



אב-טיפוס לרגל רובוטית



פרויקט תכן מוצר חדש – 034353/4

חברי קבוצה:

בוריס וידרמן, איגור וולקוב

המנחה

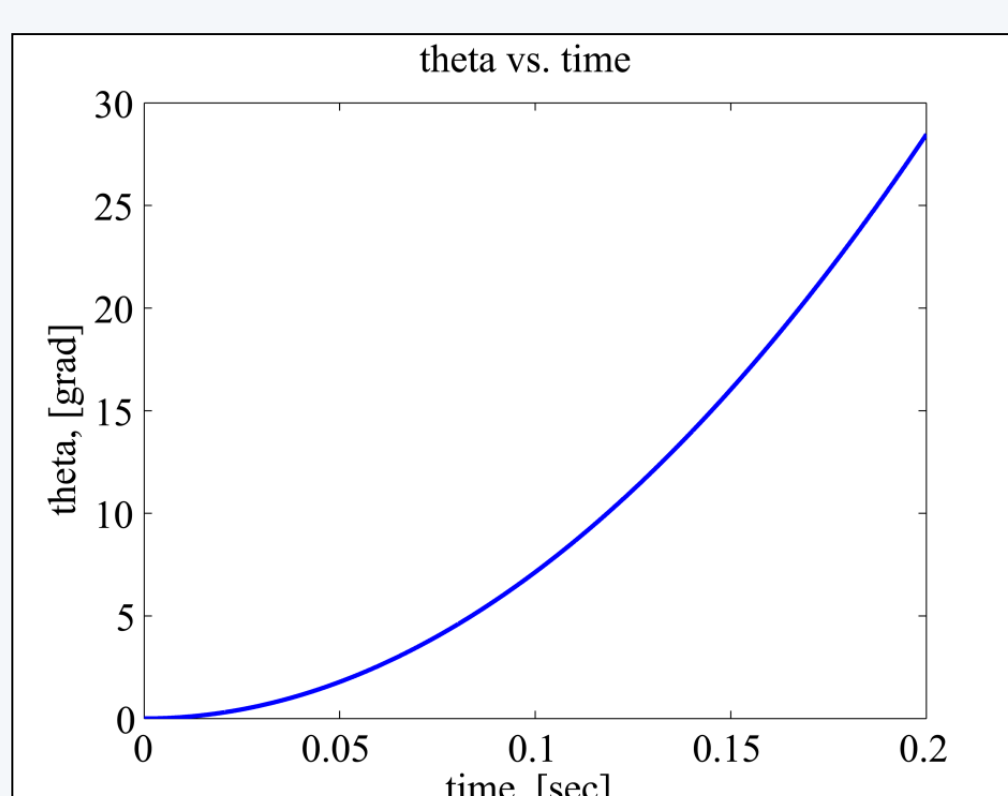
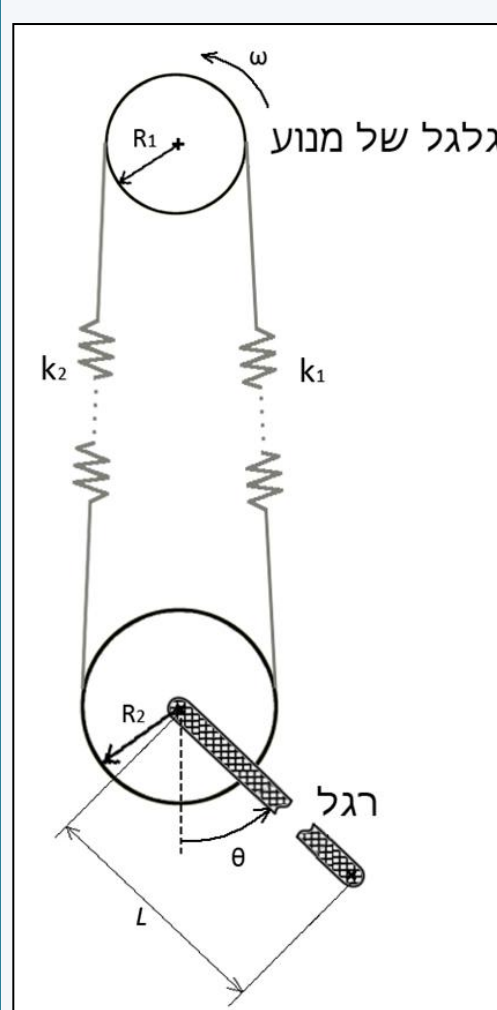
יונתן ספיץ

