



פרויקט מס' 1758-1-1-19

תכנית עבודה (מוקדמת)

שם הפרויקט: ניווט אווירי באמצעות רחפן אוטונומי

מבצעים:

שם: רוני כדורי ת.ז. 208580274

שם: אופיר מירן ת.ז. 206564189

מקום ביצוע הפרויקט: אוניברסיטת תל אביב בניין וולפסון - מעבדת

רחפנים אוטונומיים

לשימוש המנחה:

הנני מאשר את תכנית העבודה המצורפת

שם: יונתן מנדל חתימה: יוני

1 תקציר

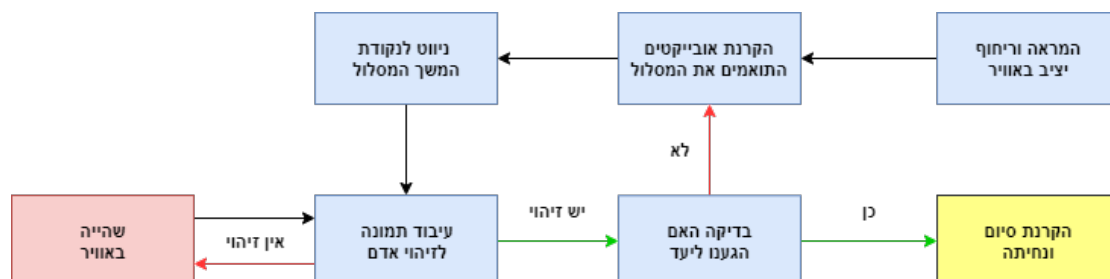
פרויקט זה עוסק במימוש רחפן אוטונומי שבאפשרותו להדריך ולנווט אדם חיצוני במטרה לאפשר לו להגיע לייעדו. הרחפן עצמו יקבל כקלט את נקודת היעד כמיקום במרחב ומסלול מתאים ועם נתונים אלו הרחפן יממש את המטרה הסופית של הפרוייקט. תהליך הניווט יכול להתבצע הן בתנאי חוץ והן בתנאי פנים ללא שימוש בטכנולוגיית GPS. תחום העבודה המרכזי של הפרוייקט הינו תחום הרחפנים ובפרט הרחפנים האוטונומיים. כמו כן, ניווט, תוכנה, בקרה ועיבוד תמונה גם הם נושאים מרכזיים בפרוייקט. על כן, חלק מהפרוייקט עוסק ברכישת הידע הנחוץ בתחומים אלו ושליטה ביישומים השונים במטרה לשלבם בפרוייקט.

מהות ומטרת הפרוייקט הכתיבו דרישות שונות לגבי אופן מימוש הפרוייקט. כך למשל, בשל הדרישה לפעולה בתוך מבנה, גודל הרחפן צריך להיות מותאם גם לתעופה בחדר. בנוסף, על הרחפן עצמו מורכבים אלמנטים שונים: מצלמה, לביצוע עיבוד התמונה של פעולות האדם ולאיתור מכשולים, וכן מקרן, להקרנת מידע והדרכה על גבי הרצפה או הקיר.

כפי שנאמר קודם לכן, הרחפן יקבל כקלט מסלול וידריך את האדם לאורך המסלול על ידי הקרנת הוראות על הרצפה, בנקודות שונות לאורך הדרך, עד הגיעו של האדם לנקודה. משימה מורכבת יותר תהיה קבלת קלט של מיקום במרחב בלבד, המהווה את נקודת היעד הסופית, כך שהרחפן יתאים "בעצמו" מסלול בדרך להגשמת תהליך הניווט. ניסיון ליישם מטרה זו מושפע מהתקדמותנו במהלך השנה ואם יישאר זמן מספיק ננסה לסיימה.

התחומים המרכזיים המשתמשים בעקרונות הפרוייקט מתחלקים לשלושה תחומים עיקריים: הראשון הינו בתחבורה של רכבים וכלי תחבורה ותעופה אוטונומיים. בתחום זה מתבצע החלק של עיבוד התמונה לצורך איתור מכשולים וביצוע פעולות בקרה בעזרת אלגוריתמיקה. התחום השני הינו בניווט, בו משתמשים בטכנולוגיה בעלת מטרה זהה אבל שונה בדרך הפעולה (לרוב בעזרת מערכות ניווט GPS). והמקום השלישי הינו בצבא בו נעזרים ברובוטים לניווט בתנאי חוץ, ולפעמים גם במקומות סגורים. כמו כן, נציין שהרחפן מסוגל להשתמש בטכנולוגיה מתקדמת של למידת מכונה. זהו ענף חדש יחסית אשר נמצא גם הוא בעלייה בשנים האחרונות.

