קטלוג פרויקטים

פרויקטים לתואר ראשון

2026-2027 שנת הלימודים תשפ״ז

גרסה מעודכנת • 155 פרויקטים • 7 מסלולים • מעודכן עד 23.10.2026

Tracks

- **BioEngineering** — 29 projects
- **ElectroOptics** — 31 projects
- **Nano** — 61 projects
- **Signal Processing** — 12 projects
- **Data Engineering and AI** — 16 projects
- **Communication** — 2 projects
- **Industrial Engineering** — 4 projects

חשוב לפני הרישום
הפרויקטים מחולקים בחוברת לפי מסלולים לצורכי התמצאות בלבד. כל סטודנט/ית, מכל מסלול, רשאי/ת להגיש מועמדות לכל פרויקט בחוברת. הקבלה והשיבוץ הסופי מותנים באישור המנחה וראש/ת המעבדה ובהתאם להתאמה ולמקומות הפנויים.

לפני שנרשמים לפרויקט

קבלה ושיבוץ לפרויקט

לתשומת לבכם
בחירת פרויקט או רישום בטופס אינם מבטיחים קבלה לפרויקט. הקבלה והשיבוץ הסופי מותנים באישור ראש/ת המעבדה והמנחה. מומלץ לפנות אליהם מראש, לבדוק התאמה וזמינות ולקבל את אישורם לפני השלמת הרישום.

תהליך הרישום

1. בחירת הפרויקט
   עברו על החוברת, קראו את דרישות הפרויקט ורשמו את מספר הפרויקט המופיע בפס הצבעוני בראש עמוד הפרויקט.

2. פנייה למנחה ולראש/ת המעבדה
   צרו קשר באמצעות פרטי ההתקשרות המופיעים בעמוד הפרויקט ובדקו התאמה, זמינות ודרישות מוקדמות.

3. קבלת אישור
   יש לקבל את אישור המנחה ואת אישור ראש/ת המעבדה לפני השלמת הרישום. רישום ללא אישור אינו מהווה שיבוץ.

4. מילוי טופס הרישום
   הזינו את הפרטים בדיוק כפי שהם מופיעים בחוברת, ללא קיצורים וללא השמטת שמות.

במעמד הרישום יש להזין בדיוק:

1. מספר הפרויקט – המספר המקורי המופיע בפס הצבעוני בראש עמוד הפרויקט
2. שם הפרויקט – עברית ואנגלית
3. השם המלא של המנחה – כפי שמופיע תחת ״פרטי הנחיה״
4. השם המלא של ראש/ת המעבדה – כפי שמופיע תחת ״פרטי הנחיה״
5. פרטי הסטודנטים – שמות הסטודנטים (מקסימום 2 לפרויקט), מס׳ תעודת זהות וכתובת מייל

חשוב: המספרים נשמרו לפי סדר הפרויקטים בטבלה המקורית. לאחר החלוקה למסלולים ייתכנו דילוגים במספור בתוך כל מסלול; יש להעתיק את המספר המופיע בעמוד הפרויקט עצמו.

TRACK SECTION

BioEngineering

29 projects in this section

All Tracks

- **BioEngineering** — 29 projects
- ElectroOptics — 31 projects
- Nano — 61 projects
- Signal Processing — 12 projects
- Data Engineering and AI — 16 projects
- Communication — 2 projects
- Industrial Engineering — 4 projects

הרשמה בין מסלולים

החלוקה למסלולים נועדה לצורכי התמצאות בלבד. כל סטודנט/ית, מכל מסלול, רשאי/ת להגיש מועמדות לפרויקטים בכל אחד מהמסלולים המופיעים בחוברת. הקבלה לפרויקט והשיבוץ הסופי מותנים באישור המנחה וראש/ת המעבדה ובהתאם להתאמה ולמקומות הפנויים.

מספרי הפרויקטים בפרק זה הם המספרים המקוריים מהטבלה ולכן אינם בהכרח רציפים.