הלקוח

פרופ' מרים זקסנהויז

חישובים עיקריים

סקימת פעולה של קפיצים וכבלים:



משוואה דינמית של מנוע עליון: $J \cdot \ddot{\theta} + (J_G + m^2 \cdot J_M) \cdot \dot{\theta} + \left[\frac{J_G + m^2 \cdot J_M}{R_1} \cdot R_2 - J \right] \cdot \theta = T_M^* - m^2 \cdot M_R - M_G$

פתרון של המשוואה:

נתונים ותוצאות:

- R1 = R2 = 10 [mm]
k = 10^4 [N/m]
J = 0.5 [kg·m^2]
JM = 67.6 · 10^-7 [kg·m^2]
JG = 0.7 · 10^-7 [kg·m^2]
MR = 5 · 10^-3 [N·m] >> MG
m = 411
TM* - m^2 · MR - MG = 8 [N·m]

- רדיוסים של גלגלים:
קבוע קפיץ:
מומנט אינרציה של רגל הרובוט:
מומנט אינרציה של מנוע:
מומנט אינרציה של gear:
מומנט חיכוך במנוע:
יחס תמסורת בין מנוע ל- gear:
מומנט סיבוב של מנוע עליון כולל:

- מהירות סיבוב של מנוע עליון:
מהירות סיבוב של מנוע תחתון:
מהירות טרנסלציה של מנוע אמצעי:
כוח משיכה של מנוע לינארי:
מומנט סיבוב של מנוע עליון:
מומנט סיבוב של מנוע תחתון:

הערה: חישובים בוצעו עבור מצב סטטי ברובוט דו-רגלי. עבור מצב דינמי לפי סימולציה קיבלנו ערכים נמוכים יותר שלפיהם בחרנו מנועים מתאימים.

תקציר

רובוטים דו-רגליים מבוקרים בדרך כלל בשיטה קוואזי-סטטית. לעומת זאת רובוטים הולכים המבוקרים בשיטה דינמית מציגים הליכה טבעית יותר, דבר שעושה אותם מהירים יותר וחסכוניים יותר באנרגיה. בהתבסס על מושגים אלה, תוכנן בקר ביומימטי בחוג סגור ומיושם ב-Compass-Gait walker ע"י יונתן ספיץ ומרים זקסנהויז.

פרוייקט שלנו מציג תכן של רובוט ובניית אב-טיפוס ליישום בקר שתואר לעיל. בפרוייקט נוכחי אנו מציגים רובוט אשר מונע ע"י מנועים סיבוביים. העברת סיבוב נעשת ע"י כבלים ממתכת אשר כוללים קפיצי מתיחה. כבלים מדמים גידים – איברים חזקים וקשיחים, קפיצים מדמים שרירים.

דרישות ומטרות הפרויקט

- על הרובוט להיות מסוגל לבצע תנועות הנשלטות ע"י הבקר CPG.
גובה הרובוט יהיה לא יותר ממטר אחד.
משקל הרובוט יהיה לא יותר מ-20 ק"ג.
על הרובוט להראות פוטנציאל ייצור של פחות מ-15000 ש"ח.
הרובוט יהיה ממוגע ויפעל באנרגיה חשמלית.
תכן הרובוט יתייחס למודלים קיימים של רובוטים דו-רגליים.

תוצאות הסימולציה ורכיבים שנבחרו

- בעבודה של י.ספיץ על הבקר המתואר לעיל בוצעה סימולציה להליכה של רובוט ב-MATLAB והתקבלו תוצאות הבאות:
זווית מקסימלית ביחס לאורך שרגל של הרובוט מגיעה היא 0.4 [rad] או 23°.
מהירות ממוצעת של הרובוט היא 0.23 [m/sec].
מומנט מקסימלי שנוצר במפרק העליון הוא בערך 3 [Nm], ומומנט בין הרגל לבין הקרקע הוא 1 [Nm].
נבחרו גדלים הבאים לאב-טיפוס של הרובוט: מסת הגוף: M=8[kg]; מסת הרגל: m=4[kg]; אורך של הרגל: L=0.6 [m].

