בחינה בעיבוד תמונות, חלק 2, 12/12/21

ענו על שתי השאלות. חומר פתוח ללא מחשבים או מחשבונים.
הערה: תשובה לשאלה יכולה לכלול יותר מנושא בודד המכוסה בבחינה.
משך הבחינה: 60 דקות.

פתחו והסבירו את התשובה במחברת לפני הסימון בטופס הבחינה. סימון התשובות נעשה ע"י X במשבצת המתאימה. ניתן לתקן סימון ע"י השחרת המשבצת וסימון X במשבצת אחרת.

שאלה 1

שימו לב – השאלה מורכבת משלושה חלקים.

חלק א - LK

נתונות שתי תמונות, f ו- g.
ידוע כי ישנה חפיפה של כמעט 90% בינהן. נרצה למצוא את ההזזה המדויקת בין שתי התמונות בעזרת אלגוריתם Lucas-Kanade.
בכל אחד מהסעיפים הבאים, ביצענו איזשהו שינוי לתמונה g וקיבלנו את g_i ($i \in \{1,2,3\}$). עבור כל שינוי, עליכם להחליט האם סביר מאד שנמצא את ההזזה המקורית בעזרת חישוב LK בין התמונה f והתמונה g_i .
ניתן להניח כי בכל השינויים כל הפיקסלים נשארו בטווח ערכי האפור המותר (0-255).

1. $g_1 = 2g$
   - ☐ כן
   - ☐ לא
2. $g_2 = \frac{1}{2}g$
   - ☐ כן
   - ☐ לא
3. $g_3 = g + 128$
   - ☐ כן
   - ☐ לא

חלק ב - LK

לכל אחת מהתמונות בחלק הקודם נחשב תמונת גרדיאנט (∇) בעזרת קונבולוציה עם קרנלי סובל וחישוב המגניטוד.
עבור כל אחד מהשינויים שתוארו בחלק הקודם, עליכם להחליט האם יתכן ונמצא את ההזזה המקורית בעזרת חישוב LK בין ∇f (תמונת הגרדיאנט של f) לבין ∇g_i (תמונת הגרדיאנט של g_i לכל $i \in \{1,2,3\}$).

1.
   - ☐ כן
   - ☐ לא
2.
   - ☐ כן
   - ☐ לא
3.
   - ☐ כן
   - ☐ לא

<u>חלק ג – פירמידות</u>

נתונה תמונה G_0 בגודל $N \times N$ פיקסלים כאשר $N \geq 100$. נרצה לחשב את הרמה השניה בפירמידת הגאוסיאן (G_2) ישירות מהתמונה המקורית, מבלי לחשב את הרמה הראשונה (G_1). כיצד נוכל לעשות זאת? בחרו את הקרנל וקצב הדגימה.

הנחות:

1. נניח כי המעבר בין שתי רמות עוקבות בפירמידה נעשה ע"י קונבולוציה עם [1, 2, 1].
2. התייחסו בתשובתכם רק לשורות, והניחו כי נבצע את אותו התהליך גם עבור העמודות.
3. ניתן להניח כי כל הקרנלים ינורמלו לסכום של 1.

בחרו את הקרנל המתאים:

1. [1, 2, 3, 4, 3, 2, 1]
2. [1, 2, 3, 2, 1]
3. [1, 2, 4, 6, 4, 2, 1]
4. [1, 2, 1]
5. [1, 4, 6, 4, 1]
6. [1, 2, 4, 2, 1]
7. [1, 6, 15, 20, 15, 6, 1]

בחרו את קצב הדגימה:

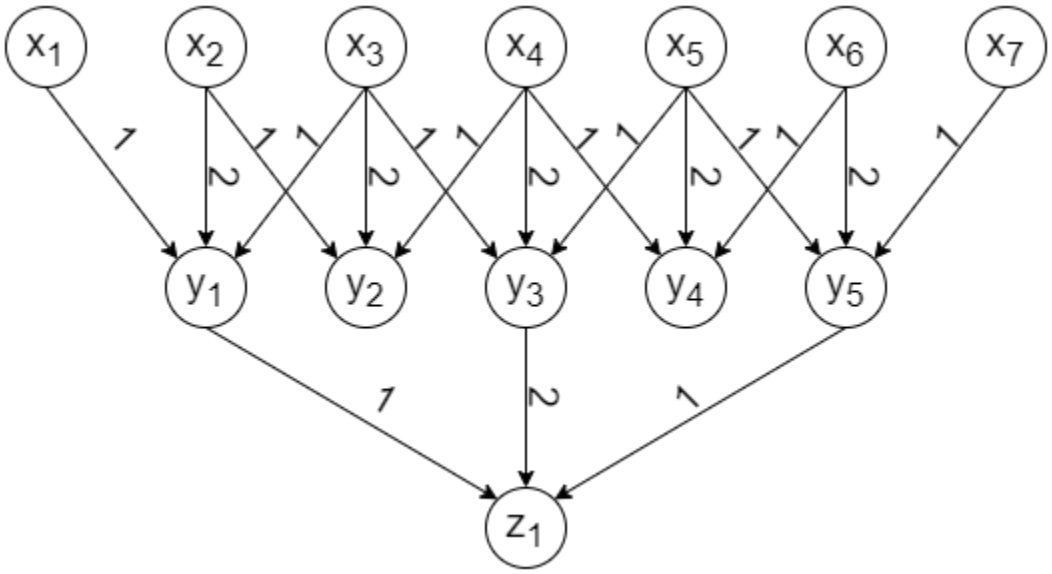
1. ללא דילוג, לוקחים כל פיקסל
2. דגימת כל פיקסל שני
3. דגימת כל פיקסל שלישי
4. דגימת כל פיקסל רביעי