מספר פרויקט: 1BioEngineering |

חיזוי התפרצויות ברשתות נוירונים ביולוגיות באמצעות מדדי קישוריות דינמיים

Burst Prediction in Biological Neural Networks Using Dynamic Connectivity Metrics

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	דפנה לבנברג
דוא״ל המנחה	dafnadiamandi@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אורית שפי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	orit.shefi@biu.ac.il
מספר פרויקט	1
שם המנחה המלא	דפנה לבנברג
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אורית שפי

רקע לפרויקט

רשתות נוירונים קורטיקליות המגודלות על גבי מערכי אלקטרודות (Multi-Electrode Arrays - MEA) מציגות פעילות חשמלית ספונטנית מורכבת. אחד המאפיינים הבולטים של רשתות אלו הוא הופעתן של "התפרצויות רשת" (Network Bursts) - חלונות זמן קצרים שבהם מספר רב של נוירונים יורים באופן מסונכרן. הבנת הדינמיקה הרשתית שקודמת להתפרצויות אלו וחיזויין מהווה אתגר מרכזי בחקר רשתות מורכבות ובעלות חשיבות קלינית רבה, כגון בפיתוח מערכות לחיזוי התקפים אפילפטיים על סמך אותות מוחיים. פרויקט זה מציע לגשת לבעיה זו באמצעות שילוב של כלי עיבוד אותות קלאסיים, אלגברה ליניארית ומודלים של למידת מכונה.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא פיתוח מערכת הנדסית לחיזוי פרצי פעילות ברשתות נוירונים(Network Bursts) , על בסיס הקלטות חשמליות קיימות. הסטודנטים יפתחו אלגוריתם לעיבוד אותות וחילוץ ספייקים, ימפו את הדינמיקה של הרשת לאורך זמן באמצעות מטריצות קישוריות פונקציונלית, ויחלצו מדדים מתחום תורת הגרפים (כמו Node Degree ו-Efficiency). מדדים דינמיים אלו ישמשו כמאפיינים (Features) לבניית מודל מסווג אשר יזהה סנכרון מוקדם ברשת ויחזה התפרצות קרבה בחלון זמן מוגדר מראש.

נושאים נלמדים

עיבוד אותות נוירונליים. ניתוח מערכים רב ערוציים. שימוש בכלים מתורת הגרפים (Graph Theory). למידת מכונה: חילוץ מאפיינים מדאטא, אימון מסווגים והערכת ביצועי מודל חיזוי.

מספר פרויקט: 8BioEngineering |

פיתוח והערכת כלים למעכב אוטומתי אחר גדילת נוירונים

Development and assessment of tools for automated neuron tracing

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	עוז מועלם
דוא״ל המנחה	oz.mualem@live.biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אורית שפי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	orit.shefi@biu.ac.il
מספר פרויקט	8
שם המנחה המלא	עוז מועלם
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אורית שפי

רקע לפרויקט

תהליך גדילה של שלוחות אצל נוירונים הוא תהליך חשוב ביותר היכול להעיד על תפקוד התא בתנאים שונים, וגם על טיב גדילת והתפתחות התא כתגובה לאותות שונים העשויים לעודד גדילה. מדידת גדילת השלוחות אם כן חיוני מאוד למחקר, אך קיום אין אפשרויות אמינות לבצע מדידות אלה בצורה אוטומטית והכל נעשה ידנית.

במעבדתנו יש יכולות תכנותיות מיוחדות שיכולות לפרוץ את המחסום הזה אבל עדיין צריך את השלב המאוד קריטי של חיבור ושיפור כל היכולות לכדי רצף קוד רובסטי שיכול להתמודד עם תנאים שונים ואפיון רמת הדיוק מול מדידות ידניות.

מטרות הפרויקט

פיתוח כלי אמין למעקב אוטומטי אחר גדילת שלוחות ואימותו

נושאים נלמדים

אלגוריתמים מתקדמים לעיבוד תמונה תוך שימוש בimagej וספריית Cv2 בפייתון

מספר פרויקט: 10 | BioEngineering

שימוש בלמידת מכונה לחיזוי התאוששות חיידקי המעי לאחר טיפול אנטיביוטי

Machine Learning-Driven Identification of Gut Microbiome Keystone Species for Personalized Antibiotic Recovery

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	פורת יוסף חנני
דוא״ל המנחה	porath188@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אור לוי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	orr.levy@biu.ac.il
מספר פרויקט	10
שם המנחה המלא	פורת יוסף חנני
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אור לוי

רקע לפרויקט

טיפול באנטיביוטיקה מיועד לאלימינציה של חיידקים פתוגניים, אך בפועל פוגע גם באוכלוסיות חיידקים ידידותיות וחיוניות במיקרוביום במערכת העיכול. לרוב, אוכלוסיות המיקרואורגניזמים השונים במעיים מתאוששות, והמאזן האקולוגי במעי חוזר לקדמותו לאחר זמן החלמה ומתן פרוביוטיקה. אך לעיתים פגיעה משמעותית במיקרוביום בעקבות טיפול אנטיביוטי ממושך גורמת להפרעות עיכול ואף בעיות רפואיות מורכבות יותר כמו קוליטיס.

