

מעבדה מתקדמת לעיבוד תמונה 20327 - סמסטר ב תשפ"א 2020-2021

ניסוי 2 - מעבדה מס' 4-5 מרצה: ד"ר אייל כץ

מטרות הניסוי - פעולות נקודתיות לשינוי הבהירות והניגודיות בתמונה

- פעולות נקודתיות: התאמות בהירות וקונטרסט
 - פעולות מעבר סף (תוצאה בינארית)
 - פעולות לינאריות ולינאריות למקוטעין - מתחת היסטוגרמה (Histogram Stretching), כיווץ היסטוגרמה, שינוי בהירות, היפוך (נגטיב)
 - פעולות לא לינאריות: תיקון גאמה (Gamma Correction)
 - כתיבת קוד ליצירת היסטוגרמה באופן מפורש
 - פעולות על ההיסטוגרמה: התאמת היסטוגרמה (Histogram Matching), שיוויון היסטוגרמה (Histogram equalization)
 - אופציה: פעולות בתמונות צבע: הפיכה לתמונת אפור, מטריצות המרה RGB-YUV.
- מבנה המסמך: פרק 1:** משימות חימום לפני מפגש 1. **פרק 2:** תיאוריה והדגמות לשינוי המפגשים. **פרק 3:** ניסויים לשינוי המפגשים.
- משימות הדו"ח המכין לפני המפגש השני, והמסכם לאחר שני המפגשים, משולבות בפרקים 2,3.**
- כרגיל, כל ההוראות רשומות בלשון זכר כדי למנוע סרבול, אך מיועדות כמובן לכל המינים.

1 הכנה לניסוי – חלק א' (משימות "חימום" - יש להכין לקראת המפגש הראשון)

כזכור, מטרת פרק זה היא הכנה, אותה יש לבצע לפני המפגש הראשון בכל ניסוי, לשם רענון ידע קודם שנסקר במעבדת המבוא, או בקורסים קודמים. כל הקוד שתכינו בהכנה זו יהווה חלק וישמש אתכם בניסויי הכיתה בפגישה הראשונה של הניסוי. לכן יש להגיע לשינוי המפגשים עם קוד עובד!!!

1.1 שינוי בהירות בסיסי ע"י הוספת קבוע

בניסוי הקודם (למשל בסעיף תרשים ובר) ראינו כי תוספת של קבוע לתמונה משנה את הבהירותה, וכי הכפלה בקבוע משנה את הניגודיות.

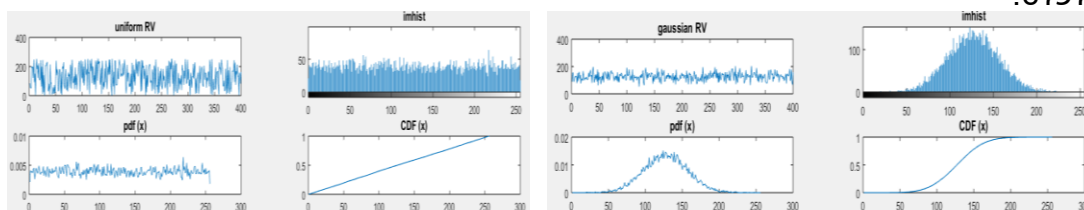
1. חזור על ניסוי 0 (מעבדת המבוא), שורה 21 מהטבלה ללימוד עצמי בעמוד 6 (החישוב מועתק לניסוי זה לשם הנוחות: $I_2 = I_1 * 0.4 + 50$).
2. **שינוי בהירות בלבד:** שנה את בהירות tire.tif ע"י הוספת קבוע (50) לכל פיקסל בתמונה, והצג אותו בשילוב היסטוגרמה (לפני, אחרי). האם ניתן להבטיח שהורדת הקבוע תיתן תמיד את תמונת המקור?
3. **שינוי ניגודיות בלבד:** שנה את ניגודיות tire.tif ע"י הכפלה בקבוע (0.4) לכל פיקסל בתמונה, והצג אותו בשילוב היסטוגרמה (לפני, אחרי). האם ניתן להבטיח שהגדלת הניגודיות בחלוקה באותו קבוע, תיתן תמיד את תמונת המקור?

1.2 היסטוגרמה כפונקציית צפיפות הסתברות ופונקציית ההסתברות המצטברת

פונקציית צפיפות הסתברות (probability density function - pdf), ופונקציית ההסתברות המצטברת (cumulative / probability distribution function - CDF, PDF).

1. ייצר שני וקטורים חד ממדיים, שהם דגימה של משתנה אקראי המפולג: א. אחיד-בדיד, ב. גאומי-רציף. שני האותות בתחום $[0, \dots, 255]$ מסוג double. (randn, rand).
2. לכל אחד מהווקטורים הנ"ל, הצג את ה-pdf, וה-CDF שלו.
3. הבן (והסבר בקצרה) את הקשר בין pdf להיסטוגרמה מנורמלת, ובין pdf ל-CDF.

דוגמה לפלט:



1.3 טרנספורמציה חד מימדית וטרנספורמציה הפוכה (נומריית).

1. ייצר טרנספורמציה לאות חד ממדי, $f[x] = T\{x\}$, לדוגמה: $f = x * 0.4 + 50$, כאשר x ו- f יכולים לקבל 256 ערכים בתחום $[0..255]$. הפעל את הטרנספורמציה על וקטור x , שאורכו $L=1000$ דגימות, ע"י חישוב ישיר: $f[x] = T\{x\}$. (על הקוד לאפשר את שינוי הטרנספורמציה בקלות).
2. חזור על הפעלת הטרנספורמציה ע"י בנייה ושימוש בטבלת התאמה (Look-up table) בת $N=256$ ערכים.
3. התייחס ליעילות הקוד (זמן ריצה, משאבי זיכרון), והבן איזו שיטה עדיפה להפעלת הטרנספורמציה, ובאילו תנאים.
4. ייצר את הטרנספורמציה ההפוכה, $x1 = T^{-1}\{f[x]\}$, בשתי השיטות. בדוק את ה-SNR שנוצר בתהליך, כאשר אנרגיית הרעש היא שונות ההפרש בין אות המקור x , לבין האות $x1$.
5. חזור על שאלות 1, 2 בסעיף זה, הפעם כאשר גם x וגם f יכולים לקבל ערכים בתחום $[0..1]$ מסוג double, אך מוצא הטרנספורמציה יכול לא יותר מ $N=256$ ערכים שונים בתחום. --- סוף מטלת החימום למפגש הראשון ---

מטלה כללית לדו"ח המכין (לפני מפגש 2) לכל סעיפי הניסוי: כמו בכל ניסוי ומעבדה, כדי לבצע את המעבדה באופן יעיל ולהפיק תובנות מתאימות, יש להכיר את התיאוריה הרלוונטית. לכן במסגרת הדו"ח המכין יש להשלים קריאה והבנה של התיאוריה בכל נושאי הניסויים במסמך זה, בין אם בוצעו במפגש הראשון ובין אם לאו.