<u>תשובות:</u>

<u>חלק א –</u> LK אינו אינווריאנטי לשינויי תאורה. מכיוון שבכל אחד מהסעיפים, g_i בעל שינויי תאורה משמעותי: LK לא יעבוד באף אחד מהסעיפים.

<u>חלק ב –</u> בסעיף זה, שינוי התאורה מתבטל רק עבור $g_3 = g + 128$ ולכן במקרה זה התשובה תהיה כן, ועבור g_1 ו- g_2 התשובה תהיה לא.

<u>חלק ג –</u> נסמן ב- x_i את הפיקסלים בתמונה G_0, ב- y_i את הפיקסלים בתמונה G_1 וב- z_i את הפיקסלים בתמונה G_2. נצייר את תהליך יצירת התמונה G_2:



כלומר:

$$z_1 = y_1 + 2y_3 + y_5$$
$$= (x_1 + 2x_2 + x_3) + 2(x_3 + 2x_4 + x_5) + (x_5 + 2x_6 + x_7)$$
$$= x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 + 3x_5 + 2x_6 + x_7$$

כלומר, קונבולוציה של G_0 עם הקרנל $[\mathbf{1,2,3,4,3,2,1}]$**.**

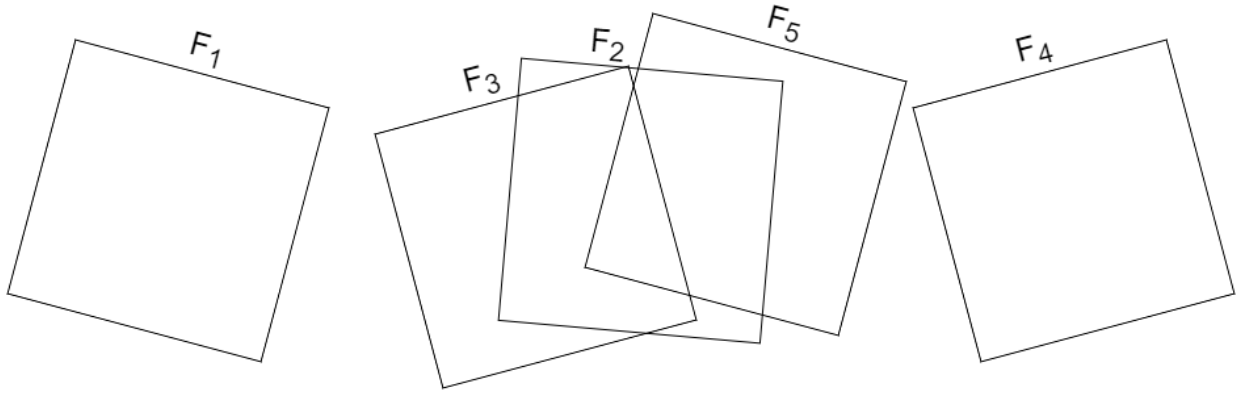
הפיקסל הבא, לאחר הדגימה, ברמה G_2 הוא הפיקסל z_3 המחושב באופן הבא:

$$z_3 = y_5 + 2y_7 + y_9$$

ולכן קצב הדגימה ביחס לרמה G_0 הוא כל פיקסל **רביעי**.

שאלה 2 - שאלת אלגוריתם

נתונות חמש תמונות $\{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5\}$ כאשר ידוע כי שלוש מהן בעלות חפיפה חלקית וניתן ליצור מהן פנורמה אחת, ואילו לשתיים האחרות אין חפיפה עם אף תמונה אחרת.
נניח כי החפיפה בין זוג תמונות צמודות היא בערך 60%, והטרנספורמציה היא טרנספורמציית דמיון (הזזה, סיבוב, והגדלה בלבד).
התמונות מסודרות בסדר אקראי, ולא ידוע מיהן התמונות החופפות.
לדוגמא: F_3, F_2, F_5 הן התמונות החופפות ואילו F_1 ו- F_4 אינן חופפות.