במיקרוביום, בדומה למערכות אקולוגיות אחרות, קיימים "Keystone species" – מיני אורגניזמים בעלי חשיבות אקולוגית רבה המהווים מרכיב יסודי במערכת, ופגיעה בהם עלולה להביא לפגיעה במינים נוספים ולשיבוש היציבות והמאזן האקולוגי. פרויקט זה מתמקד באפיון "Keystone species" הנפגעים מטיפול אנטיביוטי, ובפיתוח מודלים חישוביים לניבוי אסטרטגיות תזונתיות או פרוביוטיות מותאמות אישית לשיקום מהיר ויעיל של המיקרוביום. השילוב של מדעי הנתונים עם מידע ביולוגי יאפשר הבנה עמוקה של דפוסי הפגיעה במיקרוביום ותמיכה בפיתוח רפואה מותאמת אישית.

מטרות הפרויקט

לזהות מינים קריטיים (keystone species) הנפגעים מטיפולי אנטיביוטיקה ולפתח מודלים מבוססי למידת מכונה לניבוי טיפול מיטבי לשיקום מהיר של המיקרוביום התומך ב"מיני המפתח" במערכת במקרים שונים של פגיעה.

נושאים נלמדים

- עיבוד וניתוח נתוני ריצוף מטאגנומי של חיידקים.
- שימוש בכלים סטטיסטיים ובשיטות למידת מכונה לצורך חיזוי פגיעה והתאוששות של המיקרוביום לאחר טיפול אנטיביוטי.
- הערכת ביצועי מודלים חישוביים, כולל חלוקה ל־training/test/validation, מדדי דיוק, חשיבות משתנים ויכולת הכללה.
- ניתוח רשתות אקולוגיות של המיקרוביום לזיהוי קשרים בין מינים וזיהוי מינים מרכזיים במערכת.
- חשיבה יישומית בתחום הרפואה המותאמת אישית, בדגש על התאמת אסטרטגיות שיקום מיקרוביום באמצעות תזונה, פרה־ביוטיקה או פרוביוטיקה.
- מבנה והרכב מיקרוביום המעי ותפקידו בשמירה על בריאות האדם.
- מושגים באקולוגיה מיקרוביאלית, כולל Keystone species, יציבות קהילתית, שיקום לאחר הפרעה וקשרים בין מינים.

מספר פרויקט: 11 BioEngineering |

לאכול מיקרובים: איך מזון מעצב את יציבות מיקרוביום המעי

Eating Microbes: How Food Shapes Gut Microbiome Stability

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	פורת יוסף חנני
דוא״ל המנחה	porath188@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אור לוי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	orr.levy@biu.ac.il
מספר פרויקט	11
שם המנחה המלא	פורת יוסף חנני
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אור לוי

רקע לפרויקט

לתזונה יש השפעה מרכזית על הרכב מיקרוביום המעי, אך בדרך כלל מתייחסים למזון בעיקר דרך רכיבים תזונתיים כמו סיבים, חלבונים, שומנים, סוכרים וקלוריות. עם זאת, מזונות רבים נושאים בעצמם קהילות מיקרוביאליות מגוונות — כלומר, "מיקרוביום של מזון". דוגמאות לכך כוללות מזונות טריים, מותססים או מעובדים מינימלית, שעשויים לחשוף את מערכת העיכול למגוון רחב של חיידקים ומיקרואורגניזמים שמקורם במזון. למשל, אכילה של יוגורט, ירקות טריים או מזון מותסס עשויה לחשוף את מערכת העיכול למיקרואורגניזמים שמקורם במזון, מעבר לרכיבי התזונה עצמם.

למרות שהקשר בין תזונה לבין בריאות המעי נחקר רבות, עדיין לא ברור עד כמה החשיפה היומיומית למיקרוביום של מזון משפיעה על יציבות מיקרוביום המעי באדם. יציבות זו חשובה במיוחד משום שמיקרוביום יציב עשוי להעיד על מערכת אקולוגית עמידה יותר, מאוזנת יותר ופחות רגישה לשינויים חיצוניים.

