

## מבוא להנדסת חלל מטלה 1: פיתוח אלגוריתם לעוקב כוכבים

יורי גריגוריאן - 314195041  
דניאל עוקבי - 313357626  
רואן שריף - 318489697

### חלק הראשון:

תחילה ניסינו את אלגוריתם RANSAC אך גילינו שעבור התמונות שלנו והשימוש בספריית OpenCV הוא התקשה למצוא Features נכונים, גם אחרי שניקינו את התמונה מרעשים עם blur, התאמת ה contrast וה brightness. לכן עברנו למימוש אלגוריתם (נאיבי?) שמתבסס על דמיון משולשים.

נקודת ההנחה שלנו ש"תמונה 2" במערכת היא תמונה המכילה יותר כוכבים ולכן היא תהווה את "מרכז האמת". אנו ננסה להתאים את הכוכבים בתמונה 1 אל תמונה 2. הדבר אינו מונע כמובן להתאים בין 2 תמונות עם פחות כוכבים. האלגוריתם עובד על תמונות שזוהו בהם 4 כוכבים לפחות.

### האלגוריתם מתחיל בעיבוד 2 התמונות בצורה הבאה:

1. עבור תמונה 1, תמונה 2:
  - a. תמונה = טען תמונה.
  - b. תמונה = הפוך לאפורה.
  - c. תמונה = הפוך לתמונה בינארית על ידי threshold שקבענו מראש (לא השתמשו ב otsu).
  - d. ספור את כמות העיגולים שיש בתמונה בעזרת HoughCircles בספריית OpenCV. אנו לוקחים עיגולים ברדיוס 3 לפחות עם מרחק של 50 פיקסלים ביניהם (יחידת מידה לא טובה ולא אחידה אך זה עבד לבדיקה ובעתיד יתוקן).
  - e. עבור כל עיגול:
    - i. שמור  $(x, y, r)$  - אנו לא שומרים בהירות כי התמונה שאנו עובדים עליה הינה בינארית ולכן יש פחות חשיבות לבהירות (לטוב ובעיקר לרע).
    - f. עבור כל שלישיית נקודות  $c1, c2, c3$ :
    - g. חשב את הזווית ביניהם ועגל אותה. (אנו מאפשרים סטייה של עד 3 מעלות בבדיקה).
    - h. המערכת שומרת עבור כל זווית שנמצא את שלישיית הנקודות המרכיבות אותה.

### שלב ההתאמה:

1. המר את הנקודות שמצאנו אל kd tree.
2. עבור שלישיית  $c1, c2, c3$  ו  $c'1, c'2, c'3$  (המייצגות שלישייה מהתמונה הראשונה ושלישייה מהתמונה השניה) בעץ:
  3. חשב זווית.
  4. במידה והזווית בטווח המותר:
  5. יחס צלע  $c1c2$  ובין  $c1c'2$  = חשב את היחס
  6. מצא את השכנים (3) של  $c'2$  ועשה:
    - a. הכפל את היחס בצלע  $c2c3$  ו  $c2c'3$ :
    - b. במידה וישנה סטייה קטנה מאוד (מניחים שהתמונות מעוותות באותו יחס בין  $x$  ל  $y$ ):
    - c. זהו משולש קביל ולכן נבדוק:
    - d. קח את אחד הקודקודים האחרים של המשולש וקח את השכנים שלו:
    - e. חשב סטיית יחס שוב  $\leq$  במידה והסטייה בטווח המותר אנו בטוחים יותר שזהו המשולש הנכון.

ולכן:  
f. צור 2 תמונות המסמנות את איתור המשולש.

- בשלב זה עצרנו ולא המשכנו להתאים בין שאר המשולשים כי עבדנו על אופטימיזציה לנכונות האלגוריתם (שיפור false positives). במידה והיינו ממשיכים אזי כל מה שהינו צריכים לעשות את טרנספורמציה אפינית לתמונה השניה ו scale שלה. לאחר מכן היינו "מלבישים" את התמונות אחת על השניה ומחשבים שוב פעם את המרחקים בין הנקודות שקיימים בין 2 התמונות. הינו משתמשים ב RMS בשביל לכמת את מידת השגיאה <= התוצאה עם השגיאה הקטנה ביותר היא הזוכה. לאחר מכן היינו מצמידים את הנקודות בין התמונה הראשונה לשניה לזאת עם המרחק הקטן ביותר אליה (snapping).

### חלק שני + שלוש:

הספרייה ממומשת בקלאס הנקרא Matcher. בעת קבלת 2 קבצי תמונה הינה מחשבת את המשולש המתאים ופולטת לתיקיית results מתאימה התואמת לשמות הקבצים את הקבצים הבאים:

1. 2 קבצים המייצגים את כל הכוכבים הנקלטו (למען דיבוג אלגוריתם זיהוי הכוכבים בכללי).
2. 2 תמונות שחור לבן (על מנת לוודא שאנו מסירים מספקים ומשאירים מספיק בתמונה).
3. 2 קבצים התאמות עם אינדקס רץ החל 0 בשם <-res> המייצגות כוכבים פוטנציאליים להתאמה.

