

הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

הפקולטה להנדסת חשמל

המעבדה לראייה ומדעי התמונה

ניסוי מעבדה במסגרת הקורס מעבדה 2 , 3

הפעלת שיטות לראייה ממוחשבת

Practice of methods in Computer Vision

<http://visl.technion.ac.il/exp8.htm>

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

חיבר: יעקב צ'רנוי (חורף 2007)

עדכון: מיכאל שמיס, אילנה וולפין (אביב 2010)

אורי בריט (נובמבר 2011)

אלכסנדרה גילינסקי (אפריל 2012)

הנחיות כלליות

- המעבדה כוללת 2 פגישות (חלק א' וחלק ב'), כל חלק נמשך 4 שעות.
- יש להגיע למעבדה עם דו"ח מכין לכל חלק, והבנה מלאה של החומר התיאורטי. את הדו"ח יש להעביר **במייל** למדריך לפני המעבדה.
- אחרי ביצוע הניסוי יש להגיש דו"ח מסכם – עד שבועיים לאחר הפגישה השניה - לידי המדריך. לתשומת לבכם: הציון ייפגע למאחרים בהגשת הדו"ח ללא סיבה מוצדקת!
- דרישות הקדם למעבדה זו הן: מבוא לעיבוד וניתוח תמונות (046200) וכן הכרה כללית של תוכנת MATLAB.
- כללית יש לבצע את הסעיפים על פי חוברת זו – ייתכנו שינויים על פי הנחיות המדריך!

מקורות להכנת הניסוי

- חובה להיעזר בדף האינטרנט של ניסוי מעבדה זה, כל המידע שדרוש להכנת הניסוי נמצא באתר!
- כתובת האתר: <http://visl.technion.ac.il/exp8.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/>
- הדרכה כללית ב-MATLAB באתר הפקולטה: <http://www.ee.technion.ac.il/courses/matlab>

הקדמה, מטרת הניסוי

ראייה ממוחשבת היא ענף העוסק בפענוח, ניתוח, ועיבוד של תמונות ואותות וידאו, ובמילים פשוטות יותר: מתן יכולת למחשב להבנת מידע חזותי מתמונות וסרטי וידאו ומתן אפשרות של מניפולציות עליהם. כאשר עוסקים בראייה ממוחשבת, אנחנו מנסים במידה רבה לחקות את תפקוד הראייה הביולוגית/האנושית ולעתים לשפר אותה.

מטרת ניסוי זה היא לשלב בין טכניקות בסיסיות ומתקדמות בתחומי עיבוד התמונה והראייה הממוחשבת, על מנת לזהות ולאפיין בצורה אוטומטית אובייקטים בתמונות דיגיטליות. דגש יושם על שילוב עקרונות של ראייה ותפיסה אנושית, לשם יצירת מערכות ראייה אוטומטיות (ממוחשבות).

בחלקו הראשון של הניסוי נעסוק בזיהוי ואפיון של אובייקטים נייחים. זיהוי של אובייקט יתבצע בארבעה שלבים: גילוי, תיוג, חילוץ מאפיינים וסיווג.

המטרה של חלק זה תהיה יצירת אלגוריתם אשר יהיה מסוגל לזהות ולסווג אובייקטים מרובים בתמונה בודדת, השייכים לאוסף "מעניין" של אובייקטים (למשל נרצה לזהות ולסווג תמרורי תנועה).

בחלקו השני של הניסוי נשלב טכניקות שרכשנו בחלקה הראשון של המעבדה על מנת להתמודד עם עצמים נעים (video). עתה נרצה להיות מסוגלים לגלות, לזהות ולעקוב אחרי תנועה של עצמים "מעניינים", ולסווג עצמים נעים. למשל נרצה לזהות תנועה של רכב במהירות גבוהה מן המותר, לזהות תנועה אנושית במצלמות בטחון וכו'.

בנוסף ננסה לשתף אלגוריתמים מתחום המערכות הלומדות (לא נדרש ידע מוקדם בתחום זה), אשר ישמשו אותנו בשלב הסיווג.