פרויקט זה יתמקד בפיתוח גישה חישובית לכימות החשיפה היומית של נבדקים למיקרוביום שמקורו במזון, ובבדיקה האם חשיפה זו קשורה ליציבות מיקרוביום המעי לאורך זמן. לשם כך ישולבו נתונים של דגימות צואה יומיות, יומני תזונה מפורטים, ומאגרי מידע מטאגנומיים של מזונות. שילוב נתונים אלה יאפשר לבחון האם "המיקרוביום שאנחנו אוכלים" עשוי להיות גורם משמעותי בעיצוב יציבות מיקרוביום המעי ובריאות האדם.

מטרות הפרויקט

לכמת את החשיפה היומית של נבדקים למיקרוביום שמקורו במזון, ולבחון האם חשיפה זו קשורה ליציבות מיקרוביום המעי באדם לאורך זמן. במסגרת הפרויקט יפותחו מדדים חישוביים ל־Food Microbiome Exposure, יחושבו מדדי יציבות של מיקרוביום המעי, וייבחנו קשרים סטטיסטיים וחיזויים בין מאפייני התזונה, החשיפה המיקרוביאלית מהמזון, והרכב המיקרוביום של הנבדקים.

נושאים נלמדים

שילוב בין מקורות מידע שונים, כולל יומני תזונה, נתוני מיקרוביום ומאגרי מידע מטאגנומיים של מזונות.

עיבוד וניתוח נתוני מיקרוביום אורכיים מדגימות מזון וצואה.

חישוב מדדי יציבות, שונות ודמיון בין דגימות מיקרוביום לאורך זמן ופיתוח מדדים כמותיים חדשים, כגון Food Microbiome Exposure, לתיאור חשיפה יומית למיקרוביום שמקורו במזון.

שימוש בכלים סטטיסטיים לבדיקת קשרים בין מאפייני תזונה לבין יציבות מיקרוביום המעי.

שימוש בשיטות למידת מכונה לחיזוי יציבות מיקרוביום על בסיס מאפייני תזונה וחשיפה מיקרוביאלית.

מבוא למיקרוביום האדם ותפקידו בבריאות מערכת העיכול.

הבנת המושג "מיקרוביום של מזון" והאופן שבו מזונות שונים עשויים לשאת קהילות מיקרוביאליות מגוונות.

חשיבה יישומית על הקשר בין תזונה, חשיפה מיקרוביאלית ובריאות מותאמת אישית.

מספר פרויקט: 13 | BioEngineering

חישה אופטית של שרירי האמה מרחוק לזיהוי תנועת אצבעות לצורך הנחיית זרוע רובוטית.

Remote Optical Sensing of Forearm Muscles for Finger Movement Recognition in Robotic Arm Control.

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Laurie Mesika
דוא״ל המנחה	lorimesika@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Nisan Ozana
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	nisan.ozana@biu.ac.il
מספר פרויקט	13
שם המנחה המלא	Laurie Mesika
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Nisan Ozana

רקע לפרויקט

ממשקי אדם-מכונה (HMI) ומערכות שליטה בזרועות רובוטיות או תותבות (פרוטזות) מתבססים באופן מסורתי על חיישני מגע המוצמדים לעור, כגון אלקטרודות למדידת הפעילות החשמלית של השריר (sEMG). בעוד שחיישנים אלו נפוצים מאוד, הם סובלים מחסרונות מעשיים משמעותיים: הם דורשים מגע ישיר וממושך עם העור, רגישים לזיעה, לתזוזה מכנית של האלקטרודה, ומייצרים אי-נוחות בשימוש יומיומי.

כחלופה לכך, בשנים האחרונות מתפתחות טכנולוגיות חישה אופטיות מרחוק (ללא מגע). כאשר אור לייזר פוגע ברקמה ביולוגית, האור המפוזר ממנה מושפע באופן ישיר מהתנועות הדינמיות המתרחשות מתחת לפני השטח. תנועות אלו כוללות הן את השינויים המכניים הזעירים במבנה סיבי השריר בזמן כיווץ והן את שינויי זרימת הדם הנלווים לפעילות זו.

