

## שאלה 4

א. פונקציית הספריה shannon\_entropy מחשבת את האנטרופיה עבור תמונה. קיבלנו אנטרופיה של 7.011. תחילה נחשב את האנטרופיה המקסימלית האפשרית עבור תמונה עם 8 ביטים כלומר 256 ערכים:

$$max = - \sum_{i=1}^{256} \frac{1}{256} \cdot \log_2 \frac{1}{256} = 8$$

לכן קיבלנו אנטרופיה 7.011 שזה קרוב למקסימום שהוא 8. لكن ההתפלגות של רמות האפור בתמונה היא כמעט שווה, ככלומר אנחנו משתמשים בכל רמות האפור באופן שווה כמעט לכל רמות האפור (אבל לא בדוק, אחרת האנטרופיה הייתה 8).

.ג.

לפי חישוב בסקריפט, אורך הקוד הוא 460977, יהו הדחיסה

$$\frac{8}{huffman\_avglen} = \frac{\text{uncompressed bitrate}}{\text{compressed bitrate}}$$

זהו יהו דחיסה נמוך אבל זו תוצאה הגיונית שכן לפי תוצאה מההרצאה:

$$entropy \leq huffman\_avglen \leq entropy + 1$$

זהו אכן מתקיים כי

$$7.011 \leq \frac{8}{1.1374} < 8.011$$

.ד.

פענחנו וקיבלנו  $MSE = 0$ . תוצאה מאוד הגיונית וצפוייה כי קידוד האפמן הוא קידוד lossless שכן ניתן לשחרר את התמונה באופן מושלם ולקבל שגיאה שווה ל-0.

.ה.

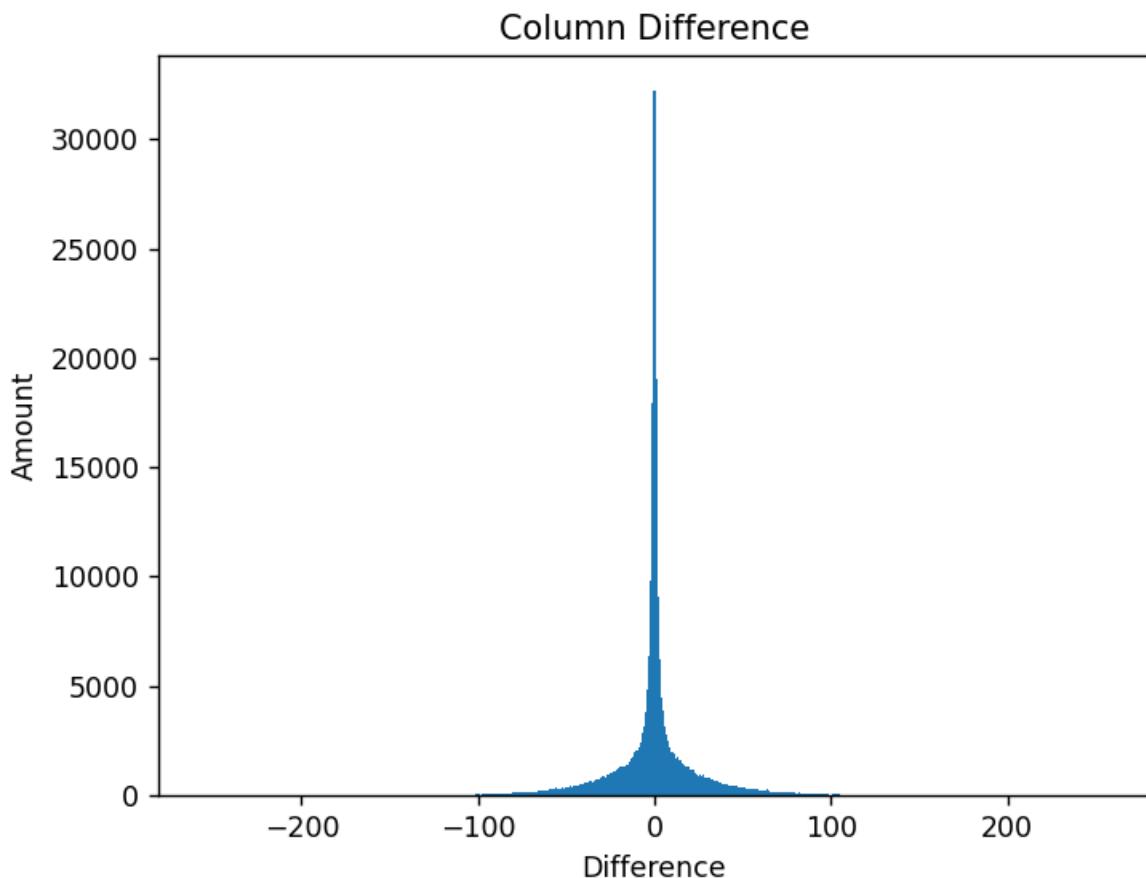
קיבלנו אנטרופיה ששויה ל-2.1453, תוצאה הגיונית בהתחשב בכך שהדגל של מאוריציו הוא 4 מלבנים אופקיים כך שכל מלבן בעל צבע אחד, אך אנחנו משתמשים בכמות מצומצמת מאוד של רמות אפור מה שמוריד את האנטרופיה מאוד.

