תוצאות לא מוצלחות עבור 15 התמונות הנוספות שבדקתם.
  - ה. הסבירו מדוע האלגוריתם לא עובד כנדרש עבור התמונות שלא הצליחו. רשמו מספר סיבות.
- ו. הציעו רעיונות לפתרונות אפשריים לבעיות שרשמתם בסעיף הקודם. אין צורך לממש אותן או לתקן/לשפר את האלגוריתם שלכם.