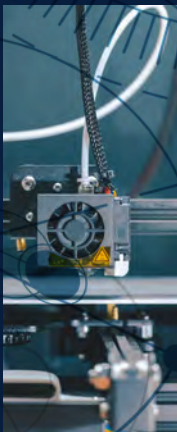
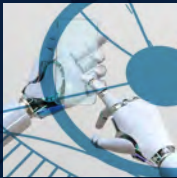
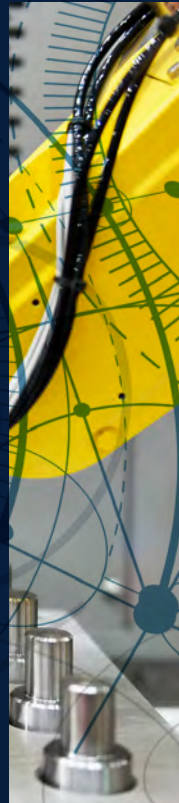
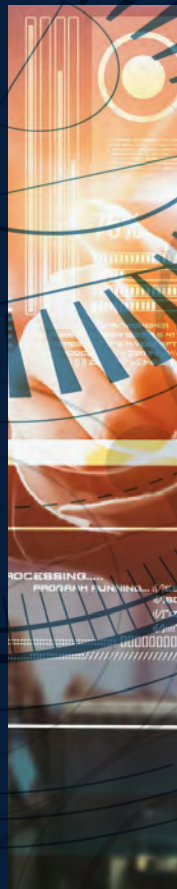


חוברת תקצירים פרוייקטי גמר



תקן מוצר חדש

מחקריים

הנדסיים

2022

דבר דיקן הפקולטה פרופ' אולג גנדלמן

אני מברך על היוזמה להוצאת חוברת המאגדת בתוכה את כלל הפרוייקטים בפקולטה להנדסת מכונות. הפרוייקט השנתי נקרא במספר אוניברסיטאות פרויקט גמר ויתכן כי שם זה מגדיר את מהותו טוב יותר. אני רואה בפרוייקט את גולת הכותרת של הלימודים, כאשר הידע והניסיון שנצברו בקורסים השונים מופעלים על נושא מסוים ומאינטגרציה שלהם נולד הפרוייקט, בין אם מוצר חדש, או תהליך, אלגוריתם או תוכנה חדשים.

אני מלא הערכה לפעילות בפרוייקטים. במידה רבה הוא תשובה לאלו המפקפקים במחויבות של הסטודנטים ובנכונותם להשקיע. כאשר המטרה ברורה, וכאשר יש מנהיגות חיצונית ופנימית, הוכח כי הסטודנטים מוכנים להשקיע מאמצים ומחשבה וההישגים לא מאחרים להגיע. הרבה פעמים הפרוייקט כולל מעבר להנחיה רגילה גם קשר בלתי אמצעי עם התעשייה. זהו שיתוף פעולה אמיתי בו כל הצדדים, התעשייה, הפקולטה ובראש ובראשונה הסטודנטים, יוצאים נשכרים.

אירוע הצגת הפרוייקטים הפך כבר למסורת ולאירוע מרכזי בפקולטה כולה. השנה, לשמחתנו, אירוע הצגת פרוייקטים יתקיים במתכונתו הרגילה ונקווה שההישגים של הסטודנטים ימשכו תשומת לב וייצרו תהודה ראויה

אני מברך את כל המשתתפים, ומאחל שהפרוייקטים המצוינים המוצגים יובילו אתכם להישגים הבאים והגדולים במחקר ובתעשייה.

בברכה,
פרופ' אולג גנדלמן

דיקן הפקולטה להנדסת מכונות

תוכן העניינים

פרוייקטי גמר תכן מוצר חדש

- 6..... מתקן עזר לציור.....
- 7..... מתקן הליכה עבור דריכה מבוקרת.....
- 8..... מתקן עזר אכילה.....
- 9..... מערכת אקטואציה להיגוי ברכב הפורמולה 202.....
- 10..... תכן ה-Upright לרכב פורמולה טכניון 2022.....
- 11..... מיטות קומתיים מתקפלות מיוחדות.....
- 12..... כיסוי לכיסא גלגלים חשמלי עבור בית קסלר.....
- 13..... מתקן נירוסטימולציה לא פולשני - חדשנות רפואית במודל ביודיזיין.....

פרוייקטי גמר מחקריים

- 16..... Social Learning in Chemotaxis.....
- 17..... דלק במצב ג'ל שבו תרחיף מוצק במגביל זרימה מסוג Cavitating Venturi.....
- 18..... ניתוח מאפייני הנחתת ההלם של methylcellulose hydrogels בעזרת אנליזה בשיטת אלמנטים סופיים.....
- 19..... שבר דינמי בחומר הטרוגני מרוכב.....
- 20..... הנדסת רקמות, רקמת שד.....
- 21..... חישה טופוגרפית בשדה פוטנציאל לא לינארי ללא מגע באמצעות ניתוח תנודות ולמידת מכונה.....
- 22..... תא דלק להתפלת תמלחת.....
- 23..... מודל הפרדה בין נוזל משטחים עם התחשבות באפקטים תרמוסטטיים.....
- 24..... מכשיר אורתוזיס לפריקה הדרגתית של קרסול-רגל.....
- 25..... חקר מאפייני שדה הזרימה בסילונים קואקסיאליים.....
- 26..... הפרדת יון הבורון ממים מליחים בעזרת דה-יוניזציה קיבולית.....
- 27..... פרוטזת יד בעלות נמוכה.....
- 28..... זרימה דו-פאזית חנוקה עם תכונות תרמודינמיות בתוכנת XSTEAM.....
- 29..... התפתחות סילון רפורמט גזי.....
- 30..... אלגוריתם דיוק ותכן לאחיזה ונשיאה מרבית.....
- 31..... יירוט בלון ע"י רחפן באמצעות Vector Guidance וראייה ממוחשבת.....
- 32..... ניסויים לאפיון תופעות במערכת סוללת זרימה.....
- 33..... מערכת ניסוי למדידת תנודות להבים בסיבוב באמצעות (BTT) Blade Tip Timing.....
- 34..... מגבר קוונטי עבור פוטונים של גלי מיקרו.....
- 35..... אפיון כישלון האימון של רשתות נגדים.....
- 36..... My Five - יד רובוטית מודפסת. תכן ממשק גדם, ממשק אמה וצמיד חיישנים, סקיילינג.....
- 37..... פיתוח יד רובוטית מודפסת - MyFive.....
- 38..... ניתוח תנועת אדם בשיטות למידה המשתמשות במידע מחיישני מגע ומצלמה תלת מימדית עבור שיתוף פעולה בין אדם לרובוט בתהליכי הרכבה.....
- 39..... שיתוף פעולה של סוכנים מרובים.....
- 40..... ההתנהגות המכנית של העצם והשוואה ללחם.....
- 41..... אפיון פרמטרים ביומכניים של בקרת שיווי משקל בתגובה.....
- 41..... להפרעות בלתי צפויות במהלך ההליכה.....
- 42..... השוואה בין גישות אופטימיזציה היוריסטיות לפתרון יעילות אנרגטית במערכות מיותרות.....
- 43..... בחינת ההשפעות הביומכניות של סוליות מודפסות על פיזור לחצים בכף הרגל.....
- 44..... השפעת קירור דופן על אידוי שכבת שמן הסיכוך.....
- 45..... שימוש במצת חשמלי לשיפור ביצועי מנוע RefCCI.....
- 46..... רובוט גמיש הולך בהנעה אינרציאלית עם מפעילים ג'ירוסקופים.....
- 47..... מכניקת ענבי יין.....
- 48..... חקר קרישיות דם על גבי מסתמי לב מלאכותיים משופרים באמצעות מערכת ניסוי חדשנית.....

49	.....	אפיון תיאורטי של מערכת סוללות זרימה
50	.....	אפנון גלים אקוסטיים בתדרי על שמע לבקרת תדרי הפרש בתחום השמע
51	.....	פיתוח שיטה למדידת תנודות להבים בעזרת חיישן סורק
52	.....	מניפולטור הרחפן
53	.....	כדור רובוטי בעל הנעה ג'ירוסקופית ובקרת אוריינטציה בלוויינים
54	.....	חקר ההצתה והבעירה במנוע ונקל
55	.....	ההתנהגות המכנית של קורה לחוצה המוגבלת על ידי קיר קפיצי לא ליניארי

פרוייקטי גמר הנדסיים

58	.....	אוטומציה של תהליך כיול מדי כוח ברפאל
59	.....	מערכת עקיבה מובנת מבוססת מצלמת עין-דג כפולה
60	.....	הפחתת נזקי התעייפות תרמית לרכיבים רגישים של מחזור משולב הפועל עם התנעה תכופה
61	.....	יישומי בקרה חוזרת (רפטיבית) במעבדה
62	.....	מערכת אוטונומית להחלפת תפסניות ברובוט
63	.....	Adhesive Robotic Gripper - Stickerbot
64	.....	בקרת מערכות סרוו באופניים אוטונומיות
65	.....	אקטואטור פיזיאלקטרי לסטימולציית תאי עצם
66	.....	ייצוב מטוטלת הפוכה ע"ג בסיס ממונע באמצעות בקרה בחוג סגור
67	.....	בחנית עיצובים חדשים מעכבי קרישה עבור מסתם אאורטלי מכני לבבי
68	.....	פיתוח זרוע רובוטית מולטיסטבילית לחילוץ והצלה
69	.....	ייצוב אופניים באמצעות בקרת היגוי
70	.....	תכנון ובניית דינמומטר עבור מנועים קטנים
71	.....	תכן מתקן ניסוי לבקרת מגע
72	.....	אוטומציה של רכב הפורמולה בטכניון
73	.....	מידול, בקרה וייצוב מטוטלת הפוכה בעזרת גלגל תנופה
74	.....	אימות מודל חישובי של מגביל זרימה מסוג Cavitating Venturi על ידי ניסויים
75	.....	בקרת עכבה עם רובוט UR5
76	.....	חיזוי תנועת אדם במשימות משותפות אדם-רובוט בשיטות למידה עמוקה
77	.....	איזון של צימודים, פירים, תת-מכלולים וניתוח זרימה/חום עבור מנוע המחזור האדפטיבי
78	.....	מערכת אוטונומית להחלפת תופסנית ברובוט
79	.....	עיבוד וסיווג אותות כחלק מפרויקט : "My five" - פרוטזה מיו-אלקטרונית במחיר נמוך לקטועי יד מתחת למרפק
80	.....	מערכת קירור תרמו-אקוסטית המשלבת מעבר מסה
81	.....	עמדת בדיקה למנועים חשמליים
82	.....	פיתוח מתקן ייעודי מבוסס Flexures למדידה ישירה של כוח הדחף בעת ירי מנועים רקטיים
83	.....	תרמופונים - מתמר תרמו-אקוסטי להפחתת רעש בטורבו-מכונות
84	.....	אפיון מסכת פאזה מאריכת עומק מוקד בזרימה
85	.....	ניתוח שיטות מדידה של אלמנטים אופטיים
86	.....	אנליזה מבנית של מיכל

פרוייקטי גמר תכן מוצר חדש



מתקן עזר לציור

Drawing Assist Device

דורון מישייב וגמבאו אנדשאו | מנחה: מר כפיר כהן

The purpose of this project is to design and produce a drawing device for children with Cerebral Palsy. This tool will allow children to move their hands freely, join social activities, and draw with different writing implements on A4 pages attached to the built-in tray of the wheelchair using a simple tape. This project produced two pieces of equipment: "assist straps" and "table clamp", the first one attaches to the wheelchair and the second one to the tray. These devices use mechanical components which include aluminum rods and pipes, sleeve bearing, and anchors, all to assure the equipment stays in place during its use. These devices have proven to meet customer requirements in force and strain calculations, including static load simulations.

מטרת הפרויקט היא לתכנן ולייצר מתקן עזר לציור המיועד לילדים הסובלים משיתוק מוחין. מתקן זה, יעניק לילדים את היכולת להניע את היד בקלות, להשתתף בפעילויות חברתיות ולצייר באמצעות כלי כתיבה שונים על גבי דפי A4 שיוצמדו למגש המובנה של כיסא הגלגלים באמצעות סרט הדבקה פשוט. בפרויקט זה, תוכננו ויוצרו שני מתקנים: "רצועות עזר" ו"מהדק שולחני" כאשר המתקן הראשון מתממשק לכיסא הגלגלים והמתקן השני למגש.

המתקנים מבוססים על רכיבים מכניים הכוללים מוטות וצינורות אלומיניום, תותבים ועוגנים שתפקידם למנוע מהמתקנים להתנתק או לנוע בעת השימוש וכל זאת תוך בדיקת עמידתם בדרישות הלקוח באמצעות חישובי כוחות ומאמצים, לרבות שימוש בסימולציות העמסה סטטיות.



מתקן הליכה עבור דריכה מבוקרת

Controlled Stepping Walking Device

יוליה צ'רטקוב, מרון האשם ועידו אשכנזי | מנחה: מר דובי צוק

In our project we will design, develop and produce medical device that aid recovery process for a variety of foot injuries. For those kinds of injuries, it takes between 2 weeks and even possibly up to several months to fully heal. During this period of time the patient can't fully step on his foot and unable to do one of the most basic daily activities, which is walking. The main goal of our device is to retain to the patient the ability to walk independently and improve his rehabilitation process. The device will hold the patient's shin, divide the total load between the shin and the feet and will monitor the loads on the shin and the feet. The device will send the data to the computer. Using screws, the patient will adjust the device to his foot and via setting the height of the feet, the ratio between the shin's load and the feet's load will be set. Using the ability to monitor the loads, the quality of the medical treatment will improve and will be more suitable for each patient individually.

בפרויקט זה נתכנן, נפתח ונייצר מוצר רפואי הנותן מענה שיקומי לפציעות כף רגל מגוונות. עבור פציעות כף רגל תהליך ההחלמה יכול לערוך בין 2 שבועות ועד כמה חודשים. במהלך תקופה זו המטופל אינו יכול לדרוך על כף רגלו באופן מלא אם בכלל ואינו יכול לבצע את אחת הפעולות הבסיסיות ביותר, דבר הפוגע בתפקודו היום יומי, שהיא ההליכה.

מטרת המתקן שלנו היא להחזיר למטופל את היכולת ללכת באופן עצמאי תוך שיפור תהליך השיקום אותו עליו לעבור. המתקן מסוגל להחזיק את רגלו של המטופל, לחלק את העומס המופעל על הרגל בעת ההליכה בין כף הרגל והשוק ביחס אשר נקבע על ידי המשתמש, מסוגל לנטר את חלוקת העומס בין השוק לכף הרגל ולהעביר את הנתונים למחשב ולאפשר הליכה עצמאית למשתמש.

המטופל יחבוק את שוק רגלו הפצוע באמצעות חבק המתקן המותאם אליו באופן אישי ובאמצעות ברגים יתאים את גובה המתקן ביחס לרגלו. באמצעות כיוון גובה כף הרגל מרפידת המתקן ניתן יהיה לקבוע מה הוא העומס הפועל על כף הרגל. באמצעות יכולת ניטור העומס יוכל המטפל לקבוע מה הוא העומס שכף הרגל יכולה להתמודד ללא להחמיר את הפציעה בהתאם למצב הרגל ובכך בעצם ניתן לקבל תהליך שיקום טוב יותר ומותאם באופן איכותי יותר לכול מטופל ומטופל.



מתקן עזר אכילה

Eating Aid Device

דיאנה לרנר, רז גרבר, ירדן גואטה | מנחה: מר גיורא גורלי

Due to a muscular dystrophy, the user's ability to eat independently and comfortably was impaired. In the project we examined the existing capability and together we defined the characteristics of the system that would help the user achieve better performance.

The system will be installed on the wheelchair by an assistant prior to eating and uninstalled at the end of each use. It will help lift and lower the user's right hand to bring food from the plate to the mouth. The user will control the system via a remote control operated by her left hand

During the project we were required to design a system taking into account the existing physiological abilities, maintaining degrees of freedom for adjustment and designing for small volume and weight while maintaining an aesthetic appearance. The system combines production in Machining and 3D printing, as well as integration of electronic components.

בעקבות מחלת ניוון שרירים נפגעה למשתמשת היכולת לאכול בצורה עצמאית ונוחה. בפרויקט בחנו את היכולת הקיימת והגדרנו יחד את המאפיינים למערכת שתסייע לה להשיג תפקוד טוב יותר.

המערכת תותקן על כיסא הגלגלים על ידי כוח עזר לקראת אכילה ותפורק בסוף כל שימוש. היא תסייע להרים ולהוריד את יד ימין של המשתמשת לצורך הבאת מזון מהצלחת אל הפה. השליטה תבוצע על ידי שלט-רחוק שמתופעל ביד שמאל של המשתמשת.

במהלך הפרויקט נדרשנו לתכנן מערכת תוך התחשבות ביכולת הפיזיולוגית הקיימת, שמירה על דרגות חופש למטרות כיוון והתאמה וכן תכנון לנפח ומשקל קטנים תוך הקפדה על מראה אסתטי. המערכת משלבת ייצור בכרסום והדפסת תלת מימד, כמו כן שילוב רכיבי אלקטרוניקה.

מערכת אקטואציה להיגוי ברכב הפורמולה 202

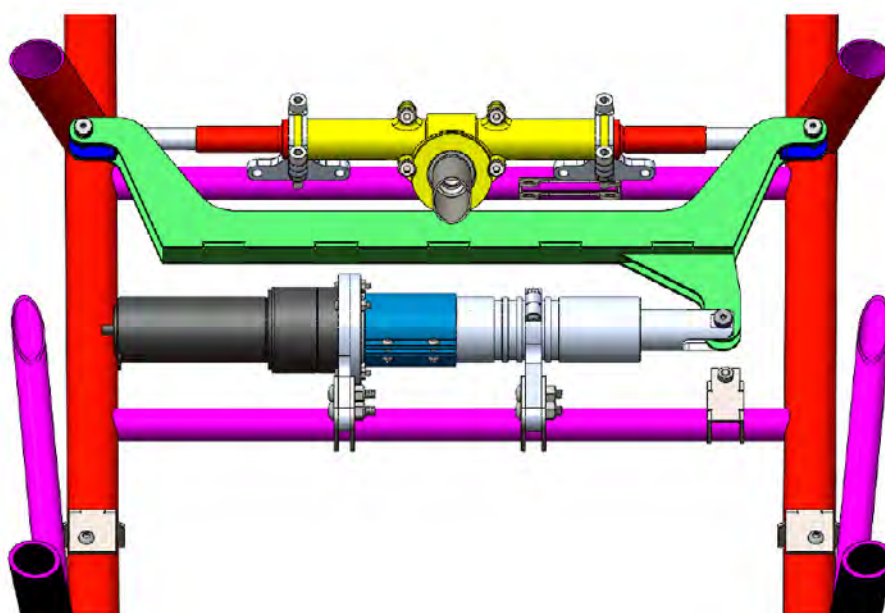
Steering Actuation System of Formula Car 2022

ולנטין דורמן | מנחה: ד"ר נפתלי סלע

The Formula student race of 2022 includes an autonomous event in addition to the main event. In order to compete in the autonomous event a mechanism has been designed to fit the requirements. The mechanism connects to the steering rack and allows the movement of the Formula car's front wheels based on signals received from the autonomous system navigation computer. The actuation system consists of an electric actuator which itself is based on a lead screw and is driven by an electric motor, and a bridge that connects the electric actuator to the steering rack. This year the system was planned to give a solution to a problem that accrued in previous years, that problem being the inability to turn the wheel at a reasonable force when the system is connected.

בתחרות הפורמולה סטודנטים של 2022 קיים מקצה אוטונומי נוסף למקצה הרגיל. על מנת להתחרות במקצה האוטונומי תוכנן מנגנון העומד בדרישות התקנון, מתחבר למסרק ההיגוי ומאפשר את הזזת הגלגלים הקדמיים של רכב הפורמולה לפי אותות שיתקבלו ממחשב הניווט של המערכת האוטונומית. מערכת האקטואציה מורכבת מאקטואטור חשמלי המבוסס על בורג הנעה ומופעל על-ידי מנוע חשמלי וממגשר המחבר בין האקטואטור לבין מסרק ההיגוי.

מערכת האקטואציה שתוכננה השנה נותנת מענה לבעיה שעלתה ברכבי הפורמולה הקודמים והיא שלא היה ניתן לסובב את ההגה בכוח סביר כאשר המערכת מחוברת.



תכן ה-Upright לרכב פורמולה טכניון 2022

Formula Technion 2022 Upright Design

מקוון בלטה | מנחה: מר נמרוד מילר

The purpose of the project is to design and manufacture the front Upright of the Formula Technion race car 2022. The Upright is part of a wheel assembly, it is the static part and the link between the wheel assembly and the suspension and steering. The main function of the front upright is to transmit all the forces and moments between the wheel and the connecting rod control arm. The upright needs to withstand loads and vibrations while maintaining the optimal dynamic performance of the vehicle. To obtain a lightweight, the topology optimization method is used in the structure design. The model was simulated and verified regarding the strength, stiffness, and safety factor under two different conditions, namely turning braking and emergency braking.

מטרת הפרויקט היא לתכנן ולייצר את ה-Upright הקדמי של מכונית המירוץ של פורמולה טכניון 2022. ה-Upright הוא חלק ממכלול גלגלים, הוא החלק הסטטי, אשר מקשר בין מכלול הגלגל לבין המתלים וההיגוי. תפקידו העיקרי של ה-Upright הקדמי הוא להעביר את כל הכוחות והמומנטים בין הגלגלים למתלים. ה-Upright צריך לעמוד בעומסים ורעידות תוך שמירה על ביצועים דינמיים מיטביים של הרכב. לשם הורדת משקל, נעשה שימוש בשיטת האופטימיזציה הטופולוגיה בתכנון המודל ובוצע סימולציה בשני תנאי קיצון שונים, בלימה ופנייה ובלימה בחירום על מנת לבדוק חוזק, קשיחות, מקדם הביטחון ועמידה בדרישות הנדסת המערכת.



מיטות קומתיים מתקפלות מיוחדות

Special Folding Bunk Beds

יוסף נסים, נח ברנטן, רועי צובוטארו | מנחה: אברהם גרינבלט

The purpose of this project is to build a special version of a folding bunk bed which will accommodate disabled residents by interfacing with a ceiling lift. In time of emergency, bomb shelters in an assisted living for people with disabilities must be able to sleep all the residents while maintaining the room functionality. To accommodate the maximum number of people in the smallest area, bunk beds are designed such that they fold against the wall. For the ceiling lift to place the resident in the lower bed, the bed will detach from the wall structure and roll out from underneath the upper bed.

מטרת פרויקט זה הינה ייצור גרסה מיוחדת של מיטת קומתיים מתקפלת, אשר תתאים לדיירים עם מוגבלויות פיזיות, תוך התממשקות עם מנוף הרמה תקרתי. בשעת חירום, מקלטים בדיוור מוגן לאנשים בעלי נכות פיזית, צריכים להיות מסוגלים להלין את כל הדיירים תוך שמירה על פונקציונליות החדר. כדי להכיל את המספר המרבי של אנשים ומיטות באזור נתון, מיטות קומתיים מעוצבות כך שהן מתקפלות אל הקיר. על מנת שמנוף התקרה יוכל להניח את הדייר בעל המוגבלות במיטה התחתונה ללא תלות במצב המיטה העליונה, המיטה התחתונה הינה בעלת יכולת ניתוק ממבנה הקיר ותנועה אופקית מתחת למיטה העליונה.



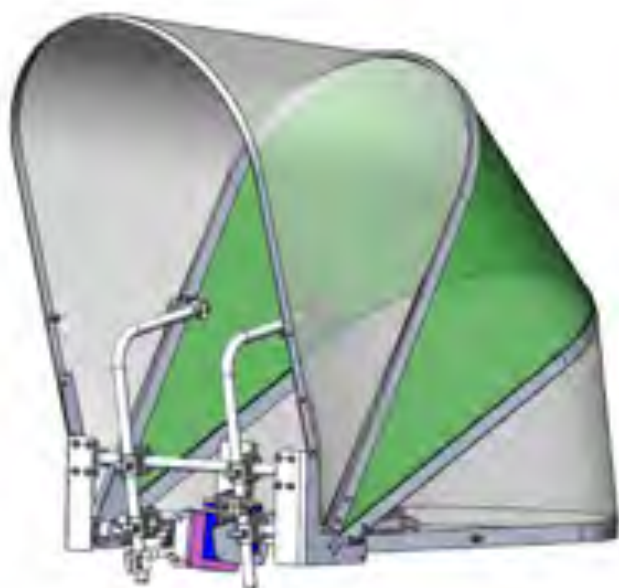
כיסוי לכיסא גלגלים חשמלי עבור בית קסלר

Electric Wheelchair Cover for Kessler House

דן ברנר, יבגני מישצ'נקו ודוד קיגל | מנחה: שלמה נזר

Kessler House is a sheltered housing system for people with physical disabilities who want to start living independently. Many tenants lead a routine lifestyle, using a wheelchair on a regular basis to get around outside the Kessler house as well. In many cases, they have to deal with harsh weather conditions that include rain, and they do not have the ability to independently use an umbrella. Therefore, a solution is required where the tenants can operate independently and protect them in case of rain. The product was designed according to the customer's needs and engineering requirements. The planned solution is a folding transparent canopy that can be disassembled and mounted on the electric wheelchair. The canopy is operated by a wireless remote control and is driven by an electric motor which opens and closes it. The parameters considered are wind, rain protection and field of vision. The system has been adapted to the user's disabilities with an emphasis on maximum safety.

בית קסלר הינו מערך דיור מוגן לאנשים בעלי נכות פיזית המעוניינים לצאת לדרך חיים עצמאית. דיירים רבים מנהלים אורח חיים שגרתי, תוך שהם נעזרים בכיסא גלגלים באופן קבוע על מנת להתנייד גם מחוץ לבית קסלר. במקרים רבים, הם נאלצים להתמודד עם תנאי מזג אוויר קשים הכוללים בין היתר גם גשם, ואין להם את היכולת להיעזר באופן עצמאי במטרייה. על כן, נדרש פתרון שבו הדיירים יוכלו לתפעל באופן עצמאי ויגן עליהם בעת גשם. תכן המוצר בוצע על פי צרכי הלקוח ודרישות הנדסיות. הפתרון שתוכנן הינה חופה שקופה מתקפלת אשר ניתן לפרק ולהרכיב על הכיסא הגלגלים החשמלי. החופה מופעלת על ידי שלט אל-חוטי ומונעת על ידי מנוע חשמלי אשר פותח וסוגר אותה. הפרמטרים שנלקחו בחשבון הינם רוח, הגנה מפני גשם ושדה ראייה. המערכת הותאמה למגבלות המשתמש וכן ניתן דגש לבטיחותו המרבית.



