

שאלה 4

א. פונקציית הספרייה 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 7.01 שזה קרוב למקסימום שהוא 8. לכן ההתפלגות של רמות האפור בתמונה היא כמעט שווה, כלומר אנחנו משתמשים בכל רמות האפור באופן שהוא כמעט זהה לכל רמות האפור (אבל לא בדיוק, אחרת האנטרופיה הייתה 8).

ג.

לפי החישוב בסקריפט, אורך הקוד הוא 460977, יחס הדחיסה

$$\frac{8}{huffman_avglen} = \frac{uncompressed\ bitrate}{compressed\ bitrate} \text{ שהוא } 1.13734$$

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

$$entropy \leq huffman_avglen \leq entropy + 1$$

וזה אכן מתקיים כי

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

ד.

פענחנו וקיבלנו $MSE = 0$. תוצאה מאוד הגיונית וצפויה כי קידוד האפמן הוא קידוד lossless לכן ניתן לשחזר את התמונה באופן מושלם ולקבל שגיאה ששווה ל-0.

ה.

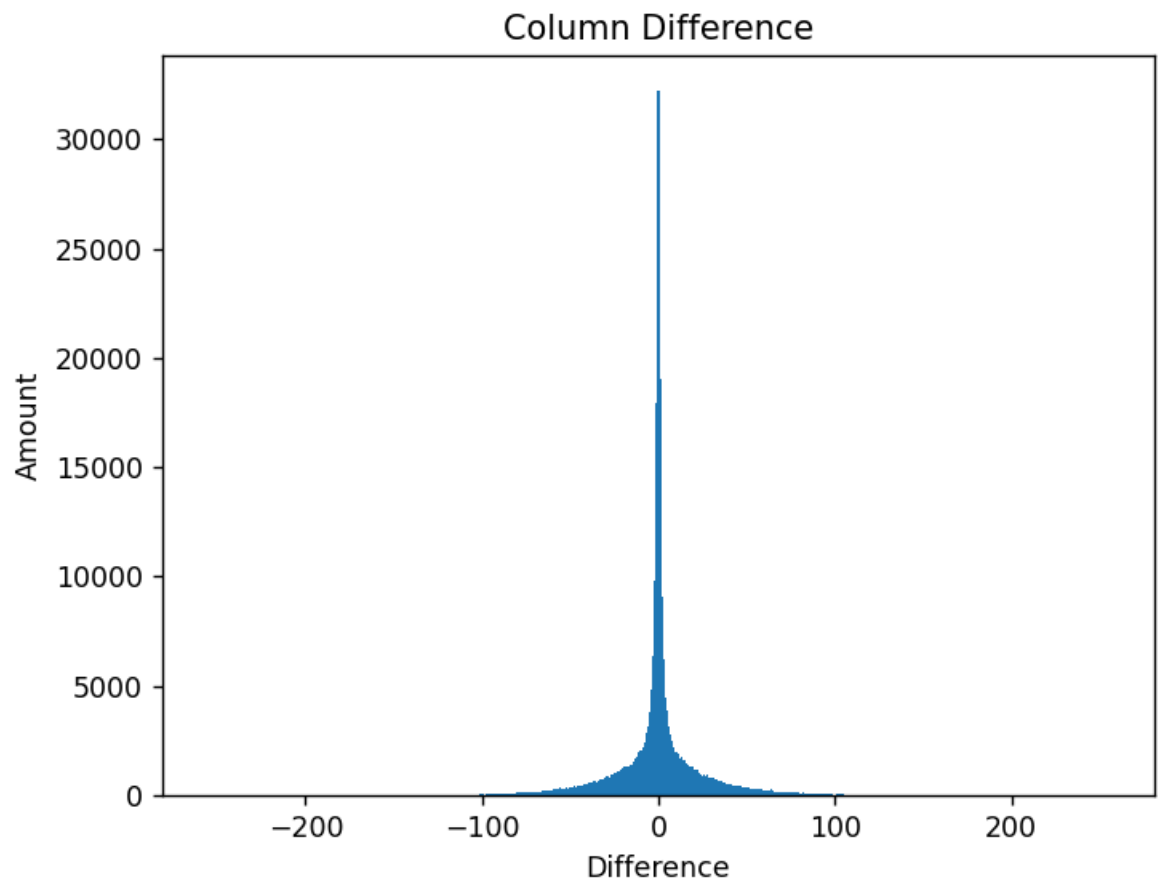
קיבלנו אנטרופיה ששווה ל-2.1453, תוצאה הגיונית בהתחשב בזה שהדגל של מאוריציוס הוא 4 מלבנים אופקיים כך שכל מלבן בעל צבע אחיד, לכן אנחנו משתמשים בכמות מצומצמת מאוד של רמות אפור מה שמוריד את האנטרופיה מאוד.