חלק א' – רקע ודו"ח מכין

1. מערכות צבע

- ודאו שאתם מכירים ויודעים כיצד להשתמש בפונקציות הבאות (ניתן להיעזר ב-HELP של MATLAB):
imread, imwrite, im2double, figure, imshow, imhist, plot, title, legend, axis, subplot, imfill,
regionprops, bwlable, imerode, imclose, rgb2gray, rgb2hsv, edge, find.

- ניתן לקרוא בויקיפדיה תחת הערך 'צבע':

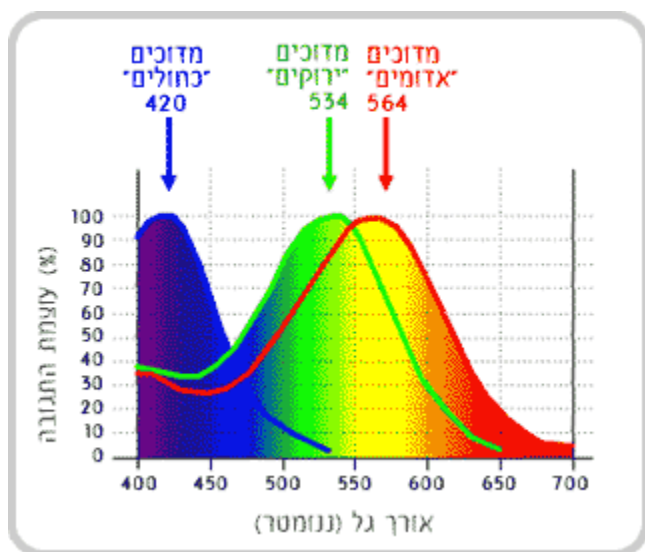
<http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A6%D7%91%D7%A2>

- ניתן לקרוא בויקיפדיה תחת הערך 'ייצוג צבע במחשב':

http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A9%D7%9C%D7%A9%D7%AA_%D7%94%D7%A7%D7%A1%D7%90

- ניתן לקרוא בויקיפדיה תחת הערך 'HSV':

http://en.wikipedia.org/wiki/HSV_color_space

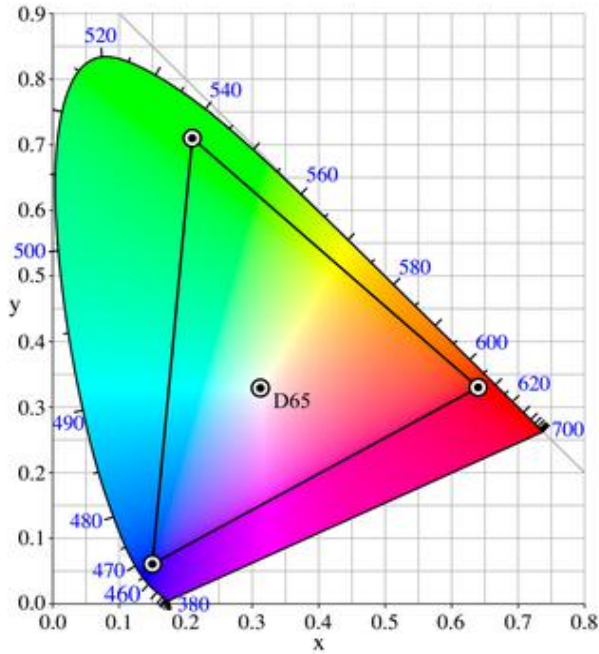


במערכות ראייה, הצבע שבתמונה נותן אינפורמציה חשובה, לעתים חיונית, להבנת האובייקטים. מערכת הראייה האנושית מורכבת מאוסף של תאים רגישים לאור משני סוגים: קנים ומדוכים. תאים אלה הם החיישנים שבעזרתם מומרת התמונה המתמקדת על הרשתית לאותות חשמליים המועברים למוח דרך עצב הראייה. הקנים הם תאים פחוסים שרגישותם לאור ולשינויים בעוצמת האור היא גבוהה, אך הם אינם רגישים לצבעו של האור. המדוכים הם תאים ארוכים רגישים לצבע הנקלט אבל רגישותם לאור היא נמוכה והם זקוקים לתאורה רבה יותר כדי ליצור תמונה.