לכן בדו"ח המכין יש לסכם **בקצרה** (בכתב), את התיאוריה ומשמעותה לניסוי (בהתאמה לפי מספור הסעיפים). יש לוודא רישום נוסחאות חשובות שאינן מופיעות במסמך זה, ובמיוחד כאלו אשר נדרש לממשן בקוד, במהלך הניסוי או בדו"ח המסכם (לדוגמה בניסוי זה: נוסחת שוויון היסטוגרמה, או נוסחת הקשר בין הבהירות והפרמטר גאמא (γ)). שימו לב, שכדי לייצר את הדו"ח המסכם לניסוי לפי הדרישות כמסמך יחיד ושלם, אתם נדרשים ממילא לצרף את הרקע התיאורטי לדו"ח המסכם, ולכן מטלת הכנה זו אינה עבודה מיותרת, והיא תבטיח את איכות הדוח המסכם.

מטלה זו נכונה לכל הניסויים במעבדה, גם אם אינה רשומה במפורש (או במלים אחרות, לפני ביצוע כל ניסוי, יש לדעת מראש מה אמורים לבצע בכל מפגש בניסוי).
כפי שנרשם ב"מבנה המסמך" לעיל, מטלות נוספות של הדו"ח המכין למפגש 2 שזורות בסעיפים בהמשך מסמך זה.

2 רקע תיאורטי והדגמות לשני המפגשים

2.1 רקע תיאורטי והסבר כללי

"פעולה נקודתית" מוגדרת כפעולה הנקבעת ע"פ ערך (רמת האפור) של הפיקסל אותו מעבדים, ואינה תלויה בקואורדינטות שלו או בערכי פיקסלים שכנים. נקראת גם פעולה על ההיסטוגרמה.

דוגמאות ליישומי פעולות נקודתיות:

- שינוי בהירות התמונה, למשל: יותר בהירה, יותר כהה, "נגטיב"
- שינוי ניגודיות התמונה, למשל: הגדלת/הקטנת ניגודיות (מתיחת/כווץ היסטוגרמה)
- פעולות סף, למשל: הפיכה לבינארית לצורך הפרדה בין אובייקט לרקע;
- הוספת צבע מלאכותי (מדומה) pseudo color לצורך הדגשת פרטים בתמונה

ביצוע פעולות נקודתיות בתמונה נעשה ע"י יצירת והפעלת פונקציית מיפוי לבהירות (טרנספורמציה), T :
 $g[k_1, k_2] = T\{f[k_1, k_2]\}$, כאשר $g[k_1, k_2]$, $f[k_1, k_2]$, הם ערכי הפיקסל ה- $[k_1, k_2]$ בתמונת המקור והתוצאה בהתאמה, **והפעולה (T) , נתונה ע"י אחד מתוך:** • ביטוי מתמטי; • גרף; • טבלה.

מימוש פעולה נקודתית בתמונה מבוצע בשני שלבים:
שלב א' - יצירת פונקציית המיפוי לטבלת הבהירות: הפונקציה שתקבל תמיר את טבלת ערכי הבהירות בתמונת המקור לטבלת ערכי הבהירות בתמונת התוצאה. שלב זה אינו תלוי במיקום ערכי הבהירות השונים אלא רק בהתפלגות ערכיהם.

שלב ב' - הפעלת הפונקציה (יישום השינוי): מתבצע על כל אחד מפיקסלי מטריצת התוצאה, מתוך ערך הפיקסל המתאים בתמונת המקור (כמובן שהיישום תלוי אך במיקום). היישום אפשרי ע"י נוסחה ישירה, או על ידי שימוש ב-look-up table, ואז שלב זה נסתר.

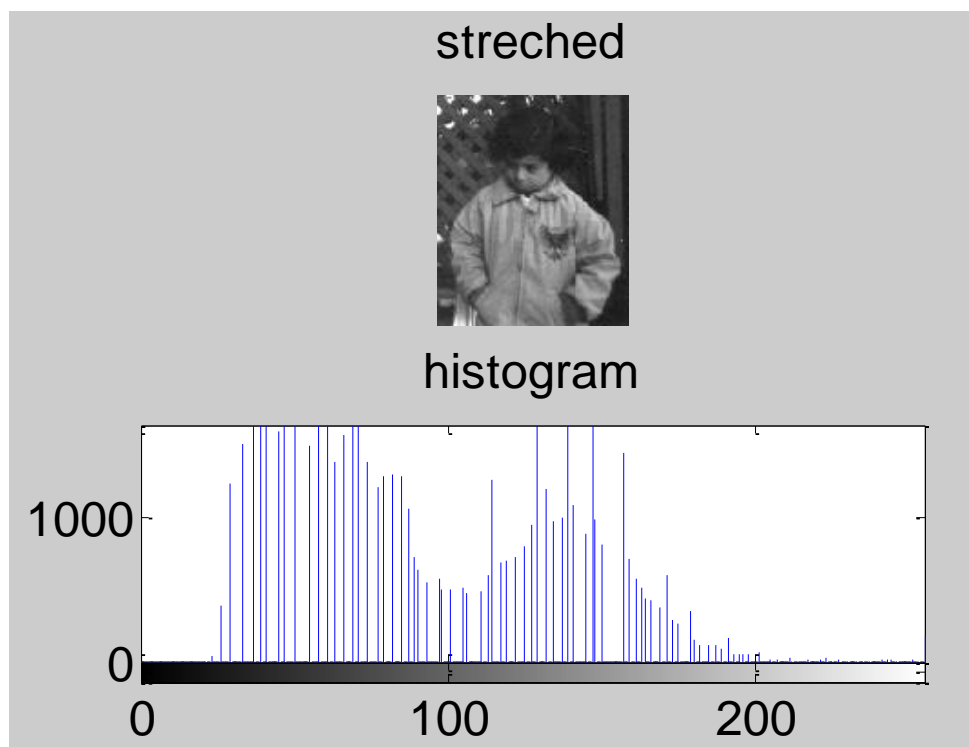
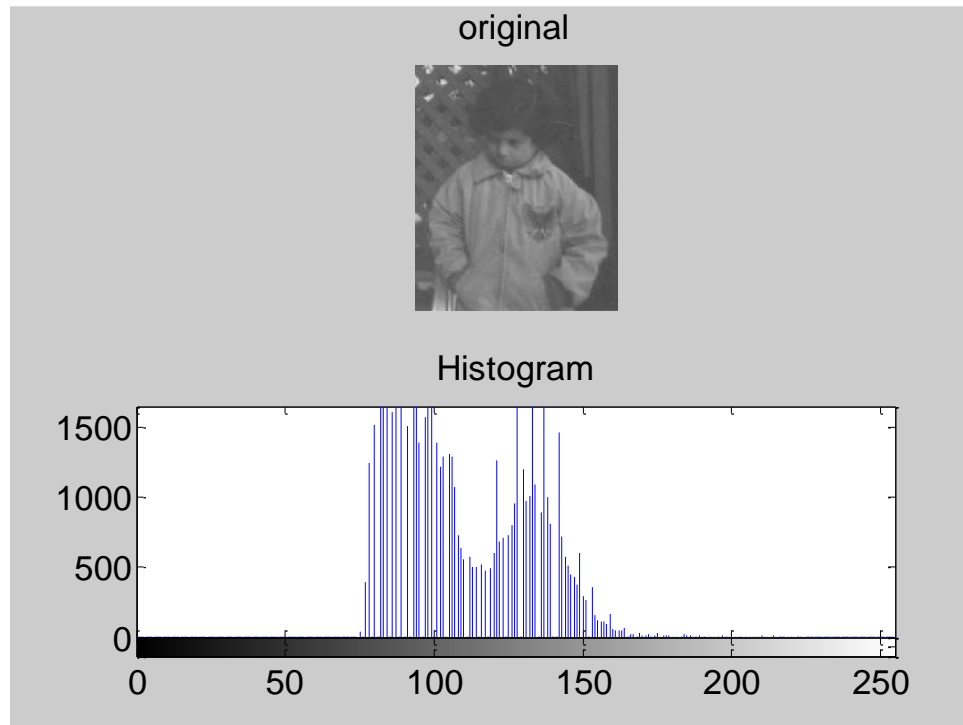
• **הדגמת שינוי בהירות וניגודיות על ידי פקודת מטלב המובנית:**

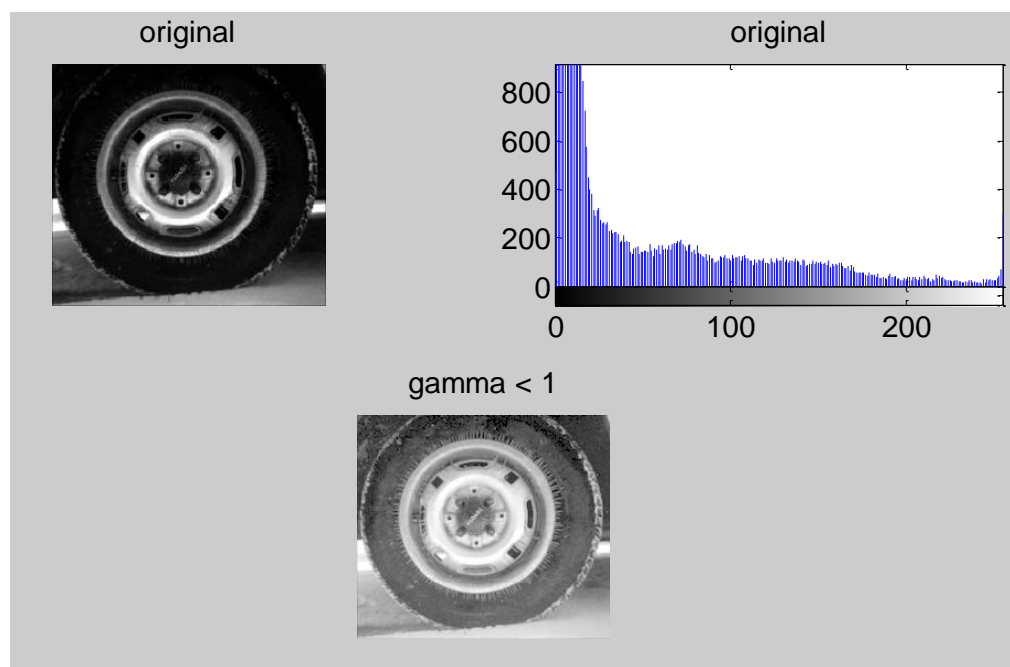
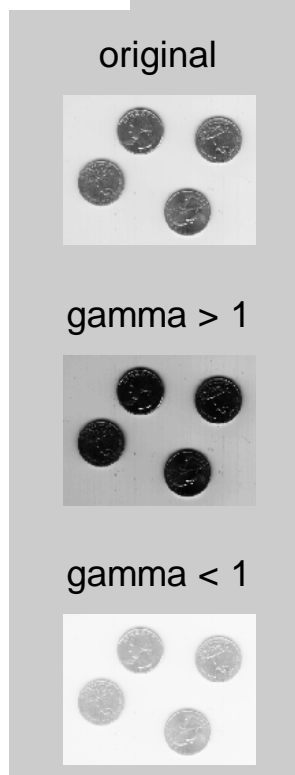
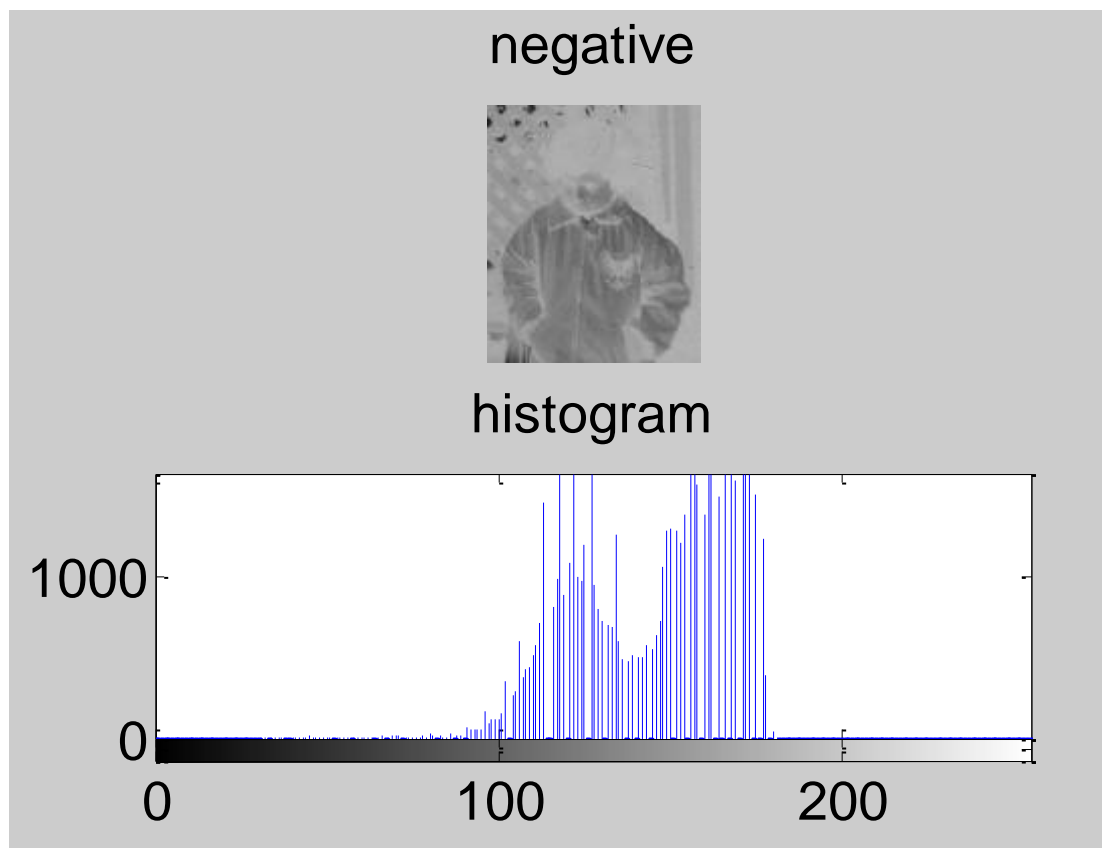
שימוש בפקודת **imadjust**. פקודה זו כוללת את שני השלבים לעיל. בנוסף, תהיה התייחסות לתיקון גאמא על תמונת out.tif. ע"י שימוש בפקודה:

$J2 = \text{imadjust}(J1, [\text{In_Low In_High}], [\text{Out_Low Out_High}], \text{Gamma})$

- בצע מתיחה לינארית במקטע יחיד ($\text{Gamma} = 1$)
- בצע הפיכת הבהירות (נגטיב) ע"י שימוש בגבולות out הפוכים ($\text{Gamma} = 1$)
- בצע מתיחה עם ערכי Gamma גדולים וקטנים מ-1.

הערה: תיקון גאמא מתקן את טרנספורמצית גאמא. האחד מיושם לאות לפני הצגתו, והשני לפני עיבודו. (ראה שאלה לדו"ח המכין ולדו"ח המסכם)





2.1.1 ניסוי 1: (עצמי) הבנת פרמטרי הבהירות והניגודיות והקשר להיסטוגרמה

בניסוי זה: (פירוט בסעיף 3.1)

- תלמדו להבחין בבהירות ובניגודיות (תחום דינמי) של תמונה, וכיצד הם משתקפים בהיסטוגרמה שלה, תוך שימוש בפקודת `imhist`;
- תשנו את הבהירות והקונטרסט בתמונה תוך שימוש בפקודת `imadjust`, ותבחנו את השפעתם על ההיסטוגרמה. תכינו פונקציה תואמת בקוד שלכם.
- תשרטטו את גרף הטרנספורמציה, ותשווה ביצועים לפונקציה המובנית (SNR , MSE).

2.1.2 ניסוי 2: (עצמי) בניית היסטוגרמה ללא שימוש בפקודת `imhist`

בניסוי זה: (פירוט בסעיף 3.2)

- תייצרו היסטוגרמה רגילה, מנורמלת ומצטברת
- תשוו בין תוצאת התכנית שלכם לבין תוצאת פקודת `imhist`.

2.2 מעבר סף (Threshold)

המקור: תמונת רמות אפור

התוצאה: תמונה בינארית

בעבר כבר ראינו יישום פעולת סף, כמו בשלב ב בסעיף 2.1. אך אז הנחנו שערך הסף הנדרש נתון. בפעולה נקודתית של הפעלת סף, השאלה היא **כיצד קובעים את ערך הסף** (שלב א לעיל)? או במקרה הכללי יותר, **מהי** נוסחת הטרנספורמציה T , **וכיצד** קובעים את טבלת ההמרה או פונקציית ההמרה שבין ערכי הבהירות בתמונת המקור לאלו של תמונת התוצאה.

דוגמאות לאפשרויות לקביעת \ חישוב הסף:

- סף קבוע שאינו תלוי בתמונה. למשל: $thr=50$.
- סף יחיד תלוי בתמונה, למשל: ערך ההיסטוגרמה המצטברת המשקף $X\%$ מהפיקסלים. ערך זה תלוי בשימוש הנדרש: יצירת תמונה בינארית של טקסט (ניסוי בהמשך), או שיפור מסנן מעביר גבוהים למציאת קצוות בתמונה (הדגמה)
- סף משתנה בתלות בערכי הפיקסלים בסביבה מסוימת בתמונה (הדגמה)

הדגמה:

שיפור תמונה ע"י

מעבר סף:

שיפור תוצאות פילטר זיהוי קצוות (ראינו בניסוי קודם) את תוצאת פילטר Sobel על `pout.tif`. ניתן להדגיש קצוות שגדולים מערך סף מסויים).

Original Image



Sobel EdgeDet (imfilter)



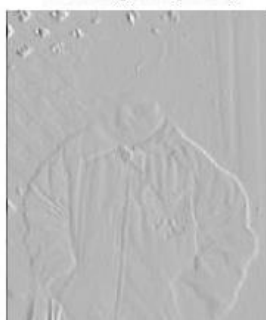
Sobel EdgeDet (imfilter), thr=30



Original Image



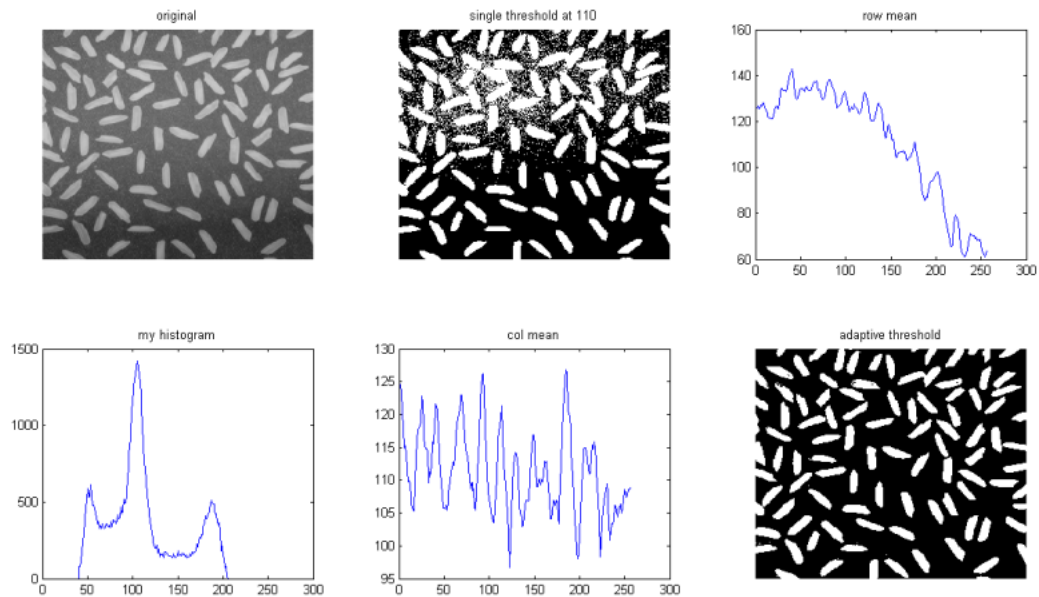
Sobel EdgeDet (conv2)



Sobel EdgeDet (conv2), thr=30



2.2.1 ניסוי 3: (עצמי) מעבר סף (Threshold) התלוי בהיסטוגרמת התמונה
בניסוי זה תקבע ע"י חישוב מפורש את הסף לצורך זיהוי אובייקטים בתמונה עם רקע משתנה. **(פירוט בסעיף 3.3)**
פלט לדוגמה (ראה בהגדלה בחלק הנחיות הניסויים)

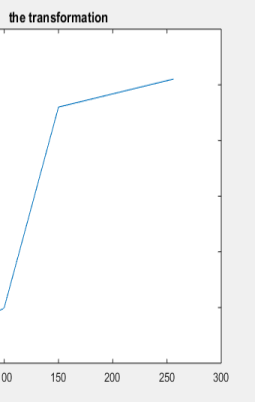


הערה: במהלך המעבדה נטפל גם בתמונות cottonTips כחלק ממשימת ספירת הצמרונים.