קיבלנו קצב מידע השווה ל-2.3125. לפי התוצאה מההרצאה מסעיף ג, הגבול התאורטי עבור קצב מידע של האפמן הוא 3.1453 (שזה האנטרופיה ועוד אחת). קצב המידע שקיבלנו קרוב מאוד לאנטרופיה לכן הקידוד הוא מאוד יעיל.

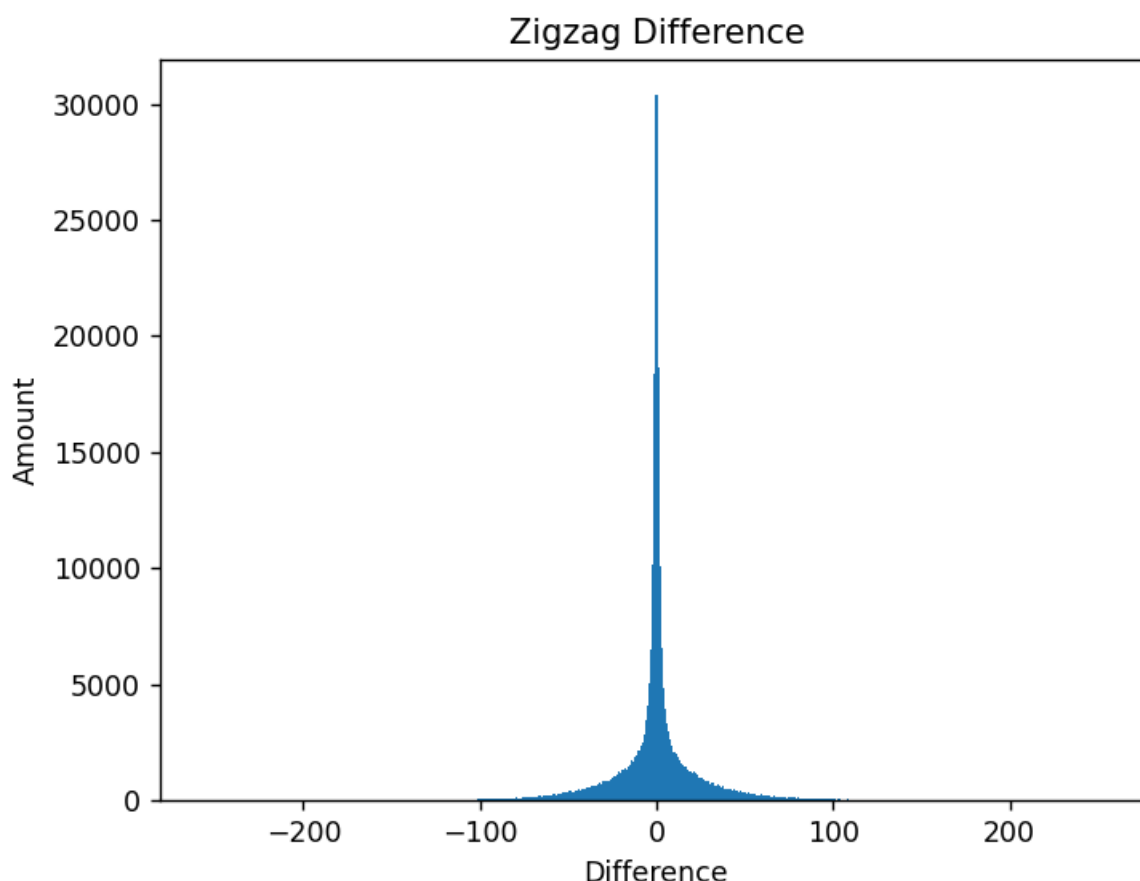
ו.