אזור האמה (Forearm) עשיר בשרירים האחראיים על הפעלת אצבעות כף היד. פרויקט זה מציע לנצל את עושר המידע הקיים באות האופטי החוזר מהאמה כדי לזהות ממרחק את הפעילות השרירית הזו. באמצעות צילום וידאו של האות האופטי ועיבודו בעזרת מודלים מתקדמים של למידת מכונה ולמידה עמוקה, ניתן יהיה לנבא ולסווג איזו תנועת אצבעות מבוצעת בפועל, ולתרגם אותה בזמן אמת לפקודת תנועה עבור זרוע רובוטית.

מטרות הפרויקט

מטרת על של הפרויקט היא שימוש במערכת אופטית מבוססת לייזר ובניית מודל סיווג, המסוגל לזהות ולסווג תנועות אצבעות ספציפיות ממרחק (ללא מגע), לצורך תרגומן לפקודות הפעלה בזרוע רובוטית.

נושאים נלמדים

עיבוד אותות, למידת מכונה, אופטיקה ביורפואית, מתודולוגית עבודה, אנטומיה וביומכניקה של הגפה העליונה, BCI.

מספר פרויקט: 28 **BioEngineering** |

בניית מערכת ניסוי לבדיקת מערכת למדידת זרימת דם במח בצורה אופטית לא פולשנית

Building testing setup for cerebral blood flow optical measurement system

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ויקה טרלה
דוא״ל המנחה	vika.tarle@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר ניסן אוזנה
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	nisan.ozana@biu.ac.il
מספר פרויקט	28
שם המנחה המלא	ויקה טרלה
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר ניסן אוזנה

רקע לפרויקט

רצוי קורס בסיס באופטיקה וחיבה למכניקה

מטרות הפרויקט

בחינת מערכת אופטית למדידת זרימות דם במח ע"י בנייה של מערכת משאבות שמדמה זרימות דם במח בקצבים שונים, עומקים שונים שילובים שונים של מספר קפילרות,וכו.

נושאים נלמדים

אופטיקה, עיבוד נתונים, הדפסות תלת מימד, פיזיולוגיה של זרימות דם. הפרוייקט מיועד למי שרוצה פרוייקט ממוקד, שמשלב פיזיולוגיה וטכנולוגיה מתקדמת ואוהב לבנות דברים מכניים. נדרשת יצירתיות ועצמאות.

מספר פרויקט: 36 **BioEngineering** |

ניתוח פעילות עצבית משלוחות נוירונים

Analyzing neural activity from neurites

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אורי ארמל
דוא״ל המנחה	oriarmel@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אורית שפי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	orit.shefi@biu.ac.il
מספר פרויקט	36
שם המנחה המלא	אורי ארמל
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אורית שפי

רקע לפרויקט

תהליך התפתחות תאי עצב הוא המנגנון הביולוגי שעומד בבסיס ההתחדשות עצבית שמתרחש במערכת העצבים ההיקפית לאחר פגיעה ומושך אחריו הרבה עניין וחוקרים בשנים האחרונות.

למרות ההתקדמות שנעשתה בשנים האחרונות בהכוונת והגברת קצב ההתחדשות העצבית, השיטות הקיימות היום למדידתה מוגבלות. בעוד ששיטות דימות מאפשרות ניתוח מידע מרחבי אודות התחדשות שלוחות הנוירונים הן לוקות בחסר במידע תפקודי, שיטות אלקטרופיזיולוגיות מאפשרות ניתוח של תפקוד אבל לוקות בחסר במידע מרחבי של שלוחות האקסונים המתחדשות.

לכן, היכולת למדוד באופן סימולטני את ההתקדמות המרחבית והתפקוד של תאי העצב בתהליך ההתחדשות היא יכולת חשובה ומרכזית.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לנטר את הפעילות חשמלית משלוחות נוירונים באמצעות מערך אלקטרודות חוץ תאיות. לשם כך נגדל נוירונים, נבודד את השלוחות המתחדשות מגופי התאים, נכוון את הגדילה שלהם, נקליט את הפעילות החשמלית שלהם וננתח אותה.