2.3 פעולות על היסטוגרמה: בנייה ושימוש בטרנספורמציה לינארית למקוטעין

חלק 1: מתיחת היסטוגרמה

- כתוב תכנית לביצוע מתיחת היסטוגרמה למקוטעין (3 מקטעים) מהצורה המופיעה בגרף. הגרף מכיל 3 קטעים ישרים, בין הנקודות: $(0,0)$, (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , $(255, 255)$, כאשר ציר x הוא ערך הבהירות במבוא, וציר y הוא ערך הבהירות במוצא.
- קבל כפלט שיוזן במהלך הריצה את נקודות החיבור בין המקטעים: (x_1, y_1) ו- (x_2, y_2) . ניתן להשתמש בפקודת מטלב `input`:
`P1=input('enter x1, y1, in the form: [50 100]: ');`



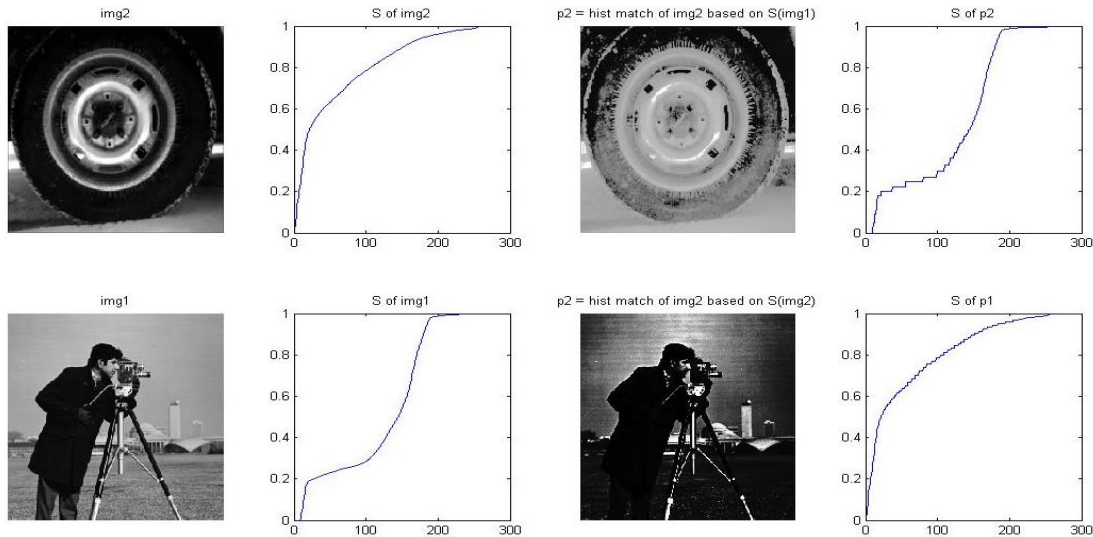
2.3.1 ניסוי 4: מתיחת היסטוגרמה ע"י טרנספורמציה לינארית למקוטעין

רשום פונקציית מטלב המותחת את ההיסטוגרמה ללא שימוש בפונקציה `imadjust`. השווה את התוצאות בין הפונקציה שלך לבין פונקציית מטלב. האם ישנם הבדלים?

2.4 התאמות היסטוגרמה לפילוג רצוי + מקרה פרטי: שיויון היסטוגרמה עקבונות השיטה:

- כל רמת אפור מוזזת למיקום חדש ע"פ קריטריון.
- לא מפצלים רמות אפור קיימות
- נשמר הסדר של רמות האפור הקיימות
- מותר איחוד רמות אפור קיימות

• הדגמה: שיויון, התאמה להתפלגות ידועה, התאמה לתמונה נתונה (פקודת histeq)



הערות ודגשים:

ההשוואה בין היסטוגרמות מתבצעת תמיד עבור ההיסטוגרמה המצטברת. יש לחשב אותה גם לתמונת המקור, וגם לתמונת התוצאה (היעד).
פילוג היעד הרצוי בד"כ: אחיד – מאפשר "ניצול אחיד" של כל רמות האפור שלרשותנו.
בהתפלגות אחידה: זהו קו ישר עולה (כי ההיסטוגרמה מצטברת בקצב אחיד)

יש לשים לב כי ההיסטוגרמה המצטברת היא גם פונקציית הטרנספורמציה לשיויון היסטוגרמה (עד כדי קבוע). הסבר והוכחה במעבדה

2.4.1 ניסוי 5: שיויון היסטוגרמה ללא שימוש ב- imhist

השתמש בתוכנית ההיסטוגרמה שלך. בצע שיויון היסטוגרמה ללא שימוש ב-imhist או ב-histeq, ותוך שימוש בהיסטוגרמה המצטברת.

2.4.2 ניסוי 6: התאמות היסטוגרמה לפילוג רצוי – לפי תמונת דוגמה

רשום פונקציית מטלב המבצעת התאמת היסטוגרמה לפילוג רצוי – לפי תמונת דוגמה, ללא שימוש בפונקציה imadjust או histeq. השווה את התוצאות בין הפונקציה שלך לבין פונקציית מטלב. האם ישנם הבדלים?

2.5 אופציה:

- שיויון היסטוגרמה מסתגלת – דוגמה להסתגלות מרחבית
- מרחבי צבע YUV, RGB (אופציה: CIE LAB)
- שיויון תמונת צבע (אופציה)

- פונקציות סף מיוחדות (Otsu = graythresh, imbinarize, adapththresh)

3 ניסויים לביצוע עצמי - פעולות נקודתיות, לעיבוד ושיפור תמונה

3.1 ניסוי 1: הבנת פרמטרי הבהירות והניגודיות בתמונה

מהלך התרגיל – הוראות לניסוי

- קרא תמונה (נסמן אותה באות J) כהה בעלת קונטרסט גבוה (tire.tif).
- הצג על גבי figure יחיד: את **תמונת המקור** (a), ואת **ההיסטוגרמה** שלה (b).
 - הגדל** את **בהירות** התמונה ללא שינוי הניגודיות ע"י הוספת קבוע לתמונה. הצג תמונה זו (c), ואת **ההיסטוגרמה** שלה (d).
 - הקטן** את **ניגודיות** התמונה ע"י הכפלת התמונה בקבוע קטן מ-1. הצג תמונה זו (e), ואת **ההיסטוגרמה** שלה (f). (אם יש צורך להבהיר את תמונה לאחר הקטנת הניגודיות בצע זאת אך עליך לציין זאת במפורש (כולל ערכי הקבועים) בכותרות התאימות.
 - הצג **תמונת נגטיב** (g) ע"י הצגת התמונה $J=255-J$, ואת **ההיסטוגרמה** שלה (h).
 - עבור כל 4 הטרנספורמציות, יש להציג בשורה השלישית את גרף הטרנספורמציה שהפעלתם (בהירות יציאה מול בהירות כניסה), במקומות (i) עד (l).
 - עבור pout.tif, בעלת קונטרסט נמוך, יש לחזור על הסעיפים הקודמים, אך הפעם להקטין את הבהירות ולהגדיל את הקונטרסט. הצגת 4 תת התמונות יהיו באיור נפרד.