להלן ההיסטוגרמות:

היסטוגרמה עבור סידור עמודה:



היסטוגרמה עבור סידור זיגזג:



התוצאות של היסטוגרמות נראות זהות כמעט לחלוטין. זה מצופה, כיוון שהתמונה היא טבעית לכן יש לה יתירות מרחבית רבה (נוף של סקוטלנד הוא בוודאי טבעי), על כן בממוצע אנחנו מצפים פיקסלים קרובים להיות בעלי אותו ערך פחות או יותר. לכן גם עבור סידור עמודה וגם עבור סידור זיגזג אנחנו נקבל התפלגות לפלסיאן "יפה" כמו שאנחנו רואים 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 שקידוד זיגזג הוא יותר טוב זה כי הוא מנצל את היתירות המרחבית יותר טוב. סידור עמודה עבור על העמודות של התמונה ובכל סיום של עמודה הוא "קופץ" לעמודה הבאה, מה שהורס

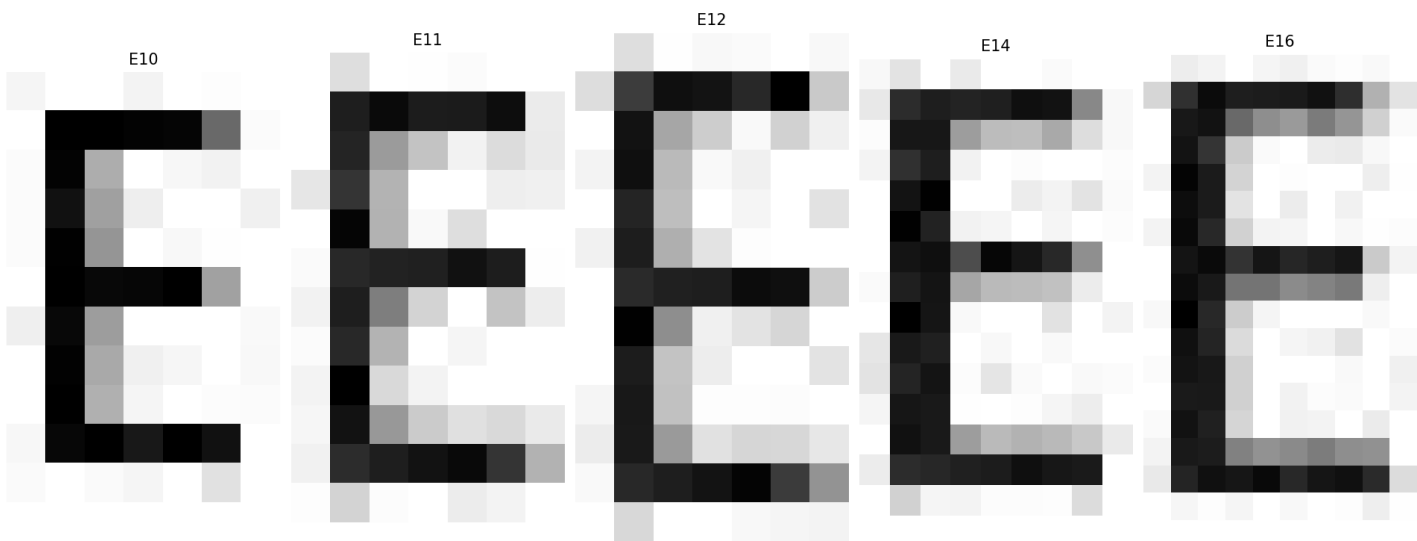
את הטבע הדו מימדי של התמונה. לעומת זאת, סידור זיגזג עבור על אלכסונים ללא קפיצות לכן הסיכוי לקבל שני פיקסלים עם רמת אפור דומה הוא יותר גבוה.

