

# הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

הפקולטה להנדסת חשמל  
המעבדה לראייה ומדעי התמונה

מעבדה 1ח', 2, 3

ניסוי בעיבוד וניתוח תמונות (ענ"ת)

<http://vis1.technion.ac.il/exp2.htm>

סמסטר חורף תשס"ד

## בטיחות

### כללי:

תמצית הנחיות בטיחות מובאת לידיעת הסטודנטים כאמצעי למניעת תאונות בעת ביצוע ניסויים ופעילות במעבדה לחקר הראייה ומדעי התמונה.

מטרתן להפנות תשומת לב לסיכונים הכרוכים בפעילויות המעבדה, כדי למנוע סבל לאדם ונזק לציוד.

אנא קראו הנחיות אלו בעיון ופעלו בהתאם להן.

### מסגרת הבטיחות במעבדה:

- ♦ אין לקיים ניסויים במעבדה ללא קבלת ציון עובר בקורס הבטיחות של מעבדות ההתמחות באלקטרוניקה (שהינו מקצוע קדם למעבדה זו).
- ♦ לפני התחלת הניסויים יש להתייצב בפני מדריך הקבוצה לקבלת תדריך ראשוני הנחיות בטיחות.
- ♦ אין לקיים ניסויים במעבדה ללא השגחת מדריך ללא אישור מראש.
- ♦ מדריך הקבוצה אחראי להסדרים בתחום פעילותך במעבדה; נהג על פי הוראותיו.

### עשה ואל תעשה:

- ♦ יש לידע את המדריך או את צוות המעבדה על מצב מסוכן וליקויים במעבדה או בסביבתה הקרובה.
- ♦ לא תיעשה במזיד ובלי סיבה סבירה, פעולה העלולה לסכן את הנוכחים במעבדה.
- ♦ אסור להשתמש לרעה בכל אמצעי או התקן שסופק או הותקן במעבדה.
- ♦ היאבקות, קטטה והשתטות אסורים. מעשי קונדס מעוררים לפעמים צחוק אך הם עלולים לגרום לתאונה.
- ♦ אין להשתמש בתוך המעבדה בסמים או במשקאות אלכוהוליים, או להיות תחת השפעתם.
- ♦ אין לעשן במעבדה ואין להכניס דברי מאכל או משקה.
- ♦ בסיום העבודה יש להשאיר את השולחן נקי ומסודר.
- ♦ בניסיון לחלץ דפים תקועים במדפסת - שים לב לחלקים חמים!

### בטיחות חשמל:

- ♦ בחלק משולחנות המעבדה מותקנים בתי תקע ("שקעים") אשר ציוד המעבדה מוזן מהם. אין להפעיל ציוד המוזן מבית תקע פגום.
- ♦ אין להשתמש בציוד המוזן דרך פתילים ("כבלים גמישים") אשר הבידוד שלהם פגום או אשר התקע שלהם אינו מחוזק כראוי.
- ♦ אסור לתקן או לפרק ציוד חשמלי כולל החלפת נתיכים המותקנים בתוך הציוד; יש להשאיר זאת לטפול הגורם המוסמך.
- ♦ אין לגעת בארון החשמל המרכזי, אלא בעת חירום וזאת - לצורך ניתוק המפסק הראשי.

## מפסקי לחיצה לשעת חירום:

- ♦ במעבדה ישנם מפסקים ראשיים להפסקת אספקת החשמל. זהה את מקומם.
- ♦ בעת חירום יש להפעיל מפסקי החשמל הראשיים.

## בטיחות אש, החיאה ועזרה ראשונה:

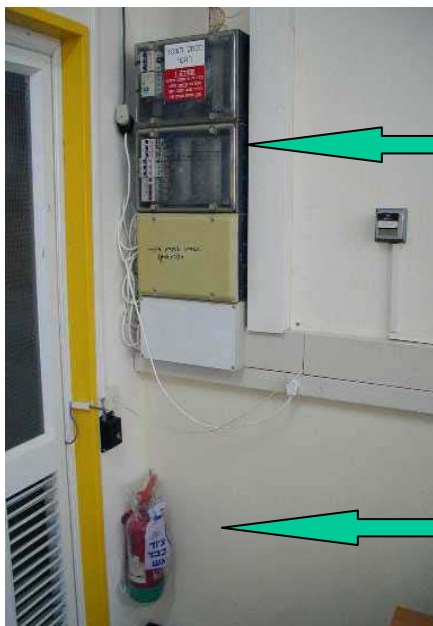
- ♦ במעבדה ממוקמים מטפי כיבוי אש זהה את מקומם.
- ♦ אין להפעיל את המטפים, אלא בעת חירום ובמידה והמדריכים וגורמים מקצועיים אחרים במעבדה אינם יכולים לפעול.

## יציאות חירום:

- ♦ בארוע חירום הדורש פינוי, כגון שריפה, יש להתפנות מיד מהמעבדה.

## **דיווח בעת אירוע חירום:**

- ♦ יש לדווח **מיידית** למדריך ולאיש סגל המעבדה.
- ♦ המדריך או איש סגל המעבדה ידווחו מיידית לקצין הביטחון בטלפון; 2222, 2740.
- ♦ **במידה ואין הם יכולים** לעשות כך, ידווח אחד הסטודנטים לקצין הביטחון.
- ♦ לפי הוראת קצין הביטחון, או כאשר אין יכולת לדווח לקצין הביטחון, יש לדווח, לפי הצורך:
  - משטרה 100,
  - מגן דוד אדום 101,
  - מכבי אש 102,
  - גורמי בטיחות ו/או ביטחון אחרים.
- ♦ בנוסף לכך יש לדווח ליחידת סגן המנמ"פ לענייני בטיחות; 2146/7, 3033.
- ♦ בהמשך, יש לדווח לאחראי משק ותחזוקה; 4776, 052-419917.
- ♦ לסיום, יש לדווח ל:
  - אחראי האקדמי (פרופ' רון מאיר חדר 605 טל. 4658)
  - עוזר למנהל (קומה 8, טל. 4678)
  - מהנדס המעבדה (חדר 604, טל. 4729)
- ♦ בעת הצורך ניתן להודיע במקום למהנדס המעבדה לטכנאי המעבדה (חדר 615, טל. 4727) או לאחראית מחשוב המעבדה (חדר 615, טל. 4782).



**ארון חשמל**

**מטף כיבוי**

## מבוא

חוברת זו מתארת ניסוי במסגרת המעבדה לראייה ומדעי התמונה במסגרת המקצועות מעבדה 2, מעבדה 3 ומעבדה 1ח'. במסגרת ניסוי זה יבוצעו שורה של ניסויים בעיבוד וניתוח תמונות, בסביבת העבודה של תוכנת MATLAB.

חיבר: ארי שנהר (קיץ 2000), ייעץ: דר' יואב שכנר אישר: דר' משה פורת עדכון אחרון: יוחנן ארז (נובמבר 2002)

## הנחיות כלליות

- המעבדה כוללת 2 פגישות (חלק א' וחלק ב'), כל חלק נמשך 4 שעות.
- יש להגיע למעבדה עם דו"ח מכין לכל חלק, כתוב ומוכן להגשה, והבנה מלאה של החומר התיאורטי. הדו"ח המכין יכלול תשובות לשאלות המתאימות בניסויים. בתחילת הניסוי המדריך יערוך בחינה בעל פה על תוכן הדו"ח המכין.
- אחרי ביצוע הניסוי יש להגיש דו"ח מסכם – עד שבועיים לאחר הפגישה השניה - לידי המדריך. לתשומת ליבכם: הציון ייפגע למאחרים בהגשת הדו"ח ללא סיבה מוצדקת!
- דרישות הקדם למעבדה זו הן: ידיעת החומר הנלמד בקורס אותות ומערכות וכן הכרה כללית של תוכנת MATLAB. לא נדרש ידע מוקדם בעיבוד וניתוח תמונות!
- כללית יש לבצע את הסעיפים על פי חוברת זו – ייתכנו שינויים על פי הנחיות המדריך!
- יש להגיש את הדו"חות מודפסים ועל גבי דפי התשובות הנמצאים להורדה באתר האינטרנט של הניסוי שנמצא בכתובת: <http://visl.technion.ac.il/exp2.htm>.

## מקורות להכנת המעבדה

- חובה להיעזר בדף האינטרנט של ניסוי מעבדה זה, כל המידע שדרוש להכנת הניסוי נמצא באתר!  
כתובת האתר:

<http://visl.technion.ac.il/exp2.htm>

אתר זה כולל בנוסף להוראות ועדכונים גם קישורים רבים עם הסברים על כל הנושאים שבניסוי זה!

- בנוסף ניתן להשתמש במסכי help על פונקציות MATLAB אותם ניתן למצוא גם (בלי התקנת התוכנה) בכתובת:

<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/helpdesk.shtml>

- הדרכה כללית ב-MATLAB :

<http://www.ee.technion.ac.il/courses/matlab>

- ספרות מקצועית:

- [Jain] "Fundamentals of Digital Image Processing", Anil K. Jain, 1989.  
[Pratt] "Digital Image Processing", W. K. Pratt, 1991.  
[RosKak] "Digital Picture Processing", A. Rosenfeld and A. Kak, 2 volumes, 1982.  
[BalBrow] "Computer Vision", D. Ballard and C. Brown, 1982.  
[DudMer] "Multidimensional Digital Signal Processing", D.E. Dudgeon and R. M. Mersereau, 1984.  
[GonWoo] "Digital Image Processing" R. C. Gonzalez and R. E. Woods, 1992.  
[DudHar] "Pattern Recognition and Scene Analysis", R. O. Duda and P.e. Hart, 1973.  
[HarSha] "Computer and Robot Vision", R. M. Haralick and L. G. Shapiro, 1992.

## מבנה המעבדה

כדי להשיג את מטרות המעבדה בזמן, המעבדה מורכבת משורה של ניסויים קצרים ולא מורכבים. בחלק מהניסויים נדרש לכתוב קוד (בשפת התכנות של MATLAB). בחלק אחר של הניסויים יוצגו משטחי עבודה מוכנים, וכל שיידרש הוא להפעילם, לשנות מספר פרמטרים ולראות את השפעתם.

בפגישה הראשונה יש לבצע את הניסויים 1 עד 8. בפגישה השנייה - ניסויים 9 עד 12.

כל ניסוי בנוי באופן הבא:

1. מטרת הניסוי.

2. הסבר תאורטי קצר לניסוי + תאור כללי של מה שיתבצע בניסוי.

3. שאלות דו"ח מכין.

4. תאור הניסוי, בצורה מפורטת.

5. שאלות דו"ח מסכם.

שימו לב: לצורך התשובות של חלק משאלות הדו"ח המסכם יש לבצע פעולות שונות בזמן הניסוי. לכן, ודאו שעניתם עליהן בטרם תעברו לניסוי הבא.

בחלק מהניסויים תתבקשו להשתמש במספר הנקרא SN. זהו מספר בין 00 ו 99, בהיעדר הנחייה אחרת של המדריך הוא נקבע לפי שתי הספרות האחרונות במספר תעודת הזהות של אחד/אחת מחברי הקבוצה, כולל ספרת הביקורת כספרה האחרונה.

