

## תרגיל מסכם – גישות שונות לדחיסת תמונה

יש לבצע בדיקת תקינות קלט עבור כל הפונקציות בתרגיל.

ניתן להניח בכל הסעיפים שגודל התמונה הוא חזקה של 2 ויחס הדחיסה הוא חזקה של 4.

בכל המקרים בהם יש לשמור מערך של אינדקסים על המערך להיות חד ממדי גם אם האינדקסים הם רב ממדיים, יש לבצע קידוד ופענוח מתאימים מאינדקסים רב ממדיים לאינדקסים חד ממדיים.

**בכל אחת מהשאלות ובכל אחד מהסעיפים אתם נדרשים לממש אלגוריתם של דחיסה בגישה שונה, בכל אחד מהסעיפים יש להציג דוגמאות לתוצאות הדחיסה עבור התמונה של ברברה ב-4 רמות שונות של דחיסה עם שגיאה יחסית של 1% 2% 5%-10 בקירוב ולציין מהו יחס הדחיסה עבור כל אחת מרמות הדיוק. שגיאה יחסית מוגדרת כ-  $|x-y|/|x|$  כאשר  $x$  הוא וקטור ערכי הפיקסלים בתמונה המקורים ו- $y$  הוא וקטור ערכי הפיקסלים בתמונה המקורבת. יחס הדחיסה מוגדר כנפח האחסון הנדרש בכדי לייצג את נתוני התמונה הדחוסה חלקי נפח האחסון של התמונה המקורית (שימו לב שבגישות אדפטיביות יש לשמור בנוסף לערכי המקדמים גם פרמטרים נוספים המתארים את האינדקסים של כל מקדם)**

1. א) (5 נקודות) **דחיסת פורייה לא אדפטיבית** - כתבו פונקציה מטלב  $fc=FCNA(im,c)$  המבצעת דחיסה לא אדפטיבית ע"י שימוש בהתמרת פורייה ושמירת קבוצה חלקית של המקדמים, הפונקציה מקבלת כקלט תמונה  $im$  בגודל  $n$  על  $n$  המיועדת לדחיסה ויחס דחיסה  $c$ , ניתן להניח שגם  $n$  וגם  $c$  הם חזקות של 2. הפלט של הפונקציה הוא קבוצה מתאימה של מקדמי פורייה בגודל כולל של  $n^2/c$ . בנוסף יש לכתוב פונקציה  $RFNA(fc,n)$  המבצעת שיחזור של תמונה דחוסה בגודל  $n$  על  $n$  על סמך קבוצת המקדמים  $fc$ .

ב) (5 נקודות) **דחיסת פורייה אדפטיבית** - כתבו פונקציות מטלב  $[fc,ind]=FCA(im,c)$  ו-  $ind=RFA(fc,ind,n)$  המבצעות דחיסה אדפטיבית ע"י שימוש בהתמרת פורייה ושיחזור בהתאמה. הארגומנט  $ind$  הינו מערך חד ממדי המכיל את האינדקסים של מקדמי פורייה הנבחרים (המקדמים בעלי הערך המוחלט הגבוה ביותר) במקרה זה יש לשמור קבוצת מקדמים בגודל  $n^2/(2c)$  על מנת לקחת בחשבון את נפח האחסון הנדרש עבור שמירת מערך האינדקסים.

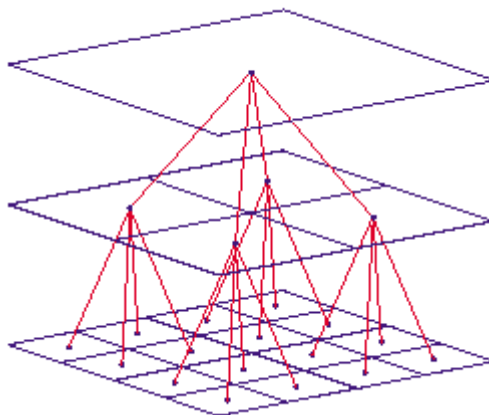
ג) (20 נקודות) **דחיסת פורייה בבלוקים** - כתבו פונקציות  $fc=BFCNA(im,nb,c)$  ,  $fc=RBFNA(fc,n,nb)$  ,  $[fc,ind]=BFCA(im,nb,c)$  ,  $ind=RBFA(fc,ind,n,nb)$  המבצעות דחיסה (אדפטיבית ולא אדפטיבית) ושיחזור ע"י שימוש בהתמרת פורייה בבלוקים. הפרמטר  $nb$  הוא מספר הבלוקים לאורך כל ממד (סה"כ  $nb^2$  בלוקים). הרעיון הוא לבצע סדרת התמרות פורייה עבור כל בלוק בתמונה ולשמור קבוצת מקדמים מתאימה עבור כל בלוק. בדחיסה הלא אדפטיבית יש לשמור מספר קבוע של מקדמים עבור כל בלוק, בדחיסה האדפטיבית יש