- לפי נתונים אלו ואילוצים של תכן בוצעו חישובים מתאימים ונבחרו רכיבים הבאים:
מנוע עליון: Maxon DC motor RE-35-273752 + Gearhead-GP-32-HP-324946

Motor Data table with 16 rows and 2 columns

Gearhead Data table with 11 rows and 2 columns



- מנוע אמצעי: 2" Stroke very high speed tube actuator [FA-RA-22-12-2]

- 12Vdc input
5A max current draw
9" Per sec no load speed (230mm/sec)
4.5" Per sec 22lbs load (120mm/sec)
Duty cycle 20%
Temperature range -20°C-+65°C
Wiring: 2 wires, reverse polarity changes direction
Limit switches: built in
Stroke options: 2" 4" 6" 8" 10" 12" 18" (custom strokes available)
Higher forces and slower speed options available for customer orders
Uses M8 brackets on both ends
To control use a simple DPDT switch (see controls section)
For power supply use our Power-adaptors
IP54 Rating

Stroke Length table with 3 rows and 3 columns



- מנוע תחתון: Maxon DC motor RE-35-273752 + Gearhead GP-32-HP-326667

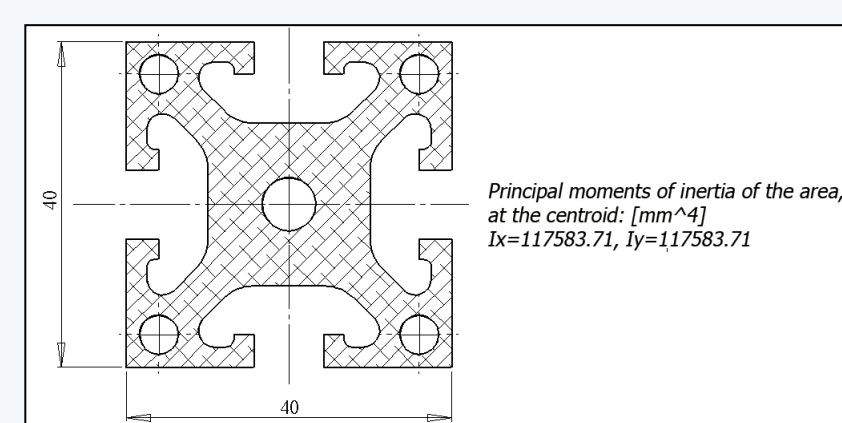
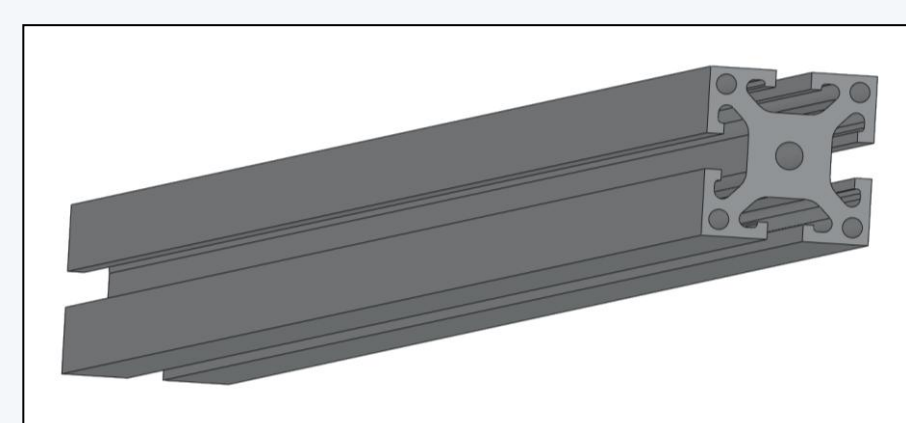
Motor Data table with 16 rows and 2 columns