מתקן נוירוסטימולציה לא פולשני - חדשנות רפואית במודל ביודיזיין

Non-Invasive Neurostimulation Device – Biodesign Innovation

עמית אשכנזי, ד"ר רון מרום, ד"ר קונסטנטין צ'רניק, דניאלה פוז'בסקי, תמיר ישראלי, ותום יהב

מנחה: ד"ר יונה וייסבוך

Chronic pain is the biggest global health burden that effects more than 1.5 billion people. Of all chronic pain, back pain is the most prevalent. Conventional external therapies and treatments remain mostly ineffective, and while invasive treatments are more effective, they come with great risk and remain inaccessible to the majority of patients. The project team came up with a way to simulate sensory nerves in the spinal cord in a non-invasive manner to reduce pain signaling to the brain. Using this device people suffering from chronic pain can have an immediate and safe first treatment to prevent loss of productivity before personalized treatment can be formed.

כאב כרוני מהווה את המעמסה הגדולה ביותר על בריאות הציבור העולמית, ומשפיע על יותר מ-1.5 מיליארד אנשים. מכל סוגי הכאבים הכרוניים, כאבי גב הם הנפוצים ביותר. הטיפולים החיצוניים השמרניים לכאבי גב התגלו כלא יעילים ברוב המקרים, בעוד פתרונות פולשניים לדוגמה יעילים אך עם סיכון רב ואינם נגישים לכולם. על כן צוות הפרויקט מצא דרך לגרות עצבי חישה בחוט השדרה באמצעים לא פולשניים, זאת כדי להקל על תחושת הכאב שמועברת למוח. אנשים הסובלים מכאבי גב יוכלו לקבל באמצעות מכשיר זה טיפול ראשוני, מידי ובטוח כדי למנוע אובדן פרודוקטיביות עד שטיפול מותאם אישית יוכל להיווצר.

פרוייקטי גמר מחקריים



Social Learning in Chemotaxis

Dr. Daniel Hexner: מנחה | Daniel Ilan Raccah

Currently machine learning, for the large part, is rooted in computing gradients of a cost function. We explore a new form of learning, known as social learning, where a number of entities learn by mimicking each other. The advantage of this approach is that learning does not require an external managing computer, but rather occurs through the interactions between individuals. This could be useful in swarms of robots.

We study social learning in a model system of chemotaxis. Chemotaxis is a process by which cells attempt to migrate towards a source of food. Typically, cells are too small to sense the small and fluctuating gradients of food concentration. Instead, they integrate over food concentration with an integration kernel and make a decision on their dynamics. We test whether cells are able to learn the integration kernel by mimicking successful cells that are more efficient at finding food. We explore the role of learning rate, and the possibility of devising new strategies by the addition of noisy imitation

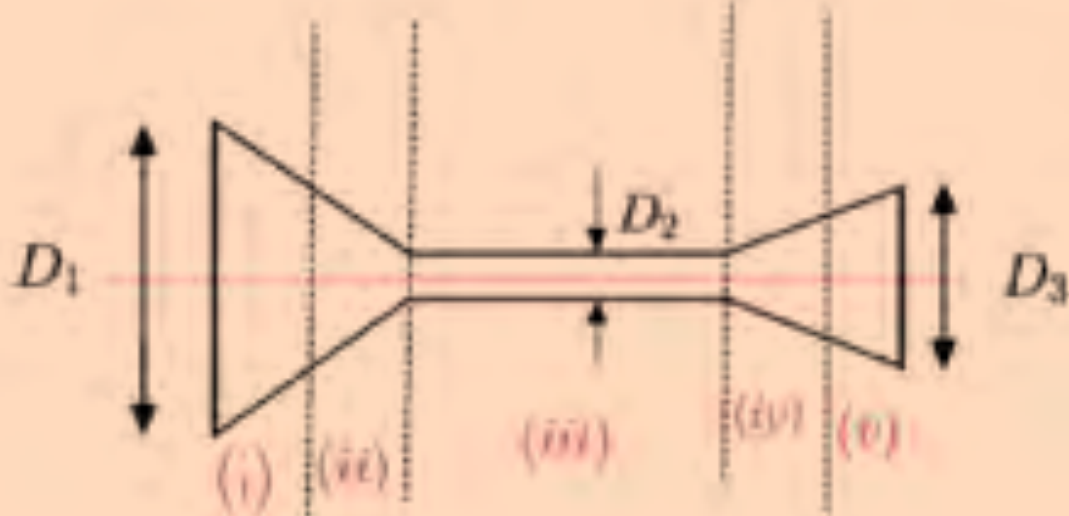
דלק במצב ג'ל שבו תרחיף מוצק במגביל זרימה מסוג Cavitating Venturi

Gelled Kerosene with Solid Particulates in A Cavitating Venturi

נוי ביטון | מנחים: דב חזן ובני נתן

The purpose of the project is to model the behavior of a kerosene based gelled fuel which contains homogeneously distributed solid particles of an "activator" material, in a Cavitating Venturi (CV). The analysis of the CV is conducted in five zones: a convergent section without bubbles, a convergent section with bubbles, the throat, a divergent section with bubbles and a divergent pressure-recovery section without bubbles. We use mass and energy balances in order to calculate the changing pressure throughout the CV. We also use the Herschel Bulkley Extended (HBE) model in order to include the behavior of the gelled fluid with its rheology. Furthermore, we used the Lahey and Moody method in order to find the maximum flow rate, resulted by the choked flow due to cavitation. We used the program CEA and a research by Shepherd, Nuyt and Lee in order to find the thermodynamic properties of the kerosene. With the results we found, we were able to create Matlab functions and test our model.

מטרת הפרויקט היא לפתח מודל של התנהגות דלק קרוסין במצב ג'ל המכיל חלקיקים מוצקים המפוזרים באופן הומוגני ומתפקדים כחומר מפעיל, בתוך רכיב בקרת ספיקה מסוג Cavitating-Venturi (CV). האנליזה של ה-CV נעשית בחמישה אזורים: אזור מתכנס ללא בועות, אזור מתכנס עם בועות, נחיר, אזור מתכנס עם בועות ואזור מתבדר ללא בועות בו מתרחשת עליית לחץ. אנו משתמשים במאזני מסה ואנרגיה לצורך חישוב הלחץ המשתנה לאורך ה-CV. בנוסף, אנו משתמשים במודל Herschel Bulkley Extended (HBE) כדי לכלול את ההתנהגות של הנוזל המג'ל עם ריאות. בנוסף, אנו משתמשים בשיטה של Lahey & Moody כדי למצוא את הספיקה המקסימלית, המתרחשת כתוצאה מזרימה חנוקה כתוצאה מקוויטציה. השתמשנו בתוכנה CEA ובמאמר של Shepherd, Nuyt ו-Lee על מנת למצוא את התכונות התרמודינמיות של קרוסין. עם התכונות שמצאנו, הכנו פונקציות Matlab ובחנו את המודל.



ניתוח מאפייני הנחתת ההלם של methylcellulose hydrogels בעזרת אנליזה בשיטת אלמנטים סופיים Analyzing Shock Attenuation Characteristics of Methylcellulose Hydrogels using Finite Element Analysis (FEA)

עופר חונן | מנחה: פרופ' דניאל ריטל

Methylcellulose hydrogels are undergoing thermo-reversible transition (liquid to solid) upon heating. While applying mechanical impact, the gel absorbs the shock energy due to the exact transition. The goal of the project is to model Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB) system for shock absorption characterization, using finite element analysis while performing experiments on the same system to validate the model.

methylcellulose hydrogels עוברים תהליך תרמי הפוך (מנוזל למוצק) בעת חימום. בעת הפעלת אימפקט מכני, הג'ל סופג את אנרגיית ההלם עבור תהליך זה. מטרת הפרויקט הוא מידול מערכת בר לחץ הפיצול-הופקינסון (SHPB) לצורך ניתוח מאפייני הנחתת ההלם, בעזרת אנליזה בשיטת אלמנטים סופיים וביצוע ניסויים במערכת הניסוי המדוברת לתיקוף האנליזה.

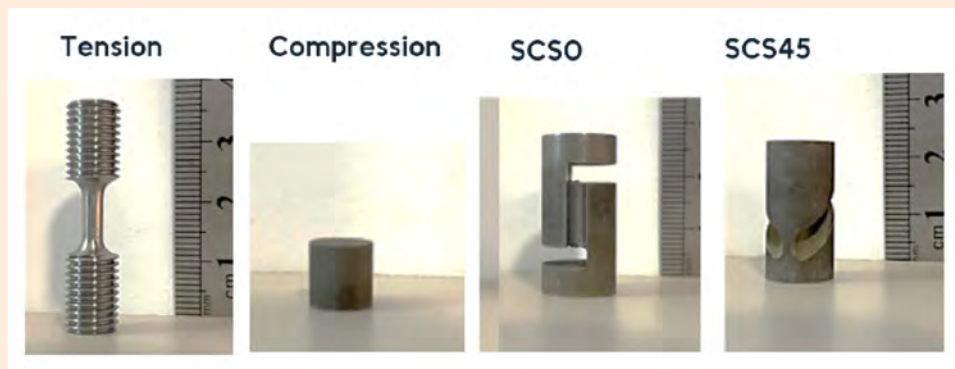
שבר דינמי בחומר הטרוגני מרוכב

Dynamic Fracture in Tailored Heterogeneous Ductile Material

תאיר דוד | מנחה: פרופ' דניאל ריטל

This project is a collaboration with the U.S. Air Force and its purpose is to characterize the mechanical behavior of a newly developed high strength alloy. Macro mechanical characterization, including both quasi-static and dynamic tension and compression tests, and shear high strain rate experiments, in addition to dynamic shear-dominated interrupted fracture tests, are all expected to provide indications of the evolution of the material microstructure in the course of plastic deformation. Also, estimation of the thermodynamic heat conversion of the material will be performed using a high-speed infrared camera. The experiments are performed using a Universal Testing Machine (UTM) for the static tests and Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB) and the Split Hopkinson Tensile Bar (SHTB) setups for the dynamic experiments (wide ranges of strain rate $(10^{-3} - 10^3 [s^{-1}])$).

פרויקט בשיתוף פעולה עם חיל האוויר האמריקני (USAF) במטרה לבצע אפיון מאקרומכני לסגסוגת בעלת חוזק גבוה שפותחה לאחרונה. האפיון המאקרומכני כולל גם בדיקות מתיחה ולחיצה קוואזי-סטטיות ודינמיות, וגזירה בקצבי עיבור גבוהים. בנוסף, ביצוע ניסויים על דגמי גזירה "בהפרעה", במטרה לחקור את השינוי בחומר והתפתחות השבר במהלך דפורמציה פלסטית בקצבי עיבור גבוהים. בנוסף, ביצוע מדידות טמפרטורה והערכה של התנהגות תרמו דינמית של החומר באמצעות מצלמת אינפרא אדום, במהלך ניסויי לחיצה דינמיים. הניסויים מבוצעים הסטטיים מבוצעים במכונת UTM ואילו הדינמיים מבוצעים במערכת ניסויי "Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB) עבור ניסויים הדורשים פעולת לחיצה ו-Split Hopkinson Tensile Bar (SHTB) עבור מתיחה, קצבי העיבור הם בטווח רחב של $(10^{-3} - 10^3 [s^{-1}])$.



הנדסת רקמות, רקמת שד

Tissue Engineering, Breast Tissue

אסף סילברסטיין | מנחים: פרופ' שולמית לבנברג, ד"ר עידית גולדפרכט, ד"ר שרון קרקוף - שילה

Many women that have breast cancer undergo mastectomy, an operation that removes the breast. After mastectomy most of the patients go through breast implantation surgery. Today's options of breast implants are problematic; they are heavy, stiff, can cause many medical complications and more. Using tissue engineering, it is possible to find a better alternative to the use of breast implants. The aim of the project is to design a breast scaffold from biodegradable materials, that will be seeded with human adipose cells (fat cells). The biodegradable material that will be used is polycaprolactone (PCL) which is FDA approved. The structure of the scaffold is the foundation for the cells to grow on. It guides the cells in the desired shape thereby influences on the tissue formation. By designing the scaffold structure based on breast geometry and mechanical properties, the engineered tissue will be similar to a native human breast. In addition to mechanical properties, the scaffold design must be appropriate for cell seeding, in other words the scaffold needs to be porous and spacious.

נשים רבות אשר חלו בסרטן השד נאלצות לבצע כריתת שד וכתוצאה מכך יש צורך בביצוע השתלות שד. השתלות השד הקיימות כיום בעיתיות, השתלים כבדים, קשים ויכולים לגרום לסיבוכים רפואיים. עם השימוש בהנדסת רקמות ניתן יהיה לתכנן אלטרנטיבה טובה יותר להשתלות שד הקיימות היום. מטרת הפרויקט היא לתכנן פיגום מחומר מתכלה בגוף אשר יהיה זרוע בתאי אדיפוס (תאי שומן) של בן-אדם.

החומר ממנו הפיגום ייווצר הוא polycaprolactone (PCL), והוא חומר המאושר לשימוש ע"י ה-FDA.

מבנה הפיגום הוא התשתית עליה גדלים התאים: הוא מנחה את התאים איך לגדול ולאן, לכן יש לו חשיבות רבה בתהליך של הנדסת הרקמות. על ידי תכנון ייחודי למבנה של הפיגום, המבוסס על הגאומטריה והתכונות המכניות של השד, לרקמה המהונדסת יהיו מאפיינים דומים לשד של אישה. בנוסף לכל אלה, יש צורך לתכנן פיגום אשר מעודד גדילה של תאים, ולכן הפיגום צריך להיות אווירי ופורזיבי.



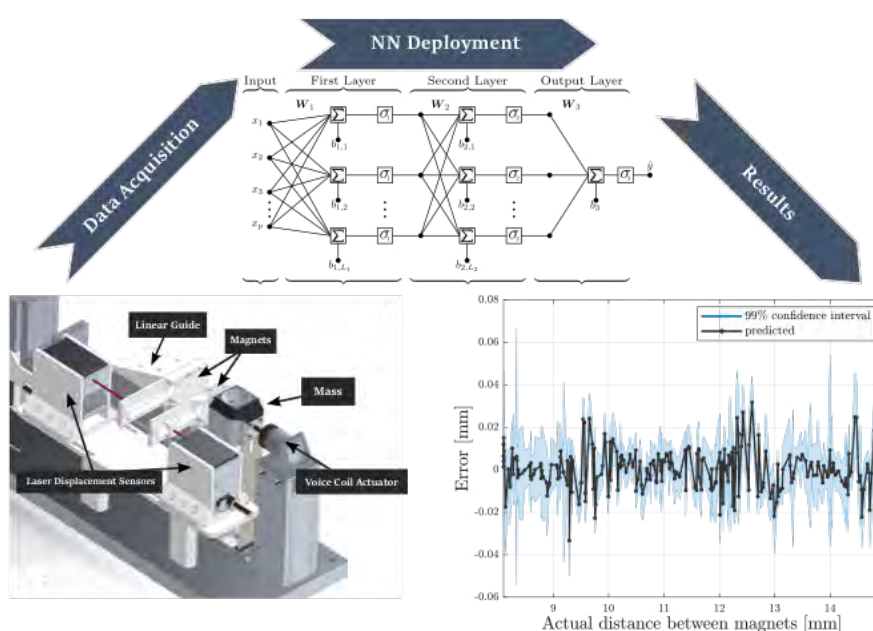
חישה טופוגרפית בשדה פוטנציאל לא ליניארי ללא מגע באמצעות ניתוח תנודות ולמידת מכונה

Non-contact Topographic Sensing Under a Nonlinear Potential Field using Vibration Analysis with Machine Learning

אלעד שרונים | מנחים: ד"ר יואב ורד, פרופ' יצחק בוכר

Machine Learning in general and Artificial Neural Networks, in particular, have proven to be significantly effective in the context of data exploitation. However, when considering real-life dynamical systems, there is still a gap in the performance of these algorithms. In recent years, there has been a rise in the attempt to incorporate expert knowledge using a prior understanding of physics-based models to identify and control complex physical engineering systems. This study utilized the steady-state response of an oscillating single degree of freedom system subjected to a nonlinear magnetic forcing due to two magnets and combined vibration analysis of the measured data with physical principles. The research outcome enables the training and deploying of a neural network capable of predicting the nominal distance between the two magnets.

למידת מכונה בכלל ורשתות עצביות מלאכותיות בפרט, הוכיחו את עליונותן בתחומים רבים. עם זאת, בשילוב כלים אלה במערכות ניסוי דינאמיות, עוד קיימים פערים הנובעים לרוב מחוסר הבנה של המודלים הפיזיקליים השולטים בבעיה. בשנים האחרונות ישנה מגמת עלייה בהכרה כי שילוב ידע מומחה בצינור עיבוד הנתונים הינו צעד הכרחי בהטמעת מערכות לומדות לצורך זיהוי ובקרה של מערכות הנדסיות מורכבות. במחקר זה, מדדנו את תגובת התדירות של מתנד הרמוני בעל דרגת חופש אחת, המאולץ בכוח מגנטי לא ליניארי, על ידי ניתוח התנודות ותוך שימוש בעקרונות פיזיקליים. תוצאות המחקר איפשרו לאמן ולממש רשת עצבית המסוגלת לחזות את המרחק הנומינלי בין שני המגנטים.



תא דלק להתפלת תמלחת

Hypersaline Brine Desalination using Desalination Fuel Cells (DFCs)

שולאנג שן | מנחים: שדא אבו חלה, פרופ"ח מתיו סאס

Hypersaline brine is a solution with high salinity. It is a by-product of industrial production that causes great damage to the environment. Globally, plants discharge 142 million cubic meters of hypersaline brine every day (back in year 2019). Different disposal methods (such as discharge it to surface water bodies and deep wells) and different treatments (such as evaporators and crystallizers) are used nowadays, however, these technologies are generally unsustainable and are restricted by the high cost. For example, MVC Evaporator require electricity investment of 18-20 KWh/m³ of treated stream, and Crystallizer require electricity investment of >50 KWh/m³ of treated stream.

In this project, we utilize the desalination fuel cell (DFC) technology to desalinate hypersaline brine solutions. The significance of this treatment compared with the traditional methods is that it does not need high heat or electricity input to operate. The input to the DFC is solely chemical energy in the form of redox-active chemicals, and it outputs desalinated water and electricity simultaneously. We desalinated 70 gr/l NaCl solution completely, while producing electricity of up to 15 kWh/m³ of treated stream.

תמלחת היא תמיסה עם מליחות גבוהה. זהו תוצר לוואי של ייצור תעשייתי הגורם נזק רב לסביבה. בעולם, מפעלים פולטים 142 מיליון קוב של תמלחות מדי יום (בשנת 2019). שיטות סילוק שונות (כגון הזרמתו למקווי מים עיליים ובארות עמוקות) וטיפולים שונים (כגון מאיידים ומגבשים) משמשים כיום לסילוק תמלחות, אולם טכנולוגיות אלו בדרך כלל אינן בנות קיימא ומוגבלות על ידי העלות הגבוהה. לדוגמה, MVC Evaporator דורש השקעת חשמל של 18-20 קוט"ש/מ"ק של זרם מטופל, ו-Crylizer דורש השקעת חשמל של >50 קוט"ש/מ"ק של זרם מטופל.

בפרויקט זה, אנו משתמשים בתא הדלק להתפלה (DFC), להתפלת תמלחות. לטיפול זה יש יתרון בהשוואה לשיטות המסורתיות, שכן הוא לא דורש חום גבוה או חשמל כדי לפעול. אנו מכניסים תמיסות כימיות ומימן, ומקבלים מים מותפלים וחשמל בו זמנית. בפרויקט זה הצלחנו להתפיל תמלחת של 70 גרם/ליטר NaCl לחלוטין, תוך הפקת חשמל של עד 15 קוט"ש/מ"ק של זרם מותפל.

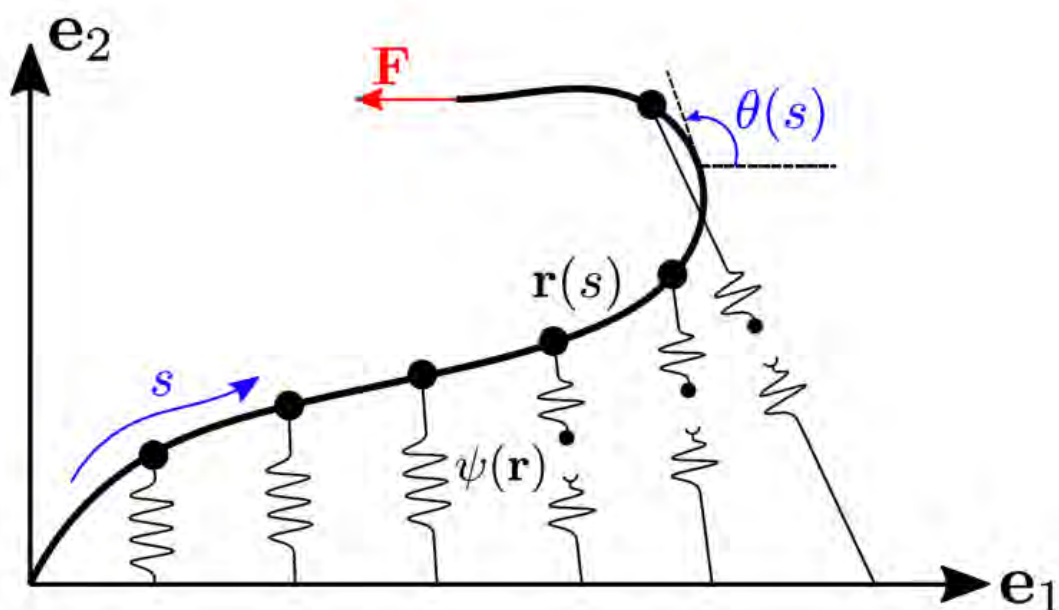
מודל הפרדה בין ננו־משטחים עם התחשבות באפקטים תרמו־סטטיסטיים

Separation Model for Nano-Surfaces Accounting for Thermo-Statistical Effects

עמוס הרי | מנחה: פרופ' ח ספי גבלי

Adhesion and decohesion process of surfaces in the nano-scale play an important role in cell biology, contact mechanics and other small-scale system such as carbon nano-tubes. In this work we investigate the peeling behavior of nano-surfaces in which adhesion is described by discrete breakable tethers, while considering thermo-statistical effects that are significant in such small-scale systems. First, a simple existing model that only allow small rotations was investigated, and an improvement was suggested to better represent the physics of the problem. Then, we proposed a new and general method for approaching problems in statistical mechanics. Using this method, we obtained a new analytical model that can also describe large rotations. Finally, using the Monte-Carlo method, we obtained predictions about the system's shape for different temperatures and loading conditions.

לתהליכי ההדבקה וההפרדות של משטחים בקנה המידה הננומטרי יש תפקיד חשוב בביו־לוגיה של התא, במכניקת מגע, ובמערכות קטנות אחרות כגון ננו־צינוריות פחמן. בעבודה הזו, חקרנו את תהליך ההפרדות של ננו־משטחים המודבקים עלידי קשרים שבירים, תוך התחשבות באפקטים תרמו־סטטיסטיים, אשר להם חשיבות רבה במערכות קטנות שכאלה. ראשית חקרנו מודל קיים המאפשר סיבובים קטנים בלבד, והצענו לשפר אותו כך שיתאר את הפיזיקה של הבעיה טוב יותר. לאחר מכן, ניסחנו שיטה כללית וחדשה לגישה לבעיות במכניקה סטטיסטית, ובעזרתה קיבלנו מודל אנליטי חדש שיכול לתאר גם סיבובים גדולים. לבסוף, בצענו סימולציות Monte-Carlo לקבלת תחזיות לצורת המערכת בתנאי העמסה וטמפרטורות שונים.



מכשיר אורתוזיס לפריקה הדרגתית של קרסול-רגל

Orthosis Device for Gradual Unload of Ankle-Foot

אביטל דלאריצ'ה | מנחה: ד"ר דנה סולב

We are interested on the impact of altered gait in people using walking-aid devices. AFOs are commonly used because they allow the patient to ambulate somewhat normally while providing protection around the injured limb. However, wearing an AFO alters the geometry and inertial properties of the lower limb and could cause an abnormal gait pattern. The main goal of unloading the foot is to redistribute plantar pressures to the limb while minimizing the shear and normal stresses on the limb. We design an orthosis device that will allow a gradual unload of the ankle-foot in order to optimize the rehabilitation process. Moreover, we aim to analyze the pressure distribution using capacitive pressure sensors, such as Pedar and Pliance, to differentiate the loading generated on the device and on the lower limb while using the foot orthosis. The analysis should be accompanied by the measurements of the plantar forces obtained with force plates placed on the floor. Additionally, a kinematic study of joints angles and position over time should be carried on (i.e. using Vicon system) in order to acquire a full picture of the gait differences caused by our device.

אנו מתעניינים בהשפעה של שינוי בהליכה על אנשים המשתמשים במכשירי עזר להליכה. AFOs משמשים בדרך כלל מכיוון שהם מאפשרים למטופל להתנועע באופן נורמלי במידה מסוימת תוך מתן הגנה סביב הגפה הפגועה. עם זאת, לבישת AFO משנה את הגיאומטריה ואת תכונות האינרציה של הגפה התחתונה ועלולה לגרום לדפוס הליכה חריג. המטרה העיקרית של פריקת כף הרגל היא לחלק מחדש את הלחצים הצמחיים לאיבר תוך מזעור הגזירה והלחצים הרגילים על הגפה. אנו מתכננים מכשיר אורתוזיס שיאפשר פריקה הדרגתית של הקרסול-רגל על מנת לייעל את תהליך השיקום. יתרה מכך, אנו שואפים לנתח את התפלגות הלחץ באמצעות חיישני לחץ קיבוליים, כגון Pliance-i Pedar, כדי להבדיל בין העומס שנוצר על המכשיר ועל הגפה התחתונה בזמן שימוש במדרס כף הרגל. הניתוח צריך להיות מלווה במדידות של כוחות הפלנטרים המתקבלים עם לוחות כוח המונחים על הרצפה. בנוסף, יש לבצע מחקר קינמטי של זוויות המפרקים והמיקום לאורך זמן (כלומר באמצעות מערכת Vicon) על מנת לקבל תמונה מלאה של הבדלי ההליכה הנגרמים על ידי המכשיר שלנו.



