

מתקן אפיון טיסה אוטונומית של רחפן

Autonomous Flight Characterization Facility for a Quadcopter

פרויקט תכן מוצר חדש

המנחה: ד"ר יורם קירזון

טל אבני, קובי איצקוביץ ואורית מוספי

הלקוח:

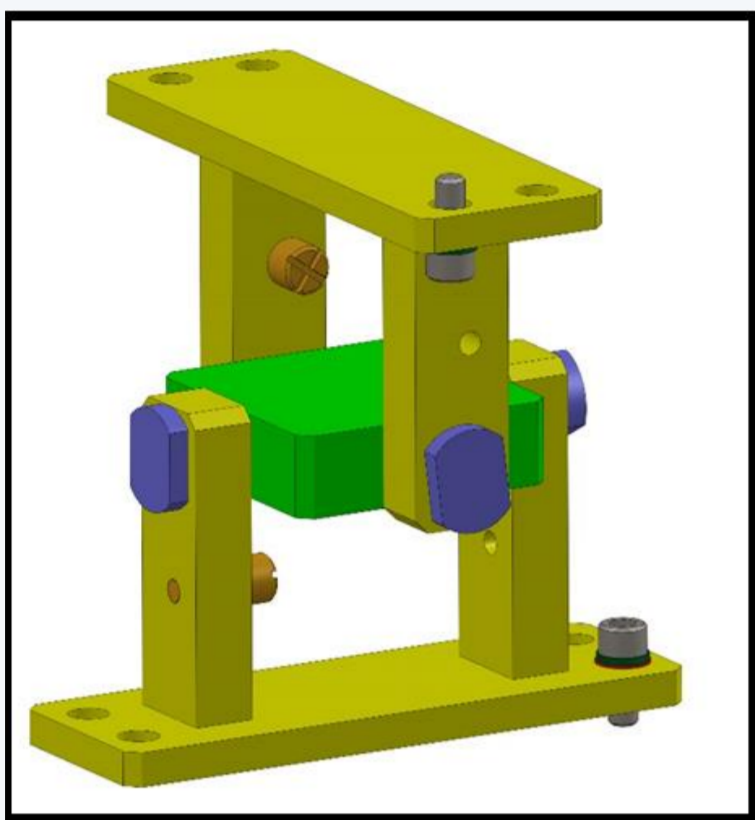
'אלביט' מערכות

תיאור הפרויקט

חמשת המכלולים העיקריים של המתקן

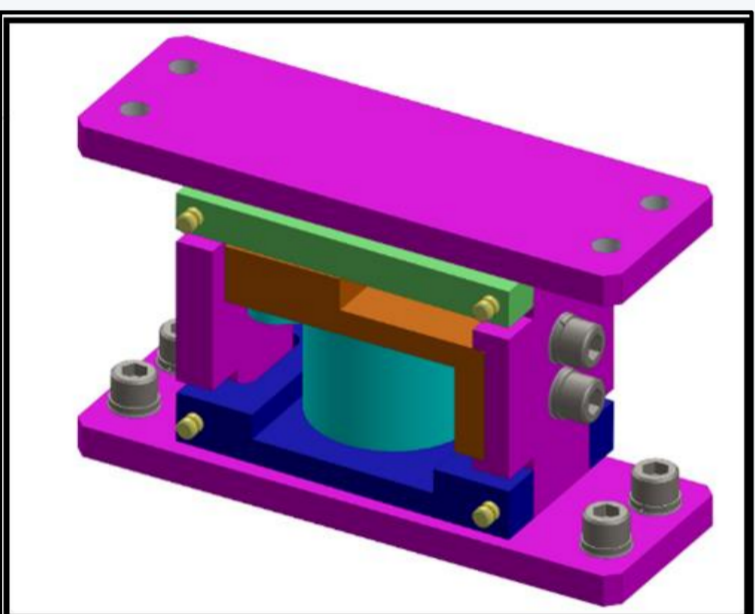
מכלול הקונסטרוקציה – פרופילי אלומיניום:

- ✓ תפקיד הקונסטרוקציה הינו לקבע את המערכת לקרקע ולתמוך בשאר המכלולים.
- ✓ המבנה מורכב מקורות אלומיניום המחוברות ע"י ברגים ומחברים יעודיים.
- ✓ המסגרת ניתנת להגבהה.