ניתן להסתכל על השלבים השונים באופן מימוש הפרוייקט בצורה הבאה: ראשית סקירת נושא הרחפנים, מיקרו מצלמות ומיקרו מקרנים. שנית למידת שפות העבודה ושפות התכנות הנדרשות לתפעול הרובוט. לאחר מכן הפעלת הרחפן לפעולות בסיסיות וביצוע בקרה עצמית. בהמשך ביצוע הקרנה בסיסית בעזרת הרחפן. נמשיך בתכנות הרחפן לצורך פעולות הניווט. ולסיום נפעל לשילוב עיבוד תמונה לצורך זיהוי אובייקטים (אדם, מכשולים).



2 מוטיבציה

המוטיבציה העיקרית בפרויקט הינה פיתוח תחום הרחפנות האוטונומית, בעיקר בנושא רחפנים זעירים (ננו רחפנים) אשר באפשרותם להיכנס למבנים. השימוש ברחפנים כיום הולך וגובר, אך עדיין נמצא בשלבי למידה והתפתחות ולא הגיע לשלבי מיצוי. על כן נשאף להעמיקו על ידי מימוש הפרויקט מצד אחד, ושיתוף הידע שצברנו בדפים אינטרנטיים לימודיים מצד שני. בנוסף, התחום של רכבים אוטונומיים הינו תחום שגם מתפתח רבות כיום. ולכן שילוב שני התחומים יתרום רבות לעולם ההנדסי.

מוטיבציה נוספת הינה העמקת יכולות הניווט העצמי של הרחפנים האוטונומיים, אשר לרוב מבוצעות בתנאי חוץ ובעזרת טכנולוגיית ה-GPS, כדוגמת יישום ה-waze. בפרויקט שלנו נאפשר לרחפן לפעול בתנאי חוץ ואף בתנאי פנים תוך מבני – מקומות שלא דווקא בעלי קליטת GPS. לדעתנו משימה זו חדשנית יחסית בעולם הרחפנים ועל כן התרומה הרבה של הפרויקט. לכן, חלופה אפשרית לפרויקט היא שימוש ברחפן משוכלל יותר עם טכנולוגיית GPS מובנית כך שהרחפן עצמו יקבל רק מיקום יעד ויוכל להתאים את המסלול "בעצמו" לצורך ניווט האדם.

יתר על כן, נרצה לציין כי הניווט המוצע על ידי הרחפן יכול לשמש כניווט אווירי לא רק לאנשים בודדים אלא גם לקבוצה של אנשים. בניגוד לרכבים בהם מספר מקומות הישיבה מוגבל לכמות מסוימת של אנשים, הרחפן מנווט בתנאי חוץ בו ההגבלה על כמות האנשים היא קטנה יותר.

כמו כן, שילוב של המקרן על גבי הרחפן הינו חידוש בתחום הרחפנים. תחום זה משתמש במרבית המקרים במצלמות וחיישנים אחרים כאמצעי קלט, אך לרוב ללא פלט של אמצעי הקרנה הדומה לפרויקט זה. על כן חלופה לפרויקט יכולה להיות שילוב מקרנים באמצעי תחבורה אוויריים אחרים לצורך פעולות ניווט שונות ומגוונות. ניתן להשתמש במקרן זה גם לפעולות נוספות כמו הקרנת סרטים, תמונות ועוד.

מגבלה אפשרית לפרויקט היא משקל גדול מדי ממה שהרחפן יכול לשאת, שכן עליו לסחוב מצלמה, מקרן וכלי פיתוח. לכן, חלופה נוספת לפרויקט תהיה להשתמש ברחפן אחר, גדול יותר, עם מצלמה מובנית באיכות נמוכה יותר וללא כלי פיתוח אלא שימוש ברשת wi-fi בלבד.

3 תכולת עבודה

בשלב הראשון של הפרויקט יהיה עלינו לסקור את הרכיבים מהם מורכב הרחפן: הרחפן, המצלמה, המקרן וכרטיס הפיתוח. נלמד על השימושים השונים שיש לרחפנים כיום בעולם ובפרט לרחפנים אוטונומיים. בנוסף, נחפש באינטרנט מידע על פרויקטים דומים בנושא המשלבים עיבוד תמונות ו/או למידת מכונה. כמו כן נחפש מידע על כרטיסי פיתוח שונים שיכולים להתאים לפרויקט. נחפש מצלמה ומקרן שיתאימו למטרות הרחפן. השיקולים בבחירתם יהיו מידות פיזיות קטנות ומשקל קל, רזולוציה טובה והתאמה למעבד הנבחר. כמו כן טרם הקנייה נבדוק מה הם שלבי הפעלתם לצורך הטסת הרחפן.

בשלב השני של הפרויקט נלמד את שפת התכנות C++, תוכנת ההפעלה Linux וסביבת העבודה ROS. שפת C++ לא נלמדה במסגרת קורס אוניברסיטאי, ואת החומר נלמד דרך האתר w3schools ובעזרת מדריכים אינטרנטיים נוספים. לאחר מכן נלמד את תוכנת ההפעלה Linux. לשם כך נעזר בסרטוני הדרכה באתר youtube, דרך הערוץ ProgrammingKnowledge. ולבסוף נתחיל בלמידת השפה ROS (robot operating system), שפה זו היא השפה הנפוצה ביותר כיום לתכנות והפעלת רובוטים. לשם למידת השפה, נקבל מהמנחה גישה לאתר הנקרא RobotIgnite ACADEMY, אתר לימוד המקיף את כל החומר הרלוונטי לפרויקט שלנו.

בשלב השלישי נקבל אלגוריתם בקרה בשפת C++ על פלטפורמת ROS. זהו אלגוריתם בסיסי של בקרה עצמית של הרחפן בהתאם לקלט המתאר את מיקום הרחפן. נתאים אלגוריתם זה למטרות הפרויקט שלנו, ונרחיב אותו ליצירת פעולות מורכבות יותר. באמצעות אלגוריתם זה נוכל לממש את השלבים הבאים: ראשית המראה והתייצבות באוויר לפרק זמן לא מבוטל. שנית מעבר בין שתי נקודות הלוך ושוב ובין ארבע נקודות היוצרות ריבוע. כמו כן נבצע ניווט של מסלול המורכב ממספר לא ידוע של נקודות.

בשלב הרביעי נרכיב גם את המקרן על הרחפן, נתאם בינו לבין הכרטיס פיתוח, ונבצע פעולות הקרנה בסיסיות במהלך שהייה באוויר.

בשלב החמישי נממש אלגוריתם של עיבוד תמונה לבדיקה "האם האדם הגיע לנקודת הביניים?", הרקע התאורטי המתאים לכך נלמד בקורס עיבוד תמונות, ובקורס עיבוד וניתוח ווידאו. שפת התכנות שבעזרת נממש אלגוריתם זה עוד לא ידועה (ככל הנראה בשפת C++).

במידה והתאפשר בשלב השישי נממש אלגוריתם נוסף של עיבוד תמונה למניעת התנגשות של הרחפן באובייקטים במרחב במהלך מעוף הרחפן.

נסכם ונאמר כי הפרויקט יעסוק יותר בצד התכנותי ולא החומרי. כמו כן, נקבל את הרחפן בנוי מראש.

4 תוצרי הפרויקט

התוצר המרכזי של הפרויקט הינו הרחפן עליו אנו עובדים. כאשר הרחפן יהיה בעל יכולות מגוונות. העיקריות שבהן הינן:

- א. **ריחוף מיוצב** - המראה של הרחפן לאוויר והתייצבותו לפרק זמן לא מבוטל של מספר שניות עד דקות, ולאחר מכן נחיתה מבוקרת.
- ב. **ניווט בין נקודות** - ניווט בין מספר סופי של נקודות שנבחרו מראש, ומעבר הרחפן בצורה יציבה ורציפה למרחק של מטרים בודדים. למשל: מעבר הלך וחזור בין שתי נקודות מספר פעמים, מעבר בין ארבע נקודות בצורת ריבוע.
- ג. **ניווט בשילוב הקרנה** - מעבר על מסלול אשר מוגדר מראש תוך הקרנת פרטים רלוונטים למסלול על גבי הקרקע. הפרטים עשויים להיות חצים, מפה, תצלום/תמונה ועוד, הרחפן יקרין את הפרטים המתאימים בהתאם למסלול היעד.
- ד. **הובלת אדם ליעד** - חילוק המסלול למספר סופי של מקטעים על ידי הרחפן. ניווט על מקטעים אלו תוך המתנה באוויר להגעת האדם בסיום כל מקטע. זיהוי האדם יבוצע על ידי עיבוד תמונה.