חקר מאפייני שדה הזרימה בסילונים קואקסיאליים

Flow Field Characteristics of Co-axial Jets

יוני רינגבירץ | מנחה: פרופ"ח רנה ואן האוט

Jet flows are commonly used in heat and mass transfer applications. In contrast to single round jets, a coaxial jet is comprised of an inner round jet and a surrounding, annular jet. Coaxial jet flows have the potential to further improve heat and mass transfer coefficients by changing the velocity ratio between the jets and/or the Reynolds number. Furthermore, by fine-tuning the flow structure to immersed anisotropic particle (such as fibers) characteristics, the orientation of fibers may be controlled. In the lab, we conduct experiments on a coaxial water jet system using particle image velocimetry technique (PIV). The aim of this study is to elucidate the near flow field characteristics of the jet and in particular study the effects of the inner-outer stream velocity ratio on the flow dynamics. In addition, a system to introduce fibers into the flow is being constructed and tested.

זרמי סילון נמצאים בשימוש נפוץ ביישומי מעבר חום ומסה שונים. בניגוד לסילון מעגלי יחיד, הסילון הקואקסיאלי מורכב מסילון מעגלי פנימי וסילון טבעתי חיצוני. זרמי הסילון הקואקסיאלי מחזיקים בפוטנציאל לשפר מקדמי מעבר חום ומסה באמצעות שינוי יחס המהירויות בסילון או שינוי של מספר ריינולדס. בנוסף, ע"י כיוון של מבנה הזרימה עבור סילון עם חלקיקים טבולים אנאיזוטרופיים (כמו סיבים לדוגמא), ניתן לשלוט על אוריינטציית הסיבים. במעבדה אנו עורכים ניסויים על מערכת סילון מים קואקסיאלי בעזרת שחזור שדה מהירות מתמונות חלקיקים עוקבי זרימה (PIV). מטרת המחקר היא להבהיר את מאפייני שדה הזרימה הקרוב של הסילון, ולחקור את ההשפעות של יחס מהירות הסילון הפנימי והחיצוני על דינמיקת הזרם. בנוסף, אנו בונים ובודקים מערכת שתפקידה להזריק סיבים לזרם.

הפרדת יון הבורון ממים מליחים בעזרת דה-יוניזציה קיבולית

Boron Ion-Removal from Water Via Capacitive Deionization

ליאן חיים | מנחה: פרופ"ח מתיו סאס

Capacitive deionization (CDI) is an emerging membrane-less technology, typically applied to brackish water desalination and ion-selective separations. CDI is based on a cyclic process of alternately charging and discharging a pair of porous electrodes, while the water is pumped through the electrodes. During the charging step, ions are removed from the feedwater by ion electrosorption into the electric double layers of charged electrode micropores. At discharging step, the electrodes are regenerated, and the ions are released to brine stream. Nowadays, membrane-based desalination technologies struggle to address the crucial challenge of removing toxic ions with pH-dependent charge. Boron ion is one example of such ions, as it is toxic for human health and plants growth at elevated concentrations. Boron ion is removed only by 50-60% using membrane at pH values below 8, so that often feedwater must be dosed with a caustic agent for effective boron removal. CDI cells show a natural strong pH variation within electrodes during charging. So that CDI has a high potential for boron ion removal. During this work, CDI experiments were conducted to investigate the effect of varying discharge voltage on the adsorption of the boron for a feedwater composed of boric acid and NaCl. The charging step was performed at a constant voltage of 1.2 V for 20 minutes, while the discharge step was performed for 60 minutes.

דה-יוניזציה קיבולית (CDI) הינה טכנולוגיה, חסרת ממברנה, המיושמת בדרך כלל להתפלת מים מליחים והפרדת יונים סלקטיבית. תהליך זה הינו תהליך מחזורי של טעינה ופריקה של אלקטרודות, כאשר המים מועברים בספיקה נמוכה ע"י משאבה פריסטטית דרך האנודה והקתודה. בשלב טעינת האלקטרודה, מתרחש תהליך ספיחה-חשמלית כאשר היונים נספחים לתוך שכבות חשמליות כפולות של נקבוביות האלקטרודה. בשלב הפריקה, שמהווה שלב רגנרציה לאלקטרודות, היונים משתחררים מהנקבוביות הטעונות ומקבלים מי מלח בזרם היציאה. קיימת כיום בעיה בטכנולוגיות מבוססות ממברנות להתפלת מים המכילה מזהמים בעלי מטען התלוי ברמת החומציות pH. יון הבורון הוא דוגמא ליון מסוג זה הרעיל לבריאות האדם ולגידול צמחים כאשר הוא נמצא בריכוזים גבוהים. יון הבורון נדחה רק כ-50%-60% בתהליך התפלת מים בעזרת ממברנה ב pH קטן מ-8. אחד המאפיינים הבולטים של CDI הוא השינוי החד בערכי ה pH בתוך התא בשלב הטעינה. לפי כך, CDI בעל פוטנציאל גבוה להסרת יון הבורון. במהלך העבודה בוצעו ניסויים שונים של CDI לחקירת השפעת מתח הפריקה על ספיחת הבורון עבור תמיסת הזנה המורכבת מחומצה בורית ומלח נתרן כלורי. שלב הטעינה בוצע במתח קבוע של 1.2V למשך 20 דקות, שלב הפריקה נעשה במתח משתנה בין ניסוי לניסוי (נע בין 0V ל-0.8V) למשך 60 דקות.

Low-Cost Robotic Prosthetic Hand

שירן אוסקר | מנחים: פרופ' אלון וולף, שונית פולינסקי ואבי יצחקי

This project aspires to design a prosthesis for trans-radial amputees that will be lightweight, low-cost, easily assembled, and accessible to all. To achieve that the design is based mostly on 3D printed parts and is activated by off-the-shelf motors and electronics. The prosthesis is powered by micro DC motors which control the opening and closing of the fingers (one motor per finger) and the rotation of the wrist, and are activated by a microcontroller.

It is a continued development project based on an existing design, and the current iteration includes the following upgrades: The design of the fingers was replaced with a modular one, which enables varying lengths. In addition, a position and speed control was used instead of the previous current control, by adding encoders to the motors and using PID control, combined with a pressure sensor to achieve precise movements and to allow partially closed hand gestures. Consequently, the palm and the motor housings were modified to enable those changes while still adhering to the original structural constraints.

מטרת הפרויקט היא לתכנן פרוטזה לאנשים עם קטיעה טרנסרדיאלית (מתחת למרפק) שתהיה קלה, זולה לייצור, פשוטה להרכבה ונגישה לכולם. לשם כך נעשה שימוש בתכן שרובו מבוסס על הדפסות תלת מימד ומופעל על ידי מנועים ורכיבים אלקטרוניים off-the-shelf. נוסף על כך כל המידע הנחוץ לשם ייצור הפרוטזה זמין באינטרנט כ-open source בשיתוף עם הנחיות הרכבה פשוטות. הפרוטזה מונעת על ידי מנועי DC מיקרו השולטים בפתיחה והסגירה של האצבעות (מנוע לכל אצבע) וברוטציה של כף היד. האותות להפעלת המנועים מתקבלים באמצעות מיקרו בקר.

מדובר בהמשך תהליך פיתוח ושיפור ביצועים של פרוטזה קיימת, כאשר באיטרציה הנוכחית נעשו השינויים הבאים: תכן האצבעות הוחלף לתכן מודולרי שמאפשר בחירה של אורך האצבע. כמו כן נעשה מעבר משימוש בבקרת זרם לבקרת מיקום ומהירות, ע"י הוספת מקודדים למנועים ושימוש בבקרת PID, בשילוב עם שימוש בחיישן לחץ כדי לאפשר שליטה מדויקת ביד ועצירה במצבי סגירה חלקיים. על מנת לאפשר את השדרוגים הנ"ל בוצעו שינויי תכן בבתי המנועים ובכף היד.



זרימה דו-פאזית חנוקה עם תכונות תרמודינמיות בתוכנת XSTEAM

Two-phase Choked Flow Modelling with the XSTEAM Thermodynamic Properties for H2O

ליאור דובוב | מנחים: בנבניסטה נתן, ד"ר חזן

The project deals with the development of a computational model for the analysis of a Cavitating Venturi (CV) type flow control component. The model is intended for CV tests using water. The initial analysis of the CV is done in three geometrical sections of the CV, and in five computational sections. The first geometric section converges from the inlet diameter to the diameter of the nozzle throat; The second is the nozzle throat itself; The third one is divergent up to the exit diameter. The five computational segments include a single-phase convergent region where the pressure is lowered to saturation pressure, a two-phase convergent region, a nozzle with two-phase flow, a two-phase convergent region, and a single-phase liquid convergent region, where the pressure recovery occurs. We use mass and energy balances to calculate the pressure varying along the CV. Two-phase flow modeling and calculations are carried out using the detailed thermodynamic properties' tables ("steam tables") of water, using the Xsteam¹ application. In the calculations, it is necessary to overcome challenges around the vapor pressure.

הפרוייקט עוסק בפיתוח מודל חישובי לאנליזה של רכיב בקרת ספיקה מסוג CV, Cavitating Venturi. המודל מיועד לבדיקות CV באמצעות מים. האנליזה הראשונית של ה-CV נעשית בשלושת המקטעים הגאומטריים של ה-CV ובחמישה מקטעים חישוביים. המקטע הגאומטרי הראשון מתכנס מקוטר הכניסה עד קוטר צוואר הנחיר; השני הוא צוואר הנחיר עצמו; בשלישי יש התבדרות עד קוטר היציאה. חמשת המקטעים החישוביים כוללים אזור מתכנס חד-פאזי נוזלי, שבו מתקיימת הורדת הלחץ עד לחץ הרוויון, אזור מתכנס דו-פאזי, נחיר שבו זרימה דו-פאזית, אזור מתבדר דו-פאזי, ואזור מתבדר חד-פאזי נוזלי, בו מתרחשת הבראת הלחץ. אנו משתמשים במאזני מסה ואנרגיה לצורך חישוב הלחץ המשתנה לאורך ה-CV. מידול הזרימה הדו-פאזית והחישובים מתבצעים באמצעות טבלאות התכונות התרמודינמיות המפורטות ("טבלאות קיטור") של מים באמצעות היישום Xsteam¹. בחישובים יש להתגבר על קשיים שנוצרים בשימוש בתחום שקרוב ללחץ האדים.

¹ Magnus Holmgren (2021). X Steam, Thermodynamic properties of water and steam.

(<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/9817-x-steamthermodynamic-properties-of-water-and-steam>), MATLAB Central File Exchange.

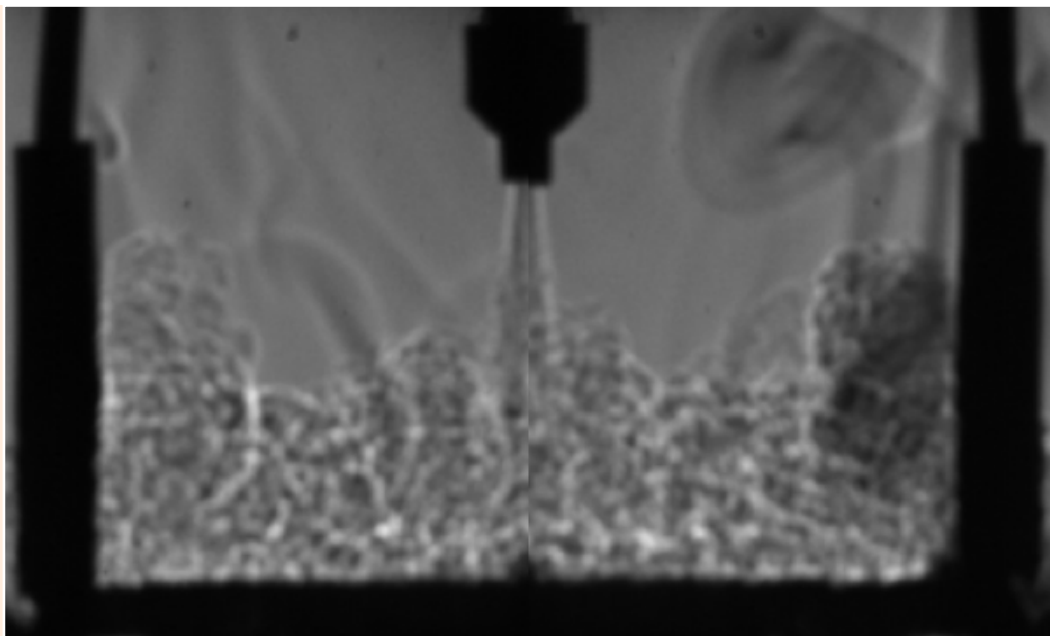
Retrieved November 11, 2021.

Gaseous Reformate Jet Evolution and Propagation

מנחה: פרופ"ח לאוניד טרטקובסקי | בן בנימין בן דוד הולצר

The dynamics of the gaseous reformat jet is a major factor affecting the particulate matter formation and emission from combustion of a hydrogen-rich reformat. Mitigation of particle formation is essential for the sustainability of a novel high-efficiency propulsion cycle developed in the Technion. The latter is based on the utilization of the waste heat to produce a hydrogen-rich reformat – the fuel with beneficial combustion properties. The research analyzes and compares with analytical, empirical and experimental tools the mechanism of jet evolution and development with a focus on the lubricant vapor entrainment from a heated wall surface into the combustion chamber bulk.

דינמיקת סילון הרפורמט הגזי הינה גורם מרכזי בהיווצרות ופליטת החלקיקים המוגברת בשריפת רפורמט עשיר במימן. מניעת התופעה הכרחית לקיימות מחזור הנעה בעל נצילות גבוהה במיוחד שמתבסס על ניצול אנרגיה שירית להפקת הרפורמט, שהינו דלק בעל מאפייני שריפה מיטביים. המחקר מנתח ומשווה בכלים אנליטיים, אמפיריים וניסויים את מנגנון התפתחות הסילון, את השפעתו על יניקת אדי חומר סיכה וגריפתם מפילם שמן על פני דופן מחוממת אל תוך התערובת הבוערת.



אלגוריתם דיוק ותכן לאחיזה ונשיאה מרבית

Robustness Algorithm and Design for Accurate Grasping and Handling

אלכסנדר פורמן | מנחה: פרופ' אילון רימון

Gripping is a big topic of discussion in the field of automation, and the ability to accurately grasp a multitude of objects is not trivial. The aim of this project was two-fold.

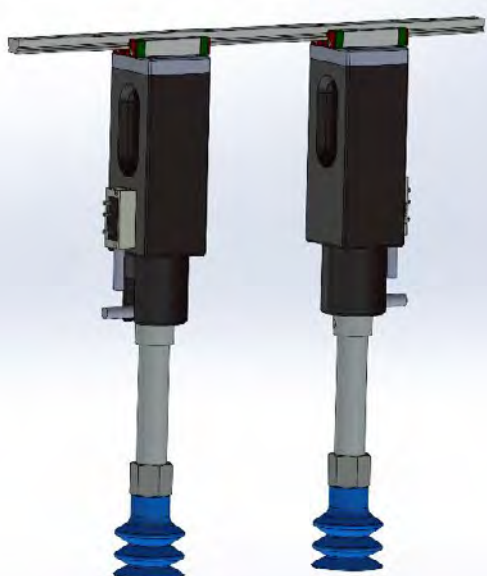
Firstly, to research different designs and methods of grasping, to determine which combination would best allow for fast gripping, and safe handling objects in different orientations.

Secondly, to develop an algorithm which corrects the position and orientation of the gripper for maximized chance at successfully grasping an object. The algorithm receives input from linear potentiometers which are integrated into each finger of the gripper, and outputs poses and orientations which correct misalignments with the object.

אחיזה היא נושא גדול לדיון בתחום האוטומציה, היכולת לתפוס במדויק מספר רב של אובייקטים אינה טריוויאלית. מטרת הפרויקט הייתה כפולה.

ראשית, לחקור עיצובים ושיטות אחיזה שונות, כדי לקבוע איזה שילוב יאפשר בצורה הטובה ביותר אחיזה מהירה וטיפול בטוח בחפצים באוריינטציות שונות.

שנית, לפתח אלגוריתם המתקן את המיקום והאוריינטציה של התפסנית לקבלת סיכוי מרבי לתפיסה מוצלחת של האובייקט. האלגוריתם מקבל קלט מפוטנציומטרים ליניאריים המשולבים בשתי האצבעות של התפסנית, ומוציא מיקומים ואוריינטציות המתקנים חוסר יישור עם האובייקט.



```
41 theta_1 = pi/2 + (alpha+beta)
42 #theta_1 = pi/2 - alpha + beta
43 theta_2 = 2*alpha
44 theta_3 = -(theta_1+theta_2) + pi/2
45
46 theta_0 = arctan2(y, x)
47
48
49 joint_array[0] = theta_0
50 joint_array[1] = -theta_1
51 joint_array[2] = -theta_2
52 joint_array[3] = -theta_3
53 joint_array[4] = 0
54
55 print joint_array
56
57 if -pi < joint_array[0] < pi and -1.745 < joint_array[1] < 1.745 and -
58     return joint_array
59 else:
60     print('No solution possible without exceeding joint limits!')
61     return None
62
63 def start_suction(self, goal = -0.12):
64
65     """
66     suction on
67     """
68     global suction
69     pub = rospy.Publisher('/vacuum', UInt8, queue_size=10)
70     vacuumOn = 2
71     group = moveit_commander.MoveGroupCommander('gripper')
72     joint_goal = group.get_current_joint_values()
73     print('Current gripper joint position: ' + str(joint_goal))
74     if suction == 'off':
75         rospy.sleep(2)
76         pub.publish(vacuumOn)
77         joint_goal[0] = goal
78         group.go(joint_goal, wait=True)
79         print('Vacuum turned on')
80         rospy.sleep(1)
81         group = moveit_commander.MoveGroupCommander('arm')
82         group.stop()
83         suction = 'on'
84     else:
85         print('SUCTION ALREADY ON')
```

יירוט בלון ע"י רחפן באמצעות Vector Guidance וראייה ממוחשבת

Balloon Interception by Drone using Vector Guidance and Computer Vision

עמרי הרבסט | מנחה: פרופ' שאול גוטמן

The project includes planning and simulations for autonomous interception of a balloon using a drone. The drone performs autonomous scanning, target acquisition, tracking, range and velocity estimation, and interception. The drone's guidance is based on Vector Guidance laws, developed by Prof. Shaul Gutman. Target acquisition and tracking are performed using computer vision based on the openCV library, by analyzing a video feed from a camera installed on the drone. Range and velocity estimations are performed in real time by a dedicated algorithm, and sent in real time to the guidance law. Real time communication between different components is based on ROS. Simulations for demonstrating the drone's operation and testing interception performance are done using Gazebo simulator.

הפרויקט כולל תכנון וסימולציות של יירוט אוטונומי של בלון באמצעות רחפן. הרחפן מבצע באופן עצמאי סריקה, זיהוי מטרה, עקיבה ושיערוך טווח ומהירות, התקדמות אל המטרה ויירוט. הנחיית הרחפן מתבססת על חוקי ההנחיה Vector Guidance שפותחו ע"י פרופסור שאול גוטמן. זיהוי המטרה והעקיבה מבוצעים באמצעות ראייה ממוחשבת מבוססת ספריית openCV, על בסיס וידאו ממצלמה המותקנת על גבי הרחפן. שיערוך הטווח והמהירות מבוצעים בזמן אמת באמצעות אלגוריתם חישובי מתאים שפותח לצורך כך, ומועברים בזמן אמת אל חוק ההנחיה. התקשורת בזמן אמת בין הרכיבים השונים מתבססת על ROS. סימולציות להדגמת פעולת הרחפן ובחינת ביצועי היירוט בוצעו בסימולטור Gazebo.

ניסויים לאפיון תופעות במערכת סוללת זרימה

Experiments to Characterize Phenomena in a Flow Battery System

נופר יוגב | מנחה: פרופ"ח מתיו סאס

A flow battery uses electrochemical energy that is stored in electrolyte and convert to electrical energy. This energy conversion is based on chemical reactions of the substances from which the electrolyte consists. The reactions cause electron replacement processes between the materials and the electrodes of the battery. During battery charging, by-products called dendrites are create on the anode. The formation and significant accumulation of dendrites can impair battery function. The purpose of the project is a study dendrite formation phenomena in a flow battery, with the electrolyte that consist ZnBr₂, salt and water. For the purpose, we assembled a battery system, which includes an anode, cathode and the flow channel where the electrolyte flows during the experiments. We calculated the limiting current, which is the maximum current that can be sustain in a specific battery for a number of selected speeds and measured the voltage created in the battery during the process. Then, we observed the phenomenon of dendrite growth and tried to understand the optimal metrics that would minimize their formation.

סוללת זרימה משתמשת בהמרה של אנרגיה אלקטרוכימית המאוחסנת באלקטרוליט לאנרגיה חשמלית. המרת האנרגיה מבוססת על תגובות כימיות של החומרים מהם מורכב האלקטרוליט. התגובות מניעות תהליכים של החלפת אלקטרונים בין החומרים לאלקטרודות של הסוללה. במהלך תהליך זה נוצרים תוצרי לוואי הנקראים דנדריטים על האנודה. היווצרות והצטברות משמעותית של דנדריטים יכול לפגוע בתפקוד הסוללה. מטרת הפרויקט היא מחקר של תופעות בסוללת זרימה, כאשר האלקטרוליט בה הוא ZnBr₂ בתוספת מלח ומים. לצורך כך, הרכבנו מערכת של סוללה, הכוללת אנודה, קטודה ואת חלל התא, בו הזרם האלקטרוליט במהלך הניסויים. חישבנו את הזרם המגביל שהוא הזרם המקסימלי שיכול להתקבל בסוללה ספציפית עבור מספר מהירויות נבחרות ומדדנו את המתח הנוצר בסוללה בתהליך טעינתה. לאחר מכן, התבוננו בתופעת הצטברות הדנדריטים וניסינו להבין את המדדים האופטימליים שיגרמו להיווצרות מינימלית שלהם.

מערכת ניסוי למדידת תנודות להבים בסיבוב באמצעות (BTT) Blade Tip Timing Experimental System for Measuring Rotating Blade Vibration via Blade Tip Timing (BTT)

תומר סלע | מנחים: פרופ' יצחק בוכר, ד"ר שחר טרסר

Vibration in turbomachinery could occur as consequence of a rotating speed which lead to resonance or from flutter. Such Vibration might lead to failure of the blade and the entire machine. In many machines it is impossible to directly measure the blade vibrations in conventional methods due to lack of line of sight or harsh environmental conditions. "Blade Tip Timing" (BTT) is the accepted technique for detection and analyzing blades vibrations in rotating machinery such as these. The method uses non-contact timing probes, that are mounted on the outer casting of the turbine, and measure the time of arrival (TOA) of the blades tips. The result is then compared to the estimated time of arrival in a rigid system. By analyzing the difference in the TOA it is possible to determine the frequency and amplitude of the rotating blade in a turbine.

תנודת להבים בטורבו מכונות עלולה להיגרם כתוצאה מסיבוב במהירות המובילה לרזוננס או כתוצאה מפרפור. תנודות אלה עלולות לגרום לכשל התעייפות של הלהב ולכשל של המכונה כולה. בטורבו מכונות רבות אין יכולת למדידה ישירה של תנודות הלהבים בשיטות מקובלות עקב העדר קו ראייה ותנאי סביבה קשים. "מדידת זמן הגעת קצה הלהב" (BTT) היא השיטה המקובלת לזיהוי ואפיון של תנודות המתפתחות בלהבם סובבים במקרים אלה. המדידה בשיטה זו מסתמכת על מדידה של זמן הגעת קצה הלהבים אל חיישני מדידה ללא מגע המשולבים על המעטפת החיצונית של הטורבינה. התוצאות מושוות אל מול זמני ההגעה הצפויים במערכת קשיחה בה הלהבים אינם רועדים. מניתוח ההפרש בזמני ההגעה ובהסתמכות על מהירות הסיבוב ניתן למצוא את התדר ואמפליטודת התנודה המתפתחת בלהבי הטורבינה. מטרת מערכת הניסוי היא הדגמה וחקירת השיטה בעזרת ערור מגנטי של להבים מסתובבים וחישה של זמני ההגעה והוכחת התוצאות על ידי השוואה עם מדי עיבור.

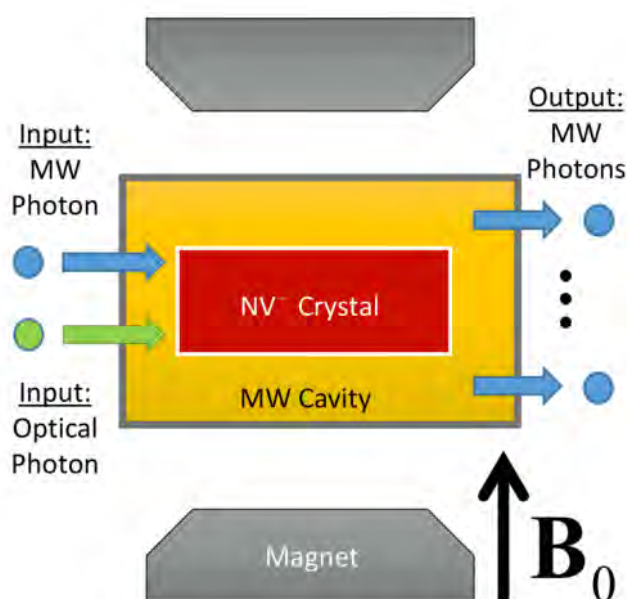
מגבר קוונטי עבור פוטונים של גלי מיקרו

Quantum Amplifier of Microwave Photons

עידן-מרקו פרץ | מנחים: פרופ' אהרון בלאנק ופרופ"ח כרמל רוטשילד

The target of this project is to explore quantum amplifier of microwave photons which operates at room temperature. This amplifier is based on defects in a diamond matrix called NV centers. Using external magnetic to create the energy level system in the VN centers and pumping photons with wavelength of 520[nm] (green light) allows stimulated emission of microwave photons. This project investigates the effects on the system of the intensity pattern and the power of the green light on the diamond.

מטרת פרויקט זה היא לחקור מגבר קוונטי עבור פוטונים של גלי מיקרו אשר עובד בטמפרטורת שטח, בעזרת שדה, NV center, מגבר זה מבוסס על פגם במטריצת היהלום שנקרא 520 (אור ירוק) [nm] מגנטי חיצוני ליצור מערכת רמות אנרגיה ושאובה של פוטונים באורך גל של תביא לפליטה מאולצת של גלי מיקרו. בפרויקט זה נחקר את השפעת ההספק ופיזור העוצמה של האור הירוק שמוקרן על היהלום על המערכת.