העין מגיבה לכל אורך גל של אור באופן שונה על פי ה"עקומה הפוטופית" בתאורה גבוהה (ראיית יום) ועל פי ה"עקומה הסקוטופית" בחשיכה. ככל שעוצמת התאורה יורדת, משתמש המוח בעיקר במידע שמגיע מקנים ולא ממדוכים, ויכולת ראיית הצבע נפגמת. בחשיכה הראייה היא למעשה בשחור-לבן - כמעט שאין יכולת להפריד צבע. קיימים שלושה סוגי מדוכים, כל אחד בעל עקומת רגישות ספקטרלית שונה. תחושת הצבע הנוצרת במוח מושפעת מעוצמתם של שלושת האותות השונים.

לצורך כימות ומדידה מדויקת של צבע קיימים מספר תקנים, שנוצרו על ידי בדיקה שיטתית של התחושה שיוצרות טבלאות בצבעים שונים אצל אוסף גדול של צופים. הגוף שהגדיר את התקנים הוא הוועדה הבינלאומית לתאורה

(CIE - Commission Internationale d'Eclairage).



התקן המפורסם ביותר של הוועדה מכונה CIE chart (chromaticity) והוא מפה דו ממדית בצורה שמזכירה פרסת סוס, שמציגה את כל הגוונים שבן האדם יכול לראות. הציר האופקי והאנכי של המפה הן x ו-y, שתיים משלוש קואורדינטות הצבע (הקואורדינטה השלישית היא הבהירות). חלק מהצבעים במפה לא ניתן ליצור בדפוס או במחשב כי לדיו (או לצג) אין תכונות ספקטרליות מתאימות לכך. ככל ששיטת הדפסה או תצוגה מסוגלת לכסות שטח גדול יותר על מפה זו, ניתן לייצר באמצעותה צבע נאמן יותר לראייה האנושית. תמונה באופן כללי מורכבת ממטריצה של פיקסלים, כאשר כל פיקסל מיוצג לרוב ע"י שלושה מרכיבים המתארים את עוצמת הצבע שלו בכל אחד משלושת צבעי היסוד.

להלן עקומת הצבעים של ה-CIE המתארת את אוסף כל הצבעים הנראים לאדם.

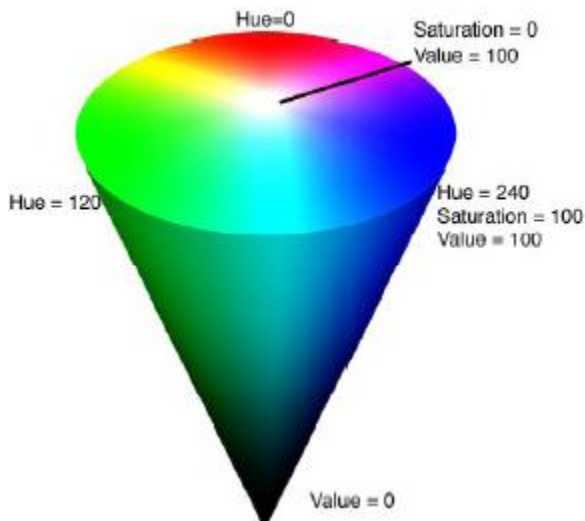
היקף הפרסה מייצג את הצבעים שמייצר אור מונוכרומטי (לייזר), הנקודה במרכז מתארת את הצבע ה"לבן" וקודקודי המשולש מתארים את הצבעים אדום, כחול וירוק.

בניסוי זה אנו נתמקד בשני מרחבי צבע: RGB ו-HSV.

RGB (Red, Green, Blue) מתאר את עוצמת שלושת הצבעים בהתאמה.

HSV (Hue, Saturation, Value) מתאר את הגוון (הזווית

הנוצרת בין הצבע המתאים והצבע האדום כאשר ה"לבן" הוא נקודת האפס – הזווית מנורמלת להיות בין אפס לאחד), הרוויה (המרחק היחסי בין הצבע וה"לבן" – מנורמל להיות בין אפס לאחד) והערך (עוצמת הפיקסל בתמונת השחור לבן – אף הוא מנורמל).