נושאים נלמדים

רקע לתפקוד והתפתחות תאים במערכת העצבים

שיטות להכוונה והגברת קצב התחדשות עצבית

שיטות להקלטה פעילות עצבית

שיטות לעיבוד וניתוח של סיגנלים מהקלטות חוץ תאיות

מספר פרויקט: 39 BioEngineering |

גילוי ואפיון של איזופורמים חדשים בקרצינומה כלייתי באמצעות ריצוף של תא בודד בקריאות ארוכות

Discovery and Characterization of Novel Transcript Isoforms in Renal Cell Carcinoma Using Long-Read Single-Cell RNA-seq

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	דנה מרקיוויץ
דוא״ל המנחה	dmarkiewitz@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ" תומר קליסקי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	tomer.kalisky@gmail.com
מספר פרויקט	39
שם המנחה המלא	דנה מרקיוויץ
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ" תומר קליסקי

רקע לפרויקט

We have recently generated long-read single-cell RNA-seq datasets from Renal Cell Carcinoma (RCC) patients, combining 10x Genomics and Oxford Nanopore Technologies (ONT). Very few such datasets currently exist, making this resource unique and highly valuable.

Long-read sequencing allows direct observation of full-length transcript isoforms, enabling the detection of novel splicing events that may be missed in short-read data. Identifying isoforms specific to RCC could reveal tumor-specific RNA processing patterns and molecular mechanisms, potential biomarkers, or therapeutic targets.

The project requires approximately half a day per week of in-person presence at the lab, with additional remote computational work as needed.

References:

High throughput single cell long-read sequencing analyses of same-cell genotypes and phenotypes in human tumors

https://doi.org/10.1038/s41467-023-39813-7

IsoTools: a flexible workflow for long-read transcriptome sequencing analysis

https://academic.oup.com/bioinformatics/article/39/6/btad364/7189737\

Predicting Splicing from Primary Sequence with Deep Learning

https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.12.015

OpenSpliceAI: An efficient, modular implementation of SpliceAI enabling easy retraining on non-human species

https://elifesciences.org/reviewed-preprints/107454v2

מטרות הפרויקט

(1) Identify and quantify novel transcript isoforms unique to RCC. (2) Compare isoform expression with publicly available datasets from normal kidney and nuclei from kidney tumors (when available). (3) Investigate the origins and mechanisms regulating these splicing changes using AI-based tools for sequence feature analysis.

נושאים נלמדים

Stage 1 – Transcript Quantification and Novel Isoform Detection

1.Align long reads from our lab’s RCC datasets to a reference genome using ONT and other command-line tools.

2.Quantify transcripts and identify putative novel isoforms.

3.Benchmark results by comparison with normal kidney and tumor nuclei datasets.

Stage 2 – AI-Based Splicing Analysis (high-risk, high-gain)

1.Use SpliceAI or similar models to predict the effects of genomic sequence features on splicing patterns.

2.Relate predicted splicing regulatory elements to observed isoform changes in RCC.
3.Explore additional regulatory mechanisms and relevance to tumor subtype.
Expected Deliverables
A reproducible bioinformatics workflow for long-read single-cell isoform analysis.
A catalog of RCC-specific novel isoforms with expression quantification.
Comparative analysis results between RCC and reference datasets.
Preliminary AI-based predictions on splicing regulation in RCC.
Methodology
Next-generation sequencing (NGS) data processing and analysis.
Statistical inference for significance testing and confidence estimation.
Application of machine learning approaches for classification, prediction, and feature selection.
Software:
Linux-based computational environment.
Utilization of established bioinformatics software packages where appropriate.
Machine learning libraries.
Statistical analysis packages (e.g., Bioconductor).
Programming languages:
Bash scripting for workflow automation in Linux.
Python for data analysis, machine learning, and pipeline integration.
R for statistical analysis, visualization, and bioinformatics workflows.

מספר פרויקט: 43 BioEngineering |

מדען שותף: שותף בתחום הבינה המלאכותית להאצת המחקר

Co-Scientist: AI partner to accelerate research

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Rachela Popovtzer
דוא״ל המנחה	rachela.popovtzer@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	דר' חן צרור
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	chentsror@gmail.com
מספר פרויקט	43
שם המנחה המלא	Rachela Popovtzer
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	דר' חן צרור

רקע לפרויקט

בינה מלאכותית משנה את האופן שבו מתבצע מחקר מדעי. כיום ניתן להשתמש במודלי AI כדי לנתח מאמרים, לפרש תוצאות ניסוי, לזהות דפוסים מורכבים ולהציע את הניסוי הבא. תחום זה, המכונה AI for Science, צפוי לשנות באופן מהותי את תהליך פיתוח התרופות והמחקר הביו-רפואי.