ז. כן. למשל, תמונה שהיא רעש לא משתלמת לקידוד באמצעות תמונות הפרשים מכיוון שהיא לא טבעית ואין לה יתירות מרחבית, ולפיכך ההיסטוגרמה של תמונת ההפרשים לא תהיה לפלסיאנית. ולכן אנחנו הכפלנו את התחום (במקום 256 רמות אפור נקבל 511 רמות אפור) וכעת התמונה החדשה תצטרך יותר מקום בזיכרון ללא תועלת.

שאלה 5

ב.

להלן חמש התמונות יחדיו:

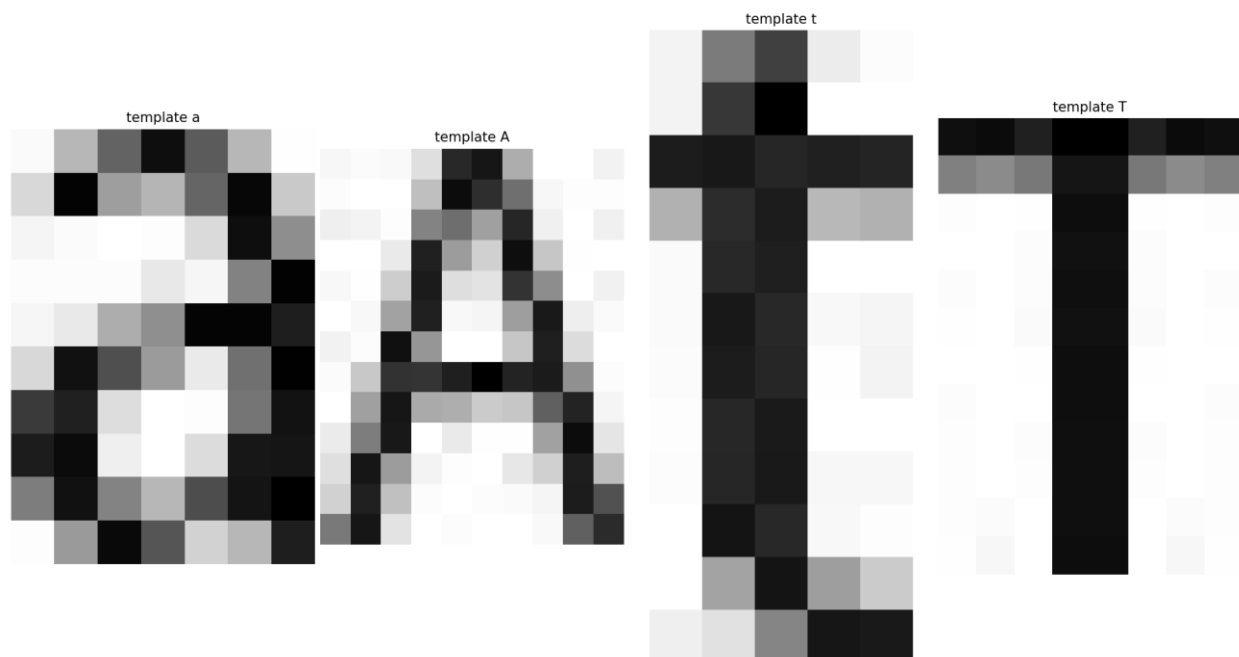


לפי האלגוריתם שלנו, קיבלנו את ה-SSD הכי נמוך עבור E_{14} , לכן גודל הגופן הוא 14 לפי האלגוריתם.