Gearhead Data table with 11 rows and 2 columns



- Optical encoder HEDM-5500, Agilent technologies – Encoder

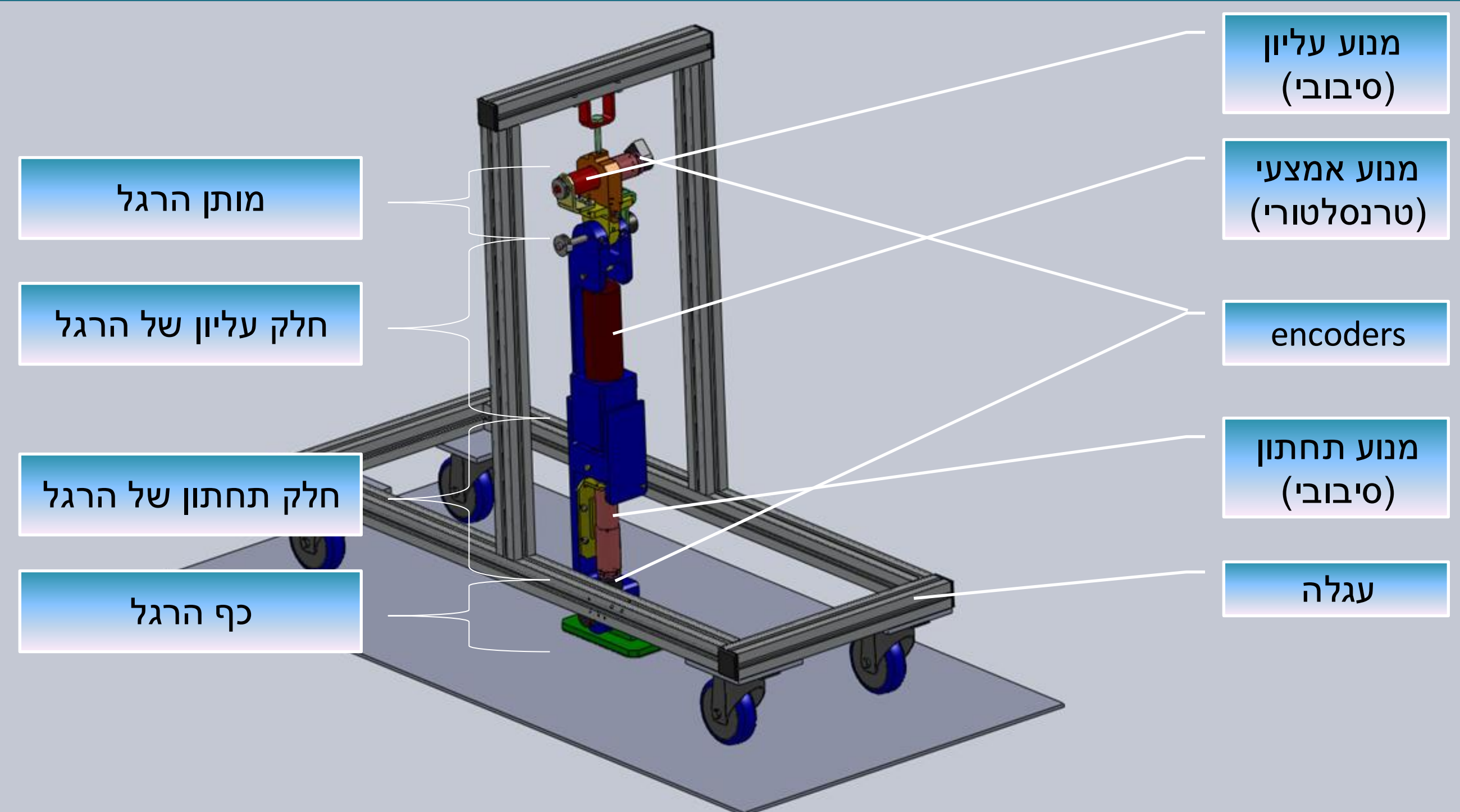
Technical data and features for HEDM-5500 optical encoder, including dimensions and performance metrics.