קיבלנו קצב מידע השווה ל $2.3125$ . לפי התוצאה מההרצאה מסעיף ג', הגבול התאורטי עבור קצב מידע של האפן הוא  $3.1453$  (שזה האנתרופיה ועוד אחת). קצב המידע שקיבלנו קרוב מאד לאנתרופיה لكن הקידוד הוא מאד עיל.

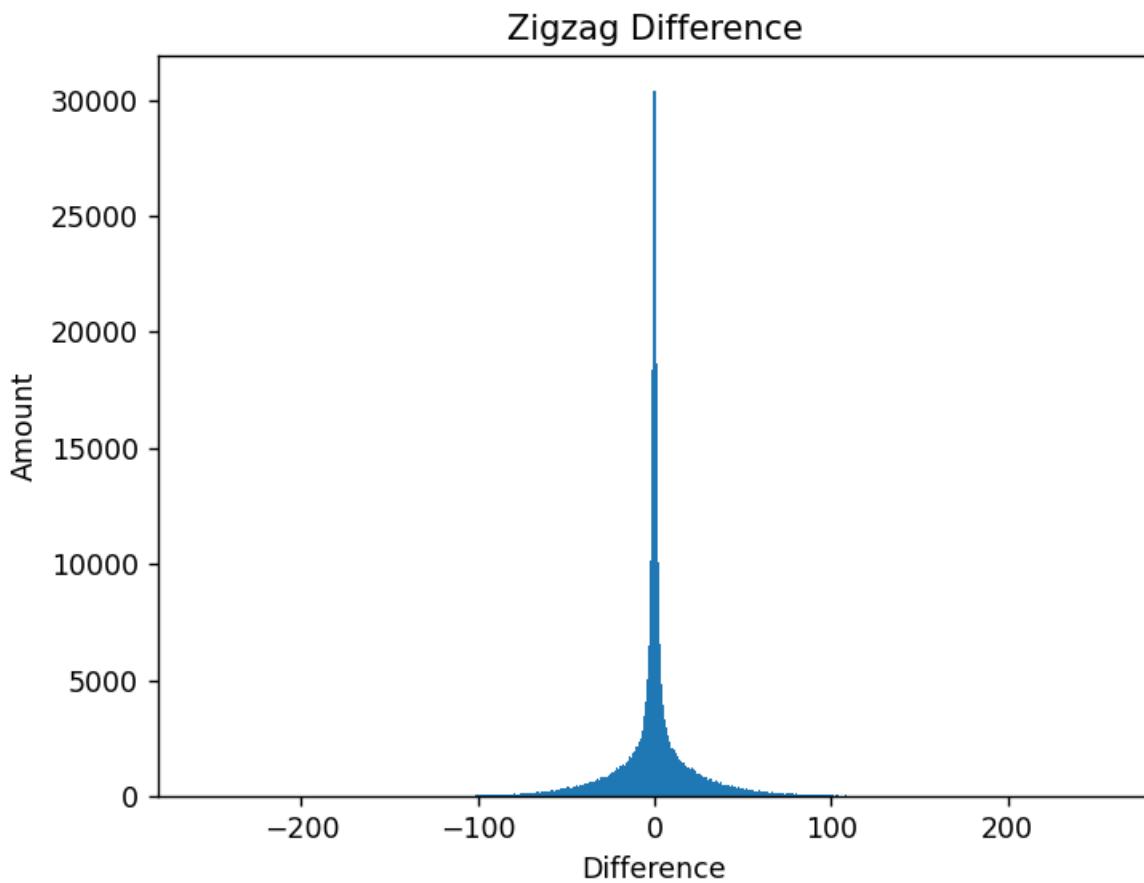
ו.