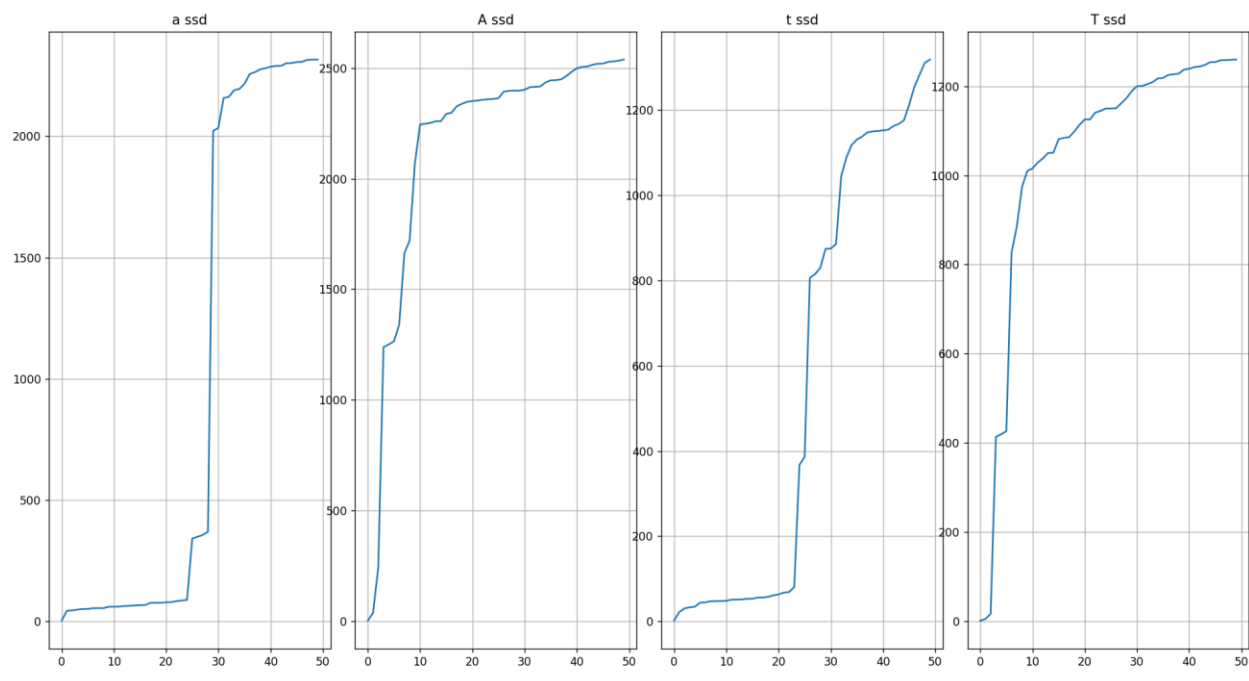
מבדיקה ידנית שלי, השוותי את גדלי הגפנים לטקסט ומצאתי שגודל הגופן הוא אכן 14 ולכן האלגוריתם צדק.

ג.