בכל מקום בו מופיע הסימן  עליכם להציג למדריך את התוצאה שהתקבלה, ולקבל את אישורו

להמשך העבודה. אי מילוי סעיף זה עלול לגרוע מן הציון.

הציון לניסוי זה ייקבע על פי המפתח הבא:

25%	הכנה	1.
50%	ביצוע	2.
25%	דו"ח סיכום	3.

# חלק א'

## ניסוי 1 – הצגת תמונה ב-MATLAB

### מטרת הניסוי

הכרות עם פונקציות MATLAB בסיסיות לבנייה והצגה של תמונות.

### הסבר הניסוי

ניסוי זה מהווה הקדמה לשאר הניסויים. נלמד כיצד יוצרים תמונה, איך היא מיוצגת מבחינה מספרית, ונציג אותה בחלון על המסך. כמו כן נכיר את המונח הבסיסי פיקסל.

### שאלות דר"ח מכין

ניתן להיעזר ב [Jain] Chapter 1, pp. 1-4

ובאתר האינטרנט של הניסוי (ראה: <http://visl.technion.ac.il>)

- 1.a. מהו המספר SN של הקבוצה שלכם? (תזכורת: שתי הספרות האחרונות, כולל ספרת ביקורת, של אחד הסטודנטים בקבוצה)
- 1.b. קראו את ה Help על הפונקציה imshow שמציגה תמונה על המסך. מהם הפרמטרים של הפונקציה? (כל האפשרויות פרט ל DISPLAY\_OPTION ו (x,y,A,...)).

### תאור הניסוי – ביצוע רשות

(הנכם נדרשים לדעת את החומר להמשך התרגיל!)

- 1.a. הפעילו את תוכנת ה MATLAB .
- 1.b. ניצור תמונה על-ידי הגדרת מערך דו-מימדי ומילויו בערכים:

```
im=zeros(127, 127);
for x=1:127
    for y=1:127
        im(y, x)=(128-x+y)/255;
    end;
end;
```

כל איבר במערך הדו-מימדי מהווה נקודה בתמונה. נקודה כזו נקראת פיקסל (pixel - picture element).

- 1.c. הציגו את התמונה im בעזרת הפונקציה imshow. **הסבירו מה רואים בתמונה?**
- 1.d. עתה הקישו: imshow(im, 6); .
- 1.e. מה קרה לתמונה המוצגת? (ניתן להיעזר במסך HELP של imshow לצורך ההסבר).  
הקישו on pixval, והזיזו את הסמן מעל התמונה. היכן נמצאות הנקודות (0,0), (1,1), (60,20)?
- 1.f. האם הקואורדינטות הן בפורמט (x, y) או בפורמט (y, x)?
- 1.f.1 בעזרת פונקציות סינוס, וקבועים לפי הצורך, צרו תמונה בגודל  $(300+SN)^2$ . השתדלו ליצור תמונה עם תבנית מעניינת! יהיה עליכם להתאים את התדרים ואת רמות האפור כדי שהתמונה לא תהיה "רעש חסר משמעות", או לחילופין – גוון יחיד. הציגו את התמונה למדריך.
- מהי הנוסחה בה השתמשתם? תארו במילים ו/או באיור וצרפו תדפיס של התמונה שהתקבלה.

## ניסוי 2 – קריאת תמונה מקובץ

### מטרת הניסוי

קריאת תמונה מקובץ והצגתה, וכן הכרת פונקציות MATLAB נוספות לטיפול בתמונות.

### הסבר הניסוי

נלמד כיצד טוענים תמונה לזכרון ונפעיל פונקציות עזר שונות לטיפול בה.

### שאלות דר"ח מכין

ניתן להעזר ברפרנסים שבאתר האינטרנט של הניסוי (ראה: <http://visl.technion.ac.il>)

- א.2. הציגו את ה-Help על הפונקציה `imread` שקוראת תמונה מקובץ לתוך משתנה (או משתנים). מהם סוגי התמונות איתם ניתן לעבוד ב-MATLAB? (רמז – ישנם שלושה סוגים). הסבירו כיצד בנויה התמונה בכל אחד מהייצוגים. אל תתבלבלו בין סוג-תמונה וסוג-קובץ! נדון בסוגי-קבצים בסעיף הבא.
- ב.2. מהם הפרמטרים של הפונקציה `imread`? (ללא התייחסות ל-Specific Syntaxes). אילו מהסוגים הבאים הם תמונות דחוסות ואילו לא: JPEG, TIF, BMP, PNG. האם הדחיסה היא Lossy/Lossless?
  - ג.2. למה משמשת הפונקציה `imfinfo`? מהם הפרמטרים שלה? מהם שדות המידע הקבועים שמוצגים? פרטו!
  - ד.2. אם ברצוננו לכתוב תמונה לקובץ בדיסק, בעזרת איזו פונקציה נעשה זאת? מהם הפרמטרים? (אין צורך לפרט את הפרמטרים הספציפיים של כל פורמט).

### תאור הניסוי – ביצוע רשות

(הנכם נדרשים לדעת את החומר להמשך התרגיל!)

- א.2. כדי לטעון תמונה מקובץ היעזרו בפונקציה `imread('filename')`. טענו תמונה לפי החלטת המדריך (ברירת מחדל: `'saturn.tif'`). אל תשכחו לשים נקודה-פסיק בסוף השורה, אחרת התמונה תוצג כרצף מספרים (ארוך מאד) על המסך!  
אם ה-Path אינו מכיל את הספרייה בה נמצאת התמונה עברו לתיקיה באופן ידני:  

```
cd MATLAB$\toolbox\images\imdemos\
```

(MATLAB\$ - הכוונה לספרייה הראשית של MATLAB).
- ב.2. נציג את התמונה על-ידי: `imshow(im)`.
- ג.2. בעזרת הפונקציה `imfinfo` הציגו את המידע על התמונה (למעשה – על הקובץ).

מה גודלה (רוחב וגובה)? כמה מקום היא תופסת בדיסק (bytes)? כמה ביטים דרושים לשם ייצוג פיקסל אחד (BitDepth)? האם התמונה דחוסה או לא? אם כן, מהו יחס הדחיסה?
- ד.2. הקישו `colorbar` והתבוננו בחלון התמונה (`figure...`). הסבירו מה מתקבל.
- ע.2. בצעו `zoom-in` ו `zoom-out` בעזרת האייקונים של זכוכית-מגדלת (יש ללחוץ על הכפתור, ואח"כ ללחוץ על נקודה בתמונה). מהם ערכי הקצה (קרי – הקטנה מירבית והגדלה מירבית) של ה `zoom`? שימו לב: ביצוע `double-click` על התמונה (כאשר יש זכוכית מגדלת "לחוצה") מחזיר אותה לגודלה המקורי.

## ניסוי 3 - אינפורמציה על תמונה

### מטרת הניסוי

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

### הסבר הניסוי

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

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

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

### שאלות דו"ח מכין

ניתן להיעזר ב: [Jain] Chapter 7, pp. 233-241

ובאתר האינטרנט של הניסוי (ראה: <http://visl.technion.ac.il>).

- 3.a. הפונקציה imhist מציגה היסטוגרמה של תמונה. מהי היסטוגרמה של תמונה? מה משמעות ציר X וציר Y בהיסטוגרמה?
- 3.b. מהם הפרמטרים לפונקציה imhist? מהם הערכים המוחזרים?

### תאור הניסוי

3.a. טענו תמונה לפי החלטת המדריך והציגו את התמונה (ברירת מחדל: טענו את התמונה 'cameraman.tif' הנמצאת ב-path של MATLAB) מתוך התבוננות, נסו להעריך אילו רמות הארה יהיו הנפוצות ביותר בהיסטוגרמה של התמונה.

3.b. הציגו את ההיסטוגרמה של התמונה בעזרת הפונקציה imhist. שמרו את ההיסטוגרמה והוסיפו אותה לדו"ח הסופי.

הציגו היסטוגרמה עם 200 תאים (bins) ועם 20. מה עדיף? עמוד על הקשר בין אמינות המידע לדיוק ההפרדה. כיצד תמיר היסטוגרמה לפונקצית פילוג (או שיערוך שלה)?

צור עותק רועש של התמונה ע"י הוספת רעש גאוסני לבן לתמונה המקורית עם סטית תקן std\_n=10 (ראה בסוף העמוד כיצד). הצג התמונה המורעשת. הצג שוב היסטוגרמות עם 200 ועם 20 תאים. מה ההבדל מהתוצאות המקוריות? הצג התוצאות והתיחס אליהן בדו"ח המסכם.

3.c. השתמשו בפונקציות mean, max, min. מאחר והתמונה היא פונקציה דו מימדית יש להפעיל פעמיים את האופרטורים הנ"ל: minvalue=min(min(im)). 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?

d.3 היכן נמצאים הפיקסלים עם ההארה הנמוכה ביותר? מהו מיקומם?

השתמשו בביטוי:  $[I, J]=\text{find}(im==\text{minvalue})$ . עבור אינדקס יחיד  $ind=\text{find}(im==\text{minvalue})$  (החליפו את minvalue במספר המתאים). בדקו על התמונה כי אכן התוצאות שהתקבלו נכונות. מבין I ו J, מיהו ציר x ומיהו ציר y?

היפכו את הנקודות הכהות ביותר ללבנות:  $im(ind)=256*\text{ones}(\text{size}(ind))$

e.3 כמה פיקסלים הם עם רמת הארה  $100+SN$ ? (רמז – העזרו בפונקציה sum ובביטוי  $im==100+SN$ ).

f.3 עתה נבחן שורה אחת מתוך התמונה.

לתוך משתנה חדש, העתיקו שורה מן התמונה. על השורה להילקח מהתמונה המקורית במיקום  $y=100+SN$ . הציגו את השורה בעזרת הפונקציה plot (כדי להציגה בחלון נפרד הקישו קודם לכן `figure(2)`). תארו את מה שהתקבל. האם אתם מצליחים למצוא את הקורלציה בין התרשים הדו-מימדי לשורה המתאימה בתמונה? (זכרו – ערכים נמוכים מייצגים רמת אפור נמוכה, קרובה לשחור, וערכים גבוהים מייצגים רמת אפור גבוהה, קרובה ללבן). הציגו את הגרף שהתקבל למדריך.

### דו"ח מסכם

יש לענות בכתב על כל השאלות שהוצגו בסעיף הקודם ("תאור הניסוי"). שמרו את קטעי קוד ה-MATLAB שהרצתם בקובץ בשם ex3.m.

### הוספת רעש לתמונה

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

```
std_n = 10; % standard deviation of white Gaussian noise
noise = std_n*randn(size(im)); % create noise
im_n=uint8(double(im)+noise). % create noisy image
```

# ניסוי 4 - מודל צבע RGB

## מטרת הניסוי

הכרת מודל RGB (Red Green Blue) לייצוג הצבעים בתמונות, ואופן ייצוג תמונת RGB ב MATLAB.