אפיון כישלון האימון של רשתות נגדים

Characterizing the Training Failure in Resistor Networks

יסמין חן | מנחה: ד"ר דניאל הקסנר

Machine learning, for the large part, relies on computing gradients of a high dimensional cost function. Gradients are a non-local operation, requiring the knowledge of the entire system. Recently, a new set of learning algorithms, known as equilibrium propagation, have been introduced that operate with only local operations. These, exploit the inherent physical laws to estimate the gradient without directly computing it. Equilibrium propagation is now being explored as an efficient architecture for machine learning processors.

The goal of this project is to study how the equilibrium propagation operates as a "difficulty" is increased (e.g., the dimensionality of the data). It is not surprising that learning fails when difficulty is too large. Our study aims at characterizing how this failure is expressed in convergence rate, and in the structure of the network.

To this end, we train a resistor network with a specific voltage response on a set of output sites, whose number defines the difficulty. The conductance values are the learning degrees of the system that evolve with training. Using equilibrium propagation, we train the system and then study the learning process as a function of the numbers of target nodes. We measure the number of iterations until error convergence, the distribution of the final conductance values and eigenvalues of the response matrix.

למידת מכונה, ברובה, נשענת על חישוב גרדיאנטים של פונקציית מחיר ממעלה גבוהה. גרדיאנט הוא פעולה לא מקומית, וחישובו מצריך ידע על כלל המערכת. לאחרונה, סט חדש של אלגוריתמים הידועים בשם "התפשטות שיווי משקל", הוצגו ככאלה המצריכים פעולות מקומיות בלבד. אלגוריתמים אלה מנצלים את החוקים הפיזיקליים המושרשים של המערכת על מנת להעריך את הגרדיאנט מבלי לחשב אותו ישירות. התפשטות שיווי משקל נחקרת כיום כארכיטקטורה חדשה עבור תהליכי למידת מכונה יעילים יותר.

מטרת פרויקט זה היא לחקור כיצד התפשטות שיווי משקל פועלת ככל שקושי הלמידה גדל. זה לא מפתיע שהלמידה נכשלת כשהקושי גדול מידי (למשל, הגדלת ממדי הדאטה הנחקר). (המחקר שלנו מתמקד בלאפיין כיצד כישלון זה מתבטא בקצב ההתכנסות ובמבנה הרשת.

לכן, אנחנו מאמנים רשת נגדים לתגובת מתחים ספציפית על אתרי מטרה, שמספרם קובע את הקושי. ערכי המוליכות הם המשתנים הנלמדים במהלך האימון. באמצעות אלגוריתם התפשטות שיווי משקל אנו מאמנים את המערכת ואז חוקרים את תהליך הלמידה כתלות מספר אתרי המטרה. אנחנו מודדים את מספר האיטרציות עד להתכנסות השגיאה, התפלגות ערכי המוליכות

הסופיים והתפלגות הערכים העצמיים של מטריצת התגובה של המערכת.

My Five - יד רובוטית מודפסת. תכן ממשק גדם, ממשק אמה וצמיד חיישנים, סקיילינג

My Five – 3D Printed Robotic Hand. Design of the stump interface, the forearm interface and the sensor bracelet, scaling.

מנחים: פרופ' אלון וולף ומר יאיר הרבסט | **דנה דיננקו**

The project focuses on producing a prosthetic hand and forearm for children with amputation below the elbow. This hand has to be comfortable, has to be able to differentiate a number of different motions and react accordingly and the production costs need to be lower than 400\$. All the information about this hand will be available online to allow it to be produced anywhere where there is a 3D printer and some basic tools. The project is ongoing so each year it progresses further. Principle of operation – an EMG sensor bracelet, located on the muscles, reads the user's commands and transmits them to a microprocessor which processes them and gives commands to the motors to operate the fingers. The stump interface must provide maximum comfort and good grip for the prosthetic. The forearm is used as storage for some of the electrical components of the system. This year, we found the minimal dimensions for the forearm that will allow the fitting of the batteries inside (which fits a 5-year-old child, with a stump below a certain length) and created a designated battery house inside the forearm. We improved the interface between the hand and the forearm and between the forearm and the stump interface, created a forearm more fitting to the proportions of a child, started to create an interface that will be able to fit the measurement of the prosthetic to children of different sizes.

הפרויקט מתמקד ביצירת יד ותותבת לילדים קטועי יד מתחת למפרק, כאשר רוב החלקים מיוצרים בהדפסת תלת-מימד. על היד להיות נוחה, לדעת לסווג מספר תנועות ולפעול בהתאם ולהיות מיוצרת בעלות של עד \$400. כל המידע על היד יהיה זמין ברשת בכדי לאפשר את יצורה בכל מקום בו קיימת מדפסת תלת מימד ומספר כלי עבודה בסיסיים. הפרויקט מתמשך וכל שנה נוסף לו תוכן. עיקרון פעולה - צמיד חיישני EMG, הממוקם על השרירים, קורא את הפקודות של המשתמש ומעביר אותם למיקרו מעבד שמעבד אותם ונותן פקודות למנועים אשר מזיזים את מנועי האצבעות. על ממשק הגדם לאפשר נוחות מקסימלית למשתמש ואחיזה טובה של התותב. ממשק האמה מתפקד בתור אחסון לחלק מהרכיבים האלקטרוניים של המערכת. השנה, מצאנו את הגודל המינימלי של האמה המאפשר זיווד סוללות לתוכו (התואם לילד בן 5, מתחת אורך גדם מסוים) וכן יצרנו בית סוללות ייעודי בתוך האמה. שיפרנו את הממשק בין כף היד לאמה ובין האמה לבין ממשק הגדם, יצרנו אמה בעלת פרופורציות יותר דומות לאלו של ילד, התחלתנו בייצור ממשק משתמש שיוכל להתאים את גדלי הידיים התותבות לילדים בעלי מידות שונות.

MyFive – 3D Printed Robotic Hand

דור מועלם וקמליה בן הרוש - תכן ממשיק כף היד ובקרת זרם | מנחים: פרופ' אלון וולף ומר יאיר הרבסט

The vision of the project is to enable trans-radial amputees under the elbow to obtain a comfortable prosthetic hand that performs well at a low price, up to \$ 400. The hand consists mainly of printed plastic parts. The idea is that all the information required to manufacture the prosthesis will be accessible online so that anyone with access to a 3D printer and a small budget will be possible to manufacture the hand. Principle of operation: EMG sensors located on the muscles read the user's commands and go to a microprocessor which processes them and gives commands to the motors to operate the fingers. The project is ongoing so every year there are progress and improvements. We're in the team of hand design and current control. In the field of mechanical design, we deal with various challenges to make the hand comfortable and functional as possible within the budget limit. In order to exam the hand design, we connected the hand to electrical transformer – unlike the normal operation preformed with batteries – and saw that the design works well and that the hand opens and closes fully, and there is a good grip on various objects. In the control field, we work with micro-processor to control the commands for motor movements after reading the signals from the sensors. This year we approved the hand design and its functionality and worked on relevant code to operate the motors. Going forward, we want to preform grip experiments to sample current consumption for different objects and get statistics data.

חזון הפרוייקט הינו לאפשר לקטועי יד מתחת למרפק בעלי תקציב נמוך להשיג יד תותבת נוחה למשתמש, עם ביצועים טובים ובמחיר נמוך, עד \$400. היד מורכבת בעיקרה מחלקי פלסטיק מודפסים. המטרה היא שכל המידע הנדרש לייצור התותבת יהיה נגיש ברשת, כך שכל אחד עם גישה למדפסת תלת ממד ותקציב קטן יוכל לייצר את היד.

עקרון הפעולה: חיישני EMG הממוקמים על השרירים קוראים את פקודות המשתמש ועוברים למיקרו מעבד, אשר מעבד אותם ונותן פקודות למנועים להזיז את האצבעות. הפרוייקט הינו מתמשך כך שבכל שנה ישנה התקדמות ושיפורים. אנו בצוות אחראים על תכן כף היד ובקרת הזרם למנועים. בתחום התכן אנחנו מתמודדים עם אתגרים שונים על מנת להפוך את כף היד לנוחה ופונקציונלית ככל האפשר ובמגבלת התקציב. לבדיקת התכן הפעלנו את כף היד באופן עצמאי באמצעות שנאי - בשונה מהפעלה הרגילה שאמורה להיות באמצעות סוללות - וראינו שהתכן עובד טוב ושהיד נסגרת ונפתחת במלואה, ובנוסף ישנה אחיזה טובה בעצמים שונים. בתחום הבקרה אנחנו עובדים עם מיקרו מעבד במטרה לשלוט על פקודות המנועים לאחר קריאת האותות מהחיישנים, ועובדים במקביל לצוות עיבוד אותות. השנה שיפרנו את תכן כף היד ואת הפונקציונליות שלה, ועבדנו על כתיבת תוכנה מתאימה להפעלת המנועים. בהמשך הפרוייקט, נרצה לבצע ניסויי אחיזה על מנת לדגום את צריכת הזרם מהמנועים עבור חפצים שונים, ולהגיע לנתונים סטטיסטיים.

ניתוח תנועת אדם בשיטות למידה המשתמשות במידע מחיישני מגע ומצלמה תלת מימדית עבור שיתוף פעולה בין אדם לרובוט בתהליכי הרכבה

Human Motion Analysis Based on Learning Methods Using Data from Touch Sensors and a 3D Camera for Human-Robot Collaboration in Assembly Processes

עידו דהן | מנחות: פרופ' ענת פישר וגב' רונית שניאור

In the industry there is a need for human-robot collaboration. The collaboration is intended to take advantage of the benefits of human actions (such as accuracy) and the benefits of the robot (such as repetitiveness). To find optimal cooperation between the human and the robot, different learning methods for identifying and predicting the human motion were investigated. Today, there are sensing and vision technologies that provide the input for these methods, such as: touch sensors - sensors located on the user's arms that collect information about his movement, and computer vision - a three-dimensional camera located in the work scene, collecting the information in its vicinity. In this study we perform an analysis of human movement using several learning methods that use information from touch and vision sensors. We examine the benefits and the disadvantages of each method as a function of technology. Using these results, we develop a method that combines the touch and vision information in a way that gives a more accurate motion analysis. We expect that the integration of the information from the sensors and the camera will lead to an improvement in the results of the analysis and the prediction of the movement, thus improving the interaction between the human and the robot.

בתעשייה קיים צורך בשיתוף פעולה בין אדם לרובוט. שיתוף הפעולה נועד לנצל את יתרונות פעולות האדם (כגון דיוק) ויתרונות הרובוט (כגון חזרתיות) בצורה מיטבית. על מנת למצוא שיתוף פעולה אופטימלי בין האדם לרובוט, נחקרו שיטות למידה שונות לזיהוי וחיזוי של התנועה. כיום קיימות טכנולוגיות חישה וראיה המספקות את הקלט לשיטות אלו, ביניהן: חיישני מגע - חיישנים הממוקמים על זרועות המשתמש ואוספים מידע אודות התנועה וראיה ממוחשבת - מצלמת תלת מימד הממוקמת באזור הפעולה ואוספת את המידע התלת ממדי מהסביבה. במחקר זה אנו מבצעים אנליזה של ניתוח תנועת אדם במספר שיטות למידה המשתמשות במידע של חיישני המגע והראיה. אנו בודקים את היתרונות והחסרונות של כל שיטה כתלות בטכנולוגיה. באמצעות תוצאות אלו אנו מפתחים שיטה המשלבת את מידע המגע והראיה באופן הנותן ניתוח תנועה מדויק יותר. אנו מצפים ששילוב המידע מהחיישנים ומהמצלמה יוביל לשיפור תוצאות הניתוח וחיזוי התנועה ובכך שיפור האינטראקציה בין האדם לרובוט.

שיתוף פעולה של סוכנים מרובים

Multi-Agent Based Assistance

איתי גריבנור | מנחה: ד"ר שרה קרן

In order to collaborate effectively, AI agents must be able to learn to ask for help from other agents and understand how they can offer valuable assistance to other agents. The proposed project focuses on heterogeneous teams of autonomous robots. The objective is to find methods that allow the robots to compute behaviors that maximize their 'helpfulness' to other robots while complying with their own resources and objectives. This is a challenging problem since it requires an online monitoring of the system's state and a way for the agents to monitor and coordinate their progress. In addition, it requires an integration of high-level task planning and low-level motion planning in a multi-agent setting. For this purpose, we intend to develop a multi-agent global task planner that accounts for the current requirements and capabilities of the agents in the system and finds a joint plan that represents a sequence of low level motions to be executed by each agent. For evaluation our approach, we intend to use a block stacking scenario involving a static manipulator, that can pick and place objects, and a mobile robot that can push objects in the environment. The task of the robots is to jointly achieve a given stack configuration while minimizing execution time. The project consists of two parts. The first involves building the system in simulation and the second involves evaluating our suggested approach on the actual robots.

על מנת לשתף פעולה ביעילות, סוכני AI צריכים לדעת לבקש עזרה מסוכנים אחרים ולהבין כיצד הם יכולים להציע סיוע בעל ערך לסוכנים אחרים. הפרויקט מתמקד בצוותים של רובוטים אוטונומיים. המטרה היא למצוא שיטות המאפשרות לרובוטים לחשב את התנהגויות המועילות לרובוטים אחרים תוך עמידה ביעדים שלהם. זוהי בעיה מאתגרת מכיוון שהיא מצריכה ניתוח מתמיד של המצב נוכחי ושל היכולות העדכניות של כל סוכן. ביותר מכך, הבעיה דורשת שילוב שלתכנון משימות ברמה גבוהה ותכנון תנועה בסביבה מרובת סוכנים. לצורך כך, אנו מתכוונים לפתח מתכנן גלובלי שמוצא תכנית משותפת המייצגת רצף של פעולות שיבוצעו על ידי כל סוכן ומקיים קשר רציף עם מתכנני התנועה הפרטיים של כל סוכן. לטובת הערכה של הגישה שלנו, אנו מתכוונים להשתמש בתרחיש הרמת בלוקים הכולל מניפולטור סטטי, שיכול לבחור להרים ולהניח חפצים, ורובוט נייד שיכול לדחוף חפצים בסביבה. המשימה של הרובוטים היא להשיג במשותף מצב רצוי תוך צמצום זמן הביצוע. הפרויקט מורכב משני חלקים: בחלק הראשון נעבוד בסימולציה ונתפח את גישות התכנון ובחלק השני נבחן את הגישה על הרובוטים בפועל

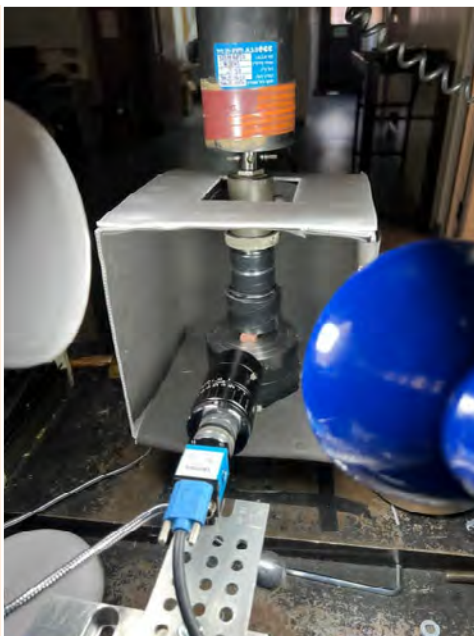
ההתנהגות המכנית של העצם והשוואה ללחם

The Mechanical Behavior of The Bone and Comparison to Bread

שגיא אהרוני | מנחה: פרופ' דניאל ריטל

The project is carried at The Materials Mechanics Center. The goal of the project is to investigate the mechanical and failure properties of slices of bread and animal bones that are under uniaxial compression, with an attempt to find, if any, similarities in the response of those two kinds of porous media surrounded by a harder cortical shell. For this purpose, DIC (digital image correlation) software is used to allow investigation of the specimens' failure, as well as micro-CT to characterize the three-dimensional microstructure.

הפרוייקט בוצע במרכז למכניקת חומרים בפקולטה להנדסת מכונות של הטכניון. מטרת הפרוייקט היא חקר התכונות המכניות ותכונות הכשל של עצמות בעלי חיים ופרוסות לחם הנמצאות תחת עומס חד צירי, זאת על מנת לבצע אפיון של ההתנהגות המכנית בניסיון למציאת דמיון, במידה וקיים, בין שני סוגים של חומר פורוסיבי בעל מעטפת קורטיקלית קשיחה. לצורך כך, בוצע שימוש בתוכנת DIC, המאפשרת לנתח את אופן הכשל של הדגמים ובמיקרו-סיטי על מנת לאפיין את המיקרו-מבנה התלת ממדי שלהם.



אפיון פרמטרים ביומכניים של בקרת שיווי משקל בתגובה להפרעות בלתי צפויות במהלך ההליכה

Characterizing Biomechanical Parameters of Balance and Control in Response to Unexpected Perturbations During Walking

מיכל יונש | מנחה: ד"ר אריאל פישר

All human beings use balance control on a daily basis and specifically during walking. In real life, the body's balance may be perturbed as a result of various disturbances such as a hole in a sidewalk. This study explores the human body's dynamic reaction to an unexpected lateral perturbation during walking under different conditions: bound arms, and while speaking on the phone. The study's methods include state-of-the-art optoelectronic motion capture system collecting data of healthy young adult subjects. Walking trials were performed on a motor-driven treadmill placed on a moving platform. The collected kinematic data is processed and analyzed using algorithms for image recognition and includes signal processing to biomechanically characterize the human movement as a response to perturbations. The biomechanical parameters include margin of stability, ankle, knee, and hip angles, and the relationship between upper and lower body kinematics and spatiotemporal parameters.

כל בני האדם מבצעים בקרת שיווי משקל על בסיס יומיומי ובכל רגע בהליכה. לעיתים אנו נתקלים במצבים שבהם יש יציאה משיווי משקל כתוצאה מהפרעות שונות כמו מהמורה במדרכה. מחקר זה עוסק בחקר התגובה הדינמית של מערכת השריר-שלד של הגוף כתוצאה מהפרעה צידית בלתי צפויה במהלך ההליכה, אצל בריאים. נתונים קינמטיים של תגובות אלו נאספו באמצעות מערכת חדישה ומשוכללת של מצלמות אינפראדומות לזיהוי תנועה במצבים שונים של הליכה כגון: הליכה עם ידיים מקובעות והליכה תוך כדי ביצוע משימה נוספת של דיבור בטלפון. ההליכה עצמה מתבצעת על הליכון אשר מוזז לצדדים בצורה מתוכננת לחוקר אך בלתי צפויה לנבדק בעזרת פלטה מונעת. נתוני המיקום של חלקי הגוף השונים מעובדים ומבוצעת עליהם אנליזה מעמיקה בעזרת אלגוריתם לזיהוי תמונה וכולל עיבוד אותות ביומכניים ליצירת תמונה מפורשת של אפיון ביומכני של תנועת האדם כתגובה להפרעות. הפרמטרים הביומכניים הנחקרים כוללים את טווח היציבות, זוויות הקרסול, הברך, והירך, והיחס בין פרמטרי פלג הגוף העליון לתחתון.

Subject preparation and experimental setup: balance treadmill



השוואה בין גישות אופטימיזציה היוריסטיות לפתרון יעילות אנרגטית במערכות מיותרות

Comparison of Heuristic Optimization Approaches for Solving Energy Efficiency in Redundant Systems

דניאל אורג | מנחים: פרופ' יורם הלוי, פרופ' מירי וייס כהן

In this project we compare methods for finding the motion path, which optimizes energy consumption for a planer system with three co-dependent degrees of freedom (DoF) (where there is an infinite number of ways to follow a given path). Our problem is one of moving between a number of known elements in a given amount of time. To reach the ideal path we must find the correct motion parameters, which are: The order of traversal between elements, the entry and exit points for each element, and the direction of motion (CW/CCW). In the project we will compare the three following methods for finding the aforementioned parameters: Genetic Algorithm (GA), Particle Swarm Optimization (PSO), and Differential Evolution (DE). We'll solve the optimization problem for each algorithm and compare their efficiency.

הפרוייקט עוסק בהשוואת שיטות למציאת מסלול אופטימלי לאנרגיה עבור מערכת מישורית בעלת שלוש דרגות חופש (מערכת בה ישנן אינסוף דרכים לעקיבה אחר מסלול מסוים). הבעיה שאנחנו פותרים נוגעת לתנועה בין מספר אלמנטים נתונים בזמן ידוע. כדי להגיע למסלול האידיאלי נרצה למצוא פרמטרי תנועה מתאימים, שהם: סדר המעבר בין אלמנטים, נקודות הכניסה והיציאה עבור כל אלמנט, וכיוון התנועה (כיוון השעון/נגד כיוון השעון). בפרוייקט נשווה שלוש שיטות למציאת וקטור הפרמטרים: אלגוריתם גנטי (GA), אופטימיזציה נחיל (PSO), ו-Differential Evolution (DE). נפתור את הבעיה בשלושת האלגוריתמים ונשווה את יעילותן.

בחינת ההשפעות הביומכניות של סוליות מודפסות על פיזור לחצים בכף הרגל

Examining the biomechanical Effects of Printed Insoles on the Pressure Distribution in the Foot

חן ביטון | מנחים: פרופ' אלון וולף, גב' הדר שאוליאן

A common medical problem is an increase in foot pressure in diabetics, which can lead to ulcers and even amputation of the foot in severe cases. One of the main areas for rising pressure is the heel center. The purpose of the project was to examine how the distribution of pressure on the heel varies depending on the material and geometry of varying printed insoles in 3D printer, to find the more effective solution for diabetics. To do this, laboratory experiments tested several insoles specially printed from materials that mimic biological materials, which differed in their geometry - some with a hole in the center of the pad and some uniform, and hardness - pads made of soft or stiff materials and even a combination of several materials in one insole. We measured the pressures at each point in the foot using sensors. The measured pressure data were divided into three main sections of the foot and from a comparison of the insoles for each subject we investigated which is the insole in which the pressure in the center of the heel and around it will be the lowest and most diffuse. The findings of this project may lead to the prevention and treatment of ulcers in diabetics and increase their quality of life.

בעיה רפואית רווחת הינה עלייה בלחץ בכפות הרגליים אצל חולי סוכרת, אשר יכולה להוביל לכיבים ואף לכריתה של הרגל במקרים חמורים. אחד המוקדים העיקריים לעליית הלחץ הינו מרכז העקב. מטרת הפרויקט הייתה לבדוק כיצד משתנה פיזור הלחצים על העקב כתלות בחומר ובגיאומטריה משתנים של סוליות מודפסות בתלת ממד, על מנת למצוא את פתרון יעיל יותר עבור חולי סוכרת. לשם כך נבדקו בניסויי הליכה במעבדה, מס' סוליות שהודפסו במיוחד מחומרים שמדמים חומרים ביולוגיים, אשר מובדלות בניהן בגיאומטריה שלהן - חלקן עם חור במרכז הסוליה וחלקן אחידות, ובקשיחותן - סוליות העשויות מחומרים רכים/קשיחים ואף שילוב של מספר חומרים בסוליה אחת. מדדנו את הלחצים בכל נקודה ברגל באמצעות חיישנים. נתוני הלחץ שנמדדו חולקו לשלושה אזורים עיקריים בכף הרגל ומתוך השוואה בין הסוליות עבור כל נבדק חקרנו מהי הסוליה בה הלחץ במרכז העקב וסביבו יהיה הנמוך ביותר והמפוזר ביותר. הממצאים של פרויקט זה עשויים להוביל למניעה וטיפול בכיבים אצל חולי סוכרת ולהעלות את איכות חייהם.

השפעת קירור דופן על אידוי שכבת שמן הסיכוך

Influence Of Wall Cooling on Lubricant Film Evaporation

סופיה בבושקין | מנחה: פרופ"ח לאוניד טרטקובסקי

The aim of the project is to investigate the effect of cylinder wall cooling of an internal combustion engine on the evaporation of the engine's lubricant film. In order to promote green energy, a propulsion solution of an internal combustion engine based on reformat that consists of 75% mol of H_2 and 25% mol of CO_2 by direct injection was previously suggested in the Technion. Along with significant improvement in performance and reduction of pollutant emissions, the researchers found a substantial increase in particles formation. This is due to intensive evaporation of the lubricant and its entrainment into the combustion process in the cylinder. We study the effect of the coolant parameters on the rate of the lubricant evaporation to mitigate the particle formation phenomenon. To investigate how the lubricant evaporation depends on the coolant parameters, we solve a heat transfer problem. We check how much of the heat transferred to the oil layer from the gases in the engine is used for evaporation and how much of it continues to pass to the cylinder and from there to the coolant. This way we can know the relationship between the two and understand if the dependence is significant enough for the evaporation to decrease and with it the amount of particles

מטרת הפרויקט היא לחקור את השפעת קירור דופן צילינדר של מנוע בעירה פנימית על אידוי שמן הסיכוך של המנוע. במטרה לקדם אנרגיה ירוקה הוצע פתרון הנעה של מנוע בעירה פנימית מבוסס על רפורמט המורכב מ 75% מול של H_2 ו 25% מול של CO_2 בהזרקה ישירה. הרפורמט נוצר במנוע תוך כדי ניצול אנרגיה שיורית. לצד שיפורים רבים בביצועי המנוע והפחתת פליטות מזהמים, החוקרים גילו עלייה משמעותית בהיווצרות חלקיקים, זאת עקב אידוי אינטנסיבי של שמן הסיכוך והצטרפותו לתהליך הבעירה בצילינדר. במטרה להפחית את היווצרות החלקיקים, אנו חוקרים את השפעת נוזל הקירור על קצב אידוי השמן אשר מרוח על דופן הצילינדר. כדי לבדוק איך משתנה האידוי אנחנו פותרים בעיית מעבר חום. אנחנו בודקים כמה מהחום המועבר לשכבת השמן מהגזים במנוע משמש לאידוי וכמה ממנו ממשיך לעבור אל הצילינדר ומשם אל נוזל הקירור. כך נוכל לדעת את הקשר בין השנים ולהבין אם התלות מספיק משמעותית כדי שהאידוי יפחת ואיתו כמות החלקיקים.

שימוש במצת חשמלי לשיפור ביצועי מנוע RefCCI

Spark – Assisted Reforming – Controlled Compression Ignition

גיא מאירי | מנחה: פרופ' לאוניד טרטקובסקי

The HCCI engine combines the benefits of Diesel and Spark-ignition engines. The engine works on a homogeneous mixture, can operate at large compression ratios, and self-ignites after fuel injection; thus, achieving high efficiency and reduced pollution emissions. Controlling the ignition time under the desired operating regime can be done by using two types of fuels low and high reactivity. Hydrogen is used as the high reactivity fuel and produced onboard using the wasted heat from the exhaust. Despite its benefits, the engine's limited maximum load and shortages of heat and energy for small loads restrain the range of its operating regime. A possible solution to increase said range is to use sparked ignition to heat the low-temperature air-fuel mix at small loads, reaching self-ignition conditions; and igniting a low reactivity, high resistance mix under high loads. The goal of this project is to study the performance of Spark-assisted reforming – controlled compression ignition in an HCCI engine. In the project, a computer model of an HCCI engine with spark assisted ignition is being tested for its performance, efficiency, and pollutions emission at the problematic operating regimes.

