

Miniature Swimmer

המנחה
ד"ר יזהר אור



034339-40 פרויקט רובוטיקה

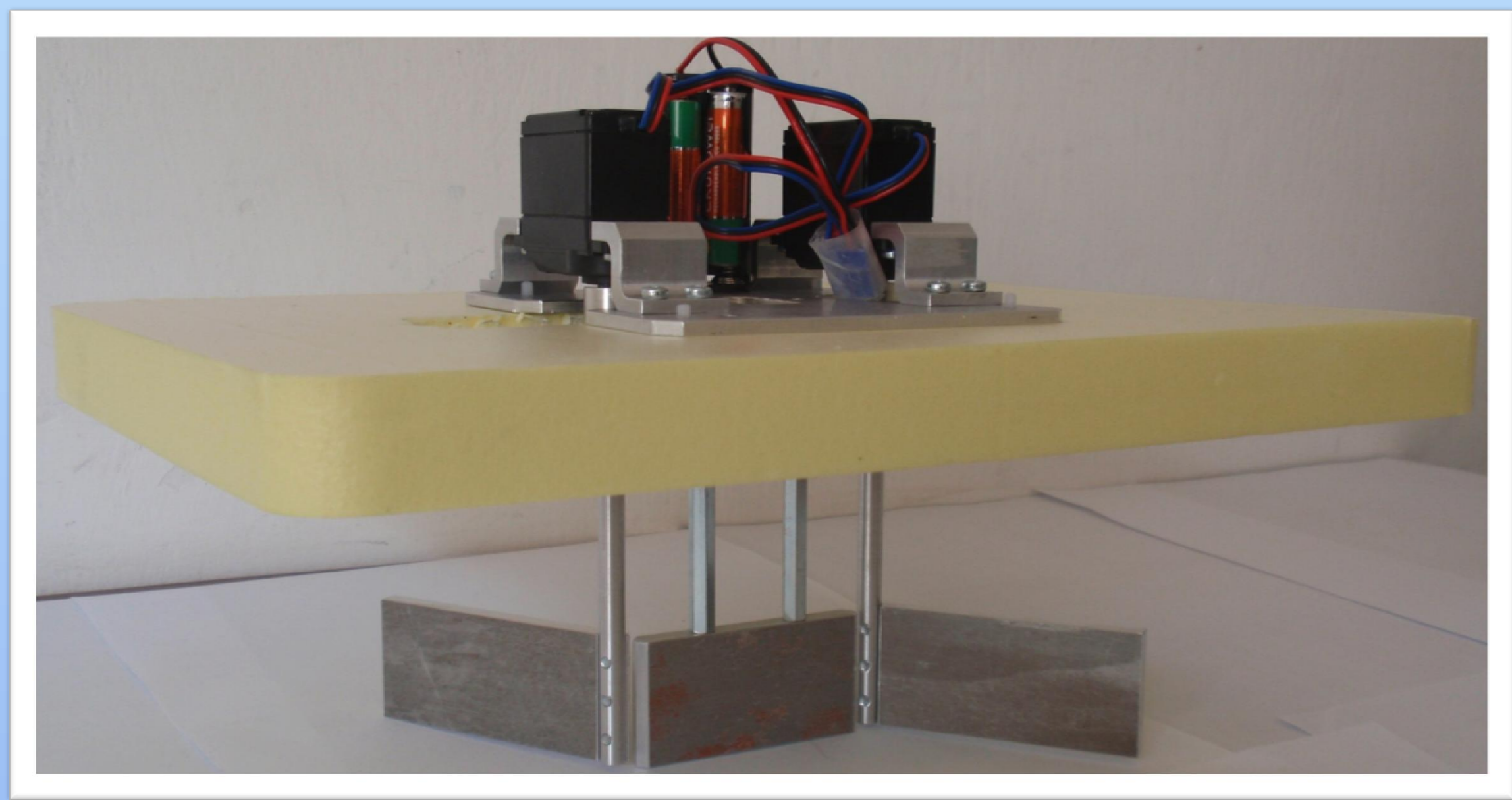
ניר ארמוני, דוד פוגל

תיאור הרובוט

ITEM NO.	PART NUMBER	weight (g)	PART NO.	QTY.
1	בסיס פלסטיק	72	1232002	1
2	בסיס פלסטיק	30	1232001	1
3	ציר ראשי	8	1232003	2
4	דלת	27	1232008	2
5	מנוע טיפוס	7	1232005	4
6	חייבת פלסטיק	28	1232007	1
7	חייבת פלסטיק	3	1232006	2
8	בית לנע	13	1232004	2
9	קפיץ			1
10	stanoff TP-20	4		6
11	stanoff TP-50	10.5		2
12	מסמך פלסטיק	60		1
13	מסמך פלסטיק	12.9		2
14	מסמך פלסטיק	50		2