## הסבר הניסוי

צופה אופייני יכול להבחין בערך בין 20 עד 100 רמות-אפור בו זמנית. אם מוסיפים צבע, אזי הצופה יכול להבחין בין מספר גדול הרבה יותר של סוגי גוונים שונים. אפשרות נוספת הגלומה בצבע היא בניית תמונות, כאשר הצבע הוא אחד המאפיינים החשובים של עצמים שונים.

תמונות צבעוניות מתחלקות באופן כללי לשני סוגים: הראשון, תמונות צבע אמיתיות (True או Full Color) והן מכילות שלושה רכיבים (bands) 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).

בניסוי זה נציג תמונה צבעונית המורכבת משלושת רכיבי הצבע-RGB, ונציג כל אחד מהרכיבים בנפרד. בהמשך נשתמש בקואורדינטות HSV להדגשת אובייקטים על פי גווני צבע.

## שאלות דר"ח מכין

ניתן להעזר ברפרנסים שבאתר האינטרנט של הניסוי (ראה: <http://visl.technion.ac.il>)

הסבר מפורט ומעמיק: [Jain] Chapter 3.7, pp. 60-74 (פרק 3 כולו עוסק במערכת הראייה האנושית).

- א.4 כמה קואורדינטות דרושות לייצוג צבע במקרה הכללי? האם אתם יכולים להסביר מדוע? (רמז – מהו הקשר למבנה מערכת הראייה האנושית?)
- ב.4 ציינו לפחות 3 מערכות קואורדינטות שונות לייצוג צבע, ולאילו צרכים משתמשים בהן.
- ג.4 קראו על קואורדינטות HSV ודעו להסביר למדריך.

## תאור הניסוי

### שמרו את המסכים הגרפיים ושלבנו אותם בדר"ח המסכם!

a.4 טענו את התמונה `autumn.tif` והציגו אותה. השתמשו ב `imfinfo` לשם קבלת מידע על התמונה.

כמה ביטים מייצגים פיקסל אחד?

התמונה מיוצגת בזיכרון כמערך תלת-מימדי. המימד השלישי מכיל את ה"עומק" לפי רכיבי הצבע השונים. 1 משמעו אדום, 2 ירוק ו 3 כחול. לדוגמא את **הפס הכחול** (blue-band) מפיקים על ידי הקשת:

```
blue=im(:,:,3);
```

הריצו את הקוד הבא:

```
im=imread('autumn.tif');
figure;subplot(221);imshow(im);title('original');
imfinfo('autumn.tif')
red = im(:,:,1);
subplot(222);imshow(red);title('red-band')
green = im(:,:,2);
subplot(223);imshow(green);title('green-band')
blue = im(:,:,3);
subplot(224);imshow(blue);title('blue-band')
```

הסבירו מה רואים בכל אחד מן התמונות. התייחסו לעוצמות של אזורים שונים בתמונה כגון דשא, שמיים, עצים, מים.

הריצו את הקוד הבא:

```
im=imread('autumn.tif');subplot(221);imshow(im);title('original');
nored=im;nored(:,:,1)=0; subplot(222);imshow(nored);title('no red');
redband=imread('redband.bmp');subplot(223);imshow(redband);title('red-band new picture');
nored(:,:,1)=(redband); subplot(224);imshow(nored);title('function in red-band');
(לפני ההרצה העתיקו מן האתר של הניסוי את הקובץ 'redband.bmp')
```

מה רואים בתמונות השונות? מהו גודל התמונה 'redband.bmp'? (ניתן להעזר ב- `imfinfo(...)`)

.c.4 טענו את הקובץ 'testimage.jpg' שתקבלו מן המדריך ובצעו המרה לקואורדינאטות HSV בעזרת הקוד הבא (לפני ההרצה העתיקו מן האתר את הקובץ):

```
im=imread('testimage.jpg'); info=imfinfo('testimage.jpg');
imwidth=info.Width; imheight=info.Height;

hsv=rgb2hsv(im); % Convert from RGB model to HSV model
imnew=im; % Copy the image 'im' to another variable 'imnew'
```

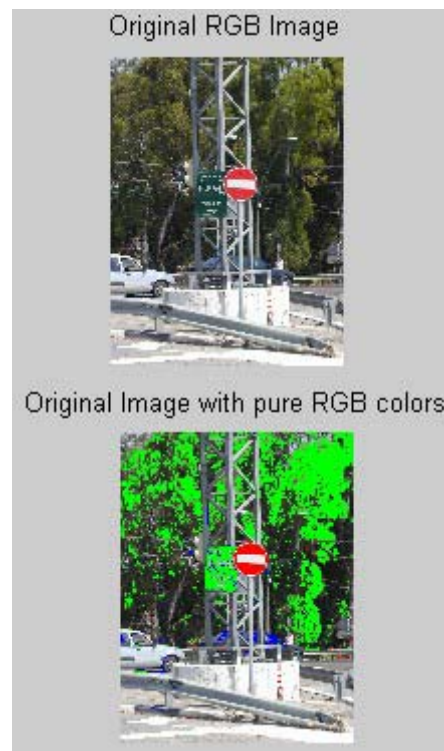
```
% 'him' = H image 'sim' = S image 'vim' = V image
him=hsv(:,:,1); sim=hsv(:,:,2); vim=hsv(:,:,3);
```

```
goodsaturation=(sim>0.4); % All pixels with saturation > 0.4.
%%%%% ENTER HERE YOUR CODE %%%
redim=im; redim(:,:,2)=0; redim(:,:,3)=0;
greenim=im; greenim(:,:,1)=0; greenim(:,:,3)=0;
blueim=im; blueim(:,:,1)=0; blueim(:,:,2)=0;
```

```
figure; title('Recognition of Colors');
subplot(3,4,1);imshow(im);title('Original RGB Image');
subplot(3,4,2);imshow(redim);title('R (Red) of RGB Image');
subplot(3,4,3);imshow(greenim);title('G (Green) of RGB Image');
subplot(3,4,4);imshow(blueim);title('B (Blue) of RGB Image');
subplot(3,4,6);imshow(him);title('H (Hue) of Image');
subplot(3,4,7);imshow(sim);title('S (Saturation) of Image');
subplot(3,4,8);imshow(vim);title('V (Value) of Image');
subplot(3,4,11);imshow(goodsaturation);title('Saturation > 0.4');
subplot(3,4,9);imshow(imnew);title('Original Image with pure RGB
colors');subplot(3,4,11);imshow(goodsaturation);title('Saturation > 0.4');
subplot(3,4,9);imshow(imnew);title('Original Image with pure RGB colors');
```

**הסבירו מה רואים בתמונות?**

.d.4 עתה בדקו אילו ערכי HUE מתאימים לצבעים הבולטים שמופיעים בתמונה (כחול ואדום) וצבעו את הפיקסלים שזיהיתם ככחול בצבע כחול טהור וכן לגבי צבע אדום וירוק. דוגמא:



רמז: השתמשו בקוד הבא, החליפו את סימני השאלה בערכים המתאימים והוסיפו לקוד הנ"ל:

```
% for x=1:imheight
%   for y=1:imwidth
%       if goodsaturation(x,y)
%           % if color of pixel is blue -> paint with pure blue
%           if ((hsv(x,y,1) > ???) & ((hsv(x,y,1) < ???)))
%               imnew(x,y,1)=0;imnew(x,y,2)=0;imnew(x,y,3)=255;
%           % if color of pixel is red -> paint with pure red
%           elseif ((hsv(x,y,1) > ???) | ((hsv(x,y,1) < ???)))
%               imnew(x,y,1)=255;imnew(x,y,2)=0;imnew(x,y,3)=0;
%           % if color of pixel not red or blue -> paint as pure green
%           else imnew(x,y,1)=0;imnew(x,y,2)=255;imnew(x,y,3)=0;
%           end end end end
```

רשמו אילו ערכי HUE בחרתם לכל צבע והוסיפו את התמונה הסופית לדו"ח.

### שאלות דו"ח מסכם

יש לענות בכתב על כל השאלות שהוצגו בסעיף הקודם (תאור הניסוי):

שמרו את קטעי קוד ה-MATLAB שהרצתם בקובץ בשם ex4.m .

# ניסוי 5 - חיתוך בסף Thresholding

## מטרת הניסוי

ביצוע סגמנטציה של תמונה בעזרת חיתוך בסף.

## הסבר הניסוי

סגמנטציה של תמונה הוא תהליך של חלוקת התמונה לאזורים שונים. תהליך זה, כמובן, תלוי בבעיה. שיטה פשוטה ומקובלת לביצוע סגמנטציה היא בעזרת חיתוך בסף של התמונה. בפעולה זו ערכי פיקסלים מתחת לסף מסוים מקבלים ערך אחד (למשל 0 = שחור), בעוד הערכים הגבוהים מהסף מקבלים ערך אחר (למשל 1 = לבן). בניסוי זה נבצע סגמנטציה של תמונת גרגרי אורז, כאשר המטרה היא לבודד את הגרעינים הבהירים מן הרקע הכהה. ננסה ערכי סף שונים ונבחן את הסגמנטים שמתקבלים עבורם.

## שאלות דו"ח מכין

ניתן להיעזר ב: [Jain] Chapter 7, pp. 233-241, 407-408

ובאתר האינטרנט של הניסוי (ראה: <http://visl.technion.ac.il>)

- א.5. תארו את השינוי ברמות ההארה של תמונה העוברת חיתוך בסף ע"י גרפים: הגרף הראשון יכיל את ההארה התחילית (ציר x) לעומת הסופית (ציר y). הגרפים השני והשלישי יכילו את ההיסטוגרמה של התמונה המקורית, ושל התמונה הסופית (שרטוטים איכותיים).
- ב.5. נניח שיש שינויי הארה איטיים בתמונה המכילה הרבה אובייקטים קטנים (כלומר, אזור מסוים בתמונה בהיר יותר מאזור אחר, בהפרש לא גדול, וההשתנות היא איטית). מה ההשפעה של תופעה כזו על תוצאת החיתוך בסף?
- ג.5. קראו במסכי העזרה של MATLAB על Correction of Non-uniform Illumination, ניתן להיעזר בדף אינטרנט:

[http://www.mathworks.com/products/demos/image/nonuniform\\_illumination/ipexrice.html](http://www.mathworks.com/products/demos/image/nonuniform_illumination/ipexrice.html)

התייחסו לחמשת הסעיפים הראשונים.

## תאור הניסוי

- a.5. טענו והציגו את התמונה `rice.tif` (הנמצאת ב- `path` הסטנדרטי של MATLAB) ואת התמונה `rice1.tif` (הניתנת להורדה מדף הבית של הניסוי) או תמונה אחרת לפי החלטת המדריך. התבוננו בתמונות. נסו להעריך – אילו ערכי סף שנפעיל על התמונות יפרידו את גרגרי האורז מן הרקע? (העזרו ב- `pixval` וב- `imhist`).
- b.5. בצעו עבור שתי התמונות חיתוך בסף בערכים שונים (דוגמה לחיתוך בסף: `im>=74`). פקודה זו מחזירה מטריצה שבה האיברים הם 0 או 1, בהתאם לתנאי) והציגו את התוצאות להשוואה (ניתן להשתמש ב- `subplot` כדי להציג מספר תמונות ב-`figure` אחד).
- מהו אחוז הפיקסלים המוארים בכל תמונה (רמז - אפשר לספור את הפיקסלים בעזרת `sum`)? תארו והסבירו את התוצאות שהתקבלו.
- אם ברצוננו להפריד במדויק את כל גרגרי האורז מן הרקע, ורק אותם, מהו ערך הסף שנצטרך להפעיל? האם יש ערך חד משמעי? הסבירו!
- c.5. הוסיפו רעש גאוסני לבן עם סטיית תקן 15 (לפי ההסבר בניסוי 3). תארו כיצד פוגם הרעש בתהליך. האם השיטה חסינה לרעש? עבור הארה לא אחידה – אילו בעיות צפויות להתעורר? סכם בדו"ח באילו תנאים תצפה ששיטה זו תעבוד באופן משביע רצון.

