



האוניברסיטה העברית בירושלים
THE HEBREW UNIVERSITY OF JERUSALEM

קורס SLAM ניווט מוידאו 67604 – תרגיל 6

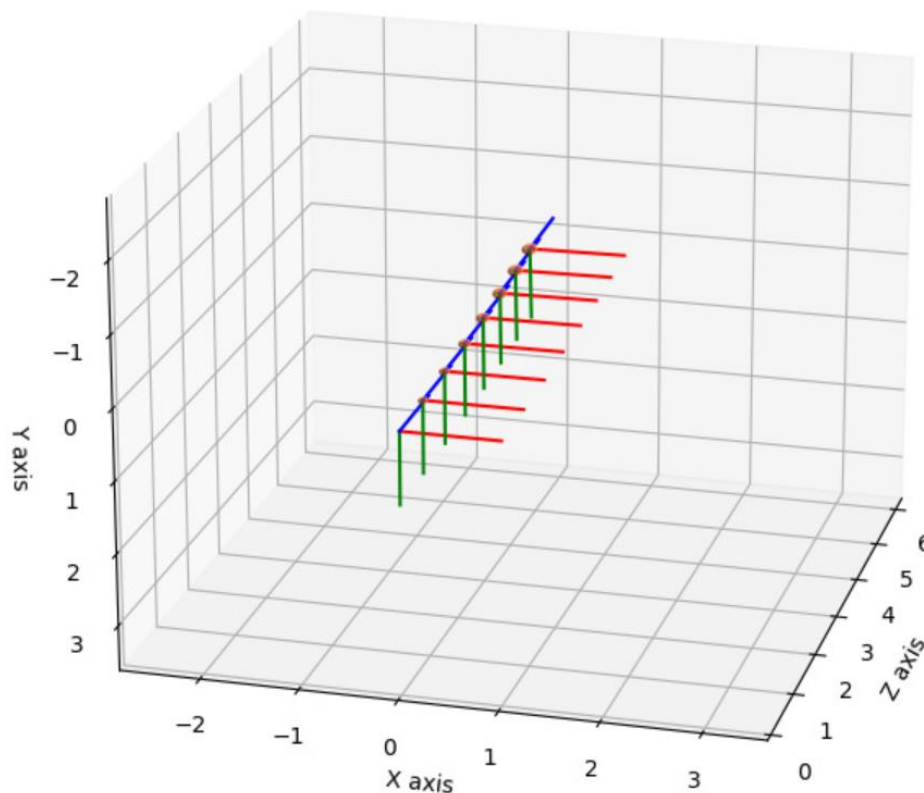
דור מסיקה, ת.ז. 318391877
רון קוברובסקי, ת.ז. 322875907

קישור לגיט של התרגיל:

https://github.com/Dor890/SLAM/blob/main/VAN_ex/code/Ex6/ex6.py

1. חילוץ אילוצי Relative pose מה-Bundle optimization. נסמן ב- c_0, c_k את שני ה-keyframes הראשונים, ונשתמש בתוצאה של ה-Bundle Adjustment הראשון מהתרגיל הקודם כדי להעריך את התזוזה היחסית בין שני ה-keyframes הללו וה-covariance של התזוזה. נשתמש ב-marginalization וב-conditioning כדי לחשב את ה-covariance matrix הנכונה של אומדן התזוזה היחסית. ה-covariance צריך להיות זה היחסי בין ה-frame poses.

- נחלץ את ה-marginal covariance של הפתרון, ונציג את המיקומי הפרימיים של התוצאה כגרף 3D הכולל את ה-covariance של המיקומים (כל הפרימיים של הבאנדל).



נציין שערך זה תלוי ב-Prior שאנחנו מכניסים עבור ה-Covariance של אותו Bundle, ואם נקטינו גם ה-Covariance המופיע כאן יקטן.