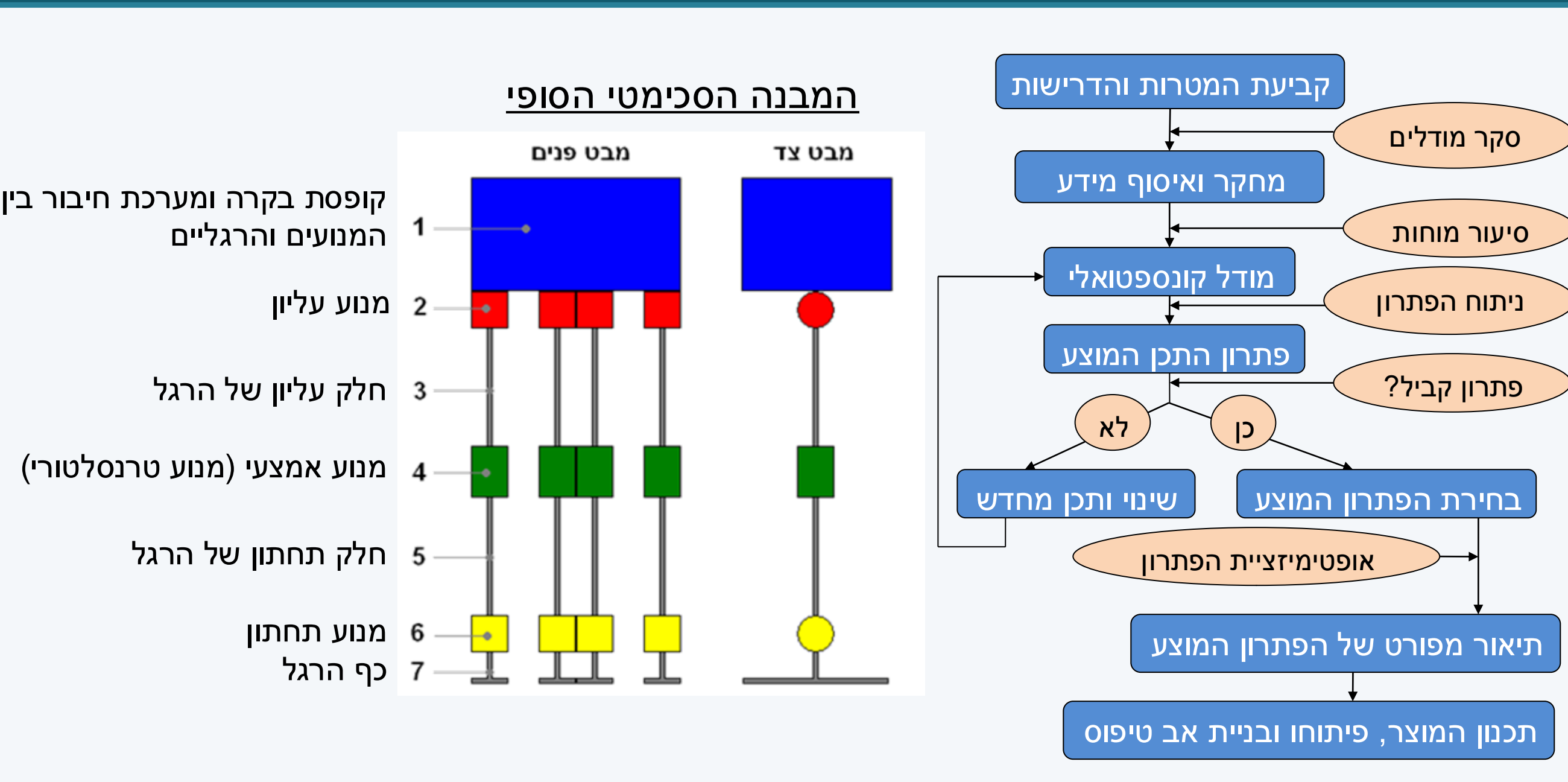
- פרופיל לעגלה

- נבחרו גם כן קפיצים, כבלים וגלגלים לעגלה מתאימים בהתאם לחישובים מתאימים.

אב-טיפוס



תהליך בחירת חלופות



האתגרים

תחילה חשבנו לייצר חלקים במדפסת 3-D. ייצור במדפסת זו הוא זול יחסית, מהיר והחלקים המיוצרים הם קלים מאחר וחומר הגלם הוא פלסטיק. בגלל מימדי האב-טיפוס, ייצור במדפסת 3-D לא התאפשר. לכן הוחלט לייצר חלקים מאלומיניום בבית מלאכה של טכניון. הפרוייקט מכיל יותר מ-20 חלקים מיוצרים עם מורכבות שונה, דבר שהעמיס על ייצור בבית מלאכה (מאחר ובית מלאכה עמוס גם כן ע"י פרויקטים אחרים). צוות של בית מלאכה כולל רק שני אנשים, גם כן היו חסרים הרבה כלים לייצור החלקי, דבר שעיקב את הפרוייקט. זמן הספקה של מנועים היה ארוך מן הרגיל. חוסר ידע במנועים חשמליים גרם לנו ללמוד תחום זה ולהתייעץ עם אנשים מצוות ההנדסה של חברות הספקת המנועים. חוסר באיש מקצוע – במתן יעוץ עוקב. אנו מצפים לבקרה מסובכת של מנועים מכיוון שדרוש סנכרון בין שלושה מנועים וארבעה אנקודרים.

מקורות

- 1) בחינת תכן של biped robots דומים באינטרנט
2) "Towards a Biologically Inspired Open Loop Controller for Dynamic Biped Locomotion", 2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, Jonathan Spitz and Miriam Zacksenhouse

תודות

אנחנו מודים לצוות הייצור המכני של טכניון על סיוע בתכן חלקים, לראובן כץ על הנחייה טכנית, לאנשי חברות מהם הזמנו חלקים ורכיבים על יעוץ מקצועי.