## שאלות דר"ח מסכם

יש לענות בכתב על כל השאלות שהוצגו בסעיף הקודם ("תאור הניסוי"), ועל השאלות הבאות:  
שמרו את קטעי קוד ה-MATLAB שהרצתם בקובץ בשם ex5.m .

## ניסוי 6 – מתיחת היסטוגרמה

### מטרת הניסוי

הדגמת כלי אינטראקטיבי לשינוי ערכי ההארה של התמונה, וההשפעה על ההיסטוגרמה.

### הסבר הניסוי

כלי אינטראקטיבי נפוץ בתוכנות לעיבוד תמונה הוא מתיחת ההיסטוגרמה עבור תחום מסוים של ערכי הארה. את התחום קובעים שני ערכים: נקודת האמצע (level) ורוחב התחום (window). כלומר, כל פיקסל שערכו גדול מ-  $(Level+Window/2)$  ממופה לערך המקסימלי (1); ערכי ביניים ממופים באופן ליניארי; ערכים הקטנים מ-  $(Level-Window/2)$  ממופים לערך המינימלי (0). בניסוי זה נריץ כלי המבצע את מתיחה בתחום נבחר, ונראה את תוצאתו על תמונות שונות.

### שאלות דו"ח מכין

ניתן להיעזר ב: Jain] Chapter 7, pp. 233-241, 407-408 ובאתר <http://visl.technion.ac.il>.

- ג.6. לשם מה מבצעים מתיחת היסטוגרמה?
- ד.6. על-סמך ההסבר הנ"ל, ציירו את פונקציית ההמרה שמבצעת מתיחת היסטוגרמה – מוצא לעומת כניסה. ציר x יתאר את ערך הפיקסל לפני ההמרה, וציר y את הערך אחריה.
- ה.6. שרטטו שתי היסטוגרמות. האחת של תמונה לפני שעברה המרה, והשנייה – אחריה. תארו במילים את הקשר בין ההיסטוגרמות.
- ו.6. האם הפעולה לינארית באופן כללי? נמקו!
- ה.6. הסבר את אופן פעולת הפונקציה histeq (ראה מסכי HELP של MATLAB).

### תאור הניסוי

#### נא שמרו את המסכים השונים מתוך ה-demo ושלבו אותם בדו"ח המסכם!

- c.6. בחלון ה-MATLAB הקלידו demo. לאחר הופעת חלון המצגת, בחרו Toolboxes ושם Image Processing. בחרו את המצגת הנקראת Intensity Adjustment and Histogram Equalization. הקישו על הכפתור Run... כדי להריץ את המסך האינטראקטיבי.
- d.6. הציגו את התמונה Pout. ודאו כי הפעולה על התמונה היא Intensity Adjustment (ולא Histogram Equalization). מצד שמאל רואים את התמונה המקורית, ומתחתיה את ההיסטוגרמה שלה. לידה (מימינה) מוצגת התמונה לאחר מתיחת ההיסטוגרמה ומתחתיה – ההיסטוגרמה. בחלק הימני של החלון מוצג גרף המתאר את פעולת ההמרה שעובר כל פיקסל (ערך סופי לעומת ערך תחילי). בגרף מופיעות שלוש נקודות עזר בצבעים שונים (אדום, צהוב וירוק).
- e.6. התבוננו בתמונה המקורית ובתמונה לאחר ההמרה. איזו מהן ברורה יותר? מדוע?
- f.6. נסו את הכפתורים: -Contrast +Contrast -Brightness +Brightness. מה ההשפעה של כל כפתור על גרף ההמרה? שרטטו את ההשפעה.
- ג.6. **רשות** במקום התמונה circuit בחרו כעת את התמונה tire. האם התמונה שמתקבלת לאחר ההמרה (האוטומטית) משופרת לעומת התמונה המקורית? נמקו!
- ה.6. **רשות** עתה נבצע המרה לא לינארית בערכי ההארה (של ה window). הפעולה שנבצע הינה שינוי ערך הגמא של התמונה. (שימו לב, אנו עדיין עובדים עם התמונה tire). לחצו על הכפתורים -Gamma +Gamma (ניתן לשנות גם על-ידי הזזת הנקודה הצהובה למעלה או למטה). מהי ההשפעה על ההיסטוגרמה? תארו ושרטטו. איך שינוי זה משפיע על התמונה? איזה ערך גמא מניב את התמונה הברורה ביותר?
- ג.6. הפעל על תמונה שתקבלו מן המדריך את פונקציית histeq והצג את ההיסטוגרמה ואת התמונה עצמה לפני ואחרי ביצוע הפונקציה. הוסף את התמונות והגרפים לדו"ח והסבר את ההבדל.

שאלות דו"ח מסכם: יש לענות בכתב על כל השאלות שהוצגו בסעיף הקודם ("תאור הניסוי").

# ניסוי 7 - סינון רעש

## מטרת הניסוי

סינון תמונה רועשת, תוך הפעלת אופרטורים שונים על סוגים שונים של רעש.

## הסבר הניסוי

ברוב התמונות בהם אנו נתקלים קיים רעש במידה זו או אחרת. רעש יכול לנבוע מהגלאי שבו משתמשים, 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 הניסוי אנו נעבד תמונה שבה יש רעש. הרעש יהיה אחד משניים: 1. רעש אדיטיבי גאוסי לבן, ו-2. רעש מסוג shot-noise (ידוע גם כרעש salt-and-pepper, בגלל ה"גרגרים" הלבנים והשחורים). כדי לסנן את הרעש נשתמש באופרטורים בגדלים שונים, ונשים לב ל- trade-off הקיים בין גודל חלון, איכות סינון הרעש ושמירה על חדות התמונה המקורית.

## שאלות דר"ח מכין

ניתן להיעזר ב: [Jain] Chapter 7, pp. 241-249 ובאתר <http://visl.technion.ac.il>.

- א.7 ישנם סוגים רבים של רעש, למשל רעש גאוסי, לבן, רעש shot-noise או impulse, רעש מחזורי. העזרו ב Help של הפונקציה imnoise – מהם שלושת סוגי הרעש אותם ניתן להוסיף לתמונה? תארו את סוגי הרעש והפרמטרים המתאימים לכל אחד.
- ב.7 מסנן ממצע (Averaging): תארו את דרך פעולתו.
- ג.7 מסנן חציון (Median): תארו את דרך פעולתו (ניתן להיעזר ב Help של הפונקציה medfilt2).
- ד.7 האם ניתן לסנן רעש מסוג shot-noise באמצעות מסנן לינארי? נמקו.

## תאור הניסוי

### שמרו את המסכים השונים מתוך ה-demo ושלבו אותם בדו"ח המסכם!

- a.7 בחלון MATLAB הקישו demo. בחרו Toolboxes, ואח"כ Image Processing. הריצו את Noise Reduction Filtering.
- b.7 סינון רעש אדיטיבי גאוסי לבן  
בחרו את התמונה Rice עם רעש גאוסי. קיבעו את וריאנס הרעש ל 0.01 (הקישו Enter לאחר הזנת הערך החדש). לחצו על הכפתור Add Noise כדי ליצור את התמונה עם הרעש.
- c.7 סננו את הרעש באמצעות Average Filtering שהינו קונבולוציה עם גרעין מיצוע קטן. בדקו את התוצאה עם גרעין בגודל 3x3, 5x5 ו 7x7. ודאו שהפעולה מתבצעת (לחיצה על הכפתור Apply Filter). שימו לב מה קורה לעוצמת הרעש ככל שגרעין המיצוע (המסנן) גדל.
- d.7 סינון shot noise (Salt & Pepper)  
בחרו את התמונה Flower. קיבעו את הרעש ל Salt & Pepper, עם צפיפות 0.3. בחרו מסנן מסוג Median. בדקו את תוצאת הסינון עם גרעין בגודל 3x3, 5x5 ו 7x7.  
**איזו תמונה היא הטובה ביותר?**
- e.7 עתה בחרו מסנן מסוג Averaging (הרעש נשאר כשהיה, Salt & Pepper!). נסו מסננות בגדלים שונים.
- f.7 שנו את הרעש לגאוסיאן (עם אותם הפרמטרים שהיו קודם). סננו את התמונה עם Averaging ועם Median.
- g.7 סינון תמונה טבעית  
**סכם, איזה מסנן נותן תוצאה טובה יותר ובאילו מקרים?**  
עתה נבצע סינון ללא עזרת ה- demo. בחר תמונה טבעית (היעזר במדריך). הוסף רעש גאוסי לבן (לפי



הסבר בניסוי 3). סנן ע"י גאוסיאן בעזרת פקודת filter2 (ניתן להיעזר בפקודה fspecial לקבל הגרעין).  
נסה עם 2 עוצמות רעש לבחירתך, בחר פרמטרים מתאימים למסנן (שישתנו לפי עוצמת הרעש).

ענה בדו"ח המסכם:

מה הבעיות שיוצר הסינון הלינארי? באילו חלקים בתמונה הוא מצליח יותר ובאילו פחות? נסה לתת  
הסבר לכך גם תוך הסתמכות על אופי כל חלק בתחום התדר. אם היה עליך לפתח מסנן אדפטיבי  
(שאופיו משתנה ממקום למקום בתמונה) לפי אילו קווים מנחים היית מתכנן אותו?

### שאלות דו"ח מסכם

- .h.7 מה השיקולים לבחירת גודל גרעין המסנן באופן כללי?  
איזה סוג עיוות מכניס מסנן חציון לתמונה?  
איזה מסנן יעיל יותר לסינון רעש shotnoise חלש, Averaging או Median? מדוע?  
איזה מסנן יעיל יותר לסינון רעש גאוס, Averaging או Median? מדוע?
- .i.7 נתונה תמונה. מבצעים סינון עם מסנן ממצע שוב ושוב (כלומר – התמונה המתקבלת מהסינון  
משמשת כתמונת המקור, וחוזר חלילה).  
מהו האפקט שמתקבל? מהי התוצאה הצפויה לאחר אינסוף איטרציות?  
כנ"ל, עבור מסנן חציון.
- .k.7 נתונה תמונה עם רעש Salt & Pepper בצפיפות מאד נמוכה (נקודה לבנה או שחורה פה ושם בתמונה).  
כיצד נסנן רעש זה כדי לשחזר בצורה הטובה ביותר את התמונה המקורית?  
(חישבו היטב לפני שאתם עונים, אין חובה להשתמש דווקא במסננים שהכרתם במהלך הניסוי!)