- נדפיס את ה-`relative pose` המתקבל בין שני ה-`keyframes` ואת השונות המקושרת לכך.

```
Relative pose between the first two keyframes: R: [
  0.999748, 0.0133694, -0.0180274;
  -0.0135293, 0.99987, -0.00877681;
  0.0179077, 0.0090185, 0.999799
]
t: -0.111336 -0.129228 5.21607
```

```
Relative covariance between the first two keyframes: [[ 1.39215439e-07  5.78042224e-10 -1.92970889e-08  4.93066796e-08
 2.90109417e-06  3.45905404e-07]
 [ 5.78042224e-10  9.91088980e-08 -3.85582296e-09 -2.53438940e-06
 3.18004168e-08 -9.35720370e-07]
 [-1.92970889e-08 -3.85582296e-09  1.69802467e-07 -2.54354141e-07
 -4.22104599e-07 -1.78975096e-07]
 [ 4.93066796e-08 -2.53438940e-06 -2.54354141e-07  8.14424502e-05
 7.49424727e-08  3.28501628e-05]
 [ 2.90109417e-06  3.18004168e-08 -4.22104599e-07  7.49424727e-08
 7.38119808e-05  3.11610499e-06]
 [ 3.45905404e-07 -9.35720370e-07 -1.78975096e-07  3.28501628e-05
 3.11610499e-06  1.57009135e-04]]
```

כמובן שהשתמשנו בתוצאת ה-`Bundle Adjustment optimizations` שקיבלנו בתרגיל הקודם כדי לשערך את התזוזה היחסית בין כל שני `keyframes` עוקבים ואת השונות היחסית של כל תזוזה.

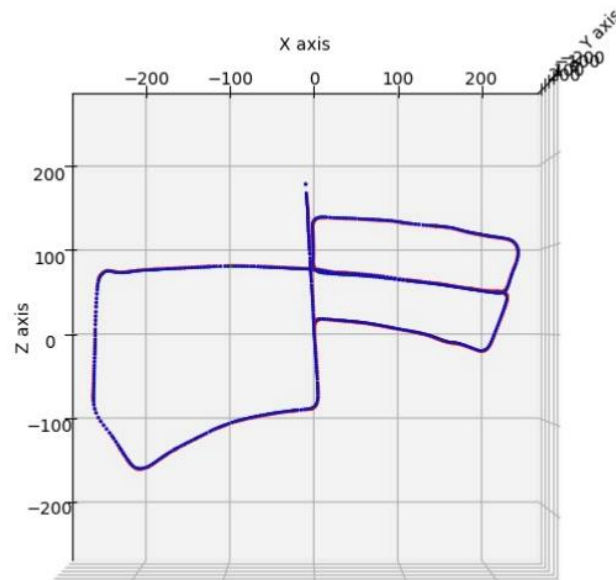
2. **Pose Graph**. נבנה `factor graph` שמייצג את ה-`pose graph` של ה-`keyframes`. נוסיף את התזוזה היחסית ששוערכה בסעיף הקודם כאילוץ לגרף עם ה-`covariance matrix` המתאימה לכל אילוץ. נבנה את ה-`poses` עבור הניחוש ההתחלתי של ה-`pose graph` ונאפסם אותו.

- מה יכול להיות איתחול הגיוני עבור ה-`poses`?

איתחול הגיוני עבור ה-`poses` יכול להיות המיקום היחסי של כל מצלמה ביחס לראשית (מיקום ה-0). נשתמש בתוצאת ה-`Bundle adjustment` כפי שחושבה בתרגיל הקודם, נקבל מכך את המיקום של כל `keyframe` ביחס ל-`keyframe` הקודם לו, ואז נאתחל את אותו `pose` להיות ההרכבה של ה-`pose` הראשי (המייצג את הראשית של מערכת הצירים הגלובלית) עם ה-`pose` הרלטיבי שחושב. כך, נכניס את כל ה-`keyframes` בצורה תקינה לתוך מערכת צירים אחת גלובלית, כשכל `pose` מאותחל להיות על פי תוצאת האופטימיזציה של תהליך ה-`bundle adjustment`.

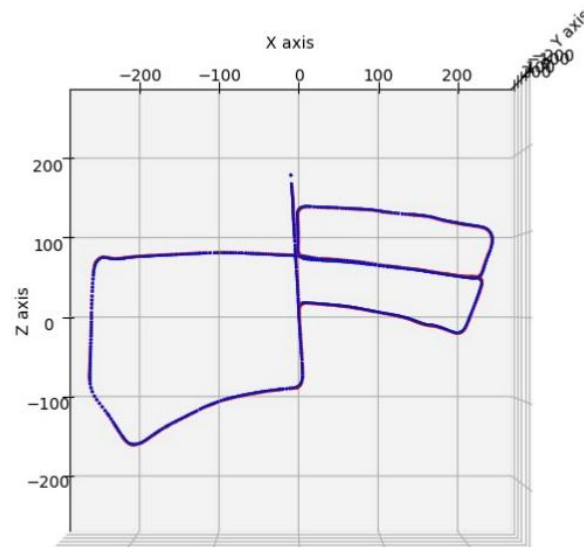
- נציג את ה-initial poses שסיפקנו עבור האופטימיזציה.

scene from above



- עבור מיקומי ה-keyframes המתקבלים מתהליך האופטימיזציה:
○ נציג את המיקומים ללא ה-covariance:

scene from above



○ איזה אפקט יש לתהליך האופטימיזציה על המיקומים?