לשמור את קבוצת המקדמים הגבוהים ביותר מתוך הקבוצה הכוללת של המקדמים בכל הבלוקים. שימו לב שבמקרה זה יש לקדד גם את האינדקסים של הבלוקים. גם במקרה זה המערך  $ind$  צריך להיות חד ממדי כאשר מכל אינדקס ניתן לפענח גם את האינדקס של הבלוק המתאים וגם את האינדקסים של מקדמי פורייה בתוך אות הבלוק. כמו בסעיף ב', בדחיסה האדפטיבית יש לשמור קבוצת מקדמים בגודל  $n^2/(2c)$ . שימו לב שלאחר שחזור התמונה קווי התפר בין הבלוקים נראים בבירור, הסבירו מדוע ונסו לטשטש קווים אלו ובכך לשפר את איכות התמונה המשוחזרת ע"י מציאת פיתרון יצירתי.

ד) (10 נקודות) **Wavelets דחיסה** - כתבו פונקציות  $fc=WCNA(im, wn, c)$ ,  $RWNA(fc, n, wn)$ ,  $[fc, ind]=WCA(im, L, wn, c)$ ,  $RWA(fc, ind, n, L, wn)$  המבצעות דחיסה (אדפטיבית ולא אדפטיבית) ושחזור ע"י שימוש בהתמרת Wavelet. הפרמטר  $wn$  הינו מחרוזת ומציין את סוג ה-Wavelet ( $'haar'$ ,  $'db2'$ ,  $'db3'$ ,  $'db4'$ , ...) או אחרים, הזינו את הפקודה `help wfilters` בכדי לראות דוגמאות נוספות) בדחיסה האדפטיבית יש להזין פרמטר  $L$  המציין את מספר הרמות עבורם יחושבו המקדמים. (ה) בצעו ניסויים עבור הדחיסות והשונות ע"י שימוש בפרמטרים שונים והשוו את התוצאות, חוו את דעתכם וציינו איזה מהשיטות מוצלחות יותר, נסו לנמק.

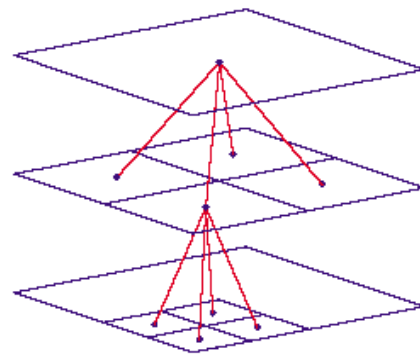
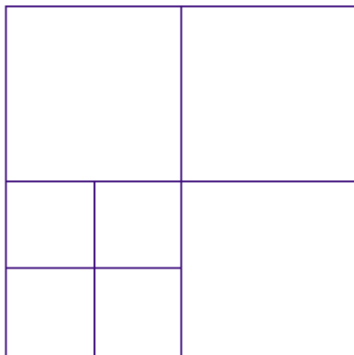
## 2. דחיסה על ידי חלוקה גיאומטרית של תמונה לאזורים הומוגניים ושימוש ב-Quad Tree.

Quad Tree הוא מבנה היררכי של ריבועים המוגדר עבור ריבוע ומתקבל מפיצול רקורסיבי של הריבוע לארבעה ריבועים בנים ופיצול דומה של כל אחד מהבנים עד שמגיעים לתנאי העצירה הרצוי. ניתן להתייחס למבנה ההיררכי המתקבל בעץ כאשר השורש הוא הריבוע השלם והעלים הם הריבועים עבורם לא התבצעה חלוקה, כמובן שהעלים מגדירים חלוקה של הריבוע המקורי לחלקות זרות. אם תנאי העצירה הוא עומק העץ מתקבל Quad Tree מאוזן כפי שמודגם בתרשים מטה עבור עץ בעומק 2.