מנוע HCCI - הינו מנוע בעירה פנימית המשלב את היתרונות של מנועי דיזל והצתה חשמלית. המנוע פועל בתערובת הומוגנית, עם יחסי דחיסה גדולים ומוצת עצמית לאחר דחיסה של האוויר והזרקת הדלק, ובכך בעל נצילות גבוהה ופליטת מזהמים נמוכה. הבקרה על המנוע מבוצעת בעזרת שליטה בריאקטיביות תערובת הדלק: בעזרת שימוש בשני סוגי דלקים, אחד בעל ריאקטיביות נמוכה שמתנגד להצתה עצמית ואחד בעל ריאקטיביות גבוהה, ניתן לשלוט בתזמון ההצתה בהתאם למשטר המנוע. מימן משומש בתור הדלק בעל ריאקטיביות נמוכה ומופק בתוך מערכת המנוע, בעזרת תגובה כימית בין מים לבין הדלק בעל ריאקטיביות גבוהה (דיזל לדוגמא). חום מבוזבז מהגזים השרופים מספק את האנרגיה הדרושה לתגובה ובכך נצילות המנוע עולה. עם זאת, טווח משטרי הפעולה בו הוא יכול לעבוד צר, בעל עומס מקסימלי מוגבל ומחסור בחום ואנרגיה לעומסים נמוכים. פתרון אפשרי להגדלת טווח הפעולה של המנוע, הנחקר בפרוייקט זה, הוא שימוש במצת חשמלי להתחלת הבעירה וחימום התערובת להצתה עצמית בעומסים נמוכים. ושימוש להצתה בעומסים גבוהים, בהם התערובת בעלת התנגדות גדולה להצתה עצמית. בפרוייקט ממודל מנוע HCCI הניעזר במצת חשמלי להצתה באותם משטרים ונבדקים ביצועי המנוע, נצילותו ופליטת מזהמים.

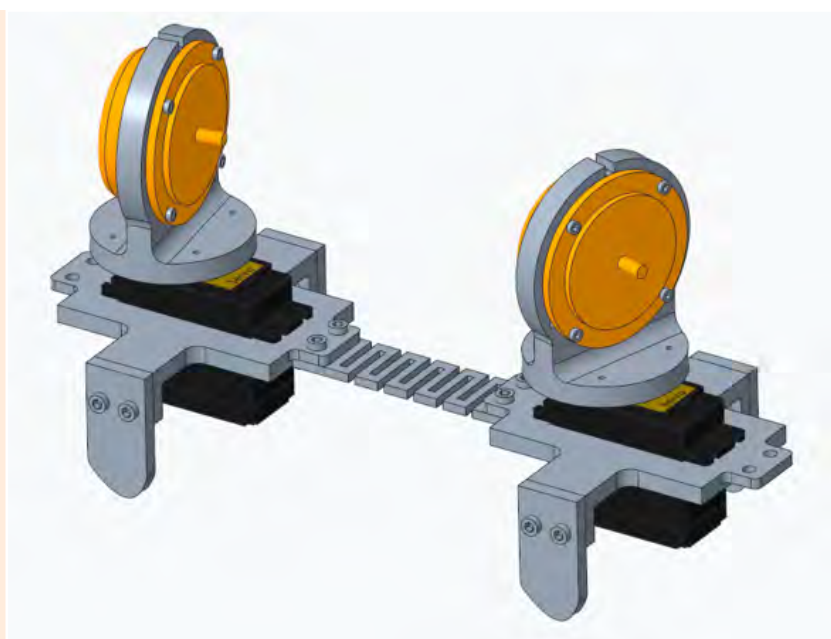
רובוט גמיש הולך בהנעה אינרציאלית עם מפעילים ג'ירוסקופיים

Flexible Walking Robot with Inertia and Gyroscopic Actuation

אסף זדה | מנחה: פרופ' יצחק בוכר

The purpose of this research project is to design and propel a robot built from flexible vertebrae, by using the tilting of the angular momentum created by a rotating system and harnessing the resulting gyroscopic and inertial forces to propel the robot. Inertial actuators do not require a fulcrum, therefore they have an advantage and some improved capabilities over other actuators, for example they can be used to orientate satellites in space. The project includes modeling and constructing the robot and developing the relevant equations with a suitable control algorithm. A suitable model is employed to perform numerical simulations, along with building a test system to test the theory, involving designing and printing model parts on a 3D printer, assembling and writing code for running the system.

מטרת פרויקט מחקרי זה הינו לתכנן ולהניע רובוט הבנוי מחוליות גמישות, זאת על ידי שימוש בהטיה של ווקטור התנע הזוויתי של מערכת מסתובבת ורתימת הכוחות הג'ירוסקופיים והאינרציאליים הנוצרים כתוצאה של ההטיה המבוקרת להנעת הרובוט. מפעילים אינרציאליים אינם זקוקים לנקודת משען ולכן להם יתרונות ויכולות שונות אל מול מפעילים אחרים, למשל ניתן להשתמש בהם להכוונת לוויינים בחלל. עבודת הפרויקט כוללת מידול הרובוט ופיתוח המשוואות הרלוונטיות, ביצוע סימולציות נומריות ובניית מערכת ניסוי לבדיקת אלגוריתם בקרה מתאים. הפרויקט כולל תכנון ובניית רובוט בעל רגלים המבצעות הליכה מבוקרת הנשלטת על ידי הכוחות הג'ירוסקופיים. במסגרת הפרויקט, בוצע תכנון והדפסת חלקי הדגם במדפסת תלת מימד, בניית הרובוט, פיתוח מודל וכתובת קוד להפעלת המערכת.

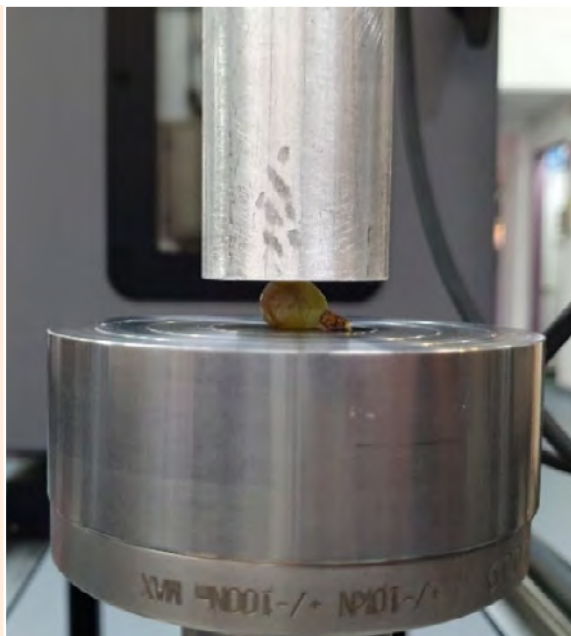


Wine Grape Mechanics

רוני חריטון | מנחה: פרופ' דניאל ריטל

Mechanical properties of grapes are of importance to the wine making industry. In this project we evaluated a number of mechanical properties of Cabernet Sauvignon grapes in two parts. In the first part, tensile and compression test were conducted and from their results the average tensile force required to detach a grape from a cluster and the average compression force required to achieve initial failure in the grape's skin were extracted. In the second part we created a simplistic model of the grape cluster and ran vibration simulations for it in a finite element program to estimate which vibration frequency causes a significant number of grapes to detach from the cluster. Finally, vibration tests were conducted with the goal of verifying the results of the simulations.

לתכונות מכניות שונות של ענבים יש חשיבות רבה בתעשיית ייצור היין. בפרויקט זה הערכנו מספר תכונות מכניות של ענבי קברנה סוביניון בשני חלקים. בחלק הראשון בוצעו ניסויי מתיחה ומעיכה לענבים ומתוצאותיהם חולצו כח המתיחה הממוצע שדרוש לניתוק ענב מן האשכול וכח המעיכה הממוצע אשר דרוש ליצירת כשל ראשוני בקליפת הענב. חיפשנו מתאם בין הכוחות הללו לבין פרמטרים נוספים שמדדנו - משקל, אורך ורוחב של ענב, ולבין פרמטרים נוספים שהערכנו איכותית - רמת בשילות הענבים וצפיפות האשכול. בחלק השני של הפרויקט יצרנו מודל פשטני של אשכול ענבים וביצענו עבורו סימולציות רטט בתוכנת אלמנטים סופיים על מנת שנוכל להעריך תדר הרעדה שיגרום לניתוק מספר משמעותי של ענבים מן האשכול. לבסוף ביצענו ניסויי הרעדה לאשכולות הענבים במטרה לאמת את תוצאות הסימולציות.



חקר קרישיות דם על גבי מסתמי לב מלאכותיים משופרים באמצעות מערכת ניסוי חדשנית

Studying Coagulation on Modified Artificial Heart Valves Using a Novel Experimental System

יהל טלמון | מנחה: פרופ"ח נתנאל קורין

The main drawback of the bioprosthetic heart valve is its relatively short lifespan, whereas, despite the ability of the mechanical heart valve to overcome that flaw, it requires the patient to take anticoagulant drugs which endangers the patient and affect the patient's lifestyle.

In this project, an innovative experimental system was developed, which enables to simulate the coagulation conditions under flow on cardiovascular devices. This method may assist in better understanding the clotting phenomenon and the factors related to prosthetic heart valves failure. Moreover, it will also allow to explore the effectiveness of innovative prosthetic heart valves designed to reduce thrombosis in them.

החסרון המרכזי של מסתם לב ביו-פרוסטטי הוא אורך החיים הקצר שלו, בעוד שלמרות יכולתו של מסתם הלב המכאני להתגבר על בעיה זו, הוא מחייב את המטופל בנטילת תרופות נוגדות קרישה אשר מסכנות את המטופל ופוגעות באורח חייו.

בפרויקט זה, פותחה מערכת ניסוי חדשנית, שבאפשרותה ניתן לדמות את תנאי הקרישה תחת זרימה על גבי התקנים קרדיו-וסקולריים. שיטה זו תסייע בחקר תופעת הקרישה במסתמים ובבחינת היעילות והסיבות לכשל במסתמי לב חלופיים. כמו כן, תאפשר בחינת יעילות של מסתמי לב חלופיים חדישים המתוכננים להפחית את בעיות הקרישה במסתמים.

אפיון תיאורטי של מערכת סוללות זרימה

Theoretical Characterization of a Flow of Battery System

שחר כהן | מנחה: פרופ"ח מתיו סאס

A flow battery uses electrochemical energy that stored in electrolytes and converts it to electrical energy. This energy conversion is based on electrochemical reactions of the redox-active species dissolved in the electrolyte substances from which the electrolyte is made. The reactions cause electron exchange process between the active species substances and the electrodes of the battery. For metal-based batteries, during battery charging, by-products called dendrites are created on the anode. The formation and significant accumulation of dendrites can impair battery function. This study is based on a lab-scale small flow battery with an electrolyte that consists $ZnBr_2$ salt and water where zinc. In batteries operating with a similar electrolyte, the dendrites are form upon battery charging from zinc. The dendrites formation phenomenon dynamics can be linked with can be linked with the term Sand's Time, which refers to the time when the zinc concentration around the anode drops to zero at high current densities. At this time, dendrites formation begins to accelerate. The purpose of this project is to theoretical characterize and examine the mechanism of the phenomenon. An analytic analysis will be presented, and numerical methods will be used to improve the understanding of the process.

סוללת זרימה משתמשת בהמרה של אנרגיה אלקטרוכימית המאוחסנת באלקטרוליט לאנרגיה חשמלית. המרת האנרגיה מבוססת על תגובות כימיות של החומרים מהם מורכב האלקטרוליט. התגובות מניעות תהליכים של החלפת אלקטרונים בין החומרים לאלקטרודות של הסוללה. במהלך תהליך זה נוצרים תוצרי לוואי הנקראים דנדריטים על האנודה. היווצרות והצטברות משמעותית של דנדריטים יכול לפגוע בתפקוד הסוללה. הפרויקט מבוסס על סוללת זרימה קטנה בה אלקטרוליט המכיל $ZnBr_2$ מלח ומים. דנדריטים בסוללות העושות שימוש באלקטרוליט דומה עשויים ממוצקי אבץ הנותרים אחרי התגובה הכימית. ניתן לקשר את תופעת היווצרות הדנדריטים למונח Sand's time, אשר מתייחס לזמן בו ריכוז האבץ בצמוד לאנודה יורד לאפס. בזמן זה היווצרות הדנדריטים מתחילה להאיץ. מטרת הפרויקט היא אפיון תיאורטי ובחינת מנגנון התופעה. ניתוח אנליטי יוצג ויעשה שימוש בשיטות נומריות על מנת לשפר את ההבנה של התהליך.

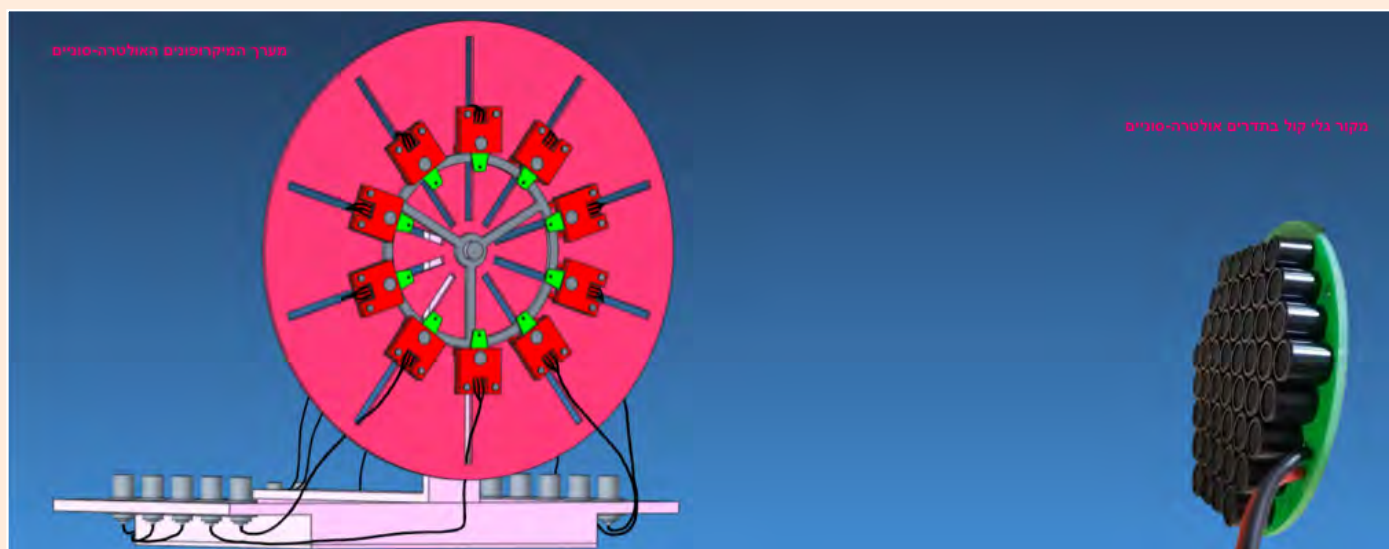
אפנון גלים אקוסטיים בתדרי על שמע לבקרת תדרי הפרש בתחום השמע

Modulation of High-Frequency Acoustic Waves To Control Low-Frequency Signals

מאיה פרידלנדר | מנחה: פרופ' יצחק בוכר

This project includes designing and building an experimental system through which modulated large amplitude ($>100\text{db}$) ultrasonic acoustic signals are created. Nonlinear effects generate difference (low) frequency signals in the audible range. The experimental system contains an array of ten tiny ultrasonic microphones (SPU0410LR5H-QB), that sense waves at frequencies of up to 80kHz . These transducers are arranged in a circular configuration that enables us to obtain and analyze measurements in time and space. Furthermore, this configuration allows one to preform closed-loop control of the difference (audible) signal, so that it can eliminate additional acoustic signals that come from a third source.

הפרויקט עוסק בתכנון ובנייה של מערכת ניסוי המאפשרת לייצר קול באמצעות אפנון אותות בתדר גבוה, בתחום תדרי העל-שמע, אשר התדר שלהם קרוב זה לזה ובעוצמות גבוהות מעל 100dB דציבל כך שנוצר אות בתדר ההפרש הנמצא בתחום הנשמע אותו מבקרים. מערכת הניסוי כוללת מערך מתמרים המכיל עשרה מיקרופונים אולטרה-סוניים (SPU0410LR5H-QB), הקולטים גלים בתדרים של עד 80kHz . מתמרים אלו משובצים במערך מעגלי, במרחקים שווים זה מזה. מערכת הניסוי מאפשרת שליטה על המרחק בין המיקרופונים לצורך קבלת מדידות המאפשרות שחזור של האות בזמן ובמרחב. כמו כן, הפרויקט כולל ביצוע ניסוי במערכת זו ועיבוד האות הנמדד, במטרה לבקר את אות ההפרש כך שיוכל לבטל אותות אקוסטיים נוספים המגיעים ממקור שלישי. הפרויקט יורחב לתזת מגיסטר בה יתווספו מודל ובקרה דיגיטלית בחוג סגור.



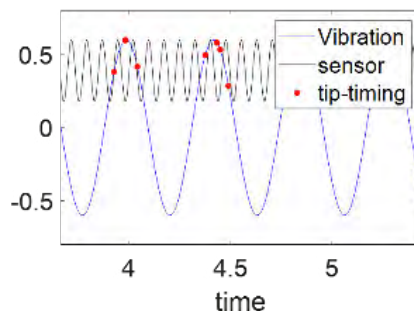
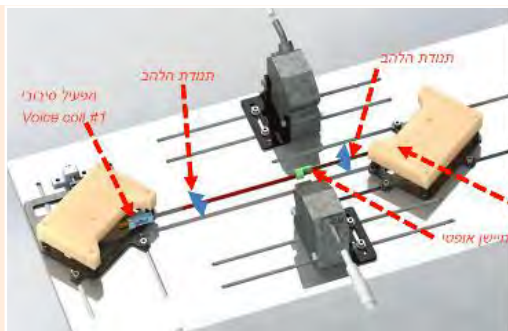
פיתוח שיטה למדידת תנודות להבים בעזרת חיישן סורק

Development of Blades Vibrations Measurement Method Using a Scanning Sensor

שיפור | מנחה: יצחק בוכר

The project deals with a new measurement technique especially designed for turbine blade vibrations. Aeroengines and gas turbines contain fast rotating fans and stages with staggered blades. The latter can develop large vibrations under certain operating conditions. During certification and development process, the vibrations of the barely accessible blades need to be measured. This is usually done using optical sensors that measure the time-of-arrival of each blade. Vibrating blades appear at different times than a rigid counterpart, mostly due to dynamic bending. The actual work includes building a proof-of-concept experiment where the optical sensor oscillates fast so that it can capture multiple occurrences of the vibrating blade thereby enriching the amount of available information and making the identification process more accurate.

בעולם יצרני הטורבינות ומנועי הסילון קיימת שיטה הנקראת Blade Tip Timing (BTT) אשר מטרתה היא אפיין דינמיקה של להבי המנוע תוך כדי פעולתו. דינמיקה זו כוללת תנודות העלולות לגרום לכשל והפרעה בתפקוד האופטימלי של המנוע. להבים אלו אינם נגישים למדידה מאחר ואין אפשרות להציב חיישן בנתיב הפעולה של המנוע או על גבי הלהבים. לכן שיטת ה-BTT כוללת לרוב חיישנים אופטיים המוצבים על גבי מעטפת המנוע ומופנים כלפי קצוות הלהבים. חיישנים אלו מודדים את הזמן בו חולף קצה להב על פניהם. כפיפת הלהב דינמית משפיעה על מיקום הקצה ועל זמן הגעתו לנקודת המדידה. שינוי זמן המדידה הנוצר בעקבות הכפיפה מתבטא בהפרשי זמן מחזוריים אשר באמצעותם ניתן לאפיין את דינמיקת תנודות הלהב. הקושי בשיטה הקיימת היא מיעוט המידע המתקבל וההנחות הקשיחות לגבי אופן התנודה. השיטה המוצעת מעשירה את כמות המידע על ידי הזזה מחזורית של החיישן המודד, בצורה מבוקרת, כך שמתקבלים מספר פולסים בכל פעם שחולף להב על פני החיישן. מטרת הפרויקט הינה הוכחת היתכנות של המודל המתמטי באמצעותו מחולצת דינמיקת הלהב מהמידות, על ידי ביצוע ניסוי מקדים על מערכת לא סובבת. מערכת זו מדמה את התנועה המחזורית של קצה להב על פני חיישן התונד בתדר גבוה בסדר גודל. טיב השיטה יתבטא בהשוואת תוצאות התאמת המודל המבוסס על מדידות החיישן הסורק לבין מיקום הלהב בפועל כפי שנמדד על ידי חיישן סטטי חיצוני.



Drone with a Manipulator

רם מסאס | מנחה: פרופ' אמריטוס שאול גוטמן

We'll intertwine Kinematics, Dynamics, and Control of a manipulator by advanced Guidance principles of a drone. The chosen guidance principle is Vector Guidance of a drone by a RR manipulator. The solution of the control loop gives us a polynomial equation of 4th degree, which can be solved analytically and then discover the minimal t_{go} , which means discovering the miss distance within a minimal time frame. We will analyze energetically the manipulator to get the equations of motion in matrix form, so we'd be able to build the foundation for MinMax control later.

נשלב בין קינמטיקה, דינמיקה ובקרה של מניפולטור לעקרונות הנחיה מתקדמים של רחפן. ההנחיה שנבחרה היא הנחיה וקטורית של רחפן ושליטה במניפולטור RR. פתרון חוג ההנחיה מניב לנו משוואה פולינומאלית מסדר רביעי אותה ניתן לפתור אנליטית ולגלות את ה- t_{go} המינימלי, כלומר להגיע למרחק החטאה המוגדר במינימום זמן. נבצע ניתוח אנרגטי למניפולטור על מנת לקבל את משוואות התנועה בייצוג מטריציוני, כדי לבנות תשתית לבקרת מינמקס.



כדור רובוטי בעל הנעה ג'ירוסקופית ובקרת אוריינטציה בלוויינים

Robotic Ball with Gyroscopic Actuation and Orientation Control in Satellites

שני פורטונה בורנשטיין | מנחה: פרופ' יצחק בוכר

We aim to design and build a spherical robot, actuated by a flywheel, in order to move in a predetermined manner, using open and closed loop control. The project is divided into several stages. First, an analytical model of the dynamics of the system is built, which enables us to choose the state variables and to design the control system. This model allows to perform numerical simulations predicting the response of the system.

Afterwards, an experimental model is built, on which experiments are compared to the simulations.

Finally, the system is to be driven in open and closed loop control to achieve autonomous motion of the system. The robot will be able to receive a desired trajectory and to follow the desired path in the configuration space, reaching the final position and orientation.

The final goal, besides building an autonomous spherical robot, is feasibility testing for an actuation system based on tilting a gyroscopic motor in order to maintain and control the orientation of bodies, specifically satellites. This system has an advantage compared to gimbal-based systems due to the fact that it has no singularities.

הפרויקט עוסק בתכנון ובניית רובוט בעל בסיס כדורי, המונע על ידי גלגל התמד על מנת לבצע תנועה במסלול מוגדר בעזרת בקרה בחוג פתוח וחוג סגור. הפרויקט מורכב ממספר שלבים. ראשית, נבנה מודל אנליטי המתאר את דינמיקת המערכת, המאפשר לבחור את משתני המצב עליהם תתבצע בקרת המערכת, וביצוע סימולציות נומריות החוזות את התנהגות המערכת. לאחר מכן, בניית מערכת ניסוי והרצת ניסויים על מנת להשוות לסימולציות. לבסוף, בניית בקרה בחוג פתוח ולאחר מכן בחוג סגור על מנת לקבל מסלול אוטונומי של המערכת. בסיום הפרויקט המערכת תוכל לקבל מסלול ולבצע בעצמה את הפעולות הנדרשות על מנת לעקוב אחריו ולהגיע ליעדה הסופי באוריינטציה רצויה.

מטרת העל של הפרויקט, מעבר לבניית רובוט כדורי ואוטונומי, היא בדיקת היתכנות של שימוש בהטיית מנוע המפעיל מומנט ג'ירוסקופי על מנת לבצע בקרת אוריינטציה של גופים במרחב, ובפרט של לוויינים. לתצורה הכדורית יתרון על מערכת עם גימבלים הנמצאת כיום בשימוש מאחר ואין לה זוויות סינגולריות.

חקר ההצתה והבעירה במנוע ונקל

An investigation of the Ignition and Combustion Processes in the Wankel Engine

ראם עובד | מנחה: פרופ"ח לאוניד טרטקובסקי

A Wankel engine is a rotary four stroke internal combustion engine. The engine is composed of a trochoid-shaped stator and a rotor shaped like a Reuleaux-triangle, with the combustion chamber located in the space between them. The shape of the rotating combustion chamber with a high surface-to-volume ratio makes it difficult to study, understand and improve the combustion process, which has a great impact on the engine thermal efficiency and performance. Along with the challenging geometric shape of the combustion chamber, there is a high-speed, unidirectional squish flow along the chamber due to the rotor's rotation, which has a substantial impact on the flame initiation and propagation. In this project, a laboratory research setup of a Wankel engine with optical access to the combustion chamber was designed and manufactured. The research facility is based on a commercial engine and allows optical imaging of the combustion process using high-speed and thermal cameras. By employing the developed setup we would be able to investigate the temperature dispersion, pollutant formation, heat losses and combustion efficiency of the engine. Additionally, we have conducted a series of experiments to study the effect of a high-speed charge flow on the spark-plug discharge pattern and direction. The experiments were conducted in a wind tunnel using a high-speed camera and a voltage-current probe to record the spark-plug discharge pattern. In these experiments we studied the effect of the flow velocity and the spark-plug distance to wall on the electrical discharge development patterns.