שאלות:

- 1.1 (1) לאיזו צורה במרחב ה-HSV מועתקת קוביית היחידה במרחב ה-RGB? (רמז: חשבו מהי הצורה הנוצרת עבור value קבוע) האם ההעתקה הינה חז"ע? נמק.
- 1.2 הורידו מאתר הניסוי את הקובץ "prep1" המכיל את התמונות עבור הדו"ח המכין. מתוך קובץ זה, טענו את התמונה "CIE1.JPEG" והציגו בתמונה אחת (subplot) את תמונות ה-R,G,B,H,S,V שלה. מה המסקנות שלכם לגבי היכולת של המסך ו/או המדפסת שלכם להציג את כל הצבעים הנראים לעין האנושית?
- 1.3 טענו את התמונה "100color.jpeg" צרו עבורה תמונות "אדום בלבד", "ירוק בלבד" ו-"כחול בלבד" ע"י שימוש בקוד הבא:

```
im=im2double(imread('100color.jpg'));
[h,s,v]=rgb2hsv(im);
im_red=zeros(size(im)); im_green=zeros(size(im)); im_blue=zeros(size(im));
%generating pure color images
im_red(:,:,1)=(h>?? | h<??).*(s>??).*(v>0.2);
im_green(:,:,2)=(h<?? & h>??).*(s>??).*(v>0.2);
im_blue(:,:,3)=(h<?? & h>??).*(s>??).*(v>0.2);
% displaying
figure; hold on;
subplot(221), imshow(im,[]); title('RGB');
subplot(222), imshow(im_red,[]); title('R only');
subplot(223), imshow(im_green,[]); title('G only');
subplot(224), imshow(im_blue,[]); title('B only');
hold off
```

השלימו את סימני השאלה כך שיתקבל המשבצות: 1-21, 100-69, 60-46 (בערך). צרפו לדוח את הערכים שבחרתם (אין צורך בתמונות).

2. גילוי שפות

חשובה לא פחות, כאשר מתעסקים בראייה ממוחשבת, היא היכולת לזהות שפות בתמונה. ניתן לקרוא על זיהוי שפות בויקיפדיה:

http://en.wikipedia.org/wiki/Edge_detection

שאלות:

- 2.1 מהי חשיבותה של פעולת זיהוי שפות בטבע, אצל האדם ובמחשב? מהם השימושים העיקריים?
- 2.2 קראו ב-HELP על הפונקציה "edge" של MATLAB, התמקדו באופרטור לגילוי שפות "Canny", מה תפקידם של הפרמטרים σ , threshold ?

2.3) טענו את התמונה "cameraman.tif" בצעו עליה גילוי שפות עם פרמטרים שונים (canny). נסו להשאיר בצורה טובה את השפה החיצונית של הדמות, ולהפטר מכמה שיותר שפות של הרקע. עבור אלו פרמטרים מתקבלת התוצאה הטובה ביותר בעיניכם (הציגו אותה).

3. מילוי שפות

לאחר שגילינו את השפה הרצויה, הינו רוצים "למלא" אותה לקבלת מידע לגביי אלו פיקסלים בתמונה שייכים לאובייקט המבוקש (פונקצית אינדיקטור).

שאלות:

3.1) קראו ב-HELP על הפונקציה "imfill" של MATLAB.

3.2) תארו באופן סכמתי אלגוריתם פשוטני למילוי מעגל לבן הנמצא במרכזו של מלבן שחור.

4. תיוג

כאשר ניתקל בתמונה בה יש מספר רב של אובייקטים, נרצה להיות מסוגלים לבודד כל אובייקט, ולבצע עליו פעולות בנפרד (הפרד ומשול).

שאלות:

4.1) כיצד נקראת פעולת זיהוי והפרדת אובייקטים שונים? מהם השימושים העיקריים של פעולה זו בראייה ממוחשבת?

4.2) קראו ב-HELP על הפונקציה "bwlabel" של MATLAB. טענו את התמונה "pieces_bw2.bmp". סננו את הרעש ע"י שימוש בפונקציה הנ"ל (ברור כי מסנן median יעשה זאת ביתר קלות), ע"י כך שתמחקו כל אובייקט מתויג אשר מימדיו קטנים מ-10 פיקסלים. צרפו לדו"ח המכין את הקוד (אין צורך לצרף את התמונה).