# ניסוי 8 – דחיסת תמונה בעזרת DCT

## מטרת הניסוי

הכרת שיטה לדחיסת תמונה המבוססת על חלוקה לבלוקים והתמרת DCT.

## הסבר הניסוי

טכניקה מקובלת היום באלגוריתמי דחיסה רבים היא חלוקה של התמונה לבלוקים, ביצוע התמרת DCT לכל בלוק בנפרד, ושידור/שמירה של איברי ה DCT בעלי האנרגיה הגבוהה מערך סף מסויים (איברים עם אנרגיה נמוכה "נזרקים").

בניסוי זה נבחן את איכות הדחיסה. ננסה לבדוק מהם יתרונותיה ומהם חסרונותיה, לאילו תמונות היא יעילה ולאילו לא.

## שאלות דר"ח מכין

ניתן להעזר ב: Chapter 5 [Jain] ובאתר האינטרנט של הניסוי: <http://visl.technion.ac.il/labs/anat/8/dct.pdf>

- a.8. מהי התמרת DCT? עיינו בנוסחה להתמרה חד-ממדי ולהתמרה דו-ממדית בקישורים הנ"ל. האם התמרת קוסינוס היא החלק הממשי של התמרת DFT? מה הקשר בין התמרה זו והתמרת DFT? מדוע משתמשים בה ולא ב DFT לדחיסת תמונות?
- b.8. באילו אלגוריתמי דחיסה ידועים משתמשים בהתמרת DCT?
- g.8. האם אלגוריתמי הדחיסה המבוססים על DCT הם Lossy או Lossless?
- d.8. בבלוק ה DCT: היכן נמצא איבר ה DC? היכן נמצאים התדרים הנמוכים? היכן נמצאים התדרים הגבוהים?
- h.8. מבצעים התמרת DCT לבלוק  $8 \times 8$  שכל הפיקסלים שבו הם בעלי ערך 128. מהם איברי ההתמרה? (אפשר להעזר בפקודה DCT2)

## תאור הניסוי

נא שמרו את המסכים השונים מתוך ה-demo ושלבו אותם בדו"ח המסכם!

- a.8. בחלון ה MATLAB הקלידו demo, בחרו Toolboxes ושם Image Processing. הריצו את Discrete Cosine Transform.
- b.8. קבעו את ה scroll bar כך שיוצגו 32 איברים (32 Coefficients Selected). דפדפו בין התמונות השונות (Saturn, Flower, Pout, ...). התוכנה מציגה את האיברים בעלי האנרגיה הגבוהה בצבע לבן. רק איברים אלו משתתפים בהתמרה ההופכית.  
באופן כללי - היכן ממוקמים האיברים עם האנרגיה הגבוהה? מדוע?
- c.8. עתה קבעו הצגה של איבר אחד בלבד (1 Coefficients Selected) עם התמונה Pout. (אל תשכחו ללחוץ על Apply! התמונה המשוחזרת היא זו שמתקבלת משמאל למטה).  
האם התמונה המשוחזרת ניתנת להבנה? מה רואים בה למעשה?
- d.8. קבעו הצגה של חמישה איברים (5 Coefficients Selected) עם התמונה Pout ואז עם Circuit.  
האם התמונות המשוחזרות ניתנות להבנה? מה המסקנה? (רמז – יש קשר לגודל האובייקטים)
- e.8. כמה איברים דרושים לקבלת שחזור "טוב מאד" בתמונות Saturn ו-Quarter?  
 (כלומר שחזור כך שהעין אינה מבחינה בין התמונה המקורית והתמונה המשוחזרת)  
הציגו את התוצאות שקיבלתם בפני המדריך.

## שאלות דר"ח מסכם

יש לענות בכתב על כל השאלות שהוצגו בסעיף הקודם ("תיאור הניסוי"), וכן על השאלות הבאות:

- f.8. מהם היתרונות של דחיסה עם התמרת DCT מבוססת בלוקים? מהם חסרונותיה? היכן היא כושלת?
- g.8. הציגו דרך לשפר את ההתמרה + דחיסה באזורים בהן היא כושלת.

## ניסוי 9 – גילוי שפות

### מטרת הניסוי

הפעלת אופרטורים שונים לגילוי שפות והשוואה ביניהם.

### הסבר הניסוי

גילוי שפות הינו שלב קריטי בראיה-ממוחשבת. המעבר מאובייקט אחד למשנהו על-פי רוב הינו חד ומאפשר את הזיהוי של קו-המתאר (contour) של האובייקט, ועל-ידי כך את זיהויו הסופי. מכיוון שאנו עוסקים בעיבוד תמונות, מטרתנו הינה לא לזהות את האובייקטים השונים אלא למצוא אופרטור שיציג באופן מדויק את השפות של האובייקטים השונים (וזו לא משימה טריוויאלית!). במהלך הניסוי נציג תמונות שונות, ונפעיל עליהן אופרטורים שונים לגילוי שפות. ננסה לבחון את היתרונות והחסרונות של כל אופרטור.

### שאלות דר"ח מכין

(חומר עזר: ספר [Jain] Chapter 9.4, pp. 347, ואתר האינטרנט של הניסוי <http://visl.technion.ac.il>)

- 9.a. קראו את ה Help על הפקודה `Edge`. מה המוצא (output) של הפונקציה? אילו סוגי אופרטורים היא מכירה? (ניתן להריץ את `Edge Detection` מתוך ה-DEMO של MATLAB - תחת Image Toolbox Processing - ולשחק עם הפרמטרים השונים כדי להתרשם מפעולת פקודת `edge`.)
- 9.b. אופרטורים לגילוי שפות הינם בד"כ וריאציה של נגזרת. תארו את אופן פעולת האופרטורים הבאים: `Sobel`, `Laplacian of Gaussian`, `Canny`
- אלו נגזרות מקורבות ע"י כל אופרטור? אלו ערכים נחשבים לקצה בכל מקרה? מה ההבדלים בין השיטות השונות?

### תאור הניסוי

- 9.a. השפעת ערך הסף על השפות המתגלות
- ביצעו גילוי שפות ע"י הרצת הקוד הבא:

```
im=imread('rice.tif');
subplot(221);imshow(im);title('Original');

imedge=edge(im,'SOBEL',0.05,'both');
subplot(222);imshow(imedge);title('SOBEL, Thresh=0.05, direction =both');

imedge=edge(im,'SOBEL',0.15,'both');
subplot(223);imshow(imedge);title('SOBEL, Thresh=0.15, direction =both');

imedge=edge(im,'SOBEL',0,'both');
subplot(224);imshow(imedge);title('SOBEL, Thresh=0, direction =both');
שימו לב אם בכל מקרה נתגלו כל השפות, אם יש שפות שלא נתגלו, ואם נתגלו שפות באופן שגוי!
הוסיפו את תוצאת ההרצה לדר"ח המסכם.
```

- 9.b. השפעת רוחב הגאוסיאן בחיפוש שפה מוחלקת
- עתיב בצורה דומה גילוי שפות על תמונה `im=rice.tif` אך הפעם בעזרת אופרטור `Canny`, כיוון

- גזירה Both וערך סף 0. את סטיית התקן (Sigma) קבעו ל-0.5, ל-1 ול-5. שימו לב אם בכל מקרה נתגלו כל השפות, אם יש שפות שלא נתגלו, ואם נתגלו שפות באופן שגוי! הוסיפו את ה-Plot של תוצאות ההרצה לדו"ח המסכם.
- מדוע ערכי ה-Sigma משפיעות על השפות? איזה גלאי קצות עדיף (Canny / Sobel)?
- c.9. עתה בצעו גילוי שפות ע"י Canny בצורה דומה על תמונה טבעית, אותה תקבלו מן המדריך. נסו לבחור פרמטרים מתאימים.
- הציגו התוצאות בדו"ח המסכם. האם גלאי קצוות מזהה טוב בכל המקרים אובייקטים? מה הקשיים המתגלים?
- e.9. הוסיפו רעש גאוסי לבן עם סטיות תקן  $std\_n=5,20$  (לפי הסבר בניסוי 3). הפעילו את אופרטור Canny. נסו למצוא פרמטרים שיתנו תוצאות סבירות. הציגו התוצאות בדו"ח המסכם.

d.9. **רשות**

#### גילוי שפות כיווניות

- עתה בצעו גילוי שפות על התמונה im-circuit.tif עם אופרטור Sobel עם ערך סף של 0.05 וכיווני גזירה שונים (Vertical Horizontal Both).
- באיזו מסגרת נעשה להערכתכם שימוש בכל אחד מן המקרים?

#### שאלות דו"ח מסכם

- יש לענות בכתב על כל השאלות שהוצגו בסעיף הקודם ("תאור הניסוי").
- e.9. באופן כללי, האם קיים ערך סף כזה שיניב את כל השפות בהן אנו מעוניינים ורק אותן? נמקו!

# ניסוי 10 - מדידת שטח והצגתו

## מטרת הניסוי

מדידת שטח של עצמים בתמונה, והצגה נוחה של המידע.

## הסבר הניסוי

ניתוח תמונות עוסק בפעולות על תמונות לשם ביצוע מדידות כמותיות שיאפשרו לאפיין את התמונה. כלומר, מיצוי מאפיינים מתוך התמונה, המתארים אותה. אחד המאפיינים הפשוטים והטבעיים לתאר עצמם הוא השטח שלהם. יש לזכור, שהמאפיינים אותם מפיקים תלויים מאוד ביישום המסוים.

בניסוי זה ננתח תמונה בינרית – נבצע Labeling ונציג את התוצאות. לאחר מכן, נבצע על התמונה המתקבלת חישוב היסטוגרמה. היסטוגרמה של התמונה אחרי Labeling נותנת לנו את המידע הבא: אורך הטבלה הוא כמספר העצמים השונים בתמונה; תוכן ההיסטוגרמה נותן את השטח של כל עצם. בעזרת מיפוי של התמונה אחרי Labeling עם ההיסטוגרמה כטבלת צבעים (colormap), נקבל לבסוף תמונה שבה הערך של כל עצם הוא השטח שלו.

## שאלות דר"ח מכין

ניתן להיעזר ב: [Jain] pp. 409-412

ובאתר האינטרנט של הניסוי (ראה: <http://visl.technion.ac.il>)

- א.10 מהו תהליך labeling? (הסבר כללי ללא תיאור האלגוריתם)
- ב.10 מהי קישוריות 4? מהי קישוריות 8? הסבירו והדגימו בציור.
- ג.10 קראו את ה-help של הפקודה `bwlabel`. מה תפקידה? מהם הפרמטרים? מהו המוצא?

## תאור הניסוי

נא שמרו את המסכים הגרפיים של הניסוי ושלבו אותם בדו"ח המסכם!