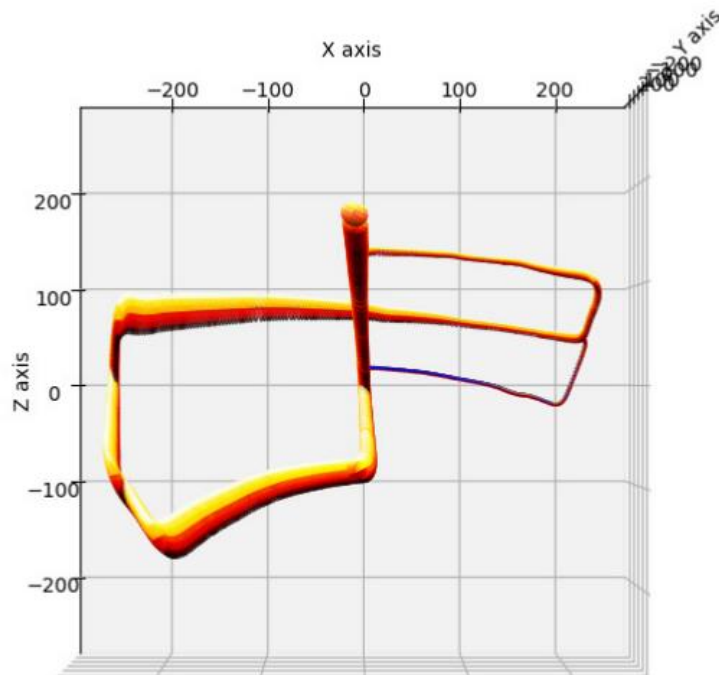
הפעם, הפקטורים בגרף מתייחסים אך ורק ל-Pose-ים עבור Keyframes עוקבים, למיקום היחסי ביניהם ולמטריצת השונות המתאימה, ללא התייחסות כלל לנקודות, כפי שביצענו ב-Bundle Adjustment בתרגיל הקודם. באופן זה, האפקט של תהליך האופטימיזציה על המיקומים הוא אך ורק עבור המיקום היחסי בין מיקומי מצלמות עוקבות, והשפעה היא עבור הזווית בה כל אחת נמצאת והמיקום שלה ביחס למצלמה של ה-Keyframe הקודם לה. בנוסף, נוכל לשים לב שאפקט זה איננו גדול, שכן כבר השתמשנו במיקומים שעברו תהליך אופטימיזציה בתרגיל הקודם, כפי שנפרט בשאלה הבאה.

○ מה השגיאה של ה-factor graph לפני ואחרי תהליך האופטימיזציה?

השגיאה הראשונית: $4.889440043864647e-18$
השגיאה לאחר האופטימיזציה: $1.5277863628528752e-21$

השגיאה של הגרף לפני ואחרי תהליך האופטימיזציה נותרה אפסית, וכמעט ולא השתנתה, ואין זה מפתיע. נוכל לשים לב שבתהליך האופטימיזציה שביצענו על ה-Pose Graph לא משפיע בצורה משמעותית על ה-Poses שבאמצעותם אנחנו מציגים את המסלול המתקבל ועל השגיאה הכוללת המתקבלת עבור בגרף. זאת מכיוון ש-Initial Estimates עבור ה-Pose Graph שבנינו אנו מכניסים את ערכי ה-Bundle Adjustment המאופטמים אותם קיבלנו בתרגיל הקודם, עבור כל Keyframe, ולכן כפי שניתן לצפות אין שיפור משמעותי בביצוע אופטימיזציה נוספת בין כל שני Keyframes.

○ נציג את המיקומים עם ה-marginal covariances.



נציין שכלל השונויות הללו המופיעות במסלול תלויות בערך ה-Pose cov שאנחנו מכניסים לכל PriorFactorPose, ואם נקטין אז גם ערכי השונות המופיעים כאן יקטנו באופן רלטיבי. בנוסף, ניתן לראות איך השונות הרלטיבית בין ה-Keyframes גדלה החל מתחילת המסלול ועד לסופו.