נרצה לבנות תמונת פנורמה באיכות טובה משלושת התמונות החופפות.
נתון האלגוריתם הבא, כאשר בכל צעד מסומנים מספר רכיבים חסרים. עליכם להשלים את הרכיבים החסרים מתוך האופציות הנתונות כדי לקבל אלגוריתם יעיל ומדויק.

<u>הגדרות:</u>

1. נגדיר כי נקודת עניין p_{ik} בתמונה F_i תהייה **תואמת** לנקודת עניין p_{jl} בתמונה F_j אם ווקטור הדסקריפטור של p_{jl} , v_{jl} , הוא הקרוב ביותר במרחק אוקלידי לווקטור הדסקריפטור של p_{ik} , v_{ik} , מכל הדסקריפטורים בתמונה F_j .
2. עבור רשימה L נגדיר את $|L|$ להיות מספר האיברים שברשימה.

1. לכל $i \in [1,5]$: נמצא 50 נקודות עניין p_{ik} בתמונה F_i בעזרת $\boldsymbol{op_1}$ ונשמור אותן ברשימה Q_i.
2. לכל $i \in [1,5]$: ולכל נקודה p_{ik} ב- Q_i נחשב וקטור דסקריפטור v_{ik} בעזרת $\boldsymbol{op_2}$ ונשמור את התוצאות ברשימה V_i.
3. לכל $i \in [1..4]$ ולכל $j \in [i..5]$ נמצא את כל ה**זוגות התואמים** בין הווקטורים ב V_i לווקטורים ב V_j. את הזוגות נשמור ברשימה P_{ij}.
4. לכל $i \in [1..4]$ ולכל $j \in [i..5]$ נגדיר $K_{ij} = [\ ]$ (רשימה ריקה).
5. במשך **N** איטרציות:
   5.1. לכל $i \in [1..4]$ ולכל $j \in [i..5]$:
   5.2. נבחר באופן אקראי **S** זוגות מתוך P_{ij}.
   5.3. בעזרת S הזוגות שבחרנו נחשב את המטריצה T_{ij}, בגודל $\boldsymbol{L_1} \times \boldsymbol{L_2}$, שתהיה מטריצת הטרנספורמציה בין התמונה F_i לתמונה F_j.
   5.4. נשמור בK את כל הזוגות ב- P_{ij} אשר מסכימים עם הטרנספורמציה T_{ij} עד כדי הזזה של 5 פיקסלים.
   5.5. אם מתקיים $|K| > |K_{ij}|$ $\boldsymbol{op_5}$: אזי נגדיר $K_{ij} \leftarrow K$.
6. לכל $i \in [1..4]$ ולכל $j \in [i..5]$: נחשב את הטרנספורמציה T_{ij} בעזרת הזוגות ברשימה - $\boldsymbol{op_6}$.
7. לכל $i \in [1..4]$ ולכל $j \in [i..5]$: נגדיר $D_{ij} = D_{ji} = |\boldsymbol{op_7}|$
8. לכל $i \in [1..5]$ נגדיר $D_{ii} = \boldsymbol{op_8}$
9. נחשב $a, b = \boldsymbol{op_9}$ כאשר $a, b \in [1..5]$
10. נגדיר $D_{ab} = D_{ba} = \boldsymbol{op_{10}}$
11. נחשב $c, d = \boldsymbol{op_{11}}$ כאשר $c, d \in [1..5]$
12. נגדיר: $y = \{a, b\} \cap \{c, d\}$, $x = \{a, b\} \setminus y$, $z = \{c, d\} \setminus y$
13. נבצע backward warping לתמונה F_x בעזרת T_{xy} ונשמור את התוצאה בF_x.
14. נבצע backward warping לתמונה F_z בעזרת T_{yz} ונשמור את התוצאה בF_z.
15. נדביק את התמונות F_x ו-F_y כאשר התפר יהיה באמצע אזור החפיפה ביניהן ונשמור את התוצאה בF_y.
16. נדביק את התמונות F_z ו-F_y כאשר התפר יהיה באמצע אזור החפיפה ביניהן ונשמור את התוצאה בF_y.
17. נחזיר את F_y

בחרו שיטה עבור op_1:

1. Scale invariant Harris
2. Harris
3. נקודות קיצון בפירמידת DoG.
4. נקודות קיצון בפירמידת גאוסיאן.
5. קונבולוציה עם קרנלי sobel.
6. Cross correlation עם הקרנל:

0	0	0
0	1	0
0	0	0

בחרו שיטה עבור op_2:

1. Lukas Kanade
2. SIFT
3. Scale invariant Harris
4. Mops
5. RANSAC
6. Canny edge detection

בחרו ערך עבור N:

☐ 5 ☐ 10 ☐ 100 ☐ 1,000 ☐ 10,000

בחרו ערך עבור S:

☐ 1 ☐ 3 ☐ 5 ☐ 7
☐ 2 ☐ 4 ☐ 6 ☐ 8

בחרו ערכים עבור $L_1 \times L_2$:

☐ 3×3 ☐ 2×3 ☐ 2×2

בחרו אופרטור עבור op_5 :

☐ $<$ ☐ $>$ ☐ $=$

בחרו ערך עבור op_6 :

☐ K_{ij} ☐ P_{ij}

בחרו ערך עבור op_7 :

☐ K_{ij} ☐ P_{ij}

בחרו ערך עבור op_8 :

☐ 25 ☐ 50 ☐ ∞ ☐ $-\infty$

בחרו אופרטור עבור op_9 :

□ $i,j = Argmax\{D_{ij}\}$ □ $i,j = Argmin\{D_{ij}\}$

בחרו ערך עבור op_{10} :

□ 25 □ 50 □ ∞ □ $-\infty$

בחרו אופרטור עבור op_{11}:

□ $i,j = Argmax\{D_{ij}\}$ □ $i,j = Argmin\{D_{ij}\}$

<u>תשובות:</u>

נרצה לבצע ransac בין כל זוג תמונות, ולבחור את 2 הזוגות שיש בינהן הכי הרבה התאמה: כלומר, קבוצת הקונצנזוס שלהן תהיה הכי גדולה. מבין 2 הזוגות האלה תהיה תמונה אחת משותפת, נמצא אותה ונשאר עם 3 התמונות שצריך לצורך יצירת הפנורמה.

op_1:

מטרתו למצוא נקודות עניין בתמונה. תשובות אפשריות:

"scale invariant harris" או "נקודות קיצון בפירמידת DoG"

op_2:

מטרתו למצוא וקטור דסקריפטור לכל נקודה שנמצאה קודם. תשובות אפשריות:

"Mops" או "SIFT".

N:

מספר האיטרציות עבור אלגוריתם RANSAC.

בהנחה ובתמונות המתאימות יש 40% זוגות שאין בינהן התאמה, צריך 11 איטרציות. במידה ויש רעשים והאחוז הזה לא מדויק, יהיה נכון יותר לבצע 100 איטרציות. מטעמי יעילות, נקבל גם את התשובה 10.

S:

מספר הנקודות שעלינו לדגום בכל איטרציה. מכיוון שמדובר בטרנספורמציית דמיון אשר לה רק 4 דרגות חופש, נצטרך 2 זוגות של נקודות.

$L_1 \times L_2$:

גודל מטריצת הטרנספורמציה הוא 3×3 מכיוון שמדובר בטרנספורמציית דמיון הכוללת גם הזזה.

op_5:

בכל שלב אנחנו שומרים את קבוצת הinliers הכי גדולה שנמצא עד כה. ולכן אם מתקיים:

$$|K| > |K_{ij}|$$

אז נשמור את K.

op_6:

בסוף ריצת *RANSAC*, נשתמש בקבוצת האינליירים הכי גדולה שמצאנו בשביל לחשב מחדש את הטרנספורמציה המדויקת ביותר ולכן נחשב מחדש את T_{ij} על K_{ij}.

op_7:

נרצה לבנות את המטריצה *D* שתייצג את ה"מרחקים" בין התמונות. המרחקים הללו יהיו גודל קבוצת הקונצנזוס בין כל זוג תמונות ולכן:

$$D_{ij} = D_{ji} = |K_{ij}|$$

op_8:
עלינו לוודא שבאלכסון של המטריצה D לא יהיה ערך שיוכל להיבחר כדי שלא נקבל זוג תמונות שהן אותה תמונה, ולכן נגדיר $D_{ii} = -\infty$.

op_9:
בשלב זה נבחר את זוג התמונות שההתאמה בינהן הכי גדולה:

$$a, b = Argmax\{D_{ij}\}$$

op_{10}:
לפני שנבחר את זוג התמונות השני, עלינו לוודא שלא נבחר שוב את אותו הזוג ולכן נגדיר:

$$D_{ab} = D_{ba} = -\infty$$

op_{11}:
נבחר את זוג התמונות השני שההתאמה בינהן הכי גדולה:

$$c, d = Argmax\{D_{ij}\}$$