- a.10 ביצוע Labeling:  
טענו והציגו את התמונה `rice.tif` או תמונה אחרת לפי החלטת המדריך.  
בצעו חיתוך בסף (ראו ניסוי 5) כדי להפוך את התמונה לתמונה בינארית.  
בחרו ערך סף כזה שייגרום לדעתכם להפרדה ברורה בין גרגרי האורז, והציגו את התמונה המתקבלת.  
**איזה ערך סף בחרתם? האם קיים ערך אופטימאלי אחיד לכל אזורי התמונה?**
  - b.10 בצעו Labeling של התמונה, בעזרת האופרטור `bwlabel`.  
**הציגו את התוצאה.**  
**מה הערך של כל פיקסל בתמונה כעת?**
  - c.10 כמה אובייקטים יש בתמונה והאם המספר זהה למספר גרגרי האורז? הסבירו.  
הציגו את התמונה אחרי ה-Labeling בעזרת מפת צבעים רנדומאלית.  
רמז: ניתן להשתמש בפונקציה `mycolormap=rand(n,3)` כאשר מספר הגרגירים לפחות.  
**הציגו את התוצאה בפני המדריך וצרפו אותה לדו"ח.**
- מדידת שטח:  
עתה אנו רוצים למצוא את הגודל הממוצע (בפיקסלים) של גרגר אורז. נעשה זאת במספר דרכים.
- d.10 דרך א': התבוננו בתמונה והתמקדו במספר גרגרי אורז שנראים "גרגרים ממוצעים" או "מייצגים".  
**מה שטחם (במספר פיקסלים)? רשמו את הפקודה בה השתמשתם.**
  - e.10 דרך ב': חשבו את השטח הכולל של גרגרי האורז, וחלקו במספר הגרגרים.  
**מה התוצאה? האם התוצאה הזו מתאימה להערכה של הסעיף הקודם? אם לא – נמקרו!**

f.10. דרך ג': עתה הציעו שיטה לחישוב מדויק של שטח הגרגרים הממוצע: קחו בחשבון שאין לכלול גרגרים חלקיים או חתוכים (כגון עקב ביצוע ה-thresholding).

שימו לב לרקע הלא אחיד של התמונה (ראה תרגיל 5). הורידו את הגרגרים הלא רצויים וחישבו את השטח הממוצע של הגרגרים שנשארו. הסבירו את השיטה בה בחרתם ואת השיקולים לבחירתה. הציגו את התמונה של הגרגרים שנשארו לחישוב הסופי עם מפת צבעים רנדומאלית. צרפו את קוד ה-MATLAB שלכם לדו"ח. מה השטח הממוצע המדויק שהתקבל?

### שאלות דו"ח מסכם

יש לענות בכתב על כל השאלות שהוצגו בסעיף הקודם ("תאור הניסוי"). שמרו את קטעי קוד ה-MATLAB שהרצתם בקובץ בשם ex10.m .

# ניסוי 11 - מיצוי מאפיינים

## מטרת הניסוי

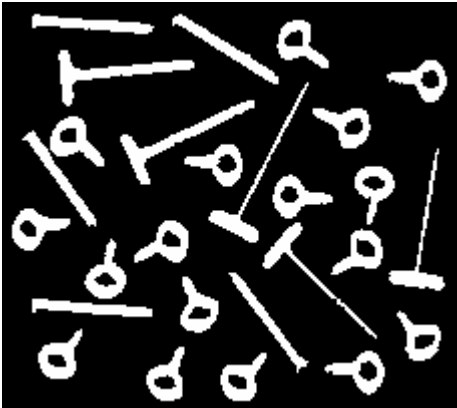
להכיר מאפיינים שונים של תבניות בתמונה, ולהבין את התועלת שבמעבר ממרחב התמונה למרחב המאפיינים (feature space).

## הסבר הניסוי

מערכות ניתוח והבנת תמונה מורכבות בדרך כלל משלושת השלבים הבאים:

- עיבוד מקדים (Pre-processing).
- מיצוי מאפיינים (Feature extraction).
- סיווג (Classification).

שלב העיבוד המקדים כולל שלבים של עיבוד תמונה ברמת הפיקסל (למשל סינון רעשים וחיתוך בסף), ולאחר מכן פעולת סגמנטציה ו- Labeling (הפרדה לאובייקטים וסימונם). שלב מיצוי המאפיינים אחראי על הפקת ערכי תכונות עבור כל סגמנט (אובייקט).



בניסוי זה נעבד תמונה בינארית המכילה מספר עצמים שונים: בתמונה נמצאים מספר ברגי-וו, מסמרים ו-T-pins. נתחיל עם ביצוע Labeling של התמונה. לאחר מכן נפיק מספר מאפיינים מספריים עבור כל סגמנט. ננסה לראות כיצד ניתן להבחין בין הסגמנטים תוך שימוש במידע שהתקבל. לצורך כך נשתמש בפונקציית MATLAB בשם `imfeature`.

לצורך הבנת חלק מן הפרמטרים של פונקציה זו נדרש להיזכר במושגים שקשורים להסתברות. להלן המושגים הרלוונטיים:

נניח  $f(x)$  היא פונקציית צפיפות הסתברות, ולכן היא מקיימת:

$$\forall x, f(x) \geq 0$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$$

מומנט מסדר  $n$  של הפונקציה  $f(x)$ :

$$m_n = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^n f(x) dx$$

כאשר  $\mu$  הינו התוחלת (ממוצע):

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$$

מומנט מסדר 0:

$$m_0 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^0 f(x) dx = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$$

זהו השטח מתחת ל  $f(x)$  שחייב להיות 1.

מומנט מסדר 1:

$$m_1 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu) f(x) dx = 0$$

$$m_2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx$$

נניח שנתונה האליפסה:  $\left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2 = 1$  כאשר  $a > b$  כלומר הראשי של האליפסה הוא ציר x. צפיפות

האליפסה אחידה.

אזי ניתן לחשב את המומנט מסדר 2 של האליפסה והוא:

$$m_2 = \iint x^2 f(x) dx = \int_{y=-b}^{y=b} \int_{x=-b\sqrt{1-\left(\frac{y}{b}\right)^2}}^{x=b\sqrt{1-\left(\frac{y}{b}\right)^2}} x^2 f dx dy$$

## שאלות דר"ח מכין

א.11

קראו והבינו את המושגים המוזכרים במבוא הנ"ל.

נניח אובייקט בעל פיקסלים קשורים בתמונה (כגון אחד האובייקטים בתמונה הנ"ל). נתייחס לאובייקט זה כפונקציה צפיפות הסתברות דו-מימדית בעלת צפיפות אחידה. מה המשמעות של מומנט מסדר שני של פונקציה צפיפות הסתברות זו? מה ניתן להבין מכך על המשמעות של מומנט מסדר שני של האובייקט בתמונה?

ב.11

הפקודה `imfeature` מיועדת לחילוץ מידע על הסגמנטים השונים בתמונה. השתמשו במסך העזרה של הפקודה (יש להשתמש במסך המורחב, בפורמט HTML, אותו אפשר למצוא גם באינטרנט:

<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/images/imfeature.shtml>

והסבירו את משמעות המאפיינים הבאים:

Area, MajorAxisLength, MinorAxisLength, Eccentricity, ConvexArea, FilledArea, EulerNumber, Solidity.

מה הקשר בין מומנט מסדר שני של האליפסה לבין צורת האובייקטים אותם אנו מנסים לאפיין בעזרת פונקציה `imfeature`?

ג.11 מהו "סגור קונבקסי" (קמור) של צורה? (ראה `ConvexArea`)

## תאור הניסוי

נא שמרו את המסכים הגרפיים של הניסוי ושלבו אותם בדו"ח המסכם!

a.11

טענו את התמונה `pieces-bw.bmp` והציגו אותה.

(אם התמונה לא נמצאת על המחשב ניתן להורידה בכתובת:

<http://visl.technion.ac.il/labs/anat/pieces-bw.bmp>)

b.11

בצעו Labeling (עם קישוריות 8, לא 4!) לתמונה והציגו את התוצאה (כולל `pixval on`) תוך שימוש במפת הצבעים הרנדומאלית שבניתם בסעיף 10.

צרפו את התמונה לדו"ח.

c.11

נחשב את המידע האפשרי ע"י הקשת: `stats=imfeature(LabeledImage, 'all');`

כאשר `LabeledImage` מייצג את התמונה לאחר ביצוע `Labeling`.

d.11

בחרו לפחות שלושה מכל סוג סגמנט (שלושה ברגי-ו, שלושה מסמרים, שלושה פיני-T), ומלאו את "טבלת המאפיינים" המובאת למטה. מספיק להשתמש רק בשתי ספרות-דיוק (כלומר, במקום 1536.8 נרשום 1500). כדי להציג מידע על סגמנט מסויים יש להקיש: `stats(SegmentNumber)` כאשר `SegmentNumber` מוחלף במספר הסגמנט המבוקש.

מציאת הסגמנטים יכולה להתבצע ע"י הזנת הסמן אל אובייקט מסוים. במצב של `pixval on` ערך ההארה של הסגמנט שווה לערך ה `label` שלו!

טיפ: כאשר אתם בוחרים סגמנטים מאותו סוג, בחרו כאלה שהם השונים ביותר אחד מן השני, כדי



שתחום הערכים יהיה רחב ככל האפשר.

e.11. התבוננו בטבלה המלאה.

עבור כל עמודה בטבלת המאפיינים רשמו מהם הערכים האופייניים שלה.

f.11. עתה נבחן את מאפייני הצירים (הראשי והמשני) של הסגמנטים על גרף אחד. הקלידו:

```
xx=[stats.MajorAxisLength]; nn=[stats.MinorAxisLength];  
figure(3); plot(xx, nn, '$');
```

מה התקבל? שרטטו והציגו בפני המדריך. מה המסקנה?

g.11. חזרו על הגרף הראשון כאשר ה-labeling נעשה בקישוריות 4, לא 8.

מה השתנה ומה ההסבר? צרפו את הגרף החדש גם כן לדו"ח.

i.11. הציעו צירוף שונה של מאפיינים אשר מסוגלים להפריד בצורה טובה בין האובייקטים והציגו את

התמונה הגרף דומה לנ"ל.

Segment Index (LABEL)	Type	Area	Major Axis Length	Minor Axis Length	Eccentricity	Convex Area	Filled Area	Euler Number	Solidity
	R (Ring)								
	R								
	R								
Typical value									
	T (T pin)								
	T								
	T								
Typical value									
	N (Nail)								
	N								
	N								
Typical value									

**שאלות דר"ח מסכם**

שמרו את קטעי קוד ה-MATLAB שהרצתם בקובץ בשם ex11.m .

h.11 . אם היינו מסובבים את התמונה ב-90 מעלות, כיצד היו משתנות התוצאות?

k.11 . האם המאפיינים שהפרידו בצורה טובה את האובייקטים בדוגמא הנ"ל יתאימו גם לתמונה אחרת כלשהי? הסבירו!

# ניסוי 12 - זיהוי קווים בעזרת התמרת Hough

## מטרת הניסוי

הכרת שיטה לזיהוי קווים בתמונה בינארית.

## הסבר הניסוי

בניסוי הקודם ראינו כי כדי לזהות אובייקטים בתמונה עלינו להפיק ערכים מספריים על האובייקטים בתמונה, או במילים אחרות - לעבוד במרחב פרמטרים (עושים **התמרה** ממרחב התמונה למרחב הפרמטרים). בניסוי זה נזהה קווים ישרים בתמונה בינארית תוך שימוש בטכניקה הידועה בשם התמרת הף (Hough Transform).

תיאור התמרת הף (נא לקרוא גם את ההסברים באתר הניסוי).

## שאלות דו"ח מכין

ניתן להיעזר ב:

[Jain] pp. 362

ובאתר האינטרנט של הניסוי (ראה: <http://visl.technion.ac.il>)

- א.12 קראו את ההסבר על התמרת הף ותדעו להסביר למדריך.
- ב.12 נניח ישר במישור  $x/y$ . איך מיוצג ישר זה במישור הף  $m/b$  ?  
נניח ישר במישור הף  $m/b$ . איך מיוצג ישר זה במישור  $x/y$  ?  
נניח נקודה במישור  $x/y$ . איך מיוצגת נקודה זו במישור הף  $m/b$  ?  
נניח נקודה במישור  $m/b$ . איך מיוצגת נקודה זו במישור הף  $x/y$  ?  
מה היתרונות של התמרת הף למישור רו-טטה לעומת מישור  $m/b$  ?
- ג.12 מהם הפרמטרים ומהו המוצא של הפונקציה  $hough.m$  ?  
(זו לא הפונקציה MATLAB – יש להוריד מאתר הניסוי בכתובת: <http://visl.technion.ac.il>)
- ד.12 מהם הפרמטרים ומהו המוצא של הפונקציה  $dehough.m$  ?  
(זו לא הפונקציה MATLAB – יש להוריד מאתר הניסוי בכתובת: <http://visl.technion.ac.il>)
- ה.12 מה המשמעות של ערך הסף (TOL) בפונקציה זו ?  
האם ההתמרה הפיכה? הסבירו!

## תאור הניסוי

נא שמרו את המסכים הגרפיים של הניסוי ושלבו אותם בדו"ח המסכם!

- a.12 טענו את התמונה 'lecture.jpg' שניתנת להורדה מאתר הניסוי (או לפי החלטת המדריך את [ic.tif](#)) והציגו אותה.
- b.12 השתמשו בפונקציה `edge` עם אופרטור `sobel` כדי לקבל תמונה בינרית המכילה רק את השפות של התמונה שטענו. הציגו את תמונת השפות (זכרו כי זוהי תמונה בינרית).
- c.12 בצעו התמרת הף בעזרת הפונקציה `hough` (הרצתה אורכת זמן מה). הציגו את התמונה המייצגת את מרחב הפרמטרים (שימו לב – יש לבצע התמרת `hough` על התמונה אחרי ביצוע `edge detection`!), והראו אותה למדריך. **צרפו את התוצאה לדו"ח.**
- d.12 **כיצד מזהים נקודה שמייצגת קו במרחב הפרמטרים? כמה נקודות כאלה אתם יכולים לראות?**  
בעזרת הפונקציה `dehough` צרו תמונה שמכילה רק את הקווים. נסו ערכי סף שונים והציגו את התוצאה שנראית לכם אופטימלית.
- e.12 **מה ערך הסף שבחרתם? הסבירו מה רואים וצרפו את התוצאה לדו"ח.**  
שלבו את שתי התמונות, זו של השפות, וזו של הקווים, והציגו אותן כתמונה אחת כאשר כל תמונת

✍  
בסיס נמצאת במישור-צבע אחר (למשל – אדום וירוק).  
אילו קווים התגלו? האם אתם יכולים להבחין בבעיות כלשהן בתוצאה?

### שאלות דר"ח מסכם

שמרו את קטעי קוד ה-MATLAB שהרצתם בקובץ בשם ex12.m .  
f.12 התמרת הף מזהה קווים, אך הם 'נמתחים' לכל אורך התמונה.  
כיצד אפשר לעדכן התמרה זו כך שהקווים המשורטטים יהיו סופיים? מה צריך לשנות/להוסיף?

**עבודה נעימה!**

# נספח א' – רענון MATLAB

נספח זה הוא לצורך תרגול אישי. אין להגיש את התשובות.

1) כתבו במילים את משמעות הביטויים המופיעים בכל אחת מהשורות הבאות (כל משתנה מייצג מטריצה). תנו דוגמה מספרית עם מטריצות ספציפיות לכל תת-פעולה ותוצאה בכל אחת מהשורות, והסבירו:

```
A=B(==1).*5 + (~(B==1)).*B;  
A=((B>0.5) & (B<0.6)).*C;  
A=((B<0.1) | (B>0.9)).*(C.^2);  
x=1:4:20;  
A=B(1:2:7, 1:3:7);  
A=B(:, 3);  
A=B(:);  
A=min(B);  
m=size(A, 1);
```

2) רשמו ביטוי בן שורה אחת שיבצע את הפעולה הבאה (עבור מטריצות A ו B):  
איברי A שווים לאיברי B רק עבור איברי B הקטנים מ 0.5. שאר האיברים של A שווים לאיברים התואמים של B מוכפלים פי 2.5.

3) רשמו ביטוי בן שורה אחת שיבצע את הפעולה הבאה (עבור מטריצות A, B, C ו D):  
איברי A שווים לאיברי C רק עבור איברי C שערכם קטן מאיברי B התואמים. שאר האיברים יהיו שווים לאיברים התואמים של D.

4) רשמו ביטוי בן שורה אחת שיבצע את הפעולה הבאה (עבור מטריצות A ו B):  
B הינו וקטור ארוך המכיל את כל איברי המטריצה A.

5) רשמו ביטוי בן שורה אחת שיבצע את הפעולה הבאה (עבור המטריצה A):  
x הינו הערך המינימלי של כל המטריצה A.

6) רשמו ביטוי בן שורה אחת שיבצע את הפעולה הבאה (עבור המטריצה A):  
מתוך המטריצה A בחר רק את האיברים היושבים בשורות והטורים הזוגיים בו זמנית. x הינו הערך המינימלי של כל האיברים הנבחרים הללו.

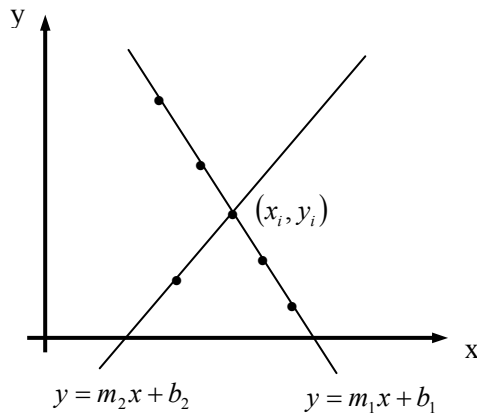
7) פרשו והסבירו במילים את משמעות התוכנית הבאה, וכל שורה בה:

```
a=1:10;  
b=a*2;  
c=3*a;  
figure(9);  
set(gcf, 'position', [20 40 240 120]);  
subplot(2, 1, 1), plot(a, b, 'r');  
hold on  
plot(a, c, 'g');  
hold off  
subplot(2, 1, 2), plot(c, a, 'b');
```

## נספח ב' – התמרת הף Hough

אלגוריתם למציאת קוים ישרים בתמונה – כאשר נתונות אוסף של נקודות ( והקואורדינטות שלהן ) במרחב, תמונה המיוצרת ע"י מגלה שפות, המייצר תמונה של נקודות במרחב המתארות שפות.

ניתן להחליט שכל שתי נקודות יוצרות קו, כאשר ההסתברות לכך שקיים באמת קו כזה בתמונה עולה ככל שעולה מספר הנקודות המקיימות את משוואת הישר.



נסתכל על הנקודה  $(x_i, y_i)$  :

נשים לב שישנם אינסוף ישרים העוברים דרך נקודה אחת במישור... ( כאן רואים שניים מהם ) .

ננסה להתייחס לכל ישר כזה כאל

נקודה במישור קבועי הישר :  $m, b$

ולכל נקודה במישור  $x, y$  כאל ישר

במישור  $m, b$  ( שיש בו  $\infty$  נקודות ... )

נניח שיש  $y = mx + b$  עובר דרך הנקודה  $(x_i, y_i)$ , אזי מתקיים :

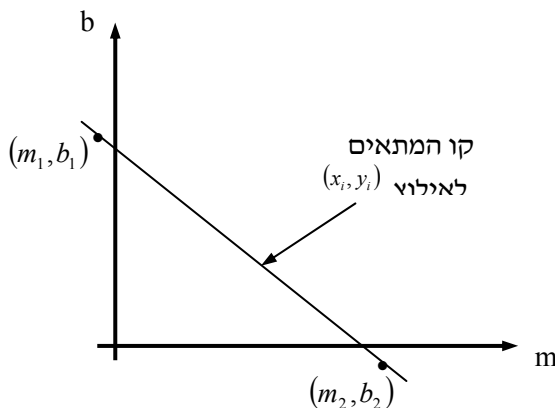
$$y_i = mx_i + b$$

או

$$(*) \quad b = -x_i m + y_i$$

זהו אילוף על הפרמטרים  $m, b$  של כל קו ישר העובר דרך  $(x_i, y_i)$ .

והנה בנינו קשר של ישר בין  $m$  ל  $b$  מכל נקודה במישור  $x, y$ .



נבנה מישור  $m, b$  :

בישר זה, כל נקודה מתייחסת

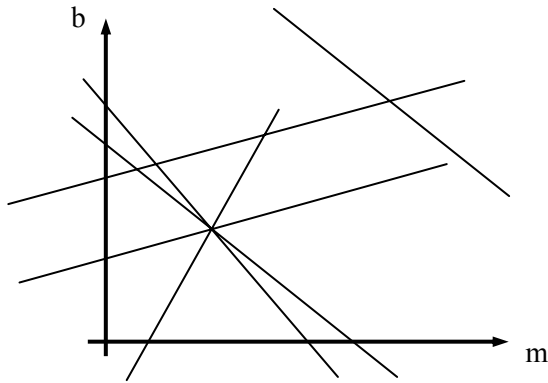
לישר במישור  $(x, y)$  שעובר

דרך נקודה  $(x_i, y_i)$ .

עבור נקודה  $(x_i, y_i)$  נוכל לצייר קו במישור  $m, b$ , המאפיין את כל הקווים

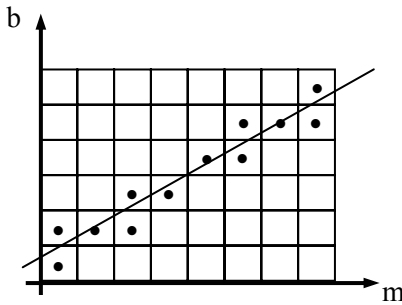
העוברים דרך  $(x_i, y_i)$  במישור  $x, y$ .

כעת נחזור על הפעולה לכל הנקודות  $\{x_i, y_i \mid i = 1 \dots N\}$ :



מה המשמעות של חיתוך של הרבה קווים בנקודה אחת?  
 הפרמטרים הספציפיים  $m, b$  של נקודת החיתוך מתאימים לקו העובר  
 דרך הרבה נקודות במישור  $x, y$ , כלומר, באמצעות הטרונספורמציה ממישור  
 $x, y$  למישור  $m, b$ , הפכנו את בעיית מציאת נקודות קו-ליניאריות לבעיית  
 מציאת חיתוכי קווים.