5. אפיון גיאומטרי

אחד ממרכיביו העיקריים של אפיון האובייקט הם התכונות המרחביות שלו (רוחב, צורה ועוד).

שאלות:

5.1) קראו ב-HELP על הפונקציה "regionprops" של MATLAB. אלו מן המאפיינים שהפונקציה מחזירה בלתי

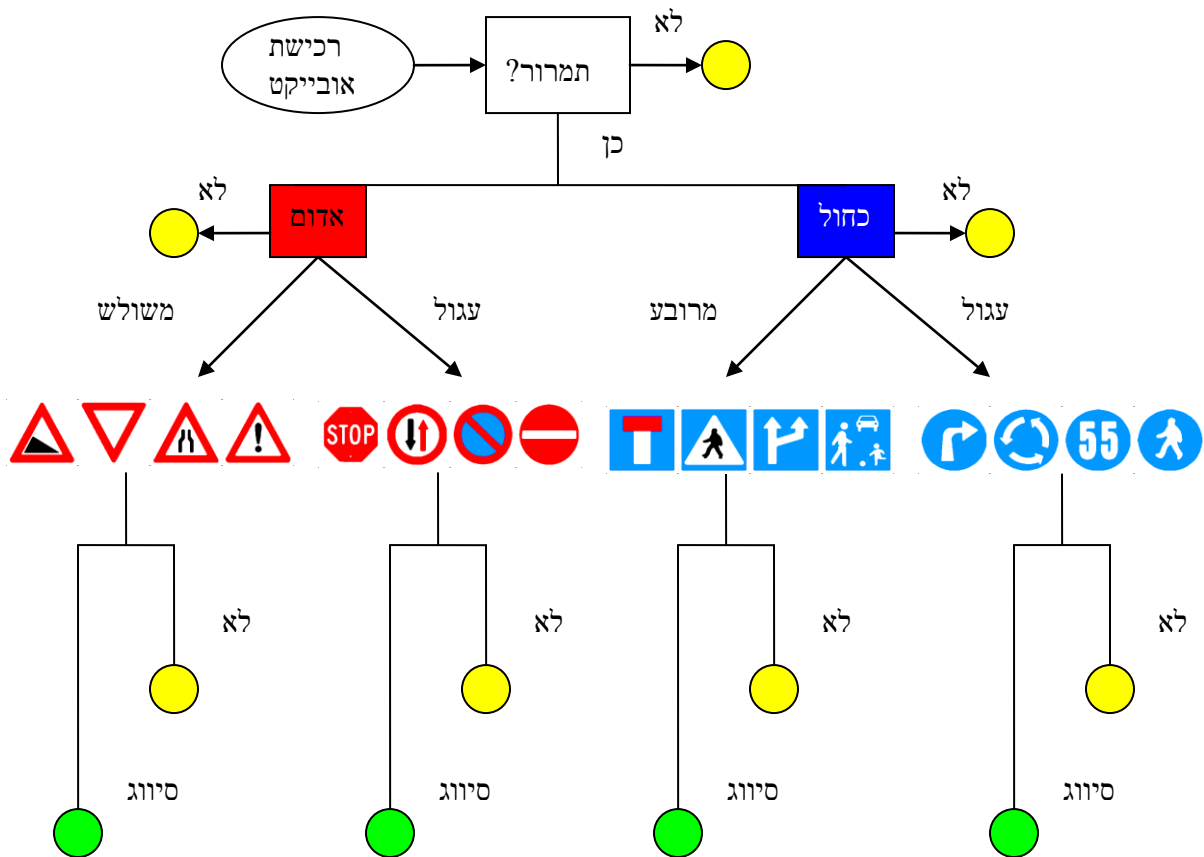
תלויים בתקריב (zoom) ובסיבוב (rotation) של המצלמה (הניחו כי האובייקט מצולם מלמעלה).

6. רכישת תמונות ישירות לתוך MATLAB

בניסוי זה נשתמש ב- Image Acquisition Toolbox של MATLAB לרכישת תמונות. קראו על השימוש בכלי זה ב-HELP של MATLAB.