### חלק רביעי:

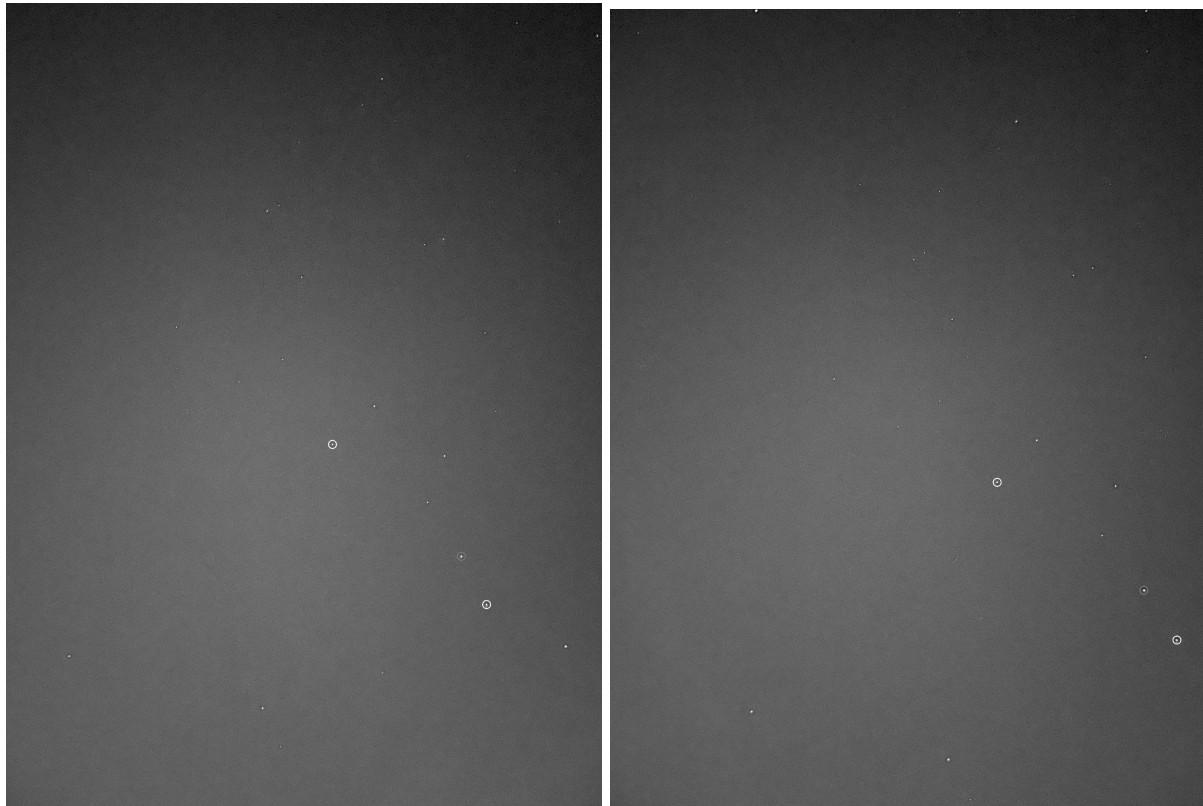
#### סיכום האלגוריתם:

הרצנו את האלגוריתם על מאגר התמונות שסופק בתצורת ח\*ח (סה"כ 529 בדיקות).

1. חלק זיהוי הכוכבים בתמונה בכלליות עובד טוב ונראה כי ה thresholds שהגדרנו תואמים למצב בו אנו רוצים כוכבים בהירים ולא רוצים רעש וכוכבים קטנים.
2. חלק התאמת התמונות עובד טוב במקרה שהתמונה הראשונה די דומה לתמונה השניה. בחלק מן המקרים לא הצלחנו לזהות התאמות בכלל (ועל כן אין בכלל קבצים res בתיקיית ה results המתאימה).
3. האלגוריתם עובד טוב על תמונות שעברו רוטציה או scaling אחיד.
4. בחלק מהתוצאות כל התשובות על ההתאמות היו שגויות (אך המשולשים שנמצאו אכן מתאימים בגודל ובזוויות) - חסר מידע.
5. בחלק מן המקרים התוצאות הטובות נמצאות בחלק מן המשולשים הפוטנציאליים שנמצאו ויש לשפר את האלגוריתם על מנת לסנן אותם.
6. וישנן תמונות שבהן כל התשובות שנמצאו נכונות (נדיר).

### בדף הבא ישנן דוגמאות מן התוצאות.

דוגמאות בהן ישנה התאמה טובה (fr1.jpg וגם fr2.jpg) - יש לשים לב לכוכבים המסומנים בעיגול:



התאמה טובה בין הקטלוג לבין תמונה ממצלמה:



התאמה שגויה (המשולשים זהים - חסרים עוד שלבים לאימות התוצאה):



התאמה טובה נוספת בין 5055 ו 5054:

