|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **בי"ס להנדסת חשמל** | | |
| פרויקט מס' \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  ***תכנית עבודה (מוקדמת)*** | | |
| שם הפרויקט: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | |
| מבצעים: | | |
|  | שם: רוני כדורי\_\_\_\_\_\_\_ | ת.ז. 208580274\_\_\_\_\_\_ |
|  | שם: אופיר מירן\_\_\_\_\_\_ | ת.ז. 206564189\_\_\_\_\_\_ |
|  | | |
|  |  |  |
| מקום ביצוע הפרויקט: אוניברסיטת תל אביב בניין וולפסון חדר 9 - מעבדת רחפנים אוטונומיים  ***לשימוש המנחה:***  *הנני מאשר את תכנית העבודה המצורפת*  שם: יונתן מנדל\_\_\_\_\_\_\_ חתימה:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | |
|  | | |

# תקציר

תקציר הפרויקט הינו סיכום של מהות העבודה באורך **עמוד בודד** לכל היותר. חלק זה יכלול הסבר על נושא ותחום הפרויקט, היכן משתמשים בטכנולוגיות הקשורות לנושא הפרויקט וסקירה של אופן מימוש הפרויקט. יש להוסיף לפסקה זו **דיאגרמה של סביבת הפרויקט ו/או דיאגראמת בלוקים של הפרויקט**. תקציר ודיאגראמת בלוקים אמורים לאפשר לאדם שלא קורא את כל פרקי ספר הפרויקט לקבל תמונה כוללת של מהות העבודה.

הפרוייקט עוסק ביצירת רחפן אוטונומי המדריך ניווט לאדם הן בתנאי חוץ, והן בתנאי פנים ללא שימוש GPS.

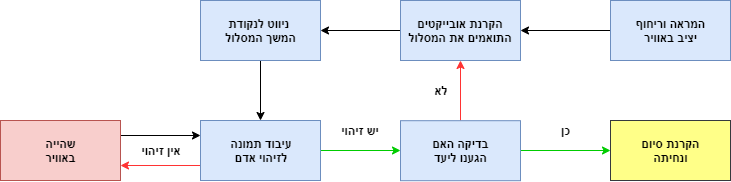
נושאיו העיקריים של הפרוייקט הינם רחפנים (בפרט אוטונומיים), ניווט, תוכנה, בקרה ועיבוד תמונה.

בשל הדרישה לפעולה בתוך מבנה, גודל הרחפן צריך להיות מותאם גם לתעופה בחדר. על הרחפן מורכבים מצלמה לביצוע עיבוד התמונה של פעולות האדם ולאיתור מכשולים, ומקרן להקרנת מידע והדרכה על גבי הרצפה/קיר.

הרחפן יקבל כקלט מסלול (ואם יתאפשר מבחינת זמני ביצוע נקודת סיום ויצור מסלול לנקודה) וידריך את האדם לאורך הדרך על ידי הקרנת הוראות על הרצפה לאורך הדרך עד הגיעו לנקודה.

המקומות בהם משתמשים בעקרונות הפרוייקט מתחלקים לשלושה עיקריים: הראשון הינו בתחבורה של רכבים אוטונומיים בה מתבצע החלק של עיבוד התמונה לצורך איתור מכשולים וביצוע פעולות בקרה בהתאם לכך בעזרת אלגוריתמיקה. השני הינו בניווט טיולים 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.

השלבים לאופן מימוש הפרוייקט הינם: ראשית סקירת נושא הרחפנים, מיקרו מצלמות ומיקרו מקרנים. שנית למידת שפות העבודה ושפות התיכנות 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).



# מוטיבציה

בסעיף זה יש לתאר את המוטיבציה לביצוע הפרויקט (**חצי עמוד עד עמוד**). על פרק זה לכלול את **הסיבות ההנדסיות לקיומו של פרויקט זה**, מהי חשיבותו ותרומתו, וכל זאת בהשוואה למוצרים או טכנולוגיות קיימות. (יש לתאר בקווים כלליים לפחות 2 חלופות למימוש הפרויקט). **אין צורך** לכלול תיאור על המוטיבציה האישית לביצוע הפרויקט.

המוטיבציה הינה פיתוח תחום הרחפנות האוטונומית, בעיקר בנושא רחפנים זעירים אשר באפשרותם להיכנס למבנים.

השימוש ברחפנים קיום הולך וגובר, אך עדיין נמצא בשלבי למידה והתפתחות ולא הגיע לשלבי מיצוי. 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. בפרוייקט שלנו נאפשר לרחפן לפעול בתנאי חוץ ואף בתנאי פנים תוך מבני – מקומות שלאו דווקא בעלי קליטת GPS.