חלק א' – ניסוי מעבדה

הורידו מאתר הניסוי את הקובץ "data1" המכיל את התמונות ופונקציות ה-MATLAB עבור החלק הראשון. העתיקו את תוכן הקובץ לתיקיה בה אתם מריצים את ה-MATLAB (השתמשו בכוון Z). במהלך חלקו הראשון של הניסוי ננסה ליצור מערכת המזהה תמרורים בתמונה דיגיטאלית. התמרורים יסווגו ע"י שימוש בעץ החלטה, לפי הסכמה הבאה:



בתחילה נניח כי האובייקט הנראה הוא אכן תמרור, בהמשך ננסה להוסיף למערכת את היכולת לשלול את ההנחה הנ"ל באם היא אינה נכונה.

1. רכישת תמונה

הקדמה: לצורך רכישת תמונה נשתמש במצלמת וידאו והתקן לכידת וידאו מסוג EZMaker USB Plus של חברת AVerMedia. התקן זה עובד לפי תקן Video for Windows של Microsoft ומוכר על ידי תוכנת MATLAB כהתקן winvideo. נשתמש ב- Image Acquisition Toolbox של MATLAB לרכישת תמונות. קבלו מן המדריך מאגר של תמרורים ובחרו כמה (3-5) תמרורים מבין התמרורים כרצונכם.

(1) רכשו תמונה של התמרור ע"י שימוש בפקודה :

```
vidobj = videoinput('winvideo', 1); im = im2double(getsnapshot(vidobj)); delete (vidobj) ;
```

הוסיפו את התמונה לדו"ח המסכם, ושמרו אותה בזיכרון.

(2) צרו תמונות H,S,V של התמונה "im" ע"י שימוש בפונקציה "rgb2hsv".

2. יצירת מסכות לכל אובייקט

כאן ניצור תמונות שחור-לבן (מסכה), המהוות פונקציות אינדיקטור למיקום כל אחד מן האובייקטים בתמונה.

(1) בצעו גילוי שפות בעזרת הפונקציה "edge" ע"י אופרטור canny על תמונות ה-H,S,V של התמונה, עם הפרמטרים שבחרתם בדו"ח המכין. ע"י שימוש בשלושת תמונות השפה, צרו תמונת שפות אחת "משופרת" (ודאו שמתקבל זיהוי שפות טוב). הוסיפו תמונה זאת לדו"ח המסכם.

(2) בצעו "חיזוק" שפות ע"י שימוש בפונקציה "solidify_image". כיצד לדעתכם עובדת פונקציה זו?

(3) מלאו את השפות ע"י שימוש בפונקציה "imfill". מה קורה כאשר מנסים למלא אובייקט פתוח?

(4) סננו מהתמונה המתקבלת את האובייקטים הקטנים מגודל אופייני של תמרור ע"י שימוש ב-"bwlabel" (השתמשו בפונקציה שכתבתם בדו"ח המכין). ניתן להניח מהו גודלו של התמרור באופן מקורב.

כעת נעבור לעבוד במערך מסוג cell. נשמור את הפרמטרים של כל תמרור בתא אחד של מערך cell, כאשר עבור כל פרמטר, נגדיר שדה במערך מסוג struct.

(5) בשדה בשם "mask" נשמור תמונת שחור-לבן שתציין את המקומות בתמונה בהם קיים אובייקט החשוד כתמרור (ודאו זאת).

(6) הציגו את החלק של המסכה עבור כל אובייקט ע"י הפקודה:

```
imshow(im.*repmat(mask,[1,1,3]),[]);
```

(7) הוסיפו את התמונות לדו"ח המסכם.

3. כחול, אדום או אחר?

נשים לב כי לכל תמרור אדום (או כחול) ישנה מעטפת בצבע זה.

(1) עבור האובייקטים שעברו את השלב הקודם, צרו מסכה אדומה (וכחולה) המצביעה על מיקום צבע זה **בתוך**

המסכה המקורית (שאר התמונה לא תעניין אותנו), בצורה דומה למה שעשיתם בדו"ח המכין. צרפו את המסכות

לדו"ח המסכם.

השתמשו בקוד הבא:

```
red_mask = weak_solidify_image(mask.*(h>???| h<???).*(s>???).*(v>0.2));  
blue_mask = weak_solidify_image(mask.*(h<??? & h>???).*(s>???).*(v>0.2));
```

(2) בצעו פעולת מילוי חזקה ע"י הפעלת הפונקציה "hard_solidify_image" ולאחר מכן הפונקציה "imfill" על

המסכות האדומה והכחולה (כל אחת בנפרד).