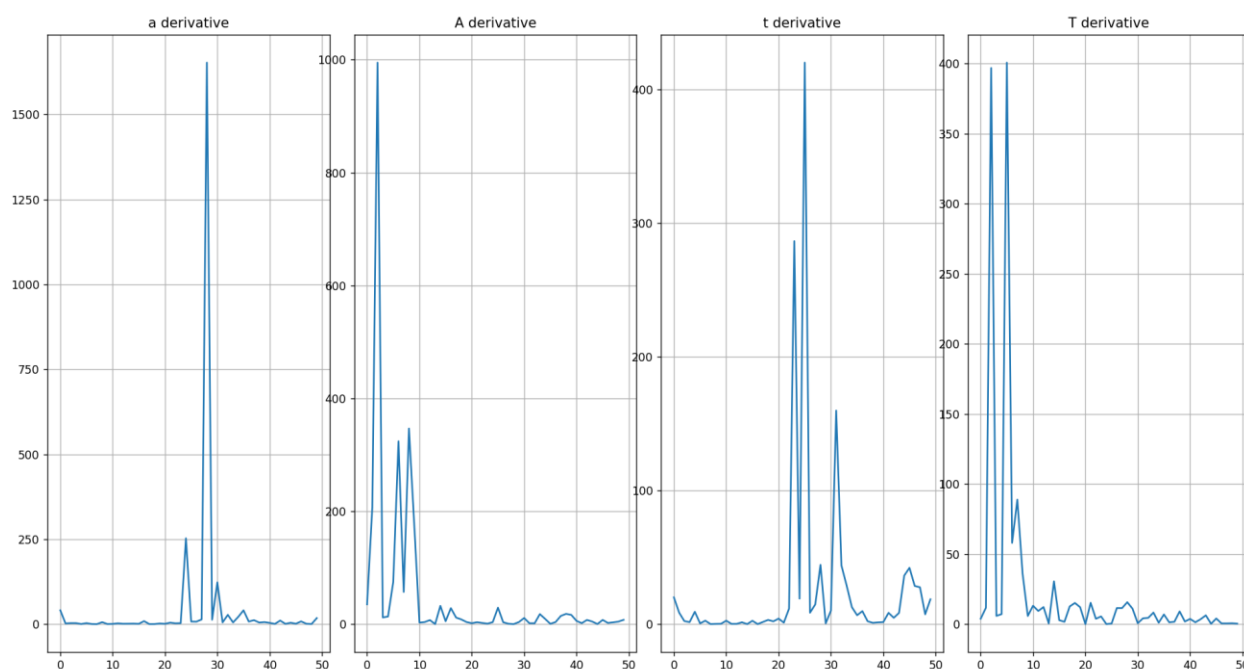
להלן התבניות שבחרנו:



בחרנו את הסף באופן הבא: לכל תבנית חישבנו את ה-SSD (עם נרמול על סמך גדלי תמונות, כי לכל תבנית יש גודל שונה), לאחר מכן מיינו את וקטורי ה-SSD מהקטן לגדול. עבור התאמות אמור להיות SSD נמוך ועבור חוסר התאמות אמור להיות SSD מאוד גבוה. לכן בדקנו את הגרפים של ה-SSD הממוין:



ניתן לראות שיש קפיצות מאוד גבוהות בשלב מסוים, לכן בדקנו את גרף הנגזרות של ה-SSD הממוין:



בחרנו סף ששווה ל-270, מכיוון שבפעם הראשונה שיש קפיצה מאוד מאוד גדולה בנגזרת, אז הנגזרת נהיית יותר גדולה מ-270. כאשר יש קפיצה כזו בערך הנגזרת, זה אומר שאין יותר התאמות ולכן שגיאת ה-SSD נהיית גדולה מאוד.

כלומר, התנאי שלנו הוא: האינדקס הראשון במערך הנגזרות של וקטור ה-SSD הממוין, 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 t. אבל יש 27 מופעים של a ולכן האלגוריתם ספר את a פעמיים יותר ממה שהיה צריך. ייתכן שזה קרה כי אנחנו רואים בגרף הנגזרות עבור a שהייתי קפיצה קטנה בערך באינדקס 13 שאנחנו התעלמנו ממנה, ולאחר כן מכן קפיצה מאוד גדולה באינדקס 29, לכן 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 האותיות באופן מדויק.

עבור 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 kreases!
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 נראית מאוד טבעית, נראה כאילו כל k שהחליף את c נמצא במקומו באופן טבעי ואין בעיות של alignment.