מנוע ונקל הינו מנוע בעירה פנימית רוטורי הפועל לפי מחזור ארבע פעימות. המנוע מאופיין ע"י סטטור טרוכואידי ורוטור בצורת משולש רולו, כאשר תא הבעירה מצוי בתווך ביניהם. תכן זה יוצר צורה גיאומטרית מורכבת של תא הבעירה מסתובב המאופיין על ידי יחס שטח פנים/נפח גבוה, ועל כן ישנו קושי רב בטיוב תהליך הבעירה ושיפור ביצועי המנוע. פרט לכך, קיימת גם זרימה חד-כיוונית מהירה במהלך פעימת ההתפשטות שנוצרת מכך שצדו האחד של תא הבעירה נדחס בעוד שצדו האחר מתרחב. תופעה זו משפיעה על כלל פרמטרי הבעירה ואופן התפתחותה והתפשטותה של הלהבה ולבסוף על הנצילות התרמית של המנוע. בפרויקט זה תוכנן מערך מעבדתי מחקרי עם גישה אופטית לתא הבעירה המתבסס על מנוע ונקל מסחרי. מערך ניסוי זה מאפשר צילום של תהליך הבעירה ע"י מצלמה מהירה ומצלמה תרמית, מעקב אחר התפתחות הלהבה, ולמידת פילוג הטמפרטורות, היווצרות המזהמים, הפסדי החום ואיכות הבעירה של המנוע. בנוסף לכך, בוצעה סדרת ניסויים של חקר השפעת הזרימה החד-כיוונית המהירה על תהליך ההצתה חשמלית במנוע. מהירות הזרימה בקרבת המצת הינה גבוהה במהלך ההצתה, ולכן בעלת השפעה על אופי הפריקה החשמלית של המצת. הניסוי בוצע במנהרת רוח תוך שינוי מהירויות הזרימה ושינוי גובה המצת ביחס למשטח הזרימה המדמה את דופן הסטטור הפנימית. במהלך הניסוי נעשתה מדידה של פרופיל המתח-זרם ובוצע צילום מהיר לתיעוד שדה הפריקה החשמלית של המצת.

ההתנהגות המכנית של קורה לחוצה המוגבלת על ידי קיר קפיצי לא ליניארי

The Mechanical Behavior of a Compressed Beam Constrained by a Nonlinear Springy Wall

ניצן יהודה | מנחה: פרופ"ח ספי גבלי

Various fields like medical procedures, biological processes and engineering applications involve post-buckling behavior of a compressed beam subjected to lateral constraints. For instance, common medical procedures use guidewire which is used to pass through different arteries along the body. The main goal of this research is to study the post-buckling behavior of a compressed beam constrained by a nonlinear "springy" wall (a rigid wall that moves against a nonlinear spring). The focus is on theoretical analysis, where analytical insights are obtained assuming small-deformations and large deformations based mainly numerically. System analysis helps us understand the behavior of the beam after buckling in the various modes as a function of the axial compressive force. Finally, the theoretical results will be validated by experiments.

תחומים שונים כמו פרוצדורות רפואיות, תהליכים ביולוגיים ויישומים הנדסיים כרוכים בהתנהגות של קורה לאחר קריסה הנתונה לאילוצים. לדוגמה, הליכים רפואיים נפוצים משתמשים ב"תיל מנחה" המשמש למעבר דרך עורקים שונים לאורך הגוף. המטרה העיקרית של מחקר זה היא לחקור את התנהגותה של קורה לחוצה לאחר קריסה, המוגבלת על ידי קיר "קפיצי" לא ליניארי (קיר קשיח שנע כנגד קפיץ לא ליניארי). ההתמקדות היא בניתוח תיאורטי, כך שהניתוח עבור תזוזות קטנות מתקבל משיטות אנליטיות ואילו הניתוח עבור תזוזות גדולות מבוסס בעיקר על שיטות נומריות. ניתוח המערכת יסייע לנו להבין בין היתר את התנהגות הקורה לאחר הקריסה במודים השונים כתלות בכוח הלחיצה הצירי. לבסוף, התוצאות התיאורטיות יאומתו על ידי ניסויים.

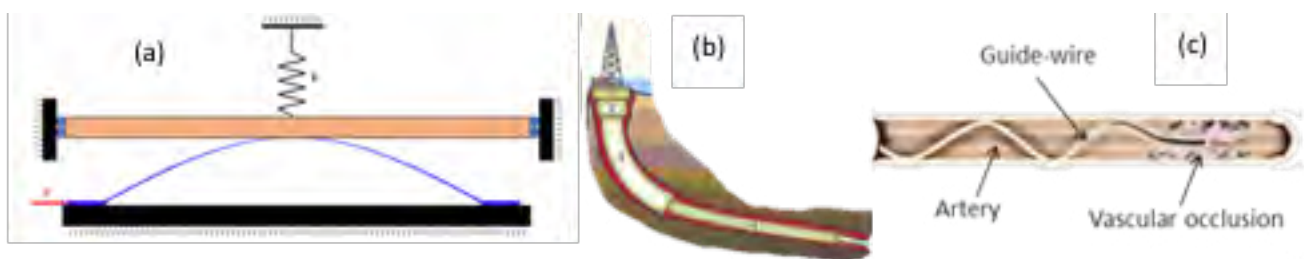


Fig. 1: (a)- Description of the experiment system- a clamped beam subjected to an axial compressive force P and delimited between a fixed wall and a moving wall. (b+c)-Applications involve post-buckling behavior of a compressed beam subjected to lateral constraints: (b)- deep drilling (c)-medical procedure.

פרוייקטי גמר הנדסיים



אוטומציה של תהליך כיול כוח ברפאל

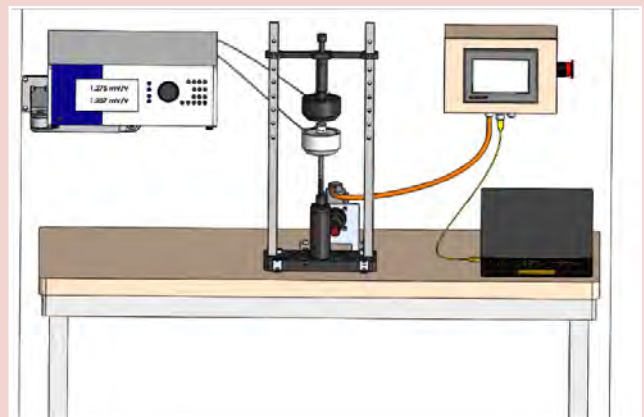
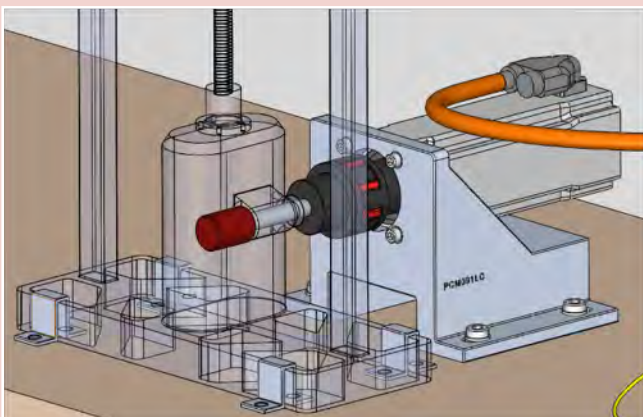
Automation of Load Cells Calibration Process in Rafael

ליאת אלישע ונתן בן שושן | מנחה: ד"ר יהב מורג

The goal of this project is to improve the efficiency and precision of Load cells calibration process that is performed daily in physical calibration laboratory of Rafael. While learning the calibration process, the existing laboratory infrastructure, and the needs of the customers, we built a system that performs the entire calibration process almost automatically. Instead of a manual operating lever for a stretching / pressing machine we connected a Beckhoff servo motor and programmed the controller according to calibration procedures by Iso 376. We have designed the work environment ergonomically for the calibrator, along with safety mechanisms to prevent work accidents and damage to equipment. The system is equipped with a touch screen with a user interface that is designed for maximum convenience of the calibrator without the need for additional training. The system we built is expected to save the company about 1000 working hours a year as well as save thousands of shekels that are wasted due to the destruction of expensive laboratory equipment as well as errors in the calibration process.

מטרת הפרויקט היא לייעל ולדייק תהליך כיול מדי כוח שמבוצע באופן יומי במעבדת כיול פיסיקלי ברפאל. תוך למידת צרכי הכייל, תשתית המעבדה הקיימת וצרכי הלקוחות בנינו מערכת שמבצעת את תהליך הכיול כולו באופן אוטומטי כמעט לחלוטין. במקום ידית הפעלה ידנית למכונת מתיחה/לחיצה חיברנו מנוע סרוו ותכנתנו את הבקר לפי תוכניות הכיול המותאמות לתקן הבינלאומי ISO376. תכננו וייצרנו בשיטות ייצור שונות מתאמים וחלקי חיבור של המערכת, כולל חסמי בטיחות ומגנים לשימוש בטיחותי ונוח.

תכננו את סביבת העבודה בצורה ארגונומית לכייל, יחד עם מנגנוני בטיחות למניעת תאונות עבודה ונזק לצידוד. המערכת מצוידת במסך מגע עם ממשק משתמש שתכננו לנוחות מרבית של הכייל ללא צורך בהכשרה נוספת. המערכת שבנינו צפויה לחסוך לחברה 10000 שעות עבודה בשנה וכן לחסוך אלפי שקלים המתבזבזים עקב שגיאות בתהליך הכיול וכן הרס ציוד מעבדה יקר.



מערכת עקיבה מובנת מבוססת מצלמת עין-דג כפולה

Onboard Homing System Based on a Dual-Fisheye Camera

אופיר מזר | מנחים: פרופ' טל שימא, מר גלב מרקולוב

This project aims to design a framework of target tracking and pursuing, that imitates a real-world missile guidance system, to improve the ability to analyze the performance of guidance and control algorithms in the CASY- Cooperative Autonomous Systems Laboratory at the Faculty of Aerospace Engineering. The proposed system design includes a Ricoh-Theta s 360-degree Field of View camera (dual-fisheye), a ground robot Kobuki Turtlebot 2 with embedded inertial sensors, and an Odroid SBC (single-board computer). The livestream readings from the camera are processed using OpenCV image processing algorithms to produce the relative azimuth and elevation angles to the target. These measurements are fused with the inertial sensor readings and are used to produce the guidance commands sent to the robot. The software has a modular structure and is mostly designed in Simulink and Python and is implemented in the Robot Operating System (ROS) framework. The system is experimentally validated in several pursuit scenarios.

מטרת פרויקט זה היא תכנון ויישום של מערכת מובנת ועצמאית שתאפשר עקיבה והנחיה אחר מטרה, כך שתדמה מערכת הנחיה טילים אמיתית, ובכך לשפר את היכולת להעריך את הביצועים של אלגוריתמי הנחיה ובקרה במעבדת CASY-Cooperative Autonomous Systems Laboratory, בפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל. המערכת תורכב ממצלמת עין-דג כפולה בעלת שדה ראייה מלא של 360 מעלות Ricoh-Theta s, רובוט קרקעי Kobuki Turtlebot 2 בעל חיישנים אינרציאליים מובנים ו-SBC odroid (מחשב לוח יחיד). מהשידור החי מהמצלמה, שמועבד באמצעות אלגוריתמי עיבוד תמונה של OpenCV, מתקבלות זוויות האזימוט וזווית ההגבהה היחסיות אל המטרה, זוויות אלו משולבות עם המדידות של החיישנים האינרציאליים ומהן מחושבות פקודות התנועה שנשלחות אל הרובוט. התוכנה מובנת ברובה בצורה מודולרית באמצעות Python ו-Simulink, מיושמת באמצעות מערכת השליטה ברובוטים ROS- ומאומתת ניסויית במספר תרחישי רדיפה שונים.

הפחתת נזקי התעייפות תרמית לרכיבים רגישים של מחזור משולב הפועל עם התנעה תכופה

Reduction of Thermal Fatigue Damage to Sensitive Components of Combined Cycle Operating with Frequent Start-Ups

רואן עיסמי ופאדי זיינה | מנחה: בוריס לאש

HRSG is the most sensitive component in combined cycle to negative effects of thermal fatigue

In the recent years, many combined cycles have been operating in a two shift operation which results in frequent start-ups and shutdowns (up to 350 events per year).

This operating regime induces tremendous temperature fluctuations during start-ups and causes thermal fatigue damage to high temperature components such as super-heater and re-heater of HRSG.

To alleviate this problem we suggest modifying procedures of start-ups in such a way so the magnitude of thermal fatigue experienced by HRSG will be significantly reduced, also the proposed new methodology of start-up will reduce fuel consumption and NOx/CO emissions.

HRSG הוא הרכיב הרגיש ביותר במחזור משולב להשפעות שליליות של התעייפות תרמית.

בשנים האחרונות פועלים מחזורים משולבים רבים בשתי משמרות אשר מביאות להתנעה וכיבוי תכופים (עד 350 פעמים בשנה).

משטר הפעלה זה יוצר שינויי טמפרטורה משמעותיים במהלך ההתנעה וגורם להתעייפות תרמית לרכיבי טמפרטורה גבוהה כגון מחמם-על ומחמם מחדש של ה-HRSG.

על מנת להקטין בעיה זו אנו מציעים לשנות את הנהלים של ההתנעה כך שעוצמת ההתעייפות התרמית שחווה ה-HRSG תופחת באופן משמעותי ובנוסף המתודולוגיה החדשה המוצעת של ההתנעה תצמצם את צריכת הדלק ואת פליטת NOx/CO.

יישומי בקרה חוזרת (רפטטיבית) במעבדה

Applications of Repetitive Control in the Lab

חיים רוט | מנחים: פרופ' ליאניד מירקין ומר איליה שמיס

Tracking arbitrary periodic signals is a difficult control problem. It can potentially be solved by the use of the repetitive architecture. But its stabilization is nontrivial and the architecture might be sensitive to uncertainty. This project aims at investigating those aspects at a laboratory xy -table. The system is a set of two stages and two linear actuators controlled to track a periodic signal in each axis. First, the control method was simulated and analyzed to determine how different controller design choices affect performance. Next, the xy -table was controlled in a closed loop to test its response to a step reference signal. The system was found to exhibit a strong nonlinear behavior, which is a potential obstacle in applying repetitive control. What remains is identifying a linear model of the system and using it to design a repetitive controller to follow a periodic reference signal.

עקיבה אחר אותות מחזוריים שרירותיים הוא בעיית בקרה קשה. זה יכול להיפתר על ידי שימוש בארכיטקטורה החוזרת (רפטטיבית). אבל הייצוב שלו אינו טריוויאלי והארכיטקטורה עשויה להיות רגישה מעבדתית. המערכת הינה שתי במות ושני xy - לאי ודאות. פרויקט זה נועד לחקור את ההיבטים הללו ב שולחן מפעילים ליניאריים המבוקרים לעקוב אחר אות מחזורי בכל ציר. ראשית, בוצעה סימולציה של שיטת הבקרה נשלטה xy - כדי לקבוע כיצד אפשרויות תכנון שונות של בקר משפיעות על הביצועים. לאחר מכן, שולחן ה בחוג סגור כדי לבדוק את תגובתו לאות התייחסות מדרגה. נמצא כי המערכת מציגה התנהגות לא ליניארית חזקה, המהווה מכשול פוטנציאלי בהפעלת בקרה חוזרת. נותר זיהוי מודל ליניארי של המערכת ושימוש בו. לתכנון בקר חוזר שיעקוב אחר אות התייחסות מחזורי.

מערכת אוטונומית להחלפת תפסניות ברובוט

Autonomous Gripper Exchange System

טל נשר | מנחם נפתלי אילון רימון

The project included the design and production of a quick-change system that allows a robot to grab various objects by replacing grippers autonomously. The robot arm connects to the required gripper, locks it and provides the electronic connections.

The quick-change system is created using 3D printing and is designed to allow for an error of up to 1 cm with regards to the accuracy of the robotic arm. The quick-change system also allows the transmission of electrical signals to the gripper. This innovative design avoids the need for a battery, charging station or a separate Arduino controller for each gripper.

The system we manufactured allows the customer to adapt a wider range of robotic grippers for different uses creating a very efficient and robust solution.

The arm that carries the quick-change system operate using "DYNAMIXEL-P motors" that receive commands from the ROS system. In the first phase, we learn the kinematics of the robotic arm trying to define its error tolerance range. After that we set a goal to simplify the grippers by transferring the electronics and computing to the arm system.

הפרויקט כלל תכנון וייצור של מפרק רובוטי שהנו אב טיפוס המהווה הוכחת הרעיון (proof of concept) לרובוט המסוגל לבצע אחיזה של אובייקטים שונים, וזאת ע"י החלפת תפסניות (מכאניות) תפסניות ללא סוללה או מחשב (באופן אוטונומי). הרובוט מחבר את התפסנית הנדרשת, מבצע נעילה שלה וחיבור י אלקטרוניקה.

המפרק יוצר באמצעות הדפסת תלת- מימד. ותוכנן כך שיאפשר מרווח טעות של עד $d = 1\text{cm}$ באמצעות נעילה מכנית של התפסניות. כמו כן המפרק מאפשר העברת אותות חשמליים לתפסניות, באופן שימנע את הצורך בבטריה, עמדת טעינה ובבקר ארדואינו נפרד לכל תפסנית. המפרק הרובוטי שייצרנו מאפשר שימוש בזרוע רובוטית בעלת טווח שגיאה רחב יחסית, וכן הורדת המשקל והוזלה משמעותית של התפסניות, באופן שיאפשר ללקוח הסופי להתאים מגוון רחב יותר של תפסניות וזרועות רובוטיות לשימושים שונים.

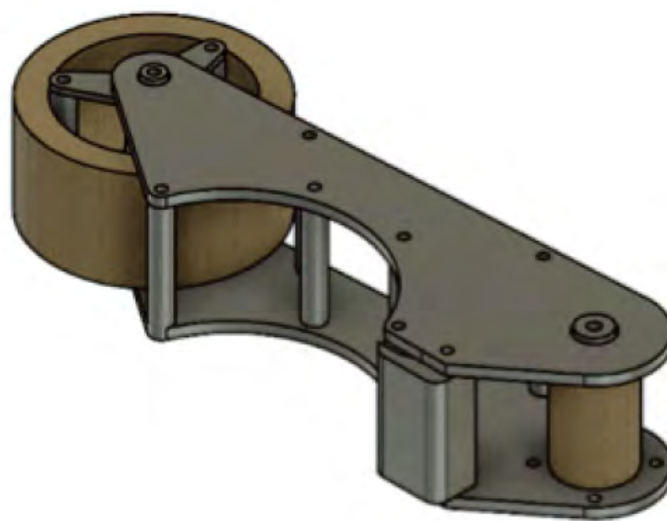
הזרוע הנושאת את המפרק פועלת באמצעות "DYNAMIXEL-P" motorss ה מקבלים את המשתמש (מערכת ROS). בשלב הראשון של הפרויקט, חקרנו את הקינמטיקה של הזרוע הרובוטית, והגדרנו טווח טולרנס שגיאה שלה. בשלב השני הצבנו יעד לפשט את התפסניות ע"י העברת החישוב לזרוע, ולצורך כך פיתחנו אביזר קצה לתפסניות שהועבר לקבוצת הפיתוח הרלוונטית. ואז פיתחנו את המפרק שיתן מענה לדרישות הללו. זיהינו אזורים שמועדים לכשל והחלפנו בחלקים שהודפסו באיכות גבוהה יותר.

Adhesive Robotic Gripper - Stickerbot

מעמדה פרופ' אילון רימון | Thadeo Arlo

As part of the larger project of the ARL industrial robotic arm, we developed a unique gripper that utilizes adhesive, in this prototype; tape and pressure sensors to pick up a wide range of irregularly shaped objects with varying surface materials. We call it the StickerBot. With the profound guidance of Prof Elon Rimon, we developed this gripper that achieves the goals mentioned. The robotic arm pushes the gripper into the object against a surface like a table, which then secures the object with the tape. The object is now free to be manipulated. To remove the object, the tape is pulled by the stepper motor which carries the object with it. At one end of the attachment area, a stopper is placed to separate the object from the tape. The StickerBot proved that with a relatively simple mechanism, we were able to create a gripper that could pick up objects of various surface materials and irregular geometries. The unique design and use of adhesive tape enabled the gripper to work efficiently without a heavy reliance on computer vision.

כחלק מהפרויקט הגדול יותר של הזרוע הרובוטית התעשייתית ARL, פיתחנו תפסן ייחודי העושה שימוש בדבק, באב טיפוס זה; חיישני סרט ולחץ לקלוט מגוון רחב של עצמים בעלי צורה לא סדירה עם חומרי פני שטח משתנים. אנחנו קוראים לזה StickerBot. בהנחייתו המעמיקה של פרופ' אילון רימון, פיתחנו את התפסן הזה המשיג את המטרות שהוזכרו. הזרוע הרובוטית דוחפת את האוחז לתוך החפץ כנגד משטח כמו שולחן, אשר לאחר מכן מאבטחת את החפץ עם סרט הדבק. האובייקט חופשי כעת למניפולציה. כדי להסיר את החפץ, הסרט נמשך על ידי מנוע הצעד הנושא את הלפף איתו. בקצה האחד של אזור ההצמדה, מניחים פקק להפרדת החפץ מהסרט. ה-StickerBot הוכיח שבאמצעות מנגנון פשוט יחסית, הצלחנו ליצור תפסן שיכול לקלוט חפצים מחומרי משטח שונים וגיאומטריות לא סדירות. העיצוב הייחודי והשימוש בסרט דביק אפשרו לתפסן לעבוד ביעילות ללא הסתמכות רבה על ראיית מחשב.



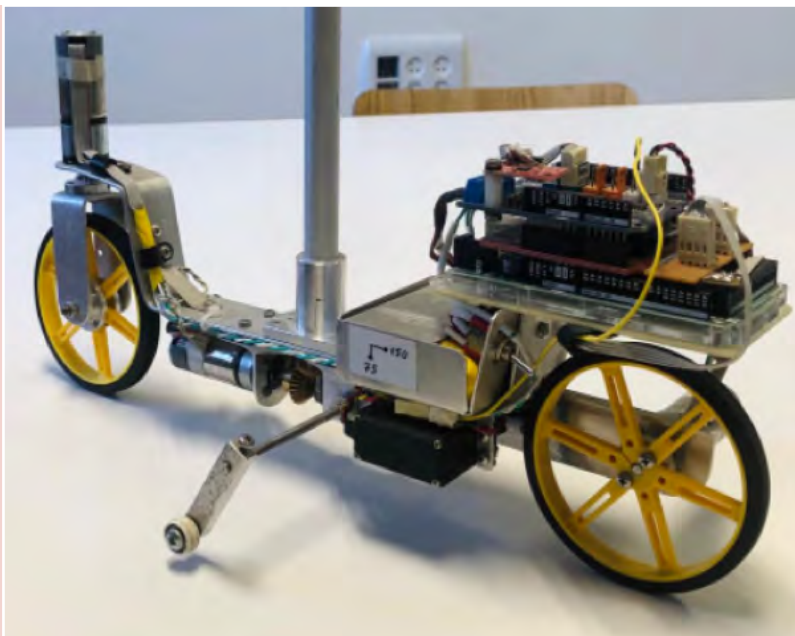
בקרת מערכות סרוו באופניים אוטונומיות

Control of Servo Systems on Autonomous Bicycle

מור בוחבוט, קריסטינה חלבי | מנחם צלח: מקסים קריסטלני, מר' איליה שמיס

Our project is about model-based motion control with application to drivetrain of an autonomous bicycles. The laboratory setup in our project consists of a miniature autonomous bicycle, whose rear wheel is driven by a DC motor. In the first part of the project, we dealt with modeling of the bicycle drivetrain. We derived the structure of the model and identified its parameters through series of laboratory experiment. The second part of the project deals with the design of a drivetrain controller for keeping a constant cruising speed. The controller will be implemented on an Arduino microprocessor and its performance will be validated experimentally.

הפרויקט שלנו עוסק בבקרת תנועה מבוססת מודל עם יישום תנועה של אופניים אוטונומיים. מערך המעבדה בפרויקט שלנו כולל מודל מזערי של אופניים אוטונומיים, שגלגלו האחורי מונע ע"י מנוע DC. בחלקו הראשון של הפרויקט עסקנו במידול של מערכת ההנעה של האופניים. גזרנו את מבנה המודל וחילצנו את פרמטרי המודל, באמצעות סדרת ניסויים שנערכו במעבדה. חלקו השני של הפרויקט עוסק בתכנון בקר הנעה שתפקידו לשמור על מהירות שיוט קבועה. הבקר ייושם על מיקרו מעבד מסוג Arduino וביצועיו יאומתו באופן ניסיוני.



אקטואטור פייזואלקטרי לסטימולציית תאי עצם

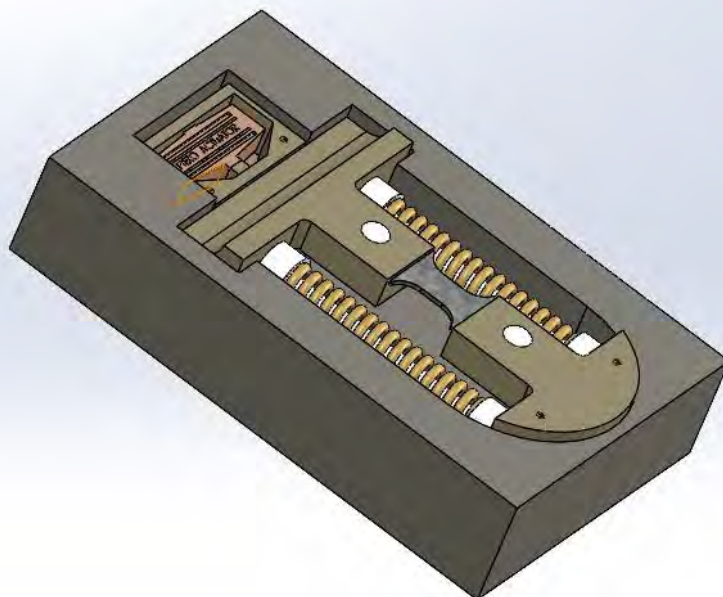
Piezoelectric Actuator for Stimulation of Bone Cells

אנתוני יעיש, יצחק ג'מל | מנצח: פרופ' דניאל ריטל

Piezoelectric effect is the ability of certain materials to generate an electric charge in response to applied mechanical stress. One of the unique characteristics of the piezoelectric effect is that it is reversible, meaning that materials exhibiting the direct piezoelectric effect (the generation of electricity when stress is applied) also exhibit the converse piezoelectric effect (the generation of stress when an electric field is applied).

In the framework of the project, it is requested to build a machine which exerts mechanical constraints on a lamella in a controlled way thanks to a piezoelectric actuator. The objective is to control the strain and investigate the behavior of the bone cells located on the lamella. The deformation of the plate will lead to the deformation of these cells.