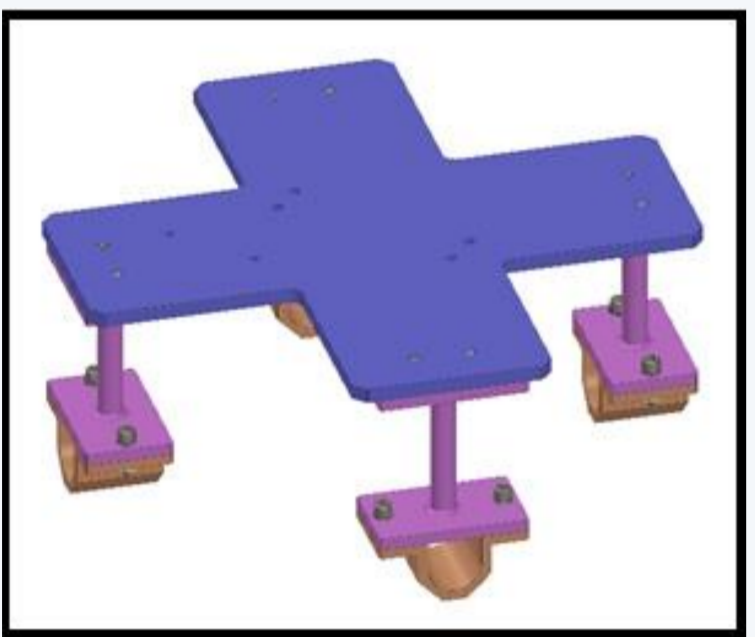
מכלול קינמטי - מפרק קרדן:

- ✓ תפקיד המפרק לאפשר תנועה לרחפן בשתי דרגות חופש במעטפת הזווית הדרושה.
- ✓ מבנה המפרק מאפשר עמידה במגבלת המרחק מציר המפרק למרכז כובד הרחפן.
- ✓ המכלול בנוי משני מזלגות, צלב קרדן וארבעה פני החלקה.



מכלול מתמר הכח – מנגנון ארבעה מוטות:

- ✓ תפקיד המתמר להוות תושבת לחיישן הכח ולהמיר את כח העילוי של הרחפן לכח לחיצה על פיקת החיישן ללא שגיאות עקב כוחות חיכוך או וקטור לחיצה שגוי.
- ✓ שיקולי התכן שהנחו אותנו היו הצורך במשקל קל וחוזק יחסית גבוה עם צורך בגיאומטריה מתאימה שתאפשר לחיצה ניצבת במינימום חופש.
- ✓ אופן פעולת מתמר הכח על פי מנגנון ארבעה מוטות.