3) בדקו אלו מן האובייקטים במסכות הצבע "דומים מאוד" לאלו התואמים להם בתמונת ה "mask". השוו בין מספר הפיקסלים במסכה החדשה והמסכה המקורית (שימו לב כי מספר זה נמדד בין 0 ל-1). הניחו כי עבור תמרורים יחס זה גדול, כלומר לפחות 0.8 (למה?). סווגו את האובייקטים ל: אדום, כחול או אחר.

4. האם עגול?

לשם ביצוע ההבחנה האם התמרור עגול נשתמש באלגוריתם הבא (אין צורך לממשו):

- 1) מצא את המסה (שטח האובייקט) ומרכז המסה של אובייקט נתון.
 - 2) צור מעגל מושלם בעל מסה זהה לזה של האובייקט, ומצא את אי-החפיפה היחסי.
 - 3) אם היחס קטן מ-0.12 הנח כי מדובר במעגל.
- השתמשו בפונקציה "find_ecc" שמפעילה את האלגוריתם הנ"ל ומחזירה גודל זה.
- חשבו מהם הגדלים התיאורטיים המתקבלים בביצוע פעולה זאת עבור ריבוע ועבור ומשולש שווה צלעות. מדוע אנו בוחרים להשוות למעגל ולא לצורה גיאומטרית אחרת?

5. איפיון

זהו השלב המרכזי בשבילנו, שכן כאן אנו נרצה לאפיין בצורה אוטומטית את מה שלנו כבני אדם קל לזהות!

- 1) אפינו את ההבדלים בין התמרורים (היעזרו במדריך). שימו לב לתכונות הבאות:
 - הצבעים המופיעים בתמרור (כחול, אדום, שחור ולבן).
 - מספר האובייקטים המופיעים מכל צבע.
 - גדלים יחסיים של האובייקטים.
 - מבנה מרחבי של האובייקטים (צורה, קמירות, מספר אוילר וכו').
 - מספר הפיקסלים המשויכים לשפות הפנימיות בתחום.
- דגש רב צריך לתת לא רק להבדלים בין התמרורים השונים, אלא גם לתכונות האינדיבידואליות של כל תמרור בנפרד.
- 2) צרפו לדו"ח המסכם את המאפיינים שבחרם לסווג איתם. מהם המאפיינים החשובים יותר באיפיון תמרורים?

6. סיווג סופי

עתה אנו מסוגלים לסווג תמרורים (בקבוצה מסוימת).

- 1) כתבו פונקציה בשם "classifySign.m" אשר מקבלת תמרור (רשומה עם המאפיינים שבחרתם) ומחזירה את הסיווג שלו (מספר סידורי של התמרור או "unknown" במידה והאובייקט איננו מתאים לאחד התמרורים שבתמונה).
- 2) סווגו את התמרורים בתמונת האימון (הראשונה שצולמה) וודאו כי כל התמרורים מסווגים נכון. במקרה של שגיאות סיווג, חיזרו לסט הכללים ושפרו אותו.
- 3) לאחר שאתם משיגים סיווג נכון, צלמו תמונה נוספת המכילה תמרורים מן הקבוצה שלכם וגם תמרורים חדשים (הוועצו במדריך ליצירת סט תמרורים לא טריוויאלי לסיווג).

4) בדקו כי הפונקציה מחזירה את התוצאות הרצויות. הראו למדריך. צרפו את כל התוצאות לדו"ח המסכם.

5) מהי החשיבות של סיווג אוטומטי בראייה ממוחשבת? תנו דוגמא לשימוש יום-יומי של סיווג אוטומטי של

אובייקטים מסוג כלשהו, או דוגמא היכן ניתן היה להשתמש בסיווג אוטומטי כזה.

7. בונוס (1 נק')

טענו את התמונות "checks" ו-"darts". הסבירו באופן מפורט ע"פ השלבים הנ"ל כיצד הייתם מבדילים בין 2 תמונות

אלו? מהם המאפיינים החשובים?