



מערכת SLAM לרכב אוטונומי

- מס' פרויקט: 3049
- שם המנחה: רועי רייך
- מבצעים:
 - שם: אורית
 - שם: תובל
- מקום ביצוע: אוניברסיטת תל אביב

אישור המנחה:

תקציר הפרויקט

פרויקט זה הוא חלק מפרויקט הדגל של הרכב האוטונומי באוניברסיטת תל אביב.

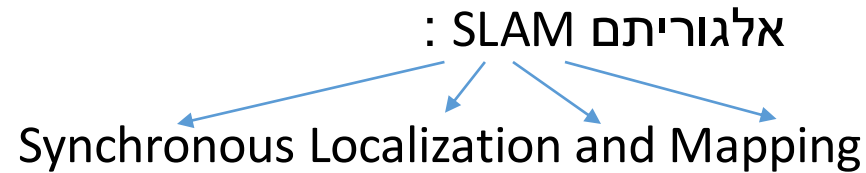
□ מה רוצים ממכונת אוטונומית:

- התניידות המרחב ללא נהג

□ איך עושים זאת:

- חיישנים שסורקים את הסביבה – אצלנו השימוש הוא ב LiDAR
- חיישנים ברכב שמזהים תזוזה של הרכב – חיישני IMU
- יכולת ניווט מנקודה לנקודה – חיישן GPS
- אלגוריתם SLAM

תקציר הפרויקט



□ פעולת האלגוריתם:

- מתקבל מידע מחיישני LiDAR
- השוואה בין נתוני המרחק שמתקבלים מה LiDAR לבין הנתונים שמתקבלים מחיישני IMU
- ייצוא של מפה תלת ממדית שמתעדכנת בזמן אמת
- מיקום הרכב במפה המתעדכנת

□ מה נעשה בפרויקט:

- סקירה של אלגוריתמים קיימים
- מציאת אלגוריתמים שמתאימים לדרישות הטכניות
- ניסוי בשימוש מאגר KITTI ובחירת אלגוריתם מתאים
- התממשקות והמשך הניסוי עם האלגוריתם על הרכב



דרישות המערכת

אופן מימוש הפרויקט – הפרטים הטכניים

חיישן LiDAR של חברת Ouster מדגם OS1

חיישן IMU שמעביר את המידע ל INS מסוג INS-DL של חברת Inertial Labs

חיישני GPS

מחשבי JETSON עם עיבוד גרפי בהרצת Linux בעזרת ההפצה Ubuntu 20.04

ממשק ROS2 Foxy

אלגוריתמי SLAM אפשריים – FAST LIO, LIO SAM

אופן מימוש הפרויקט –

התקנת סביבה מדמה במחשבים ביתיים תוך שימוש במכונה וירטואלית

הרצת האלגוריתם בשימוש מאגר המידע Kitti.

התממשקות אלגוריתם ה SLAM לחיישני הרכב המתוארים לעיל (חיישני ה LiDAR וה- IMU).

הרצה של אלגוריתם SLAM בזמן אמת לשם מיפוי המרחב וההתמצאות בו

המשך דרישות המערכת

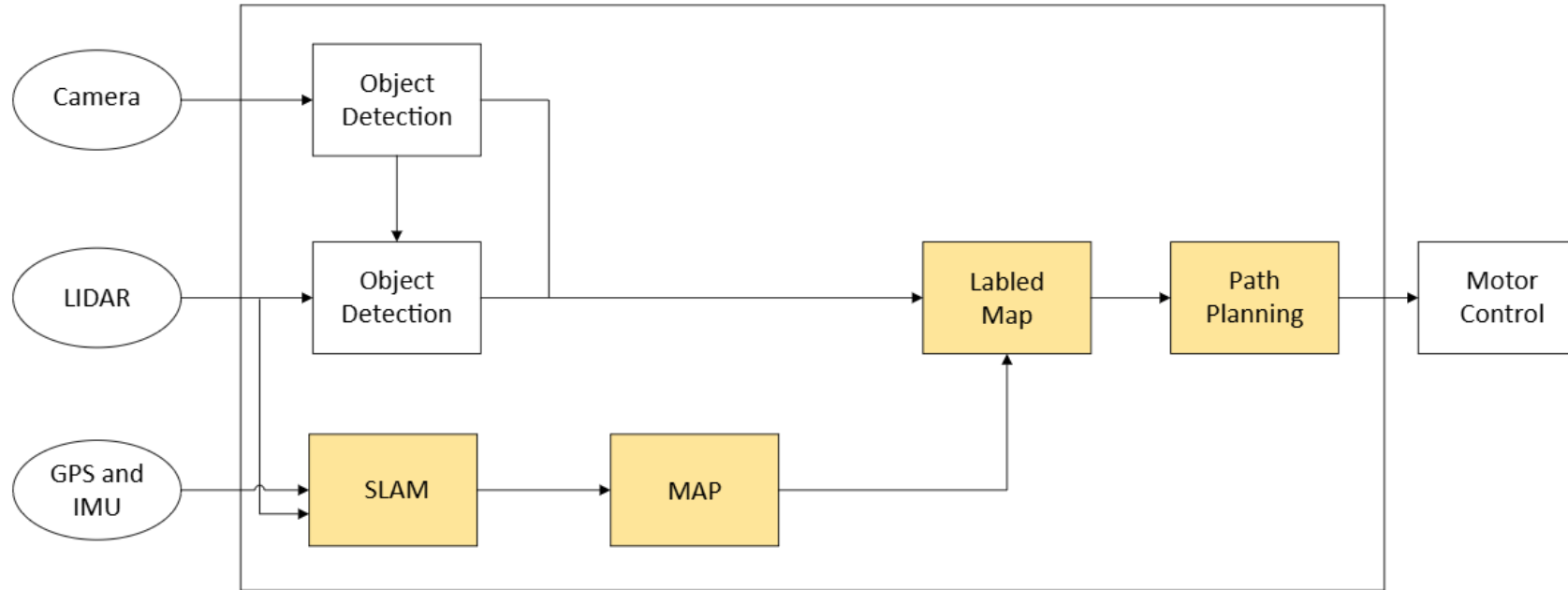
דרישות הפרויקט

- היענות SLAM בקצב של בין $10-20$ [Hz] בפועל נבדוק את קצב עדכון המפה בשניות.
- דיוק מרחק סטטי – וידוא כי במצב סטטי העצמים ממוקמים במרחקים נכונים עד לשגיאה של כ 10 ס"מ.
- דיוק מרחק בתנועה – וידוא כי המרחק הנמדד בתנועה דינאמית אכן מדויק עד שגיאה יחסית של 10 ס"מ למרחק ההתקדמות.

תוצרי הפרויקט

- אלגוריתמים מתאימים שמותקנים במחשב בייתי.
- אלגוריתמים מתאימים שמותקנים במחשבי הרכב.
- הרצה תקינה של אלגוריתם ה SLAM ברכב (התמצאות ומיפוי המרחב באופן סימולטני).
- חיבור עם צוות זיהוי עצמים ויצירת מפה מתויגת.
- הרצה תקינה של אלגוריתם מסלול הניווט.

דיאגרמת בלוקים



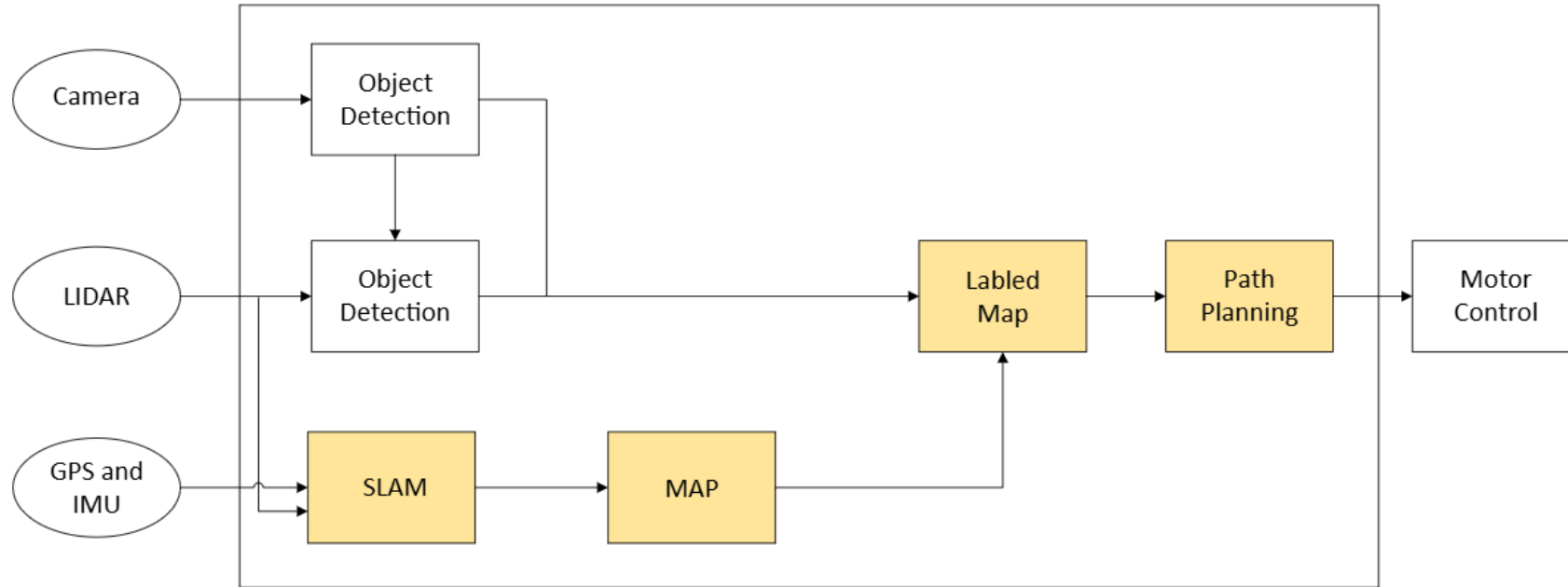
בלוק ה SLAM :

- אלגוריתם שאחראי על מיפוי המרחב, ומיקום הרכב במפה
- רץ על מערכת הפעלה לינוקס (הפצת אובונטו)
- מופעל דרך תוכנת ה ROS2 Foxy.
- האלגוריתמים נבחרו מתוך אלגוריתמים קיימים

בלוק ה MAP :

- תוצר מידי של אלגוריתם ה SLAM
- נוצר מהודעות ROS2 מסוג Path, Point Cloud

דיאגרמת בלוקים



בלוק ה Path Planning :

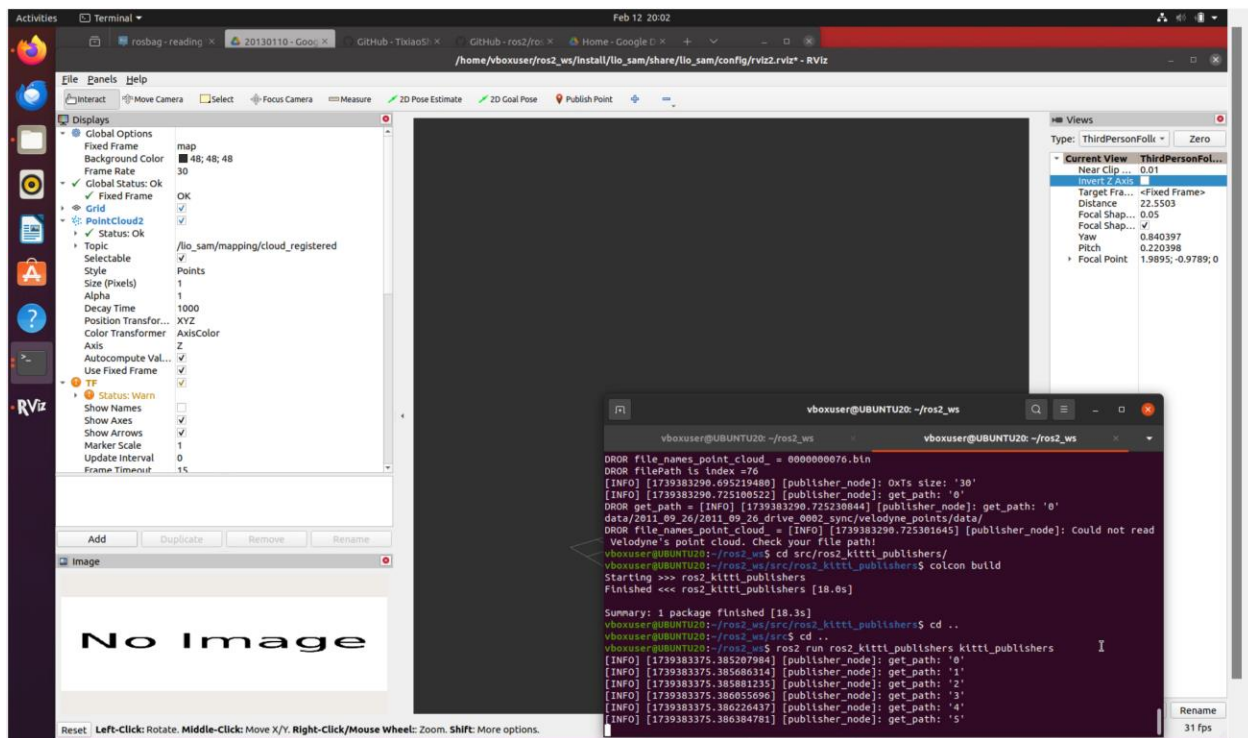
- אלגוריתם ניווט בהינתן נקודת התחלה ונקודת סיום.
- ימומש ב C++ או בפייתון
- ימומש בהמשך הפרויקט בהתבסס על אלגוריתמים קיימים

בלוק ה Labeled Map :

- מפה מתעדכנת בזמן אמת בתוספת של תיוגים לעצמים במרחב
- המפה מתבססת על המפה שנוצרת מאלגוריתם ה SLAM ועל התוצרים של צוות זיהוי עצמים
- ימומש בהמשך הפרויקט

תוצרי הפרויקט שהופקו עד כה והדגמתם

תוצאות חלקיות של LIO SAM – הרצה של האלגוריתם עם נתוני ה dataset של Kitty אשר פועל על חיישן ה Velodyne



התוצרים בלו"ז המקורי:

- אלגוריתמים נבחרים מותקנים
- ניסוי על כל האלגוריתמים המותקנים
- בחירת אלגוריתם להמשך העבודה עם הרכב

התוצרים בלו"ז החדש:

- אלגוריתמים נבחרים מותקנים
- הרצה של אלגוריתם Fast LIO ללא השוואה כמותית
- הרצה חלקית של LIO SAM ללא השוואה כמותית

סיבות לשינוי הלו"ז:

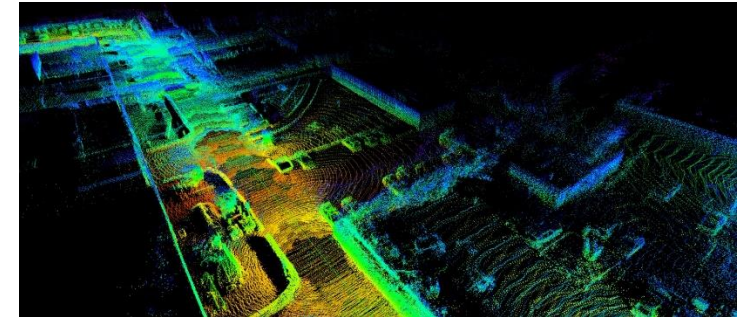
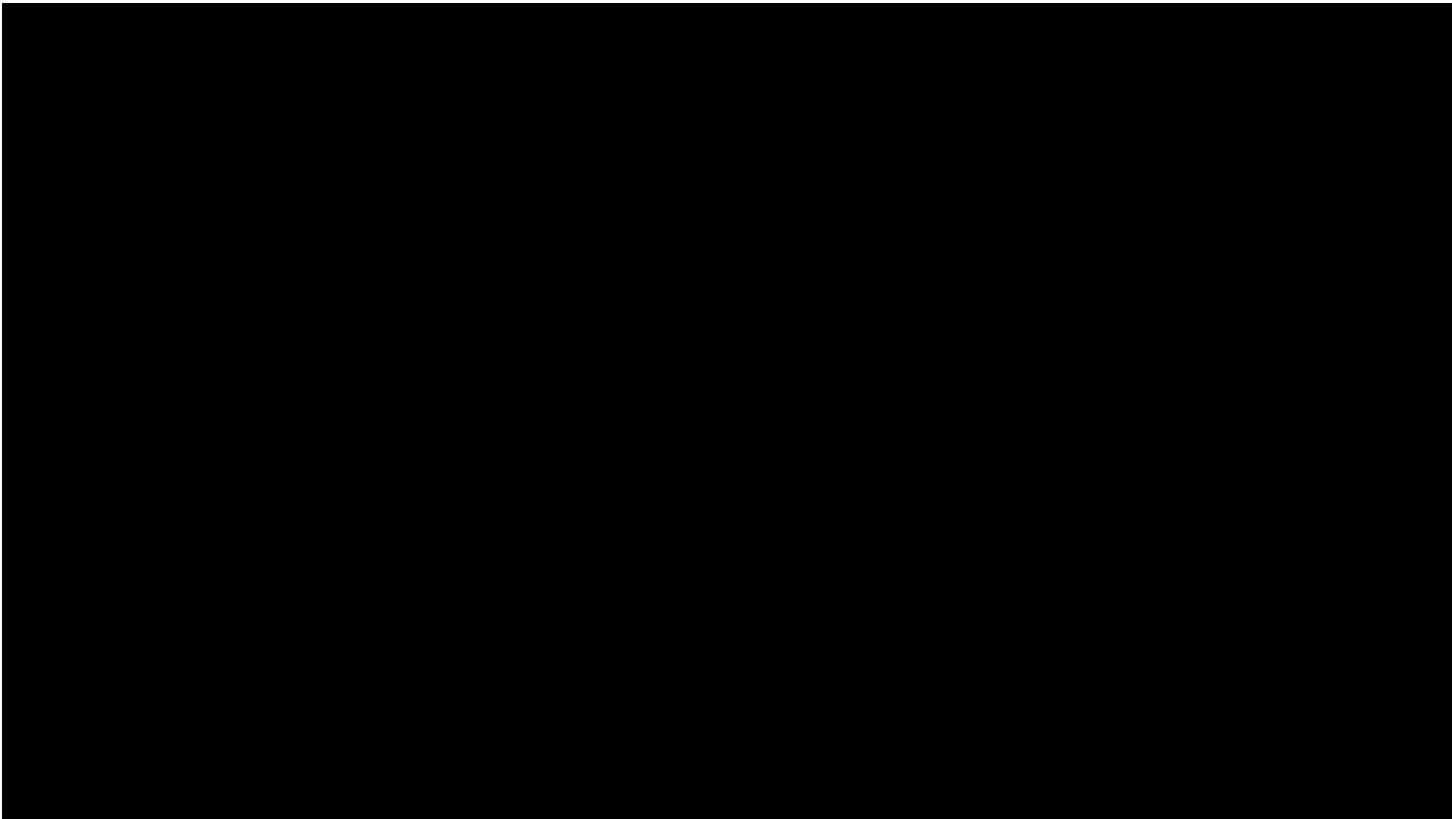
- התקנת האלגוריתמים ב ROS2 Humble
- תקלות במהלך התקנת האלגוריתמים ו-Debugging
- תקלות בהרצת האלגוריתמים ו-Debugging



תוצרי הפרויקט שהופקו עד כה והדגמתם

תוצרים של Fast Lio - הרצה של האלגוריתם Fast LIO עם מאגר הנתונים Kitty:

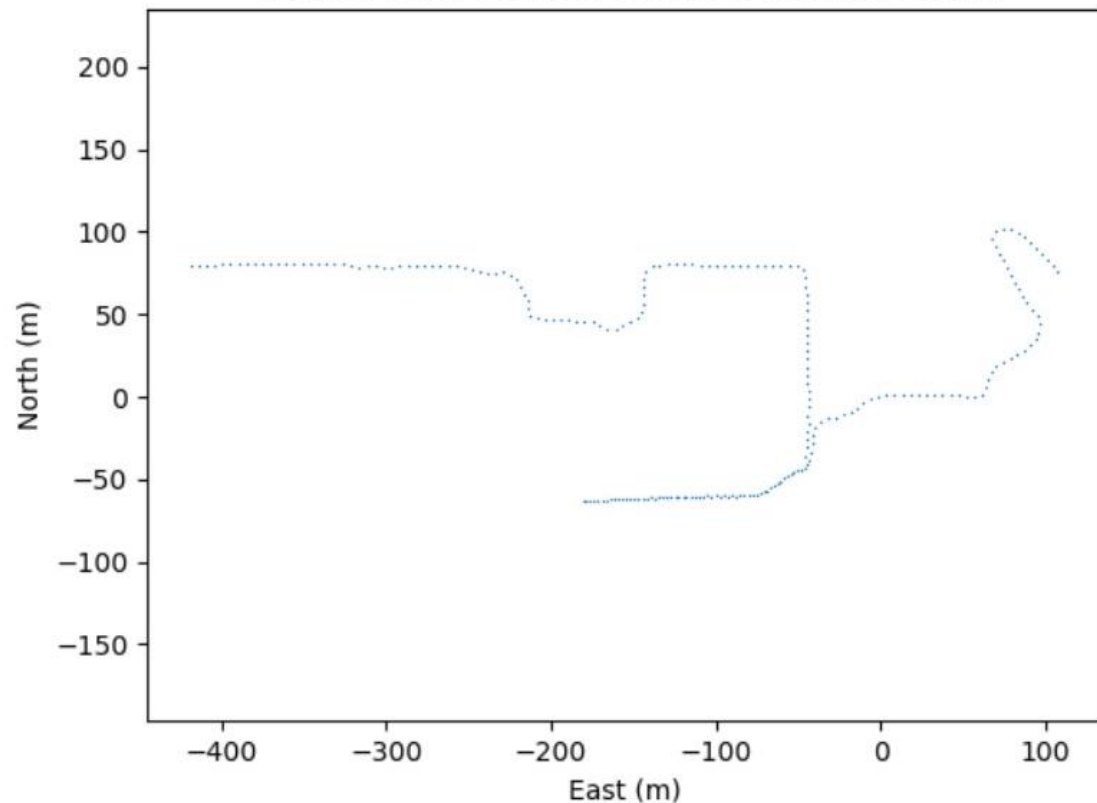
- המאגר Kitty הוקלט עם חיישן VELODYNE
- שימוש ב-`ros2_kitti_publisher` - להתאים את מאגר הנתונים לפורמט `ros2 foxy`.



תוצאה וויזואלית לשם בדיקת דיוק האלגוריתם Fast LIO :

- שימוש במאגר נתונים NCLT שהומלץ על ידי מפתחי האלגוריתם
- השוואת path בין מה שהתקבל מהרצת האלגוריתם לבין לנתוני
- נכון לעכשיו, לא נמצאו נתוני Ground Truth לנתוני Kitti

Ground Truth Position of Nodes in SLAM Graph





לוח זמנים מעודכן בהתאם לתאריך ה-24.2.2025

תאריך יעד	אבני דרך
8.12.24	סקירת מקורות תיאורטיים, יצירת סביבת עבודה, והיכרות עם ROS2
18.12.24	חיפוש אלגוריתמי SLAM
29.12.24	בדיקת התאמה תיאורטית של האלגוריתמים שנמצאו לחומרה ברכב (Lidar 120, Lidar 360, 2 GPS).
12.1.25	התקנת אלגוריתם SLAM 1
26.1.25	התקנת אלגוריתם SLAM 2
21.2.2025	הגשת מצגת אמצע
28.2.25	ניסוי על אלגוריתם SLAM 1 על מאגר הנתונים KITTI
14.3.25	ניסוי על אלגוריתם SLAM 2 על מאגר הנתונים KITTI
אופציונלי	התקנה של אלגוריתם SLAM 3
אופציונלי	ניסוי על אלגוריתם SLAM 3 על מאגר הנתונים KITTI
21.3.25	התכנסות לבחירת אלגוריתם ה-SLAM המתאים ביותר וחיפוש אלגוריתמי ניווט
4.4.25	התממשקות למערכות הרכב
18.4.25	ניסוי סטטי -הרצת האלגוריתם עם הקלטות הרכב
25.4.25	ניסוי סטטי- הרצת האלגוריתם על הרכב במצב סטטי
8.5.25	ניסוי דינאמי על מערכות הרכב
15.5.25	ביצוע התאמות למערכת הרכב + מפה מתוייגת וניסוי תכנון מסלול
25.5.2025	פוסטר
יולי- אוגוסט 2025	הגשת ספר הפרויקט ומצגת סיום