הוראות נוספות:

בעת ביצוע שינוי בהירות וקונטרסט של תמונה, יש לוודא שהתחום הדינמי נשמר ע"י הצגת היסטוגרמה.

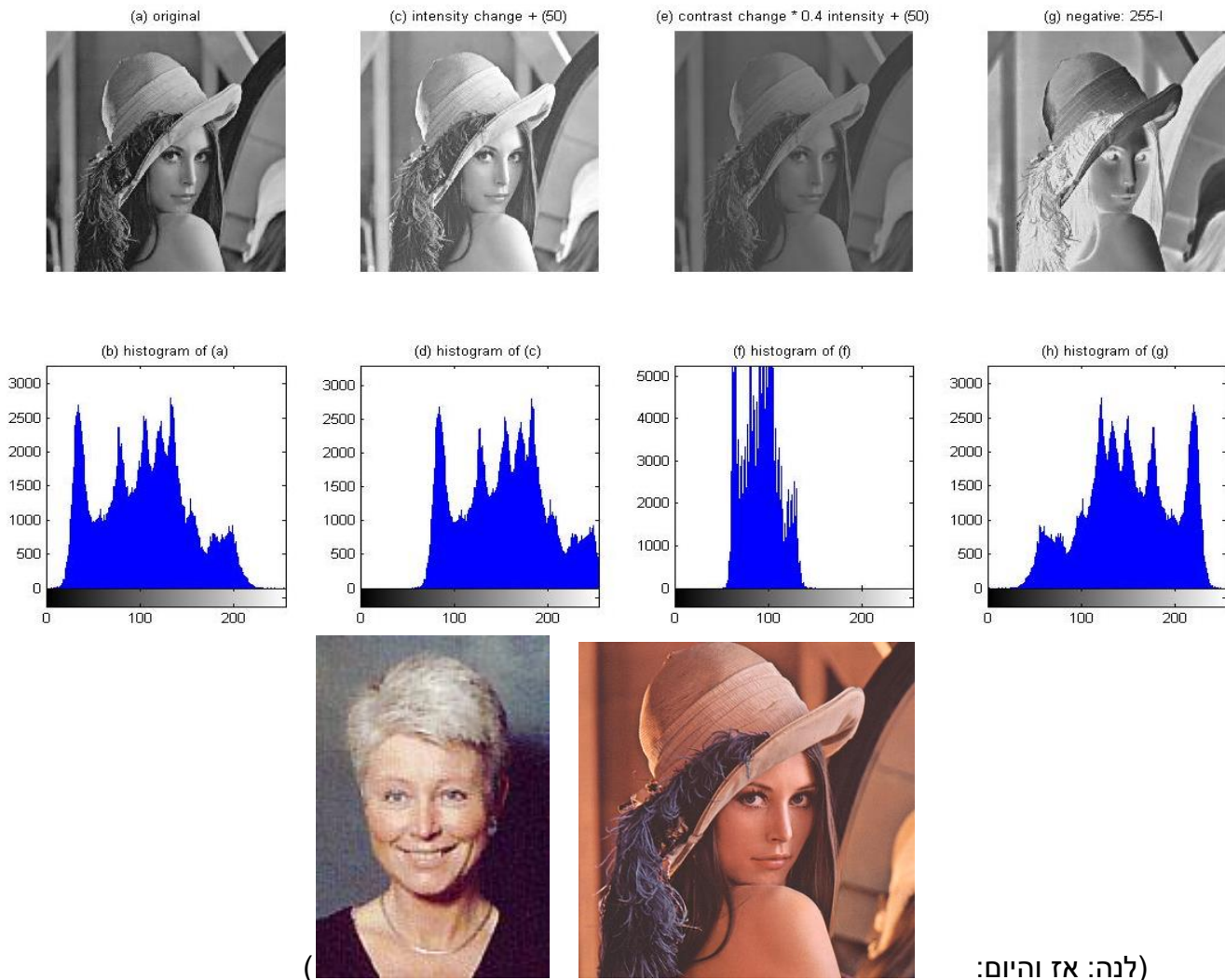
יש לבצע את השינוי בבהירות ובקונטרסט באופן מפורש ע"י טרנספורמציה מסוג $J = c \cdot I + b$ על התמונה. יש להשוות לפקודה המובנית **imadjust**.

הדרכה: יש לשים לב שבמטלב, שורת פקודה בודדת מהסוג $J = c \cdot I + b$ משנה לכל התמונה את הניגודיות פי c, ומוסיפה בהירות b. הניגודיות תגדל עבור $1 \leq c$, תקטן עבור $0 \leq c \leq 1$, והבהירות תגדל עבור b חיובי $0 \leq b \leq 255$, ותקטן עבור שלילי $-255 \leq b \leq 0$. (בתמונות צבע הקבועים c, b, הופכים לוקטור באורך 3). יש לוודא שהתחום הדינמי נשמר בתמונות התוצאה ואינו חורג מהייצוג המתאים ע"י טיפול במקרי קצה, וכן לא לשכוח לבצע **casting** ע"י שימוש בפקודת **double()** לפני ביצוע פעולות מתמטיות על תמונות מסוג uint8, ולהחזיר ל-uint8 לאחר שווידאנו שהתוצאה אכן נמצאת בתחום הרצוי, אחרת אנו עלולים לקבל תוצאות שונות מהמצופה.

שאלה לדו"ח המכין: הסבר את משמעות Gamma, מתי הבהירות מועלית בחזקת Gamma, ומתי הבהירות מועלית בחזקת $1/\text{Gamma}$ (רמז: אחד מהם נקרא טרנספורמציה גאמא, והשני התיקון גאמא)

שאלה לדו"ח המסכם: האם בפקודת **imadjust** הבהירות מועלית בחזקת Gamma או $1/\text{Gamma}$? האם זוהי הטרנספורמציה או התיקון?

דוגמה חלקית לפלט (לא כולל את גרף הטרנספורמציה – אותו יש להוסיף כשורה שלישית):

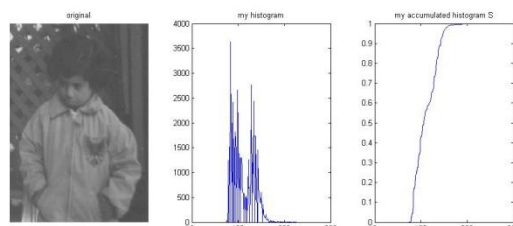


3.2 ניסוי 2: בניית היסטוגרמה ללא שימוש בפקודת imhist

(לדו"ח מכין: יש להביא קוד עובד למפגש 2, גם אם לא בוצע במפגש 1)

- בניסוי זה תייצר ע"י חישוב מפורש היסטוגרמה רגילה, מנורמלת ומצטברת ותשווה בין תוצאת התכנית שלך לבין תוצאת פקודת imhist.
- הכנת תכנית (פונקציית) מטלב לחישוב היסטוגרמה $h(B)$, וההיסטוגרמה המצטברת $S(B)$ ללא שימוש בפקודת imhist, כאשר B היא בהירות הפיקסלים.
 - התכנית תקבל כקלט תמונת גווני אפור. התוצאה תוכנס למערך הכולל את ערכי הבהירות בעמודה הראשונה, ערכי ההיסטוגרמה הלא מנורמלת בעמודה 2, המנורמלת בעמודה 3, והמצטברת המנורמלת בעמודה 4.
 - הצג את התמונה, וכל 3 וקטורי המוצא על המסך עם סימונים מתאימים.
 - חשב את היסטוגרמת התמונה ע"י פקודת imhist והשווה את התוצאות (ערך מספרי!).