Quad Tree יכול לשמש לדחיסה של תמונה כאשר השורש הוא הריבוע התוחם את התמונה וכל עלה הוא מערך ריבועי של פיקסלים. ניתן לקרב את התמונה ע"י מיצוע קבוצות הפיקסלים של העלים השונים ושמירת ערך ממוצע אחד עבור כל עלה, אם העץ מאוזן התוצאה תהיה שקולה להקטנת הרזולוציה ע"י שימוש

בפיקסלים גדולים יותר, כמובן שאין זו דרך יעילה לדחיסת התמונה. כבדי לבצע שימוש יעיל יותר ב- Quad Tree ניתן להגדיר תנאי עצירה המתייחס לערכי הפיקסלים בריבוע נתון ולעצור כאשר קבוצת הפיקסלים היא אחידה יחסית, שימוש בכלל מסוג זה עבור תמונה טיפוסית יצור עץ לא הומוגני כפי שמודגם בתרשים מטה כאשר רק אחד משלושת הבנים של השורש מפוצל, התוצאה היא עץ לא מאוזן בעל עלים המתאימים לריבועים בגדלים שונים.



(א) (25 נקודות) **Quad Tree פשוט** – כתבו פונקציה הבונה בצורה אדפטיבית **Quad Tree** לא

מאוזן כאשר קלט הפונקציה הוא תמונת גווני אפור בגודל  $n$  על  $n$ , כאשר  $n$  חזקה של 2. על הפונקציה לקבל פרמטר המגדיר את העומק המקסימלי האפשרי של העץ (לכל היותר  $\log_2(n)$  כאשר במקרה זה החלוקה יכולה להתבצע עד לרמת הפיקסל) ופרמטר נוסף המגדיר את איכות הקירוב. הדרכה: ניתן לבנות תחילה עץ מאוזן ולאחר מכן לקפל קבוצות של ארבעה עלים "אחים" ל"הורה" שלהם במידה והם עונים על קריטריון אחידות, קריטריון זה יכול להתייחס לסכום ריבועי

ההפרשים מהממוצע של ארבעת הבנים.  $SSE = \sum_{j=1}^4 (X_j - \bar{X}_n)^2 = \left( \sum_{j=1}^4 X_j^2 \right) - 4\bar{X}_n^2$  כאשר

איחוד מתבצע אם סכום זה גדול מערך סף המוזן כפרמטר של פונקציית המטלב. נסו לשפר את כלל האיחוד באלגוריתם על מנת לקבל תוצאה טובה יותר של האלגוריתם. לדוגמה – קביעת ערך סף שונה בהתאם לעומק בעץ.

(ב) (20 נקודות) **Quad Tree משופר I** – בנו אלגוריתם לקירוב תמונה ע"י **Quad Tree** מיוחד בו ניתן לפצל קודקודים לשני עלים המתאימים לחלוקת הריבוע לשני מלבנים ע"י פיצול קווי אופקי או אנכי, בגישה זו יש להתחיל מהשורש כלפי מטה, עבור כל ריבוע יש למצוא את הפיצול הטוב ביותר (אנכי או אופקי) לשני מלבנים (בהתאם לקריטריון SSE לדוגמה) ולקבל החלטה האם לבצע את הפיצול לשני מלבנים ולעצור או להותיר את הריבוע כפי שהוא ולעצור או לחלק את הריבוע לארבע ולהמשיך הלאה. עבור ריבוע בגודל  $n$  על

$n$  יש לבחון  $n-1$  פיצולים אופקיים ו-  $n-1$  פיצולים אנכיים. יש לשים דגש בסעיף זה על מימוש יעיל מבחינת סיבוכיות החישוב של מציאת הפיצול המיטבי, ניתן לעשות זאת ע"י חישוב סכומים מצטברים.

ג) (15 נקודות) **Quad Tree משופר II** הוסיפו לאלגוריתם את האופצייה לפצל ריבוע לשני משולשים ע"י אחד מהאלכסונים שלו.

עבור כל אחד מהסעיפים יש להגדיר מבנה נתונים יעיל וקומפקטי לשמירת העץ המתקבל עבור התמונה והערכים המתאימים (הממוצעים) עבור כל אחד מהעלים בעץ ופונקציה אשר בונה את התמונה המקורבת מעץ נתון.