במידה ויתאפשר לנו מבחינת זמני העבודה, נרצה לממש את התוצר הבא:

- **מניעת התנגשות** - זיהוי מכשול במסלול על ידי הרחפן, ולאחר מכן התייצבות והמתנה באוויר לפרק זמן קבוע. ובמידה והמכשול לא יוסר הרחפן יבצע נחיתה.

עד להגשת דוח המעקב נציב כמטרה לממש את 'הריחוף המיוצב', וכן 'ניווט בין נקודות'.

הצגת התוצרים תוכל להתבצע הן על ידי טיסה חיה אל מול הבודק, והן על ידי צילום מוכן מראש של הרחפן מבצע את המטרות לעיל. התוצר הסופי יוכל לבצע כל אחת מהמטרות לעיל. ניתן להציג בצורה חזותית את מימוש השלבים של 'הובלת האדם ליעד' תוך שילוב של השלב 'ניווט בשילוב הקרנה'. בצורה זו, הרחפן יוביל את האדם אל היעד, תוך הקרנה של פרטים חיוניים על המסלול.

בדיקת 'הריחוף המיוצב' וכן 'ניווט בין נקודות' תתבצע על ידי הרצה של התוכנית מספר פעמים תוך שינוי המיקום, מטרת היעד והמסלול. בנוסף נבדוק את התייצבות הרחפן, על ידי הפרעות חיצוניות מבוקרות כגון דחיפת הרחפן במהלך מעופו.

בדיקת 'ניווט בשילוב הקרנה' יבוצע על ידי בחירת מסלול ובדיקה כי אכן הפרטים המוקרנים תואמים את אופי המסלול.

בדיקת 'הובלת אדם ליעד' יבוצע על ידי בחירת מסלול ובדיקה כי אכן הרחפן הצליח להשלים את המסלול תוך הובלת האדם ליעדו בצורה הרצויה.

בדיקת 'מניעת התנגשות' על ידי בחירת מסלול אל מכשול. במידה והמכשול הוסר נצפה שלאחר ההמתנה באוויר הרחפן ישוב להשלים את המסלול. ובמידה והמכשול לא הוסר לאחר פרק הזמן שהוגדר הרחפן יבצע נחיתה.

את שלבי א' וב' נבצע במעבדת הרחפנים האוטונומיים מאחורי רשת בטיחות. על מנת לבחון בצורה אופטימלית את שלבי ג' וד' נעדיף להטיס את הרחפן במקום עם שטח גדול מספיק, וללא הפרעה של אנשים חיצוניים. בצורה זו נוכל לאפשר לרחפן לבצע מסלול מורכב תוך הפחתה הסכנה למינימום האפשרי.

5 לוח זמנים

הערות	תאריך יעד לביצוע	פירוט (2-3 שורות)	אבן דרך
	2 שבועות	סקירת נושא הרחפנים וחקר על רכיביו השונים: הרחפן, כרטיס פיתוח, מצלמה, ומקרה.	סקירה ראשונית
ניתן ללמוד גם מחוץ למעבדה	4 שבועות	לצורך הפעלת הרחפן יהיה עלינו להתמצא בשפות הללו ברמה מספקת.	למידת שפת ++C, שפת ROS, ותוכנת ההפעלה Linux
	שבועיים	בניית אלגוריתם המאפשר בקרה עצמית לרחפן בעזרת המצלמה.	מימוש בקרה עצמית
	שבועיים	ניווט הרחפן בין שתי נקודות קלט.	ניווט בין נקודות
	26.1.2019	סוף סמסטר א' בפרויקט	הגשת דו"ח מעקב
	5 שבועות	מעבר על מסלול המוגדר מראש תוך הקרנת פרטים רלוונטים למסלול.	ניווט בשילוב הקרנה
	5 שבועות	ניווט על מקטעים תוך המתנה באוויר להגעת האדם בסיום כל מקטע.	הובלת אדם ליעד
	לא ידוע תאריך היעד	פוסטר המשקף את תוצרי הפרויקט.	הגשת הפוסטר
	שבועיים	שילוב של 'ניווט בשילוב הקרנה' ו' הובלת אדם ליעד'.	התוצר הסופי
	לא ידוע תאריך היעד	הפסקת העבודה על הפרויקט והצגתו.	סיום הפרויקט