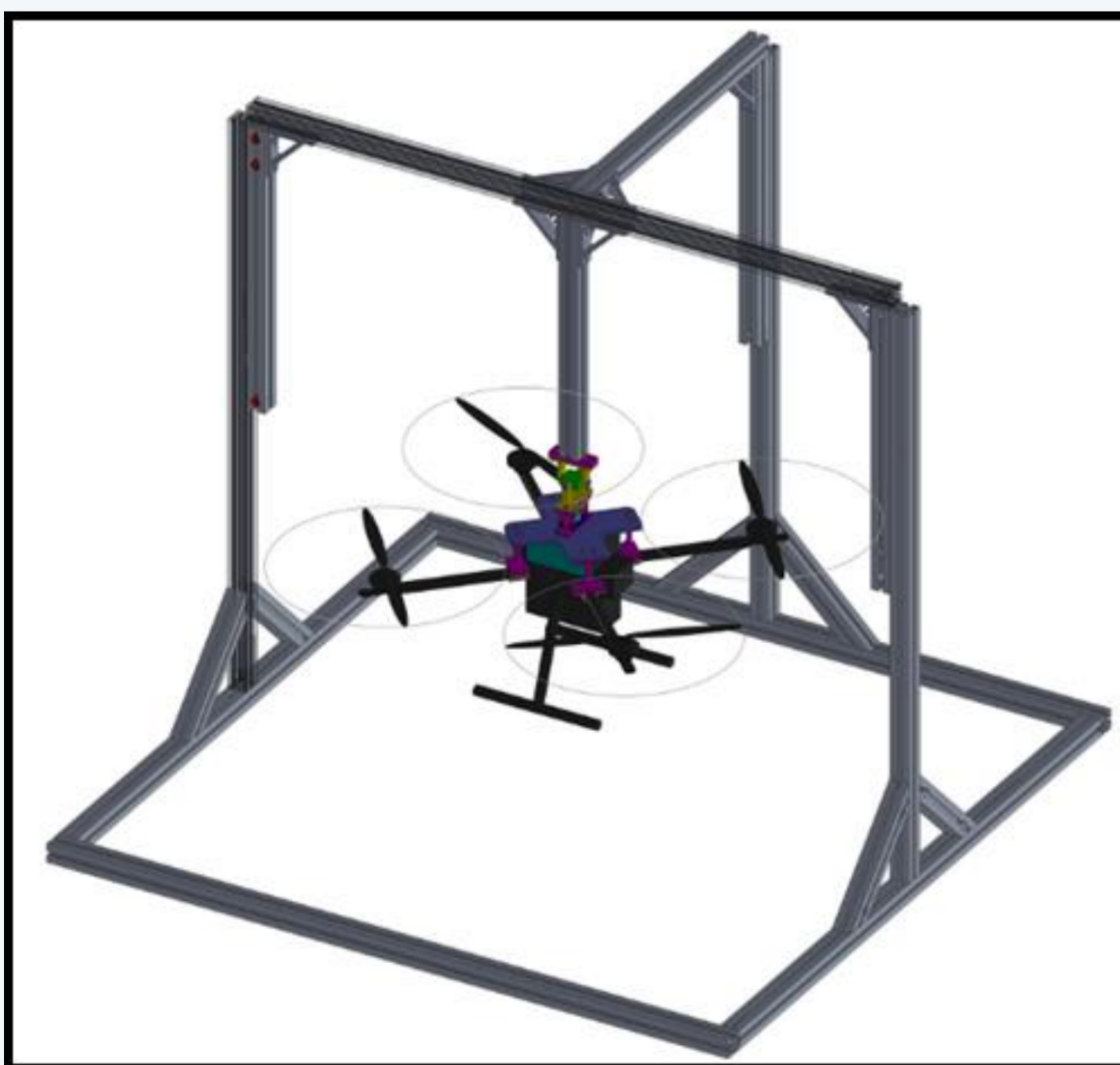


מכלול עגינה:

- ✓ תפקיד המכלול הוא לאפשר עגינה קשיחה של הרחפן אל המתקן ללא גרימת נזק ובלאי למוטות הרחפן.
- ✓ שיקולי התכן נגעו במשקל קל ומינימום חומר יחד עם עמידות לכוחות הפועלים.
- ✓ חלקי המכלול כוללים פלטת עגינה, ארבע רגליות וארבעה חבקים תחתונים.

מכלול מדידת הזווית - Inclinator:

- ✓ האינקלינומטר הינו רכיב mems המאפשר מדידת זווית יחסית לוקטור הגרוויטציה בשני צירים.



תקציר

- הרחפן הינו כלי טיס זעיר בלתי מאויש המונע על ידי מספר רוטורים ונשלט מהקרקע על ידי אמצעי תקשורת ובקרה.
- חברת אלביט מערכות הינה חברה לפיתוח וייצור מערכות מכניות ואלקטרוניות לשוק האזרחי והצבאי. החברה זיהתה את הפוטנציאל העסקי ברחפן, ככלי טיס ייחודי, והטמיעה אותו בקו המוצרים והשירותים שלה.
- על מנת להתאים את הרחפן למשימות אליהן הוא מיועד, על מהנדסי החברה לאפיין את מעטפת הביצועים שלו באמצעות מדידה של פרמטרים פיזיקליים (כוח זוויתי) אשר תבטיח אמינות ותגן על הכלי והמפעילים.
- התבקשו על ידי החברה לפתח ולייצר מתקן ניסוי מעבדתי לאפיון טיסה אוטונומית של רחפן העונה לדרישות מבנה ומשקל, מדידות מחיישים וניתוח נתונים.