דוגמה לפלט:

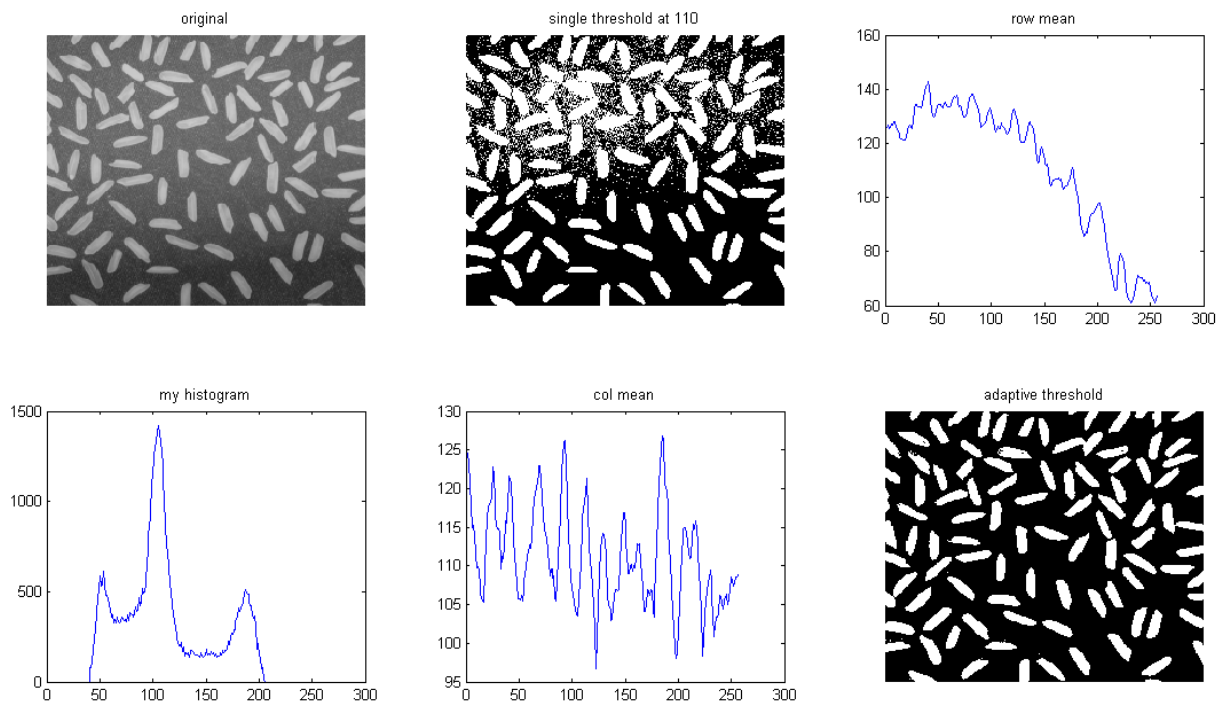


3.3 ניסוי 3: (עצמי) מעבר סף (Threshold) התלוי בהיסטוגרמת התמונה

בניסוי זה תקבע ע"י חישוב מפורש את הסף לצורך זיהוי אובייקטים בתמונה עם רקע משתנה. הערה: ייתכן שימוש בתמונה שונה בזמן המעבדה cottonTips!

- הכן תכנית מטלב לחישוב סף יחיד לתמונה. המקור יהיה **rice.png**, הסף יחושב כרמה המהווה אחוזון מההיסטוגרמה המצטברת $\arg\{S(B)\}$, למשל 80%
- בנה פלט מתאים, האם הצלחת להפריד בין כל גרגרי האורז לבין הרקע? (כלומר אורז בלבן, רקע בשחור)
- חשב את הממוצע של כל שורה בתמונה (מצאת את פרופיל הבהירות לפי עמודות)
- חשב את הממוצע של כל עמודה בתמונה (מצאת את פרופיל הבהירות לפי שורות)
- הצע דרך לפתור את הבעיה על בסיס הסעיפים הקודמים.

- סכם במלים!!! והצג בגרפים
שאלה למתקדמים – האם תוכלו לספור כמה גרגרי אורז בתמונה?
פלט לדוגמה (ללא התוצאה הסופית)

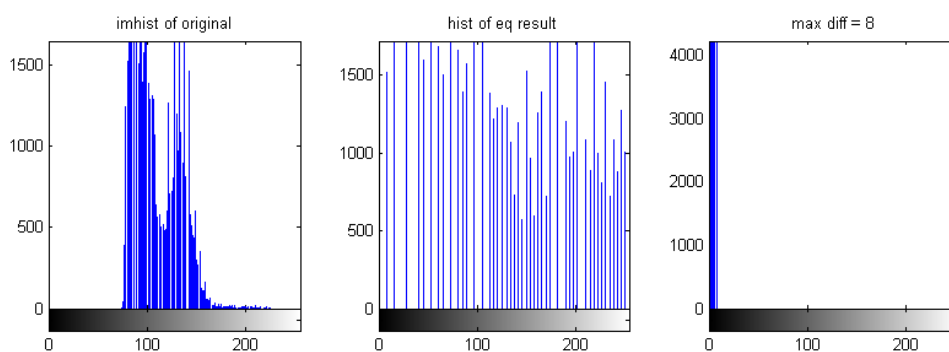
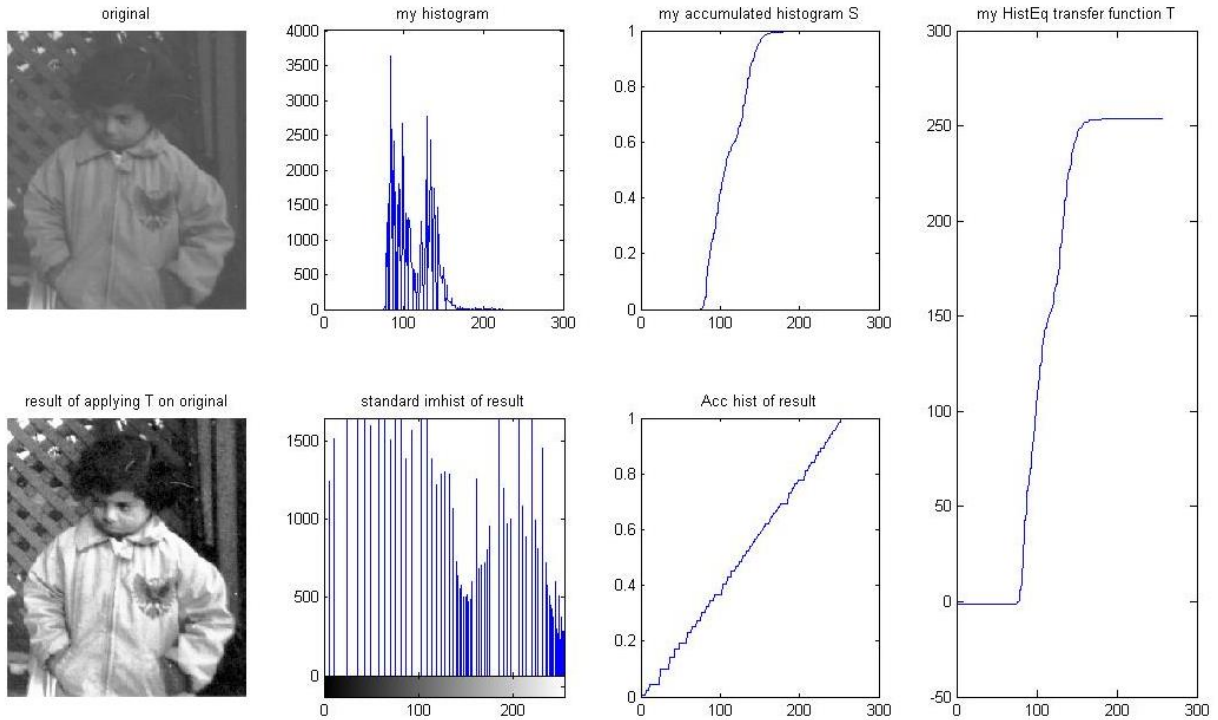