האפקט הפיזואלקטרי הוא היכולת של חומרים מסוימים לייצר מטענים חשמליים כתגובה מדפורמציה מכאנית. אחד ה מאפיינים הייחודיים של חומר פיאזואלקטרי הינו הפיכות האפקט כלומר החומר יעבור דפורמציה מכאנית כתוצאה מ המפל מתח חשמלי עליו. במסגרת הפרויקט דרוש לפתח מכונה המפעילה מאמצים מכאניים על דגם באופן מבוקר על ידי אקטואטור פיאזואלקטרי. המטרה היא לבקר את העיבור ולחקור את התנהגותם של תאי עצם אשר ימוקמו מעל הדגם ויעברו את הדפורמציה שהדגם יעבור בהיותם צמודים אחד לשני.



ייצוב מטוטלת הפוכה ע"ג בסיס ממונע באמצעות בקרה בחוג סגור

Stabilizing an Inverted Pendulum on a Motor Driven Platform Using Closed-Loop Control

עידן איל | ממערכת רומן גודין

An inverted pendulum consists of a rigid body connected to a hinge at one end, such that the body's center of mass lies above the hinge. This system is unstable and has non-linear dynamics.

The purpose of this project is to stabilize an inverted pendulum which is placed upon a DC motor-driven platform, by designing a closed-loop control system for the cart's position, and through that the pendulum's angle. To achieve this, we must first derive the non-linear equations of motion for the system, linearize the system about its non-stable equilibrium point, and then identify all unknown parameters of the system (the motor constants, masses, moments of inertia, viscous friction coefficients, etc.). Then, it is necessary to design a closed-loop control law for the cart's position and then the pendulum's angle, using sensors (encoders).

Once the control laws are planned, it's possible to implement them using Simulink and then to upload the resulting code to a microcontroller which is located upon the platform. The microcontroller reads the encoder data, and outputs voltage commands to the platform motor, according to the control laws written to it.

מטוטלת הפוכה היא מערכת של גוף קשיח המחובר בקצה אחד לציר החופשי להסתובב, כך שמרכז המסה של הגוף הקשיח נמצא מעל הציר. מערכת כזו היא בלתי יציבה ובעלת דינמיקה לא-ליניארית.

מטרת הפרויקט היא לייצב מטוטלת הפוכה היושבת על-גבי בסיס ממונע, על ידי תכנון מערכת בקרה בחוג סגור על מיקום העגלה ודרכו על זווית המטוטלת.

לשם כך, יש צורך ראשית לפתור את משוואות התנועה הלא ליניאריות של המערכת, לבצע ליניאריזציה למערכת סביב נקודת שיווי המשקל הלא יציב שלה, ואז לבצע זיהוי מלא של פרמטרי המערכת (קבועי המנוע, מסות, מומנטי אינרציה, מקדמי חיכוך וויסקוזי וכו'). לאחר מכן, יש לתכנן מערכת בקרה בחוג סגור על מיקום העגלה ואז על זווית המטוטלת, בעזרת חיישני מיקום (אנקודרים). לאחר מכן, ניתן לממש את חוג הבקרה בעזרת Simulink, ולהעביר אותו בצורת קוד למיקרו-מעבד היושב על העגלה. המיקרו-מעבד מקבל את קריאות החיישנים כקלט, וכפלט מוציא פקודות מתח למנוע בהתאם לחוקי הבקרה הכתובים בקוד.

בחינת עיצובים חדשים מעכבי קרישה עבור מסתם אאורטלי מכני לבבי

Exploring New Clot Reducing Designs for Mechanical Aortic Heart Valves

צוראל סילברמן ותום וייץ | מנתח מחפופ'ח נתנאל קורין / יבגני קריינין

Cardiovascular disease is the second leading cause of death in the modern world, with heart valve diseases being the most common. Bioprosthetic or Mechanical Heart Valve replacements are the standard treatment for heart valve disease. A common problem with transplanted heart valves is prosthetic heart thrombosis, one of the leading causes of mechanical heart valve failure. A newly suggested solution to that problem is to design new valves that alter the flow field and leverage the natural blood flow to rinse the valve and inhibit clot formation and accumulation. We performed advanced flow simulations using ANSYS FLUENT, considering the the mechanical aspect of valve thrombosis. Based on these simlations, we compared various solutions to derive the optimal mechanical valve configuration.

כיום מחלות קרדיווסקולריות הינן גורם תמותה עולמי מוביל, כאשר בקרב מחלות לב מחלות מסתמי הלב הינן המחלות הנפוצות ביותר. כפתרון למסתמי לב כושלים/חולים, מבצעים החלפת מסתם במסתם חלופי ביולוגי או מכני. בעיית היווצרות קרישי דם באזור המסתם המוחלף, שכיחה ביותר והינה גורם משמעותי לכשל במסתמים מכניים. לטובת פתרון בעיה זו, נמצא כי ניתן באמצעות שינוי עיצוב המסתם לגרום לשינוי שדה הזרימה כך שתבוצע שטיפה עצמית של המסתם ובכך לעכב ואף למנוע התפתחות קרישה באזור המסתם המלאכותי. במסגרת הפרויקט, ביצענו סימולציות זרימה מתקדמות בשימוש בתוכנת ANSYS FLUENT, תוך התייחסות להיבטים המכניים של בעית הקרישה במסתמים. לבסוף ביצענו השוואה של פתרונות שונים למציאת הקונפיגורציה האופטימלית של המסתם המכני החדש.

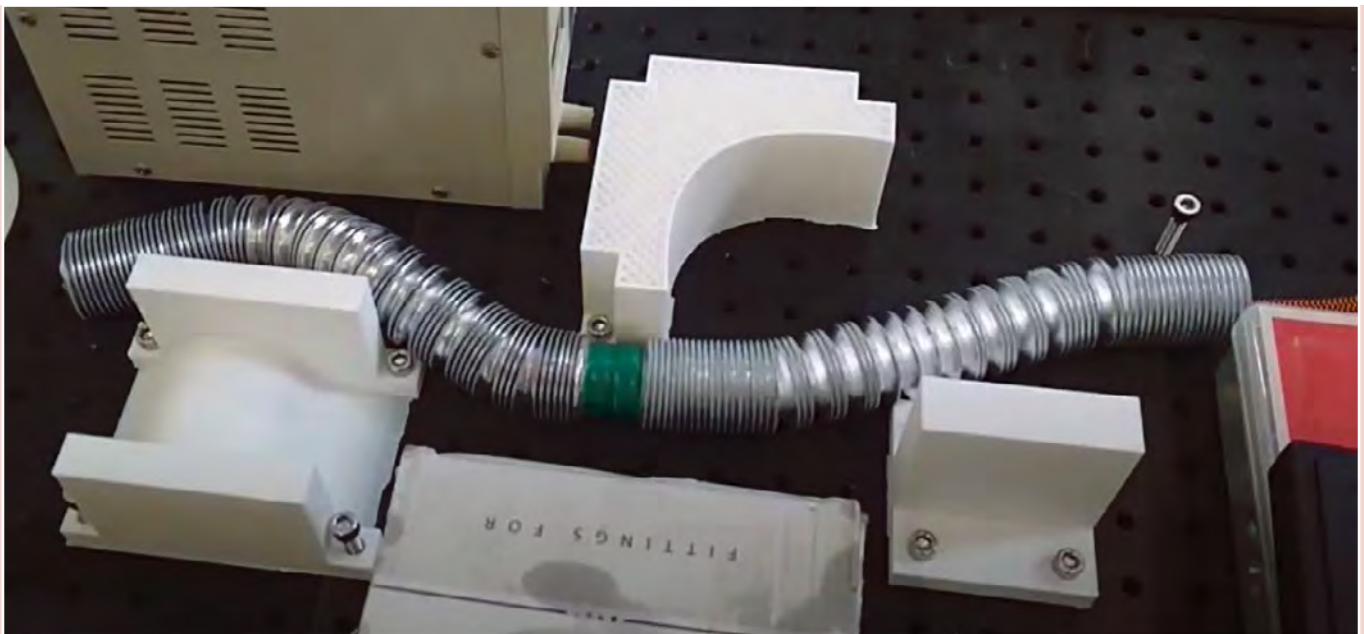
פיתוח זרוע רובוטית מולטיסטבילית לחילוץ והצלה

Development of a Soft Robotic Arm for Search And Rescue

עורך בן צדק | ממנהל: ר"ר ליאור סאלם

This project is about developing a robotic arm for search and rescue at destruction sites and tunnel mapping. The arm operates by the principle of multistability, where a system has a large number of equilibrium points. To implement the principle of multistability, I used a structure consisting of multistable links operated by a fluid-based flexible actuator. This flexible structure allows the arm to be distorted due to contact with obstacles during movement. Therefore, the arm can pass through narrow and winding passages that a rigid arm is unable to pass, a very important advantage for navigating through destruction sites. Another advantage of the flexible structure is its many degrees of freedom due to the long vertebral structure and an actuator that can move within it. Based on this principle, the robotic arm was designed and built by various methods, such as 3d printing and silicone molding, and a control system for the actuation of the arm was designed.

פרויקט זה עוסק בפיתוח זרוע רובוטית לחילוץ והצלה באתרי הרס וגם מיפוי מנהרות. הזרוע פועלת לפי עקרון של מולטיסטביליות, בו למערכת קיימים מספר רב של נקודות שיווי משקל יציבות. על מנת לממש את עקרון המולטיסטביליות, השתמשתי במבנה המורכב מחוליות מולטיסטביליות המופעלות ע"י אקטואטור גמיש מבוסס זורם. מבנה גמיש זה מאפשר עיוות של הזרוע עקב מגע עם מכשולים במהלך התנועה, בכך הזרוע יכולה ל עבור במעברים צרים ומפותלים שזרוע קשיחה אינה מסוגלת לעבור, יתרון חשוב מאוד עבור עבירות באתרי הרס. יתרון נוסף למבנה הגמיש הינו מספר דרגות החופש הרב שלו עקב המבנה החולייתי והארוך ואקטואטור היכול לנוע בתוכו. על סמך עקרון זה נעשה תכן ובניה של הזרוע הרובוטית שכללה הדפסה תלת מימדית ויציקות סיליקון ובנוסף תוכננה מערכת בקרה עבור אקטואציית הזרוע.



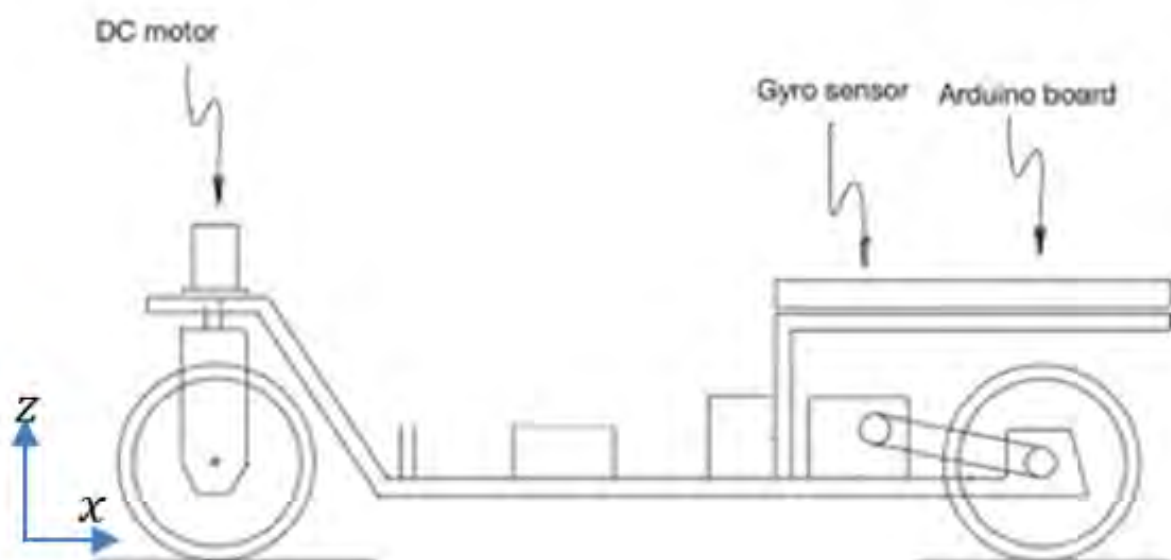
ייצוב אופניים באמצעות בקרת היגוי

Bicycle Stabilization Via front-Wheel Steering

דורין רואינסקי וליאור רבינא | מנחם מנחם: מקסים קריסטלני ומר איליה שמיס

The purpose of the project is to stabilize a miniature bicycle by controlling the steering angle of the front wheel while driving at a constant speed. In the first part of the project, we prepared a theoretical background and made the analysis necessary for stabilization. We derived a simplified model for the roll angle dynamics based on the article "Bicycle Dynamics and Control, Åström, K. J., Klein, R. E., & Lennartsson, A. (2005)." and kinematic equations on the yaw angle. Additionally, we proposed a stabilizing controller structure, analyzed the resulting achievable performance using simulations, and tuned the controller parameters using numerical search. In addition, we modeled the dynamics of the steering mechanism driven by a DC motor and designed a low-level steering controller. In the second part of the project, we will implement the designed controllers in a laboratory setup and validate the resulting behavior of the system experimentally.

מטרת הפרויקט היא ייצוב אופני מעבדה באמצעות שליטה על זווית ההיגוי תוך כדי נסיעה במהירות קבועה. בחלקו הראשון של הפרויקט בוצעה הכנה תאורטית לבקרת הייצוב. בנינו מודל מפורט עבור דינמיקת זווית הגלגול של האופניים בהתבסס על המאמר Bicycle Dynamics and Control, Åström, K. J., Klein, R. E., & Lennartsson, A. (2005).", ומשוואות קינמטיות עבור זווית הסיבסוב. בנוסף, הצענו מבנה לבקר מייצב, ניתחנו את הביצועים המתקבלים באמצעות סימולציות וכיוונו את פרמטרי התכן של הבקר באמצעות חיפוש נומרי. כמו כן, מידלנו את דינמיקת מנוע ההיגוי בהתאם למנוע DC, ותכננו בקר היגוי בחוג סגור פנימי. בחלקו השני של הפרויקט תבוצע השמה של התאוריה על הדגם הנמצא במעבדה ונאמת את התנהגות המערכת באמצעות ניסויים.



תכנון ובניית דינמומטר עבור מנועים קטנים

Design and Construction of a Dynamometer for Small Engines

שגיא איידלסון || מעמדה: פרופ' ערן שר

The project involves detailed design and implementation of a hydraulic dynamometer suitable (with adapters) for a variety types of motors and engines with low power (up to 10 kW). The varied of sensors and measurement systems in the dynamometer are connected to a microcontroller that will collect all the data to a computer and display the RPM, momentary torque and momentary power. In addition, at the end of each run, summary graphs of the experiment will be obtained so that the X-axis is the RPM and two Y-axes of torque and power.

הפרויקט עוסק בתכנון מפורט ומימוש של דינמומטר הידראולי המתאים למגוון סוגי מנועים (בעזרת מתאמים) בעלי הספקים קטנים (עד 10 קילו-וואט). מגוון החיישנים ומערכות המדידה בדינמומטר מחוברים למיקרו-בקר שירכז את כל הנתונים לצג מחשב ויצוג את הסל"ד, המומנט הרגעי וההספק רגעי. בנוסף, בסוף כל הרצה יתקבלו גרפים מסכמים של הניסוי כך שציר ה-X הוא הסל"ד ושני צירי Y של מומנט והספק.

תכן מתקן ניסוי לבקרת מגע

Experimental Design for Interaction Control System

סרה כהן, מעין פרנשטיין | מנחם גלזר, מר איליה שמיס

This project deals with an "Interaction Control" problems. The goal in this kind of problems is changing a perceived mechanical impedance of physical systems interacting with human operators. The experimental setup in our project consists a disk attached to a DC motor axis. Our goal is to design a control strategy that multiplies torques applied by human operators in order to decrease the inherent mechanical impedance of the system. In other words, we would like to use control for making the disc feel lighter than it is in reality. In this project, we consider three approaches to this problem: 1. Closed loop control based on the angle measurements; 2. Open loop control based on the interaction torque measurements; 3. "Admittance Control" based on both angle and torque measurements. The advantages, disadvantages and limitations of these approaches are analyzed and validated using simulations and experiments.

פרויקט זה עוסק בבעיית "Interaction Control" בקרת מגע. מטרת בקרה זו הינה שינוי מומנט - האינרציה הפנימי של מערכות פיזיקאליות, בעלות ממשק עם מפעיל אנושי. מערכת הניסוי הנבחרת בפרויקט זה מכילה דסקה המחוברת לציר מנוע סרוו. מטרתנו הינה לתכנן מערכת בקרה אשר תכפיל את המומנט המופעל על ידי אדם, זאת על מנת להקטין את מומנט האינרציה הפנימי של המערכת. במילים אחרות, אנו מעוניינים לגרום לדסקה להרגיש קלה יותר מכפי שהיא במציאות באמצעות מערכת בקרה. בפרויקט זה אנו דנים בשלוש גישות שונות לפתרון בעיה זו: 1. בקרה בחוג סגור המבוססת על מדידת המומנט החיצוני המופעל על המערכת. 2. בקרה בחוג פתוח המבוססת על מדידת המומנט החיצוני המופעל הן על מדידת זווית - המנוע והן על מדידת המומנט החיצוני המופעל. היתרונות, החסרונות והמגבלות של שיטות אלו מנותחות ומאומתות באמצעות סדרת סימולציות וניסויים.

אוטומציה של רכב הפורמולה בטכניון

Automation of The Technion's Formula Vehicle

בראל זגייה, גיא חי || ממנחה: רומן שמסוטדינוב

This project is part of the Technion's Formula Vehicle 2022 project – electric and autonomous vehicle. As part of the project, PCB boards which assemble the safety circuit in the vehicle – The ShutDown Circuit, were designed and manufactured. This part included practical experience in electronics – designing electrical schemes, designing PCB board and verification at the lab. In addition, this project included control of mechanical mechanisms at the vehicle (steering and breaking mechanism control) which make it possible to break and control the steering of the vehicle in autonomous state. All the systems were designed based on the rules of FSG 2022 competition.

הפרוייקט מהווה חלק מפרוייקט פורמולה טכניון 2022 - רכב חשמלי ואוטונומי. כחלק מהפרוייקט, תוכננו ויוצרו לוחות PCB המרכיבים את מעגל הבטיחות ברכב - ShutDown Circuit. דבר זה כלל התנסות מעשית בתחום האלקטרוניקה - תכנון סכמות חשמליות, תכנון לוחות PCB ואימות במעבדה. בנוסף, הפרוייקט כלל בקרת מנגנונים מכניים ברכב הפורמולה (בקרת מנגנון ההיגוי ובקרת מנגנון הבלימה), כך שבמצב אוטונומי, הרכב יוכל לבלום ולשלט בהיגוי ללא נהג ברכב. כל הנעשה בפרוייקט תוכנן תוך עמידה בכללי תחרות FSG - Formula Students Germany 2022



מידול, בקרה וייצוב מטוטלת הפוכה בעזרת גלגל תנופה

Modeling, Control and Stabilizing Reaction Wheel Balanced Inverted Pendulum

רועי אשולין, גל ברוך מנחם: רומן גודין

This project is a part of a Unicycle type mobile robot. The goal of this project is to stabilize the robot in the lateral plane, perpendicular to the moving direction, using a reaction wheel. The project consists of a few parts. First, the system modeling has been done by analytical model derivation. It is followed by model parameters measurement or estimation and their experimental verification. The final part of the project is to design the stabilizing controller and check it by both simulation and experiment. The inverted pendulum stabilization is done by a reaction wheel where the acceleration and the direction of spin effect the angular momentum of the system and by this bringing the system closer to its stability point. The system is driven by Arduino controller to control the motors and apply the control law. The momentary physical parameters are measured by encoders and acceleration sensor which provide the feedback to the control loop.

הפרוייקט הינו חלק מתוך פרויקט רובוט מסוג Unicycle . מטרת הפרוייקט היא ייצוב ה- Unicycle (מטוטלת הפוכה) במישור הניצב לכיוון התנועה בעזרת גלגל תנופה. הפרוייקט מורכב ממספר חלקים. ראשית, מידול המערכת נעשה באופן אנליטי לפי משוואות התנועה של המערכת. שנית, פרמטרי המערכת נמדדו או שוערכו ותוקפו באמצעות ניסויים שונים. לבסוף, תוכן בקר לייצוב הרובוט ובדיקתו בעזרת סימולציות וניסויים. הייצוב נעשה באמצעות גלגל תנופה כך שתאוצת הגלגל וכיוון הסיבוב משנים את התנע הזוויתי של המטוטלת ובכך מקרבים אותה לנקודת שיווי המשקל. המערכת נעזרת בבקר Arduino לשליטה במנועים ולפעולות הבקרה, וכן באנקודרים ובחיישן תאוצה שבעזרת קריאתם נסגר חוג הבקרה המתוכנן.



אימות מודל חישובי של מגביל זרימה מסוג Cavitating Venturi על ידי ניסויים

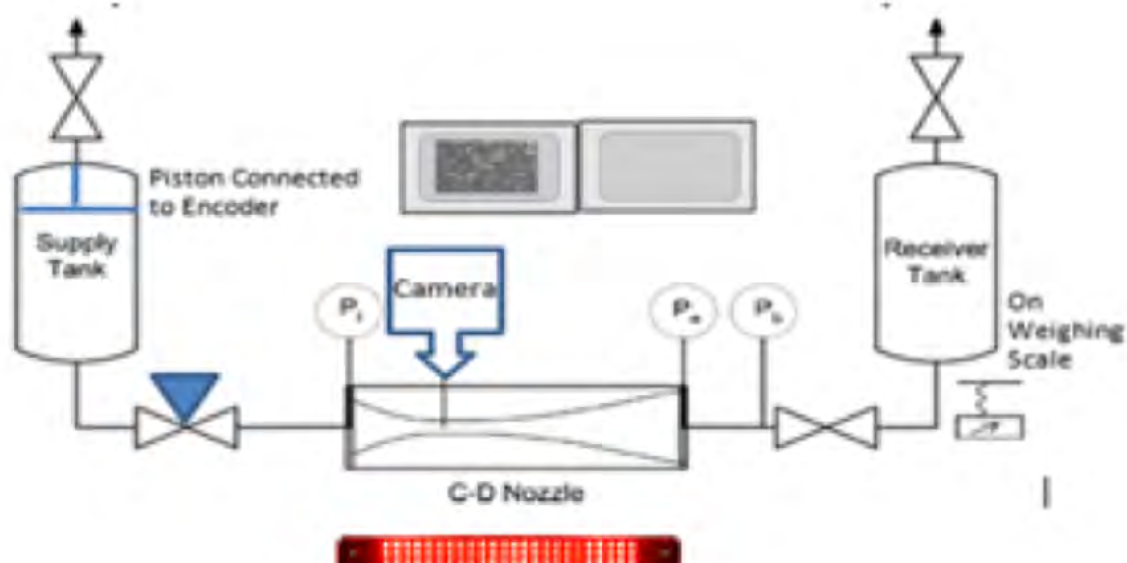
Verification A Computational Model of Cavitating Venturi by Experiments

אביעד וישי ושיר יאןקלחה | מנחה: דב חזן

The project includes assembly of a Cavitating Venturi (CV) flow restrictor for measurements in a test set-up.

The assembly of a transparent CV is for photographic inspection of the flow, using a high-speed camera. The flow of a gelled kerosene-based fuel, in which solid particles are immersed, is intended for identification and characterization of gas bubbles created during flow in the CV. These gas bubbles restrict the flow by choked flow. The test set-up also enables measurement of pressures, flow, and temperatures, in order to enable comparison of the measured values to theoretical models. An image processing procedure has been prepared for characterization of the bubble population. Measurements using water flow, at the first phase, enables comparison to the prevailing state of the art, which is based to a large extent on CV measurements with water.

בפרויקט מורכב מערך ניסוי למדידות במגביל זרימה מסוג Cavitating Venturi (CV). כוונת הכללת CV שקוף במערך היא לאפשר בדיקה צילומית של הזרימה באמצעות מצלמה מהירה. הזרמת דלק ג'ל על בסיס קרוסין, שבו חלקיקים מוצקים, מיועדת לזהות ולאפיין את התופעות של היווצרות אדים בעת הזרימה ב-CV. אדים אלה מביאים לכדי הגבלת זרימה על ידי זרימה חנוקה. במערך הניסויים אפשר למדוד גם לחצים, ספיקות וטמפרטורות, כדי לאפשר השוואה של המדידות למודלים תיאורטיים. הוכנה תוכנת עיבוד תמונה לאפיון אוכלוסיית הבועות. הזרמת מים בשלב ראשון, מיועדת להשוות את המדידות למצב המידע העולמי, שמבוסס בעיקרו על מדידות ב-CV עם מים.



בקרת עכבה עם רובוט UR5

Impedance Control on a UR5 Robot

אלון דיין, יוחאי גיגי | מנחים: פרופ' משה זקסנהויז, מר' ישראל שלהיים

The project is part of a plan to innovate the robotics lab course, in which students will learn the use of various control techniques such as impedance control and PID control. The goal of the project is to implement an algorithm for manipulating a robotic arm with 6 degrees of freedom to perform delicate manufacturing tasks. The realization was performed on a physical simulation of a UR5 robot in the Mujoco environment

הפרויקט הינו חלק מתוכנית לחידוש קורס מעבדת רובוטיקה, בו ילמדו שימוש בטכניקות בקרה שונות כגון בקרת עכבה ובקרת PID. מטרת הפרויקט היא לממש אלגוריתם למניפולציה של זרוע רובוטית בעלת 6 דרגות חופש לביצוע משימות ייצור עדינות. המימוש בוצע על סימולציה פיזיקלית של רובוט UR5 בסביבת Mujoco.



חיזוי תנועת אדם במשימות משותפות אדם-רובוט בשיטות למידה עמוקה

Predicting Human Motion in Human-Robot Collaborative Tasks Using Deep Learning Methods

נתנאל לוי בלאנק | מנחות: פמפאצנת פישר וגב' רונית שניאור

The field of Human Robot Collaboration involves collaborative processes where humans and robots work together to achieve a shared goal. Such collaborations involve convoluted tasks that are carried out by the human and the robot in tandem or consecutively, in a shared workspace. Therefore, there is a need for the robot to be able to recognize and predict the human worker's actions in real time, to accomplish its contribution to the task and to keep clear of the human worker for his safety. This project aims to perform task classification and human motion prediction using CNN learning networks. For this purpose, we will utilize a deep learning network for recognition and prediction. The network will be trained using human motion databases for various predetermined tasks, performed as part of the human robot collaboration. As part of the project, a network is implemented to recognize and classify the human motion at an early stage of the movement in an active work scenario and to predict the rest of the human motion. The performance will be analyzed, and the prediction results will be compared to the results obtained from GMM methods.