השילוב של המקרן על הרחפן הינו חידוש בתחום הרחפנים. תחום זה משתמש במרבית המקרים במצלמות וחיישנים אחרים כאמצעי קלט, אך לרוב ללא פלט של אמצעי הקרנה הדומה לפרוייקט זה.

בנוסף בעבור קבוצת אנשים אמצעי ניווט זה מועדף לשימוש בשל יוכולותיו להדרכה יותר מוחשית ופיזית לעומת אמצעי הניווט כיום.

# תכולת עבודה

יש לתאר בפירוט מה יבוצע על ידי הסטודנטים במסגרת הפרויקט (**עד עמוד**). יש להתחיל מתיאור הרקע התיאורטי שעל הסטודנטים יהיה ללמוד וכיצד יבצעו זאת (יש לציין את רשימת הספרים/המקורות העיקריים שייסקרו לצורך הפרויקט). לאחר מכן יש לכלול תיאור מפורט עד כמה שניתן של **דרישות המערכת והשיטות והשלבים לביצוע ומימוש הפרויקט**. בחלק זה יש לכלול, ע"פ הרלוונטיות לפרויקט, את התשתית המדעית/מתמטית/הנדסית/ אלגוריתמית שעומדת בבסיס הפרויקט. יש לציין **באילו כלים שפות ורכיבים הסטודנטים ישתמשו למימוש כל שלב בפרויקט**: לדוגמא פלטפורמת PC, Android ,ARDUINO MATLAB, JAVA וכדומה.

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 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 לפרוייקט 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 הפרוייקט 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 התאורתי 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 נוסך של עיבוד תמונה למניעת התנגשות של הרחפן באובייקטים במרחב במהלך מעוף הרחפן.

נסכם ונאמר כי הפרוייקט יעסוק יותר בצד התוכנתי ולא החומרתי. וכי נקבל את הרחפן בנוי מראש.

נציין כי הרחפן עצמו נבנה מראש והתאים למטרות של הפרויקט.

# תוצרי הפרויקט

יש לתאר מה יהיו תוצרי הפרויקט (**חצי עמוד עד עמוד**) : יש לתאר ולרשום את תכנם של **התוצרים שיושגו עד להגשת דו"ח המעקב ובסוף הפרויקט (תוצר אינו יכול להיות תיאורטי בלבד ועליו להכיל לפחות תוצאות סימולציה)**. ברשימת התוצרים צריך שתהיה בניית דגם/אב טיפוס או מודל מוקטן. אם אין אפשרות אז לפחות סימולציה פונקציונאלית תוך הנמקה. יש לפרט את הפונקציונליות שהתוצר ייצג בהתייחס לדרישות המערכת. בדיקת דו"ח המעקב ובחינת הפרויקט הסופית יתבססו על מילויה של רשימת תוצרים זו. **יש לפרט (עד חצי עמוד) מהו התוצר הסופי אותו יציג הסטודנט בבחינת הפרויקט**. יש לפרט נושאים לבדיקה ושיטות עקרוניות לבדיקת תוצרי הפרויקט, וכן תיאור של סביבת הבדיקות.

התוצר המרכזי של הפרוייקט הינו הרחפן עליו אנו עובדים. כאשר הרחפן יהיה בעל יכולות מגוונות והעקריות שבהם הינם:

1. ריחוף מיוצב- המראה של הרחפן לאוויר והתייצבותו לפרק זמן לא מבוטל של מספר שניות עד דקות, ולאחר מכן נחיתה מבוקרת.
2. ניווט בין נקודות- ניווט בין מספר סופי של נקודות שנבחרו מראש, ומעבר הרחפן בצורה יציבה ורציפה למרחק של מטרים בודדים. למשל: מעבר הלוך וחזור בין שתי נקודות מספר פעמים, מעבר בין ארבע נקודות בצורת ריבוע.
3. 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.
4. 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 זמנים נרצה לממש את התוצרים הבאים:

* 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 להתצבע 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. נראה את מימוש השלב של 'הובלת האדם ליעד' תוך שילוב של השלב 'ניווט בשילוב הקרנה'. כך שהרחפן 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. וכדי לבחון בצורה אופטימלית את שלבי ג' וד' נעדיף להטיס את הרחפן במקום עם שטח גדול מספיק, וללא הפרעה של אנשים חיצונים, על מנת לאפשר לרחפן לבצע מסלול מורכב תוך הפחתת הסכנה באופן המירבי האפשרי.

# לוח זמנים

בסעיף זה יש צורך לתאר את רשימת אבני הדרך של הפרויקט, עם תיאור מילולי קצר (2-3 שורות) של כל אבן דרך ותאריך יעד. יש לכלול בין 8-12 אבני דרך, בתוכן:

* תאריך יעד להגשת דו"ח מעקב
* תאריך יעד להגשת הפוסטר
* תאריך יעד לסיום הפרויקט

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