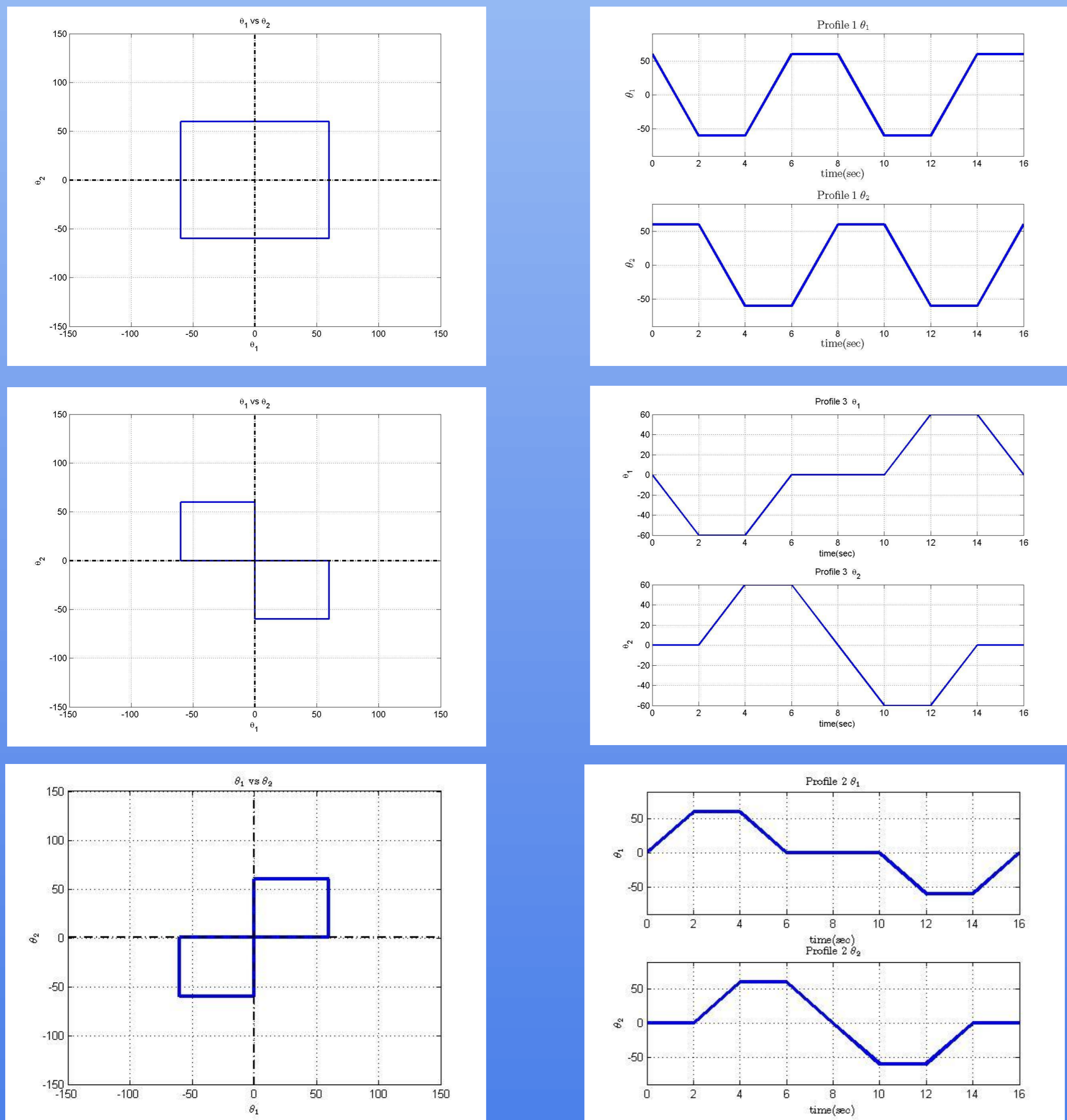
משקל סופי- 461 גרם.

שרטוט הרכבה- שחיון.

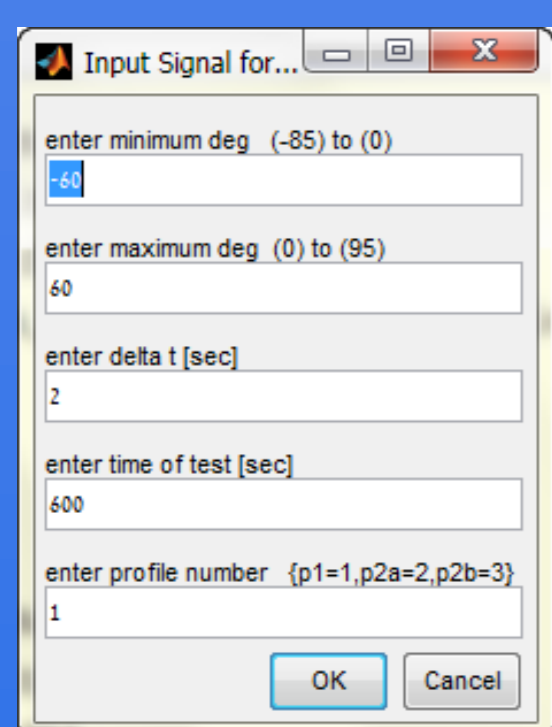


שחיון לאחר הרכבה

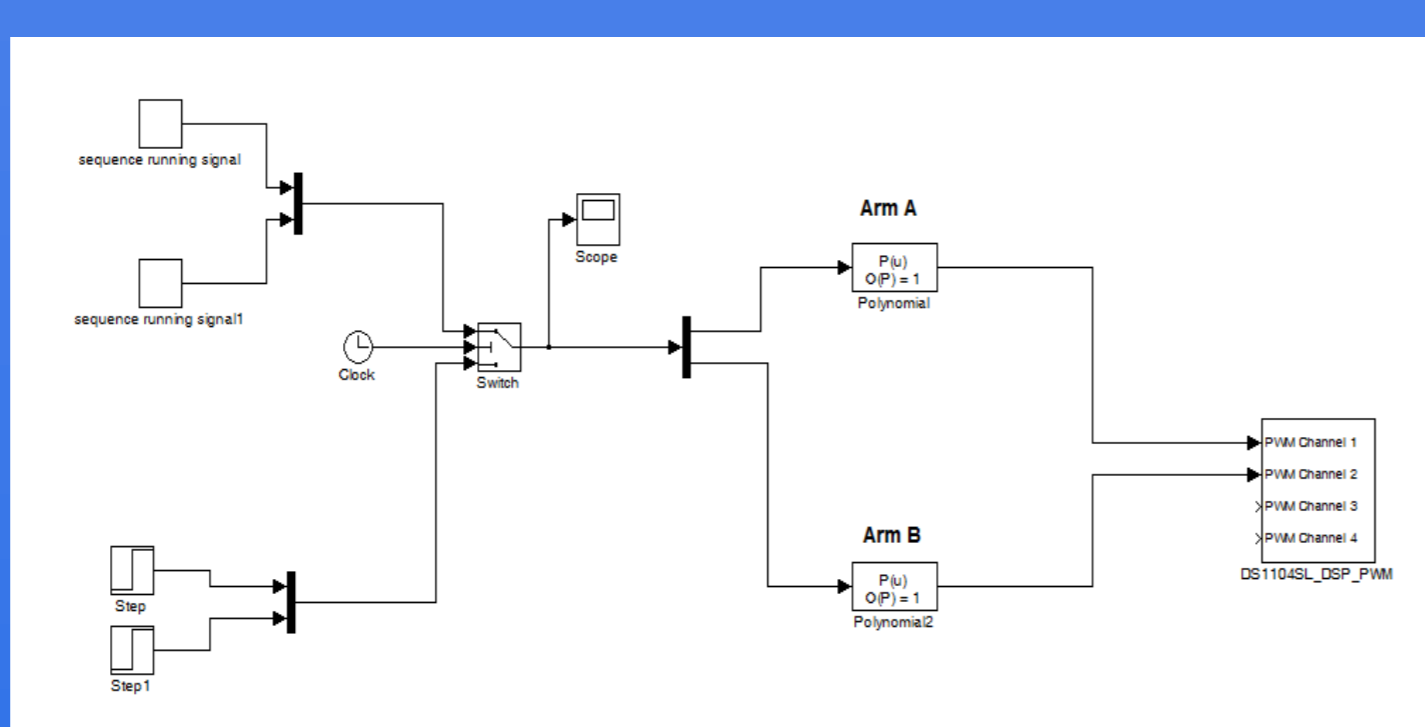
ממשק ותוכנה



פרופילי תנועה של הרובוט



User interface- Matlab GUI



ממשק בקרת הרובוט - Simulink

תודות

ד"ר יזהר אור
גיב' אמיליה גוטמן
ימר איליה שמיס
ימר רומן שמסטרובוב

תקציר

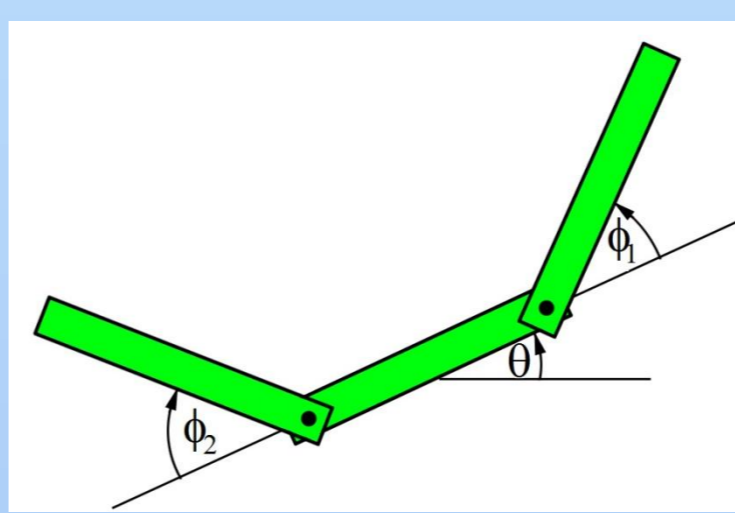
כיום עולה הצורך לחקור ולפתח רובוטים זעירים המסוגלים לנוע בכלי הדם וזאת כדי לאבחן מחלות שונות ולטפל באנשים. הדרך למטרה זו דורשת לחקור את דנמיקת המכלולים הזעירים המסוגלים לנוע בכלי הדם, ולהבין את דרך פעולת השחייה וההתקדמות בצורה האופטימלית ביותר. כדי לחקור תנועת מכלולים זעירים אלו עלה הצורך בפיתוח ובניית אב טיפוס אשר ישמש לניסוי תנועה המדמים תנועת מכלולים אלו בגוף החי. כדי להתאים את הסביבה לגודל הדגם נעשה שימוש בנוזל בעל צמיגות גבוהה מאוד אשר יגרום למספר ריינולדס נמוך המתאים לנושא הנחקר. בפרויקט זה אנו נתכנן רובוט אב טיפוס בעל 3 חוליות המהווה את המודל בעל מספר דרגות החופש המינימלי המאפשר תנועה בגבול מספרי ריינולדס הנמוכים. (ע"פ מאמר של Purcell משנת '77)

רקע תיאורטי / מודל

התנועה של מיקרואורגניזמים ושל השחיינים רובוטיים בגודל מיקרוני, נשלטים על ידי מספר ריינולדס (Re) הידרודינמיקה נמוך, שבו תופעות צמיגות שולטות ואפקטים אינרציאליים זניחים. במחקר זה, תחקר התיאוריה של הדינאמיקה של המודל שחיון של פרסל (Purcell's swimmer) - model ממנגנון שלוש חוליות, דו. לאחר המחקר התיאורטי של החומר יתקיימו ניסויים מעשיים ולשם כך הרובוט זה נוצר. (המחקר התיאורטי של המודל אינו חלק מפרויקט זה). אנו מתמקדים סימטריות גיאומטרית של משוואות התנועה והשפעתם על הדינאמיקה. התוצאות המחקר הזה יוצגו על ידי סימולציות נומריות ובנוסף אב טיפוס ניסויי (כאמו הרובוט המוצג כאן).

$$\text{Reynolds number: } Re = \frac{VL}{\nu} = \frac{\text{inertial forces}}{\text{viscous forces}}$$

V, L - characteristic velocity + length, ν - kinematic viscosity of fluid



סקיצת מודל תיאורטי

Human in water: $Re \approx 10^4$, Fish in water: $Re \approx 10^2$
Microorganism in water: $Re \approx 10^{-3} - 10^{-5} \rightarrow$ Low-Re hydrodynamics

$$\text{Fluid motion - Stokes equation } (Re = 0): \nabla \cdot \mathbf{v} = 0, -\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{v} = 0$$

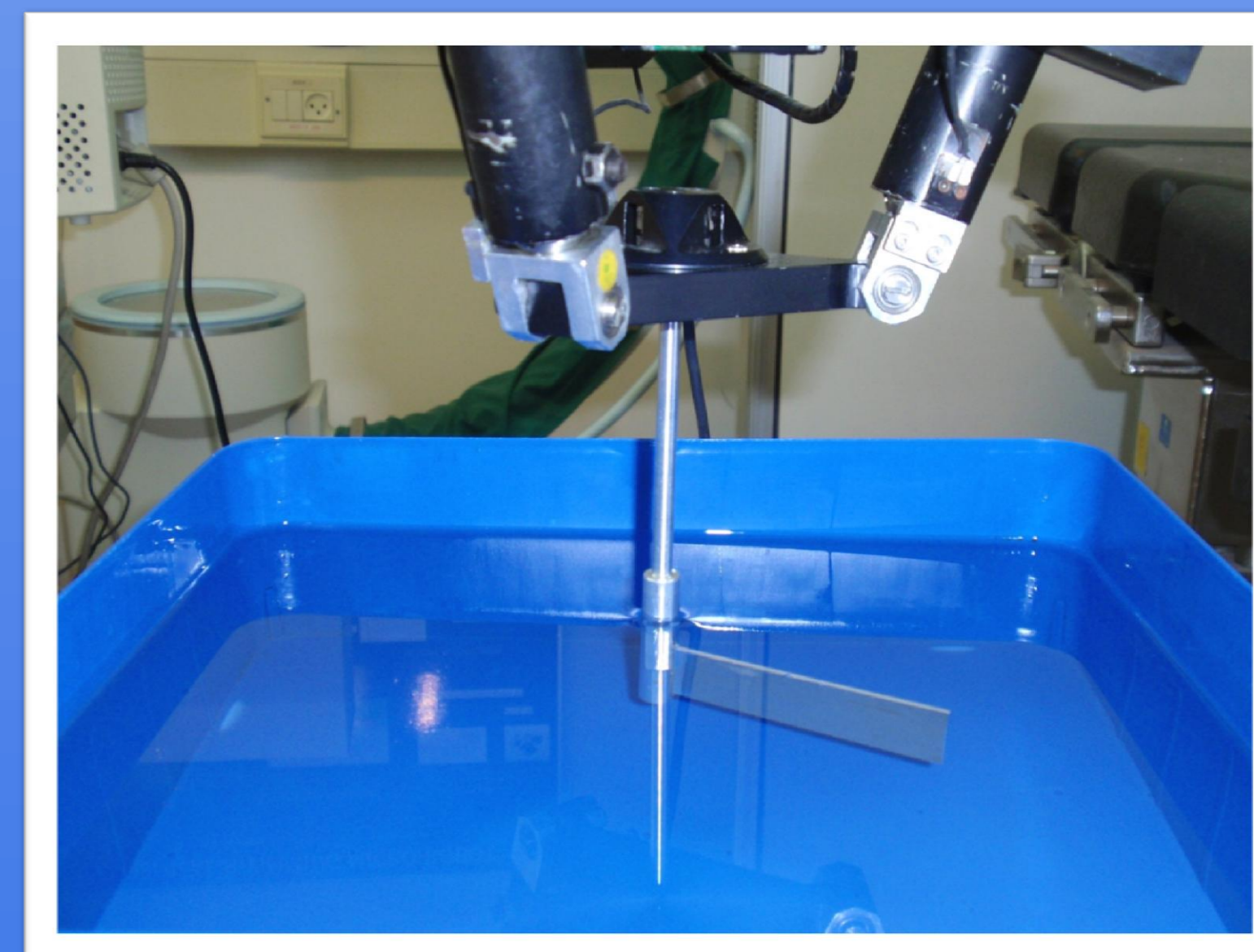
$$\text{Boundary conditions: } \mathbf{v}(\mathbf{r}) = \begin{cases} \mathbf{U}_i + \boldsymbol{\Omega}_i \times (\mathbf{r} - \mathbf{r}_i), & \mathbf{r} \in \partial B_i \quad (\text{rigid link}) \\ 0, & |\mathbf{r}| \rightarrow \infty \quad (\text{No-slip}) \end{cases}$$

דרישות הפרויקט

- המכלול ישחה בשמן סיליקוני בעל תכונות: צפיפות 971 ק"ג למטר מעוקב, צמיגות 58.26 ק"ג למטר השניה.
- המכלול יצוף על הסיליקון (כלומר לא ישקע לקרקעית).
- המכלול ידמה "מכלול 3 זרועות", 2 זרועות דינאמיות וזרוע אמצעית סטטית.
- כל זרוע דינאמית תנוע בטווח של פלוס מינוס 75 מעלות.
- מהירות כל זרוע דינאמית: 30 מעלות לשניה.
- רזולוציית תנועה של כל זרוע דינאמית 1 מעלה.
- המכלול יהיה בעל בקרה בסיסית כלומר יהיה אפשר לדעת היכן הזרועות בכל שלב נתון.
- המכלול ישקול כמה שפחות ובכל מקרה לא יעבור את ה 1 ק"ג (מסיבות ציפה וגודל מצוף).
- גודל כל זרועה יהיה 70x30 מ"מ ברובע.
- על החלקים המכאניים של המכלול להיות מיוצרים על ידי צוות היצור בטכניון כדי להוזיל עלויות (כלומר חלקים פשוטים בכרסום וחרטיה).
- המכלול צריך להתממשק ל d-space ולדעת לקבל פקודות ממנו.
- בחירה בין מספרי פרופילי תנועה.
- ממשק פשוט למשתמש.

האתגרים

- בכדי לבחור מנועים לפרויקט עלה הצורך בידיעת המומנט הנדרש ליצירת התנועה בשמן הסיליקון, עיון בספרות המקצועית ובהתייעצות עם אנשים מן האקדמיה עלה כי חישוב הכוחות והמומנטים המתפתחים בזרוע בעלת כנף ריבועית הינו חישוב אנליטי מסובך ולא סגור הכולל מס' הנחות, עקב כך הוחלט למצוא את הנתונים מתוך ניסוי במעבדה. התמונה מטה אפשר לראות את הניסוי עצמו, לניסוי יצרנו אב טיפוס של זרוע דינאמית בודדת אשר חוברת למדידים. הניסוי נערך עם השמן הסיליקוני וגודל הזרוע הסופי.



- מכיוון שנתבקשנו לתכנן שחיון ברור שמשקל המכלול יהיה בעל חשיבות גדולה ובנוסף השחיון צריך לשחות קרוב לשפה ולכן המצוף אינו יכול להיות גדול מידי. הפתרון היה ליצר חלקים רק מאלומיניום גם אל צריך ניהוסטה (למשל הציר המרכזי), לעשות שחרורים בפלטות, לדקק חלקים אפילו אם זה קצת מפריעה לביצועים שלהם, לבחור מנועים חזקים אך קלים (מנועים שמייעדים לטיסנים). בעתיד אפשר להחליף את הבטריות לקלות יותר אך בשלב זה בחרנו ללכת על מחיר וזמינות לאומת המשקל.

- להשלמת המשימה ישנו צורך לבצע חיבור בין המנוע, אספקת המתח, ומחשב הבקרה, ובעתיד אף חיבור בין כל הרכיבים לבלו טוס (המטרה להפוך את השחיון לאל חוטי לגמרי כדי לא להפריע לתנועתו). כמו כן ישנו צורך בתכנון אות הכניסה למנוע ע"פ המהירות הנדרשת והפאזה בין המנועים. לצורך כך נעזרנו במספר אלקטרוניס שעזרו לגשר על הפער.