רקע

- הבעיה המרכזית בביצוע מערכת בדיקות לרחפן הינה הסיכון הגבוה בהטסתו בשטח פתוח. לא ניתן להטיס רחפן מעל ובקרבת בני אדם, שכן הוא עלול להוביל לפציעה חמורה.
- בנוסף, כל טיסה כזו כרוכה בסיכון לכלי עקב תקלות טכניות והתנגשות במכשולים.
- בעיה נוספת שעולה על הפרק הינה טיב ואיכות המדידות. בעת הטסת הרחפן שלא בתנאי מעבדה, מדידות הפרמטרים השונים מושפעות מתנאים משתנים של הסביבה החיצונית. לכן הדרך היחידה למדוד באופן אמיין ומקיף את מכלול הפרמטרים בצורה בטיחותית הן לרחפן והן לסביבה, הינה ע"י מתקן מעבדתי ניח.
- מסקירה בספרות מצאנו מספר מאמרים ומדריכים הדנים בתחום הרחפנים בכלל ומתקני האפיון בפרט, כגון מאמר מדריך של P.E POUNDS (2007) אשר דן במידול הדינמיקה והבקרה של הרחפנים. כמו כן הבלוג של Rick (2013) אשר נותן אינטואיציה למתקן אפיון ומהווה נקודת פתיחה להמשך מחקר ופיתוח.
- חשוב לציין כי לא מצאנו מוצר מוגמר ברמה מסחרית כדוגמת זה שאנו מפתחים. כפועל יוצא, לא נראה שקיימים פטנטים רלוונטים בנושא.

דרישות הלקוח

דרישות מבנה וצורה

- על המתקן להיות בגודל ובצורה שתאפשר עבודה הן בגובה של לפחות 1 מטר, כדי למנוע השפעות קרקע, והן בגובה צמוד רצפה על מנת לבדוק את השפעות הקרקע.
- על המתקן להיות במשקל של עד 15 ק"ג.
- על כל החלקים שנעים עם הרחפן להיות במשקל של עד 1 ק"ג.
- המתקן יכלול הגנה מכאנית מפני הלהבים בזמן הפעלת הרחפן.
- המרחק המקסימלי ממרכז הכובד של הרחפן למרכז צירי הסיבוב לא יעלה על 200 מ"מ.
- המתקן לא יאפשר חריגה מזוויות המעטפת של תנועת הרחפן.

דרישות מדידה

- על המתקן למדוד כוחות ציריים אנכיים בדיוק של $\pm 0.1 \text{ N}$.
- על המתקן למדוד זוויות גלגול ועלרוד בדיוק של $\pm 0.1 \text{ deg}$.
- תחום זוויות המעטפת של המתקן הוא $\pm 60 \text{ deg}$.
- על המתקן למדוד כח עילוי מקסימלי של 16 kgf.

דרישות נתונים

- הנתונים יתקבלו כקלט למחשב.
- הנתונים יעברו בתקשורת USB.
- קצב העברת הנתונים יהיה 10Hz לפחות.
- הנתונים יעברו בזמן אמת.

דרישות בטיחות

- המוצר יתוכנן כך שלא יוכל להיגרם נזק למשתמש.

האתגרים

- פונקציונליות המתקן מול דיוק המדידה - על המתקן לאפשר תנועה בשתי דרגות חופש, יחד עם זאת, רזולוציית המדידה לה נדרשנו מחייבת כמעט אפס תנועה ספונטנית בין הרכיבים על מנת לקבל תוצאות מדידה מהימנות.
- נוחות תפעול המתקן מול חוזק המתקן - על המתקן להיות נוח לשימוש, בעל סדר הרכבה פשוט ומהיר, יחד עם זאת, על חלקי המתקן השונים לעמוד בכוחות המתפתחים במערכת.
- דיוק במדידת כוח העילוי - על המנגנון להתגבר על בעיית החיכוך במדידה ולאפשר מדידה מדויקת העונה על דרישות הלקוח.
- בחירת חיישנים - על החיישנים להיות מספיק רגישים כדי לאפשר מדידת זווית וכוח ברזולוציה הנדרשת ולחברם למערכת בדרך שתשלב עם הדינמיקה שלהם.

תודות

- ד"ר יורם קירזון, רפא"ל - הנחייה וליווי צמוד לאורך כל הפרוייקט.
- ד"ר חגי במברגר, רפא"ל - מרצה הקורס.
- מר גל אשד, אלביט מערכות - תמיכה וייעוץ מקצועי.
- מר ג'ף וולף, אלביט מערכות - תמיכה וייעוץ מקצועי.
- חברת אלביט מערכות - תמיכה במימון וביצוע הפרוייקט.