תחום שיתוף הפעולה אדם-רובוט כולל תהליכים משותפים שבהם בני אדם ורובוטים עובדים יחד כדי להשיג מטרה משותפת. שיתופי פעולה אלו כוללים משימות מורכבות שמתבצעות על ידי אדם ורובוט במקביל או בצורה עוקבת, כאשר מרחב העבודה משותף. לכן, יש צורך שהרובוט יוכל לזהות ולחזות את פעולות העובד האנושי בזמן אמת, לעשות את חלקו במשימה ולמנוע התנגשויות בכדי לא לפגוע באדם. מטרת פרויקט זה הינה חיזוי תנועה אנושית באמצעות רשתות למידה CNN. לשם כך נעשה שימוש ברשת למידה עמוקה לזיהוי וסיווג. הרשת מאומנת על נתוני תנועה אנושית עבור מספר סוגי משימות מוגדרות מראש, הנעשות במסגרת עבודה רובוט-אדם. במסגרת הפרויקט מיושמת רשת לזיהוי וסיווג תנועות האדם בשלב מוקדם של התנועה בתרחיש עבודה פעיל, ולחזוי המשך התנועה האנושית. תבוצע אנליזת ביצועים ותוצאות החיזוי ייבחנו בהשוואה לתוצאות שהתקבלו בשיטות GMM.

איזון של צימודים, פירים, תת-מכלולים וניתוח זרימה/חום עבור מנוע המחזור האדפטיבי

Balancing of couplings, shafts, sub-assemblies, and Flow/Heat Transfer Analysis for the Adaptive Cycle Engine

לוקאס אנדרשקו סמג'וף | מנחמנה: פרופ' בני צ'וקורל

Balancing is the field of engineering that studies the non-axisymmetric effects from manufacturing rotating parts. In gas turbines and jet engines, balancing is critical as the effects of asymmetry increase to the square of the rotational speed. In any thermodynamic cycle, minimizing losses is key to obtain higher overall efficiency, and it is not different in the Adaptive Cycle Engine (ACE), whose main goal is obtaining higher efficiency during "fly-fast" and "loitering", by means of a variable transmission with an adaptive bypass nozzle. When it comes to this application, where rotational speeds range from 35,000 RPM to 60,000 RPM, the losses due to unbalanced rotors decrease the overall cycle efficiency by requiring more power from the engine to compensate for the rotor unbalances, besides decreasing the bearing life leading to unexpected failure, and reducing tip clearance. So, to diminish these losses, during the first half of the project, an investigation, and improvement of unbalance of custom-made couplings for the ACE was done by means of a laser material removal technique. During the second half, balancing of larger rotors (larger length/diameter ratio) and subassemblies for the ACE was conducted. In the next few months, Performance Analysis tests will enable the validation of efficiency improvements predicted by the models of the engine.

איזון הוא תחום ההנדסה החוקר את ההשפעות הלא-אקסיסימטריות מייצור חלקים מסתובבים. בטורבינות גז ובמנועי סילון, איזון הוא קריטי מכיוון שהשפעות האסימטריה תלויות בריבוע של מהירות הסיבוב. בכל מחזור תרמודינמי, הפחתה של איבודים הינה מפתח לקבלת נצילות גבוהה יותר - זה לא שונה גם בפרוייקט "מנוע בעל מחזור אדפטיבי (ACE)", אשר מטרתו היא לאפשר טיסה בנצילות גבוהה גם במהירות נמוכה וגם במהירות שיוט גבוהה, באמצעות הוספת מניפה דרך תמסורת רציפה ונחיר מעקף נשלט למנוע טורבו-סילוני זעיר. לכן, באפליקציה זו בה המהירויות סיבוב של הציר מגיעות לתחום שבין 35 אלף ל-60 אלף סל"ד, האיבודים של אי-איזון יורידו את נצילות המחזור משמעותית. מעבר לכך, תוחלת החיים של מיסבים יכולה להיות מופחתת באופן דרסטי ולהוביל לכשל בלתי צפוי. לכן, בשביל להפחית את האיבודים האלה, במהלך המחצית הראשונה של הפרוייקט, חקרתי ושיפרתי את חוסר האיזון של צימודים מותאמים עבור מנוע המחזור האדפטיבי, והשתמשתי בטכניקת הסרת חומר בלייזר. במהלך המחצית השנייה, התרחב על איזון של רוטורים גדולים יותר (יחס אורך / קוטר גדול יותר) ותתי מכלולים עבור ה-ACE. בחודשים הקרובים, תתבצע אנליזת ביצועים בשביל לוודא את שיפורי היעילות שנחזו עבור דגמי המנוע השונים.

מערכת אוטונומית להחלפת תופסנית ברובוט

Autonomous Gripper Exchange System

שרה סגל ומיכאל גרינברג | מחנכה: פרופ' אילון רימון

Planning and implementation of autonomous gripper exchange system as part of an autonomous packing robot. The grippers are changed depending on the product being picked. By relying on the system geometry and the motion available to the robotic arm, the system is fully mechanical and requires no extra actuators or power. Gripper exchange algorithms have been written with ROS and implemented with Arduino.

תכנון ומימוש מערכת להחלפת תופסניות ברובוטים כחלק ממערכת אריזת מוצרים אוטונומית, כאשר סוג התופסנית בה נשתמש משתנה כתלות במוצר. חלקה מתחבר לזרוע הרובוט, והשאר אל תופסנית. מנגנון הנעילה מתבסס על פין קפיצי שנשאר במקומו בעזרת גאומטריית המערכת והמסילות של בית התופסנית, כאשר הוצאה של התופסנית תגרום לנעילה של שני החלקים. אלגוריתם המסלול ההחלפה נכתב בשפת ROS וממומש בעזרת הארדווינו.

עיבוד וסיווג אותות כחלק מפרויקט: "My five" - פרוטזה מיו-אלקטריית במחיר נמוך לקטועי יד מתחת למרפק.

Signal processing and classification as part of: "My five" - a Low Cost, Myoelectric Prosthetic Hand for Below-the-Elbow Amputees

עידן דיסוביץ ויובל לבון | מחנכה: פרופ' אלון וולף

The "My five" prosthesis is a myoelectric prosthetic hand, Printed in 3D printer. The hand is designed for amputees whose hand was amputated below the elbow. The prosthesis triggers based on sensing several sEMG sensors that surround the arm above the amputation area and below the elbow. The electrical signals produced by the sensors are processed for the purpose of classifying them and distinguishing between the various actions we would like to perform. Processing is mainly performed by digital filters and classification is performed by algorithm based on several characteristics of the signal such as: single average, common average, absolute value, change interval etc. In addition, current control is performed by the microcontroller on the motors to get an indication and full control over how the motors / palm operate.

הפרוטזה "My five" היא יד תותבת מיו-אלקטריית, אשר חלקיה מודפסים במדפסת תלת מימד והיא מיועדת לקטועי יד שידם נקטעה מתחת למרפק. הפרוטזה מעוררת על בסיס חישה של מספר חיישני sEMG המקיפים את הזרוע מעל איזור הקטיעה ומתחת למרפק. האותות החשמליים אותם החיישנים מפיקים מעובדים לצורך סיווגם להבחנה בין הפעולות השונות אותם נרצה לבצע. העיבוד בעיקרו מתבצע ע"י פילטרים דיגיטליים. הסיווג מתבצע ע"י אלגוריתם המבוסס על מספר מאפיינים של האות כמו: ממוצע בודד, ממוצע משותף, ערך אבסולוטי, מרווח שינוי וכו'. בנוסף בקרת זרם מתבצעת על המנועים על ידי המיקרובקר על מנת לקבל חיווי ושליטה מלאה על אופן פעולת המנועים / כף היד.

מערכת קירור תרמו-אקוסטית המשלבת מעבר מסה

Thermoacoustic Refrigeration System Integrated with Mass Transfer

אילן שקלרש || ממחבר/פרופ' ח גיא רמון

According to the thermoacoustics principle, a standing sound wave propagating in gas is causing gas particles to move back and forth, doing so the gas is compressed and expanded and hence extracts and rejects heat respectively, this allows to pump heat against a temperature gradient. Such refrigeration system has some advantages over existing refrigeration systems. First, it allows the use of different gases instead of current gases that are harmful for the environment, moreover this system has no moving parts, that allows a more reliable system on the mechanical level. The main reason way thermoacoustic systems are not common is that their energy density and coefficient of performance (COP) is low compared to refrigeration systems used in the market. For that reason, the innovative idea of combining phase change and mass transfer with thermoacoustics has come up in Guy's lab. In previous experiments in the lab, it has been established that combining mass transfer improves the performance of the refrigerator. The researchers in the lab came up with various hypotheses of how to further improve performance so the refrigerator will be competitive for the market. During the project I have led the design, manufacturing, and experiments on a high-power refrigerator. The system is currently in experiments, and we are comparing the results with our theoretical expectations.

על פי העיקרון התרמואקוסטי גל קול הנע בתווך של גז גורם לגז לתנועה מקומית מחזורית קדימה ואחורה, במהלך תנועה זו הגז מתפשט ונדחס ולכן פולט וקולט חום בהתאמה כלפי מוצק איתו הגז בא במגע, מה שמאפשר שאיבת חום כנגד גרדיינט טמפרטורה. למערכת קירור כזו מספר יתרונות לעומת מערכות קירור קיימות והם שהיא יכולה לעבוד עם גזים שונים מהקררים המסורתיים שהינם מזיקים לסביבה, כמו כן ניתן לתכנן מערכת כזו כך שלא יהיו בה חלקים נעים ובכך ליצור מוצר אמין יותר ברמה המכנית. הסיבה העיקרית שמערכות קירור תרמו אקוסטיות אינן נפוצות היא שהן בעלות צפיפות אנרגיה ומקדם ביצוע (COP) נמוכים יותר לעומת מערכות הקירור המשותשות בשוק. משום כך במעבדה של פרופסור רמון פנו לעיקרון של שילוב שינוי פאזה של הגז ומעבר מסה. בסט הניסויים שהקדים את הפרוייקט הנ"ל הצליחו להוכיח ששילוב מעבר מסה במקרר תרמו אקוסטי משפר את ביצועיו והעלו השערות והצעות כיצד לשפר את הנצילות עוד כך שיהיה מוצר המהווה תחרות למוצרים בשוק. במסגרת הפרוייקט הובלתי תכן, ייצור וניסוי של מערכת בהספק גבוה יותר מהמערכות הקיימות. המערכת כרגע בשלבי ניסוי מתקדמים ואנו בוחנים את ביצועיה ומשווים אותם לצפי התיאורטי.

עמדת בדיקה למנועים חשמליים

Dc Motor Examine Station

ים עמרם וקרן אשכנזי מ|חמנחה: ד"ר יהב מורג

The project is about an examine station for DC motor that will be used to test the motors that are built by the students in electrical machines course. This project allows unity in the experiments done on the motors, and offers accessibility to perform them with professional tools and allow them to deepen their understanding in common motors and physical laws that are been taught in the course. It consists of nine different experiments that the students will able to characterize its electrical, dynamic and thermal behavior of their engine, to compare those results to the theoretical calculations and deduce the engine parameters and its abilities.

בפרויקט זה אנו בונים עמדת אפיון לבחינת מנועים חשמליים מסוגים שונים, אשר תשמש לבחינת תוצרי הפרויקטונים במסגרת קורס הנע חשמלי, ובפרט מנועים הנבנים ע"י הסטודנטים עצמם. הפרויקט הינו מערכת המאפשרת אחידות בניסויי בדיקת מנועים אלו, הקלה והנגשה של ביצוע הניסויים, וכן העמקת ההבנה במנועים שכיחים בתעשייה ושל חוקים פיזיקליים שונים הנלמדים בקורס. מערכת הניסוי מאפשרת ביצוע של כתשעה ניסויים שונים, כאשר לכל ניסוי הסבר מפורט על הרכבתו, מטרתו ואופן הסקת תוצאותיו. בעזרת סדרת הניסויים יוכלו הסטודנטים לאפיין את התנהגותו החשמלית, דינמית ותרמית של המנוע אותו הם תכננו ובנו, להשוות תוצאות אלו לתכנון, ולחלץ את פרמטרי המנוע לטובת שילוב בסימולציית מערכת הנע כוללת.

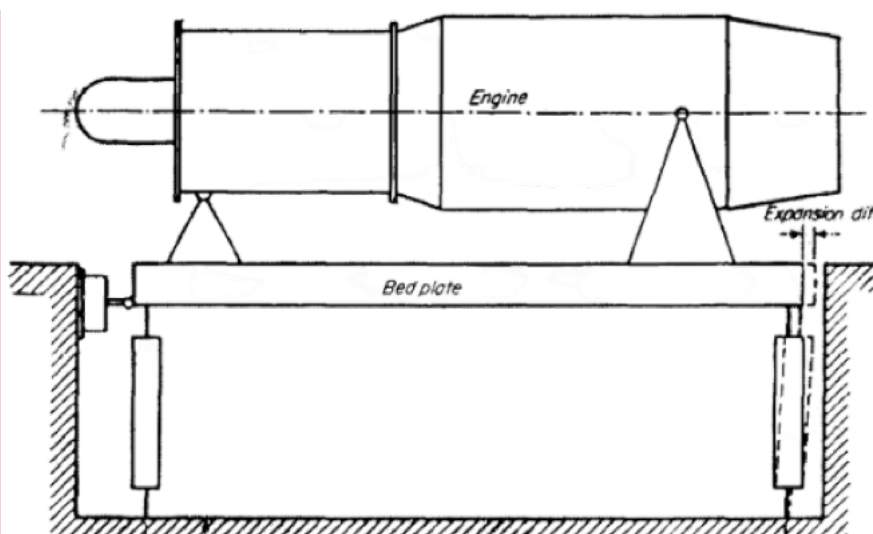
פיתוח מתקן ייעודי מבוסס Flexures למדידה ישירה של כוח הדחף בעת ירי מנועים רקטיים

Development of a Space Rocket Motors' Thrust Measurement Stand Based on Flexures

נועם אסתר אזולאי, עטרף אמרובל | מנחה: דב חזן

This project deals with the design and development of a frictionless table for measuring the thrust of space rocket engines. Accurate and direct measurement of thrust requires that the force measured by the load cell equals the thrust produced by the rocket, or that there is a known relationship between the measured thrust and the actual thrust. Unexpected friction and damping forces lead to errors and uncertainties in this measurement of thrust. The proposed solution is based on the use of leaf springs called flexures, on which the rocket motor whose thrust we want to measure will rest. The uniqueness of the flexures is that their stiffness drops to zero in the desired direction of horizontal movement when they are under a certain vertical load which brings them to the verge of buckling. In this situation the flexures can be used as frictionless horizontal hinges, for small movements only, and thus allow accurate thrust measurement in the horizontal direction. The main purpose in creating such a structure is to allow the researcher to measure the thrust directly by the load cell, without the need for further calculations. As part of the project, a calculational process was developed for the design of a thrust stand for measuring the thrust of 400-Newton thrusters. A thrust stand will be constructed and tested during inert and firing tests.

הפרוייקט עוסק בתכנון ובפיתוח של שולחן חסר חיכוך למדידת כוח הדחף במנועים רקטיים למערכות חלל. מדידת כוח הדחף באופן ישיר ומדויק מחייבת כי הכוח הנמדד על ידי מכשיר המדידה יהיה זהה לדחף המופק על ידי הרקטה או שיהיה בינו לבין כוח הדחף קשר ידוע. כוחות חיכוך וריסון בלתי צפויים מובילים לשגיאות ולאי ודאות במדידה זו של כוח הדחף. הפתרון המוצע הינו שימוש בקפיצי עלה מסוג flexures, עליהם יונח המנוע הרקטי שאת כוח הדחף שלו ברצוננו למדוד. ייחודיותם של ה-flexures היא שקשיחותם יורדת לאפס בכיוון התנועה האופקי הרצוי כאשר הם נמצאים תחת עומס אנכי מסוים המביא אותם לסף קריסה. במצב זה ה-flexures יכולים לשמש כצירים אופקיים חסרי חיכוך, לתזוזות קטנות בלבד, ובכך לאפשר מדידת דחף מדויקת בכיוון האופקי. המטרה העיקרית ביצירת התקן שכזה היא לאפשר לחוקר למדוד את כוח הדחף באופן ישיר על ידי מד הכוח בלבד, ללא צורך בחישובים נוספים. במסגרת הפרוייקט פותח תהליך חישובי לתכנון שולחן ייעודי למדידת הדחף של מנועים בדחף 400 ניוטון. בהמשך יבנה שולחן הדחף שייבדק בניסויים יבשים ובניסויי ירי.



תרמופונים - מתמר תרמו-אקוסטי להפחתת רעש בטורבו-מכונות

Thermophones for Noise Reduction

תמימה רכבו | ממחפז' בני צ'וקורל

Aircraft noise is the most significant cause of adverse community reaction related to the operation and expansion of airports. Therefore, limiting or reducing the number of people affected by significant aircraft noise is one of the most important tasks of modern civil aviation. Among different contributors to noise, the tonal content is the most important due to regulatory definitions associated with perceived noise level and its attenuation characteristics, with the largest contributor being the aero-acoustics of rotor/stator interaction at the engine fan. Although previous attempts prove that global cancellation of tonal fan noise content is feasible in a laboratory setting, the limitations of vibro-acoustic actuators prevent practical integration into flying platforms. The project which I take part in, takes place in the Turbomachinery and Heat Transfer Laboratory at Aerospace Engineering of Technion-IIT, we have been investigating a revolutionary technology based on a truly static and surface-deposited sound emitter, that is able to reduce aero-acoustic noise which is crated on the fan stator.

רעש מטוסים הוא המקור העיקרי לתגובות שליליות המגיעות מאוכלוסייה המתגוררת בסמוך לשדות תעופה, ומהווה מכשול בעת תכנון להרחבת שדות התעופה ובעת תפעולם. לכן, הגבלת או הקטנת מספר האנשים המושפעים באופן משמעותי מהרעש, היא אחת מהמשימות החשובות ביותר העומדת בפני התעופה האזרחית המודרנית. מתוך הגורמים השונים לרעש, המרכיב הטונאלי של הצליל הוא החשוב ביותר, בשל הגדרות רגולטוריות הקשורות לרמת הרעש הנשמע ומאפייני הדעיכה שלו. בתוך כך, הגורם העיקרי לרעש האוויר-אקוסטי, נוצר בעקבות אינטראקציות בין מוצק (הרוטור והסטטור במנוע מניפה) לבין זורם (האוויר הנכנס למנוע המניפה). למרות שישנם מחקרים המדגימים ביטול רעש של המרכיב הטונאלי שנוצר במניפה הוא אפשרי בתנאי מעבדה, מגבלות המתמרים היוברו-אקוסטיים, במנוע בגודל אמיתי מונעות שילוב מעשי בפלטפורמות תעופתיות. פרויקט שבו אקח חלק, המתבצע במעבדת טורבו-מכונות ומעבר חום הנמצאת בפקולטה לאווירונאוטיקה וחלל בטכניון, עוסק בנושא של תרמו-אקוסטיקה של מוצקים. במסגרת המחקר, חוקרים טכנולוגיה שמבוססת על פליטת צליל "סטטי" הנשאר על פני המשטח, ומפחיתה את הרעש האוויר-אקוסטי הנוצר על פני הלהבים של סטטור המניפה.

אפיון מסכת פאזה מאריכת עומק מוקד בזרימה

Characterization of Extended Depth of Field Phase Mask in Flow

יונתן קורנר | מנחים: פרופ' מנחם שבתאי ונדב אופטובסקי

An extended-depth-of-field (EDOF) phase mask is an optical element which effectively increases the depth of field of an imaging system, enabling observation of objects beyond the native focus of the system. When applied to microscopy it helps localization of point sources in X-Y plane over greater Z depth.

The mask we tested was designed for the ImageStream machine. The machine is an imaging flow cytometer - it enables us to capture objects as they flow.

We can characterize the mask performance and calibrate it in the machine by analyzing the statistical behavior of the PSFs in the stream.

מסכת פאזה להארכת עומק השדה היא אלמנט אופטי אשר מאפשר ראייה ברורה של אובייקט בטווח עומקים גדול יותר ביחס לפוקוס המקורי. במיקרוסקופיה אלמנט שכזה יכול לעזור במציאה ולוקליזציה של מקורות אור נקודתיים בכיוון הצירים X,Y.

מסכת הפאזה אותה נבדוק תוכננה במטרה לאפשר ספירה של מקורות נקודתיים הקטנים מגבול הדיפרקציה במכונת ה- ImageStream או דומה לה. המכונה מזרימה ומעוררת מולקולות הפולטות אור בפלורוסנציה ומצלמת את פילוג האנרגיה של פליטה זו. בעזרת ניתוח סטטיסטי של ה- PSF של המקורות הנקודתיים הנמדדים נוכל לאפיין את פעולת המסכה ולוודא אותה מול התכנון התיאורטי ו לכיילה בתוך המכונה.

בעבודה הזו אראה את המדידות וניתוח המידע להוכחת פעולת מסכת ה- EDOF אשר תוכננה במעבדה של יואב שבתאי.

ניתוח שיטות מדידה של אלמנטים אופטיים

Analysis Measurement Methods of Optical Elements

תומאס ונוה פרצי | ממנהל ד"ר דורון אבן סטרולסי

the project at SPO, a company that located in kibbutz Shamir and dealing with, among other things with manufacture of complex optical components like Acylindrical, Cylindrical, Asphere, FreeForm and like so. Part of the manufacture process for the clients is measuring and proving the accuracy of the manufacture.

הפרוייקט מתבצע בחברת SPO הממוקמת בקיבוץ שמיר העוסקת, בין היתר, בייצור עדשות לא ספריות, כגון עדשות Asphere, Cylindrical, Acylindrical ועדשות FreeForm. כחלק מתהליך הייצור נדרשת הוכחת מדידה של האלמנטים המתקבלים בסוף הייצור על מנת לוודא את הנתונים אל מול דרישות הלקוח.

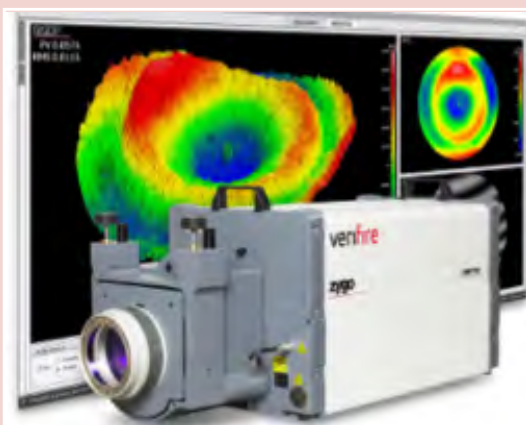
1. הכרת ציוד המדידה השונה ולימודו:

2. השוואה בעזרת תכנות קוד של תכונות שונות כמו דיוק, חזרתיות, מהירות מדידה, נוחיות ממשק ועלויות

3. מציאת אסטרטגיות מדידה עדיפות עבור משטחים שונים

1. Knowing and understanding the different methods and machines.
2. Comparing in the help of Matlab software the different measuring machines by looking at different qualities like resolution, accuracy, speed, cost etc..
3. Finding the right strategy for measuring each optical component.

אינטרפרומטר- פיזו C-G-H Fizeou



פרוב מכני- Tally-surf



מערכת ממוחשבת פרוב אופטי Mahr



Tank Structural Analysis

אמיר שייח אחמד, מאיין מעדתי | מנחה: דב חזן

Structural analysis of an Engineering-Model (EM) tank with a hemispherical FEP diaphragm and aluminum alloy shell, was carried out. The shell consists of two hemispheres, which are assembled together with the diaphragm, by a bolted flange connection around the tank's equator. SolidWorks software was used for the analysis. The pressure range, in which external leak had appeared during the existing EM tank's proof pressure test, was correctly identified in the analysis. The leak had been detected in the flange area, between adjacent assembly bolts.

The analysis revealed the leak mechanism during internal pressure load. Subsequent re-design improved tank stiffness. In addition, weight reduction was achieved as much as was possible while adhering to the ASME Boiler & Pressure Vessel Code. The mounting and piping interfaces' update includes a single tank mounting-skirt and updated nozzles at the poles. The internal dimensions were kept unchanged, in order to allow the use of the same diaphragm, which had successfully been proven to be functionally good. Through the analysis it was identified that for pressure load there is no mechanism for the formation of a leak in the updated design. The project continues with checking of the tank updated design with regard to withstanding external mechanical loads such as vibrations, accelerations, shocks. If necessary, the design will be modified to withstand these loads as well.

בפרויקט בוצעה אנליזה מבנית למדגים הנדסי (EM) קיים של מיכל בעל דיאפרגמה כיפתית עשויה FEP ומעטפת עשויה סגסוגת אלומיניום. המעטפת במיכל EM עשויה משתי כיפות שמוכללות יחד עם הדיאפרגמה, באמצעות חיבור תבריגי באוגן חיצוני באזור קו המשווה של המיכל. האנליזה בוצעה באמצעות תוכנת המחשב SolidWorks. התקבל זיהוי נכון של תחום הלחץ שבו הופיעה דליפה חיצונית בעת ניסוי בדיקת לחץ הוכחה למיכל EM הקיים. הדליפה ארעה באזור חיבור הכיפות בקו המשווה, בין החיבורים התבריגיים. באמצעות האנליזה זוהה מנגנון היווצרות הדליפה בעת עומס לחץ פנימי. בעדכון תכן הוקשח מבנה מעטפת המיכל. בנוסף, בוצעה הורדת משקל ככל שניתן בתכן לפי התקן ASME Boiler & Pressure Vessel Code. אופן הדיפון החיצוני של המיכל שונה לצורת חצאית דיפון באחת הכיפות, ועודכנו פיות המיכל בקטבים. המימדים הפנימיים נשמרו ללא שינוי, כדי לאפשר שימוש באותה דיאפרגמה, שהוכחה בעבר בהצלחה להוכחת התיפקוד של דיאפרגמה כזו במיכל באופן ההרכבה המתוכן. באנליזה לתכן המעודכן זוהה שבמצב של לחץ פנימי דרוש אין מנגנון היווצרות דליפה. כהמשך הפרויקט, נבדק תכן המיכל המעודכן לעמידה בעומסים מכניים חיצוניים, כגון הרעדות, תאוצות, הלמים. במידת הצורך ישופר תכן המיכל כדי לעמוד גם בעומסים אלה.