**מימוש:**



- בניית מערך של אוגרים  $N_b \times N_m$ .
- כל קו "מצביע" על אוגרים המייצגים תאים שהוא עובר בהם – יעלה את ערך האוגר ב-1.
- חיפוש מקסימום על פני כלל התאים.

באופן מעשי, קל יותר (מבחינה חישובית) לדגום את  $m$  ולעגל את  $b$ , במקום לבדוק כניסה לריבוע (ע"י תנאי if).

**For i = 1 to N - points**

```

For m =  $m_{\min}$  to  $m_{\max}$  step  $\Delta m$ 
     $b = -x_i m + y_i$ 
    round(b)
     $A(m,b) = A(m,b) + 1$ 
next m
next i
    
```

חיפוש המקסימום :

**max = 0**

**For m =  $m_{\min}$  to  $m_{\max}$  step  $\Delta m$**

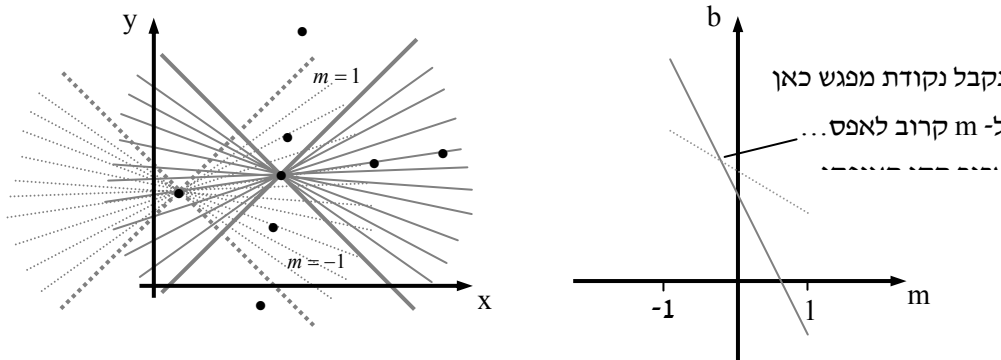
```

For b =  $b_{\min}$  to  $b_{\max}$  step  $\Delta b$ 
    If  $A(m,b) > \max$  then
         $\max = A(m,b)$ 
        save m,b
    endif
next b
next m
    
```

**בעיות :**

1. למרות שהתמונה במישור  $x, y$  סופית, הפרמטרים של הקווים נמצאים באזור לא חסום במישור  $m, b$ , ואז לא נוכל לאתר מפגש בין קווים שנקודת פגישתם מחוץ למערך  $N_b \times N_m$  שיש לנו. (למשל קווים אנכיים שעבורם  $m$  גדול מאוד).

פתרון : לייצג רק קווים ששיפועם  $-1 < m \leq 1$  ולבצע את כל החישובים פעמיים, כאשר בפעם השנייה התמונה מסובבת ב-  $90^\circ$ .



לא נקבל כאן את הקו האנכי, אלא רק אחרי שנסובב את התמונה ושוב נחשב ל-  $-1 < m \leq 1$ .



2. צפיפות אחידה של אוגרים לא נותנת תחושה לייצוג "כמות" דומה של קוים. ( בקו אופקי יעברו יותר קוים דרך אוגר ספציפי לעומת קו משופע שיכול לחרוג לאוגר סמוך ).

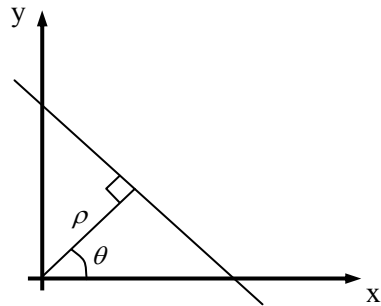
**האלגוריתם של Duda & Hart**

פרמטריזציה של קוים ישרים :

ע"י זווית ומרחק:  $(\rho, \theta)$ .

ומשוואת הישר :

$$\rho = x \cdot \cos(\theta) + y \cdot \sin(\theta)$$



הרעיון: שימוש באלגוריתם של Hough,

כאשר מחליפים את הפרמטרים

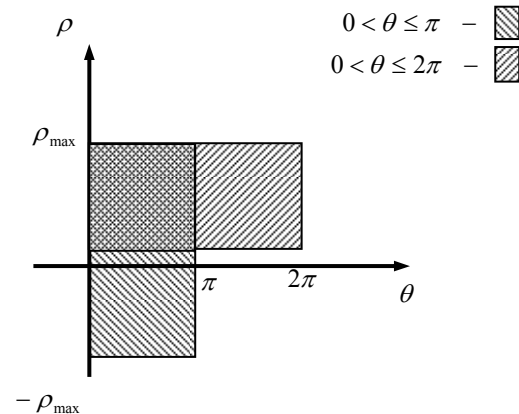
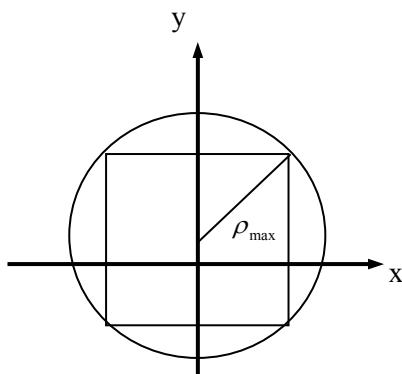
$m, b$  בפרמטרים  $\rho, \theta$ .

יתרונות:

1. הקווים העוברים דרך תמונה סופית במישור  $x, y$  מיצגים ע"י פרמטרים

נורמאליים בתחום חסום במישור  $\rho, \theta$ . כאן אין לנו בעיה עם ערכים

אינסופיים.



2. ניתן להראות ( גיאומטריה הסתברותית ), שבמובן מסוים תאים בגודל

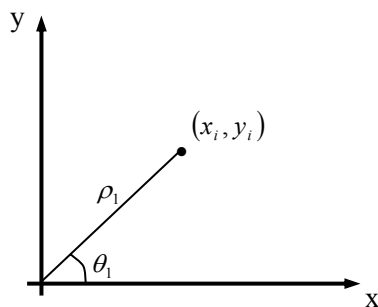
שווה במקומות שונים במישור  $\rho, \theta$  מייצגים "כמות" שווה של קוים.

צורת הטרנספורמציה:

ייצוג פולארי של  $(x_i, y_i)$ :

$$x_i = \rho_i \cos \theta_i$$

$$y_i = \rho_i \sin \theta_i$$

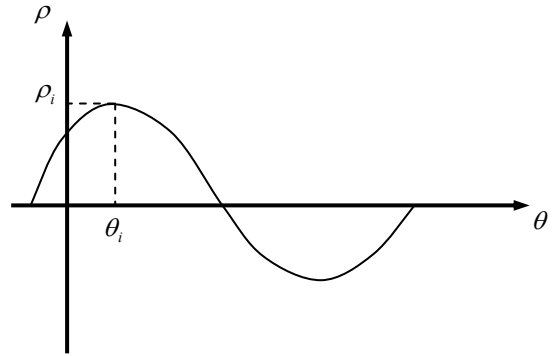


כאשר הפרמטרים של קו ישר העובר דרך  $(x_i, y_i)$  מקיימים :

$$\rho = x_i \cos \theta + y_i \sin \theta$$

$$\rho = \rho_i \cos \theta_i \cos \theta + \rho_i \sin \theta_i \sin \theta$$

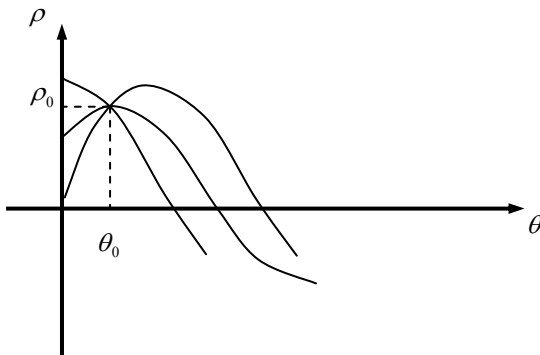
$$\rho = \rho_i \cos(\theta - \theta_i)$$



סינוסואידה עם אמפליטודה  $\rho_i$  והפרש פאזה  $\theta_i$ .

תכונות :

1. נקודה במישור התמונה מתאימה לסינוסואידה במישור  $\theta, \rho$ .
2. נקודה במישור  $\theta, \rho$  מתאימה לישר במישור התמונה.
3. נקודות קולינאריות במישור התמונה מתאימות לסינוסואידות שלהן נקודות חיתוך משותפות במישור  $\theta, \rho$ .
4. נקודות על אותה סינוסואידה במישור  $\theta, \rho$  מייצגת קוים הנחתכים בנקודה אחת במישור התמונה.



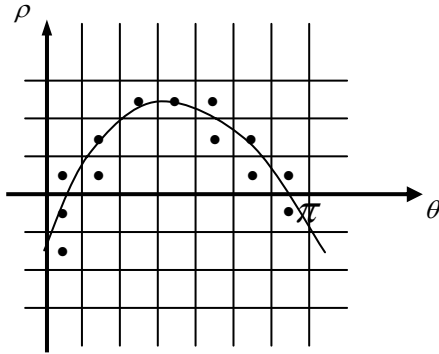
$$\rho_0 = x \cos \theta_0 + y \sin \theta_0$$

הפכנו חיפוש של נקודות קולינאריות לחיפוש נקודות חיתוך משותפות של סינוסואידות.

## אימפלמנטציה :

נבצע באופן דומה לאלגוריתם Hough :

- נחלק את מרחב  $\rho, \theta$  לאוגרים.
- נעבור ונעלה את ערכי האוגרים בהם עוברים הסינוסואידות.
- נחפש את האוגר עם מקסימום הפגיעות – ערכי  $\rho, \theta$  שלו יתנו את הישר המבוקש במישור  $x, y$ .



תהליך הצבעה :

### For i = 1 to N - points

For  $\theta = 0$  to  $\pi$  step  $\Delta\theta$

$$\rho = x_i \cos \theta + y_i \sin \theta$$

round( $\rho$ )

$$A(\rho, \theta) = A(\rho, \theta) + 1$$

next  $\theta$

next i

חיפוש המקסימום :

### max = 0

### For $\theta = 0$ to $\pi$ step $\Delta\theta$

For  $\rho = -\rho_{\max}$  to  $\rho_{\max}$  step  $\Delta\rho$

if  $A(\rho, \theta) > \max$  then

$$\max = A(\rho, \theta)$$

save  $\rho, \theta$

endif

next  $\rho$

next  $\theta$

הערות: \* את  $\cos \theta, \sin \theta$  ניתן לאחסן בטבלא.

\* מספר חישובים פרופורציונאלי ל-  $N_{\text{points}} \cdot N_{\theta}$ .

כללי :

1. צפיפות האוגרים משפיעה על הרזולוציה ועל כמות החישובים.
2. בעצם עורכים בדיקה השוואתית של כל הקווים האפשריים (קבוצה דגומה מתוך הרצף).
3. היתרון שיטתיות החישוב.