לדוח המכין (למפגש 2) לסעיפים 3.3.1, 3.3.2: הכן רקע תיאורטי קצר ואת הנוסחה המתאימה למתיחת היסטוגרמה במקטע יחיד ובשלושה מקטעים, ולשיויון היסטוגרמה. הסבר בצורה אינטואיטיבית את משמעות שינוי היסטוגרמה כטרנספורמציה. **משנת תש"פ: יש לכתוב מראש קוד ראשוני לסעיפים אלו.**

- 3.3.1 ניסוי 4: מתיחת היסטוגרמה ע"י טרנספורמציה לינארית למקוטעין
רשום פונקציית מטלב המותחת את ההיסטוגרמה ללא שימוש בפונקציה `imadjust`. השווה את התוצאות בין הפונקציה שלך לבין פונקציית מטלב. האם ישנם הבדלים? הנחייה: וודא שהקוד שלך תומך בכל סוגי תמונות רמות אפור (`double uint8`)

- 3.3.2 ניסוי 5: שיויון היסטוגרמה ללא שימוש ב- `imhist`
השתמש בתוכנית ההיסטוגרמה שלך. בצע שיויון היסטוגרמה ללא שימוש ב- `imhist` או ב- `histeq`, תוך שימוש בהיסטוגרמה המצטברת. (יש לתמוך בסוגי `uint8`, `double`)

דוגמאות לפלט רצוי



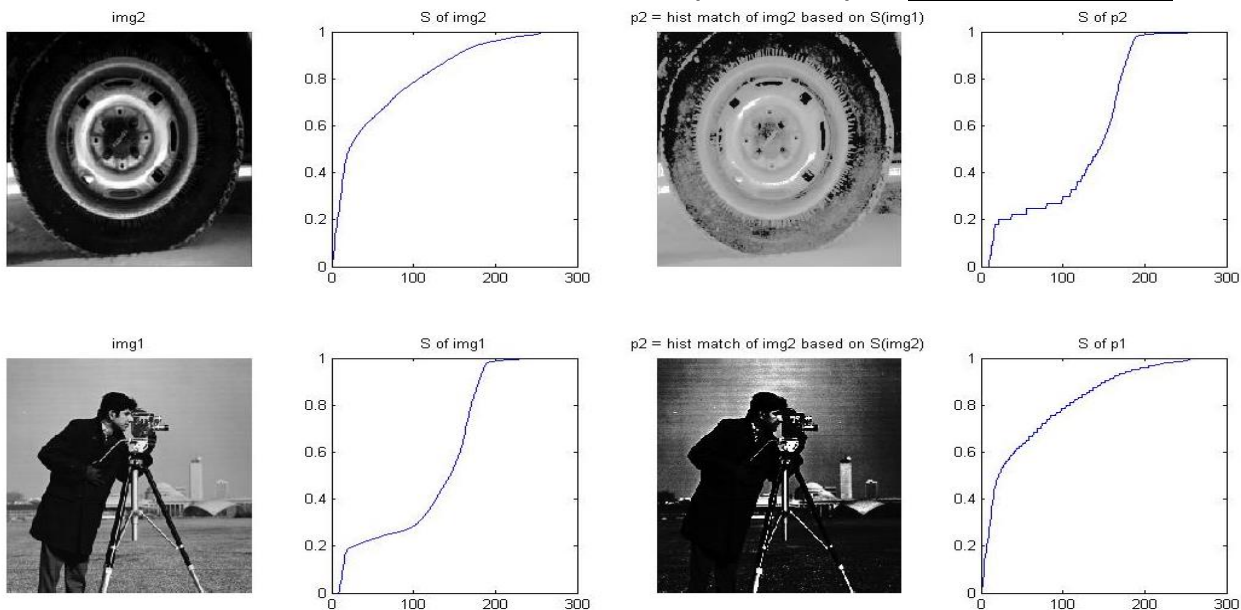
שאלות לדוח המסכם

א. השווה בין תוצאות שיויוני ההיסטוגרמה. הסבר את ההבדלים אם קיימים ואת משמעותם.

3.3.3 ניסוי 6: התאמות היסטוגרמה לפילוג רצוי - לתמונת דוגמה

לדוח המכין: הכן רקע תיאורטי קצר ואת נוסחת התאמת היסטוגרמה. הסבר בצורה אינטואיטיבית את משמעותה. ביצוע הניסוי:

1. רשום פונקציית מטלב המתאימה את ההיסטוגרמה של תמונה א, לתמונה ב, ללא שימוש בפונקציה `imadjust` או `histeq` (הדגמה בכיתה עם שימוש ב-`histeq`).
2. הפעל את הפונקציה שוב כאשר תמונה ב היא המקור ותמונה א תקבל את שינוי ההיסטוגרמה.
3. שים לב שהפלט מבהיר את הפעולות ועונה לדרישות ההצגה לדו"ח המסכם. **דוגמה לפלט מינימלי.** ניתן ורצוי להוסיף לפלט תוצאות ביניים לפי הבנתכם.



שאלות לדוח המסכם

4. הצג את התוצאות כולל תמונות, היסטוגרמות, היסטוגרמות מצטברות, טרנספורמציה, וכל תוצאת ביניים מעניינת אחרת. ודא הצגת כותרות ופרמטרים.
 5. השווה את התוצאות בין הפונקציה שלך לבין פונקציית מטלב. האם ישנם הבדלים? תמונה א: `pout.tif`, תמונה ב: `tire.tif`. הערות:
- כזכור, ההשוואה מתבצעת תמיד מול ההיסטוגרמה המצטברת. יש לבצע גם לתמונת המקור, וגם לתמונת היעד.