להלן ההיסטוגרמות:

ההיסטוגרמה עבור סידור עמודה:



ההיסטוגרמה עבור סידור זיגzag:



התוצאות של היסטוגרמות נראות זהות כמעט לחלוטין. זה מצופה, כיוון שהתמונה היא טבעית لكن יש לה יתרות מרחבית רבה (נוף של סקוטלנד הוא בוודאי טבעי), על כן במעט אנחנו מצפים פיקסלים קרובים להיות בעלי אותו ערך פחות או יותר. لكن גם עבור סידור עמודה וגם עבור סידור זיגזג אנחנו מקבל התפלגות לפולסיאן "יפה" כמו שאנו אוהבים בהיסטוגרמות. לא משנה אם הסידור או עמודה או זיגזג, בכל סידור, ברוב המקרים פיקסלים קרובים בסידור הם גם קרובים בתמונה (בסידור עמודה אנחנו לוקחים ברוב המקרים פיקסלים קרובים מאותה עמודה, ואילו בסידור זיגזג לוקחים ברוב המקרים פיקסלים קרובים מאותו אלכסון).

קצב המידע עבור סידור עמודה: 5.992

קצב המידע עבור סידור זיגזג: 5.970

קיבלנו כי סידור זיגזג הוא מעט יותר טוב, כי יש לו קצב מידע נמוך יותר. הסיבה לכך היא זיגזג הוא יותר טוב זה כי הוא מנצח את היתירות המרחבית יותר טוב. סידור עמודה עבור על העמודות של התמונה ובכל סיום של עמודה הוא "קופץ" לעמודה הבאה, מה שהורס

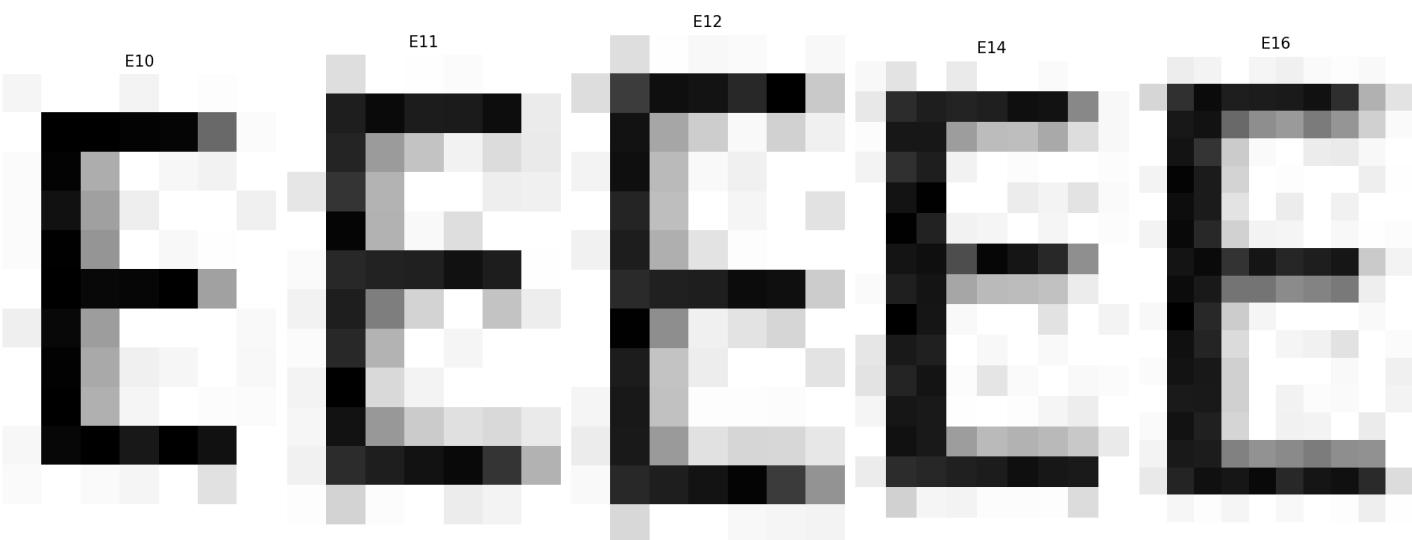
את הטעע הדו מימדי של התמונה. לעומת זאת, סידור זיגzag עבור אלכסונים ולא קפיצות لكن הסיכוי לקבל שני פיקסלים עם רמת אפור דומה הוא יותר גבוה.

ז. כן. למשל, תמונה שהיוא רוש לא משתמשת לקידוד באמצעות תכונות הפרשים מכיוון שהיא לא טבעית ואין לה יתרות מרחבית, ולפיכך ההיסטוגרמה של תמונה הפרשים לא תהיה לפולסיאנית. וכך אנו כפלנו את התמונה (במקום 256 רמות אפור נקבל 511 רמות אפור) וכעת התמונה החדשה צריכה יותר מקום בזיכרון ללא תועלת.

## שאלה 5

.ב.

להלן חמישה תמונות ייחודי:

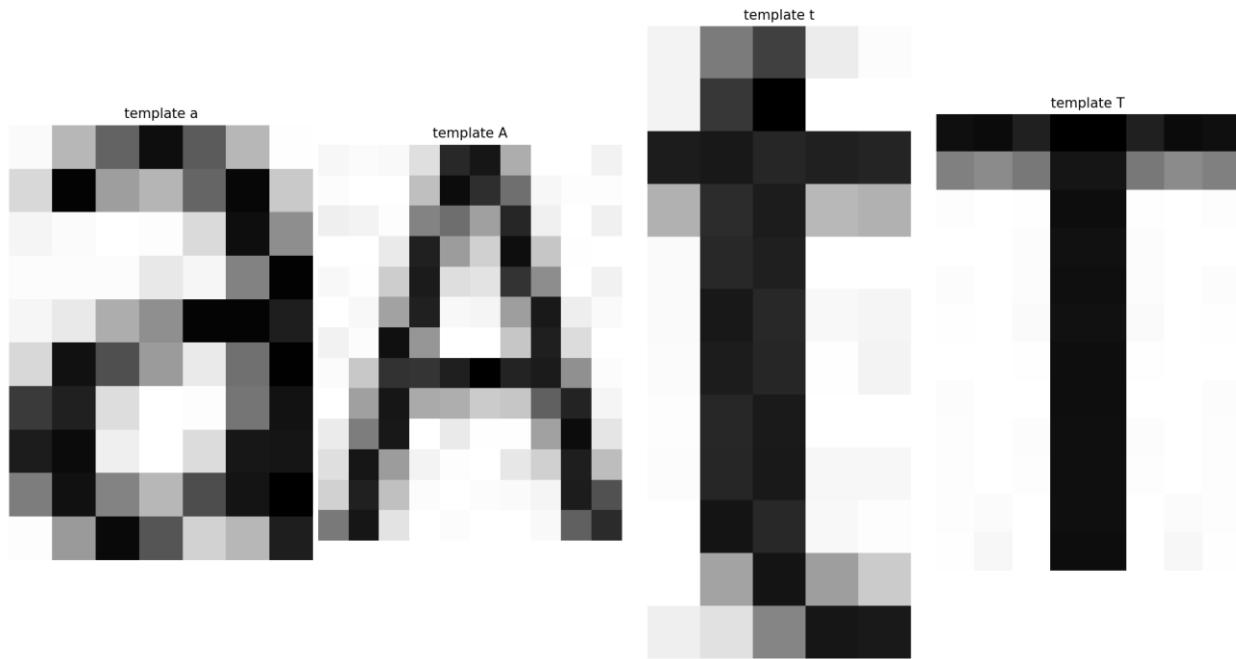


לפי האלגוריתם שלנו, קובלנו את הSS הכי נמוך עבור  $E14$ , שכן גודל הגוף הוא 14 לפי האלגוריתם.

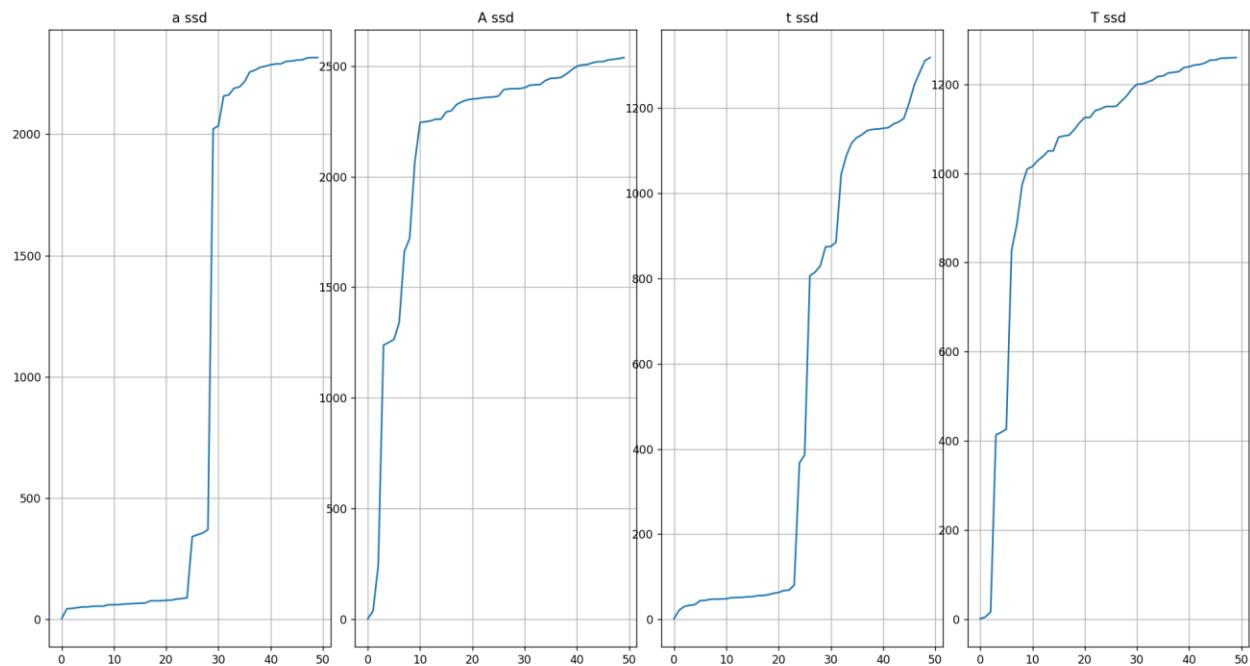
मבחן ידנית שלי, השוותי את גודלי הגוף לטקסט ומצאת שגודלו הגוף הוא אכן 14 וכן האלגוריתם נכון.

.ג.

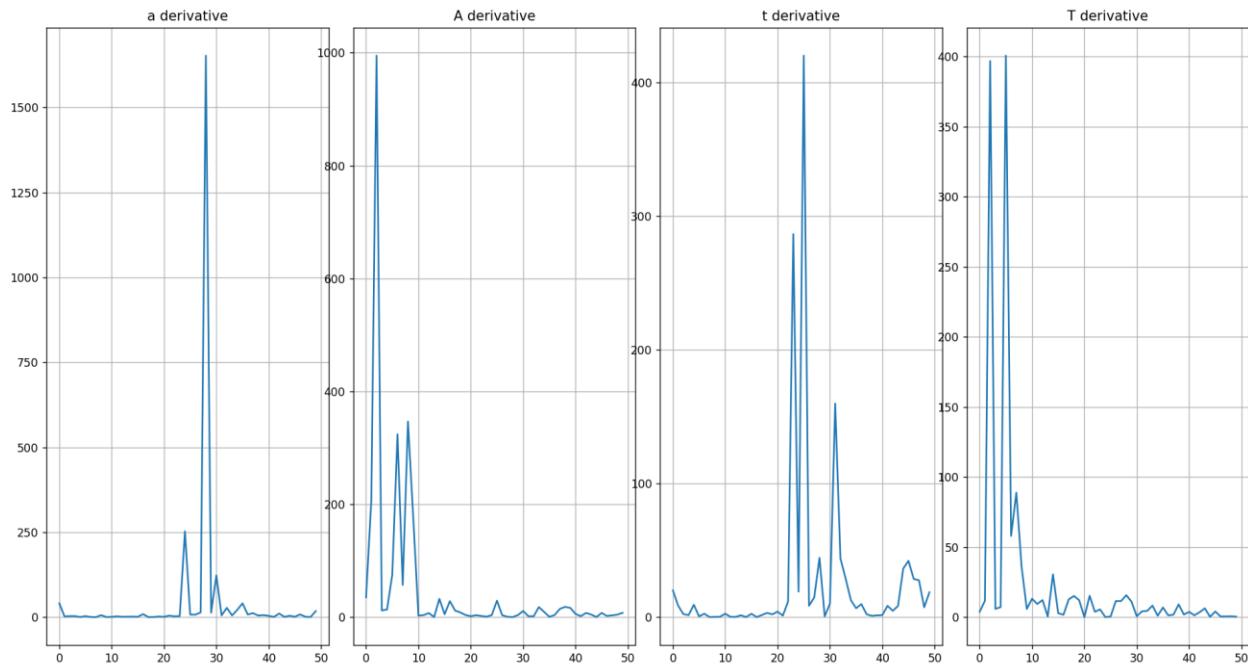
להלן התבניות שבחרנו:



בחרנו את הסוף באופן הבא: לכל תבנית חישבנו את  $SSD$  (עם נרמול על סמרק גDAL).  
תמונה אחת, כי לכל תבנית יש גודל שונה), לאחר מכן מינינו את וקטורי  $SSD$  מהקטן לגודל.  
עבור התאמות אמרו להיות  $SSD$  נמוך ובעור חוסר התאמות אמרו להיות  $SSD$  מאד  
גבוה. لكن בדקנו את הגרפים של  $SSD$  המומין:



ניתן לראות שיש קפיצות מאוד גבוהות בשלב מסוים, לכן בדקנו את גרפ' הנגזרות של הSSD הממוני:



בחרנו סף שווה ל-270, מכיוון שבפעם הראשון יש קפיצה מאוד גבוהה בנגזרת, איזה הנגזרת נהיית יותר גבוהה מ-270. כאשר יש קפיצה כזו בערך הנגזרת, זה אומר שאין יותר התאמות ולכן שגיאת SSD נהיית גבוהה מאוד.

כלומר, התנאי שלנו הוא: האינדקס הראשון במערך הנגזרות של וקטור SSD הממוני, שמקיים כי גודל ערך הנגזרת גדול מ-270.

קיבלנו את התוצאה הבאה:

Occurrences of a: 29

Occurrences of A: 3

Occurrences of t: 24

Occurrences of T: 3

בטקסט באמת יש 3 פעמים t, 3 פעמים T, 24 פעמים a. אבל יש 27 מופעים של a ולכן האלגוריתם ספור את a פעמיים יותר מאשר צריכה. יתכן שהזיה קריה כי אנחנו רואים בגרף הנגזרות עבור a שהייתי קפיצה קטנה בערך באינדקס 13 שנחננו התעלמנו ממנה, ולאחר מכן מכך קפיצה מאוד גבוהה באינדקס 29, אך האלגוריתם מתקשה להתאים את

התבנית לאות a בטקסט בכל מהמקרים. לדעתי הסיבה לכך היא שבניגוד לגוף הטקסט, הכותרת והחתימה הם מעט יותר מודגשים מה שמקשה על האלגוריתם לזהות את כל האים באופן מדויק.

עבור עברו mr smoke too much להלן הטקסט החדש:

Replaced c with k

### Epigram For Wall Street

I'll tell you a plan for gaining wealth,  
Better than banking, trade or leases —  
Take a bank note and fold it up,  
And then you will find your money in kreasess!  
This wonderful plan, without danger or loss,  
Keeps your kash in your hands, where nothing kan trouble it;  
And every time that you fold it akross,  
'Tis as plain as the light of the day that you double it!

Edgar Allan Poe

התמונה נראה מאד טبيعית, נראה כאילו כל a שהחליף את c נמצא במקומו באופן טבעי  
ואין בעיות של alignment.