מטרות הפרויקט

פיתוח סוכן AI המסוגל לנתח נתונים ניסיוניים וספרות מדעית, להסיק מסקנות ולהציע המלצות למחקר המשך באמצעות מודלי שפה וכלי למידת מכונה.

נושאים נלמדים

Large Language Models (LLMs)

AI Agents

עיבוד ויזואליזציה של נתונים

מספר פרויקט: 44BioEngineering |

CRISPR – בינה מלאכותית לתכנון עריכה גנטית

CRISPR – AI for Gene Editing Design

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Rachela Popovtzer
דוא״ל המנחה	rachela.popovtzer@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	דר' חן צרור
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	chentsror@gmail.com
מספר פרויקט	44
שם המנחה המלא	Rachela Popovtzer
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	דר' חן צרור

רקע לפרויקט

CRISPR היא אחת מפריצות הדרך המשמעותיות ביותר ברפואה המודרנית ומאפשרת עריכה מדויקת של ה-DNA. אחד האתגרים המרכזיים הוא תכנון מולקולות CRISPR בעלות יעילות גבוהה ומינימום פגיעות לא רצויות.

מטרות הפרויקט

פיתוח מערכת חישובית המבוססת על AI לניתוח רצפי DNA, חיזוי יעילות של guide RNAs והערכת סיכוני off-target, במטרה לסייע בתכנון טיפולים גנטיים בטוחים ומדויקים יותר.

נושאים נלמדים

Advanced AI tools

מספר פרויקט: 45 | BioEngineering

תכנון חכם של ננו-חלקיקים להובלת תרופות – Nanomedicine

Program Nanoparticles to Find Disease

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Rachela Popovtzer
דוא״ל המנחה	rachela.popovtzer@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	דר' תמר סדן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	tamarsadan@gmail.com
מספר פרויקט	45
שם המנחה המלא	Rachela Popovtzer
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	דר' תמר סדן

רקע לפרויקט

ננו-חלקיקים מאפשרים להוביל תרופות באופן ממוקד לרקמות חולות ובכך להגביר את יעילות הטיפול ולהפחית תופעות לוואי. תכנון החלקיק האופטימלי הוא משימה מורכבת המשלבת כימיה, ביולוגיה ובינה מלאכותית.

מטרות הפרויקט

פיתוח מודל חישובי המנבא כיצד תכונות שונות של ננו-חלקיקים משפיעות על התנהגותם בגוף, במטרה לסייע בתכנון מערכות מתקדמות להובלת תרופות.

נושאים נלמדים

Advanced AI tools

Nanomedicine

מספר פרויקט: 49 | BioEngineering

שחזור שמע ברמת נאמנות גבוהה המבוסס על למידת מכונה מחישה אקוסטית

High-Fidelity ML-Based Audio Reconstruction from Rolling Shutter Laser Speckle Acoustic Sensing

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ד"ר ניסן אוזנה
דוא״ל המנחה	nisan.ozana@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	משה ברציאנסקי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	brachem@biu.ac.il
מספר פרויקט	49
שם המנחה המלא	ד"ר ניסן אוזנה
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	משה ברציאנסקי

רקע לפרויקט

Our lab's novel method uses a low-cost rolling shutter CMOS camera to capture vibrating laser speckle patterns and reconstruct biological signals like heartbeat, lung sounds, and speech through correlation-based signal processing. While deep learning models have improved audio reconstruction, the overall quality of the reconstruction remains insufficient.

מטרות הפרויקט

In this work, we aim to enhance both the signal quality, and advance our reconstruction ability via the latest state-of-the-art models and architectures. The metrics that will reflect the improved performance are improved SISNR, SDR, and STOI compared to the baselines.

נושאים נלמדים

Rolling Shutter, Laser Speckle, Acoustic Sensing, Deep Learning, Generative AI

מספר פרויקט: 68BioEngineering |

פיתוח מודל מתמטי מבוסס רשתות לתיאור דינמיקה וקישוריות של פעילות מוחית.

Development of a Network-Based Mathematical Model of Brain Dynamics and Functional Connectivity.

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	שיר הרטמן
דוא״ל המנחה	shirhartman1@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יערה ארז
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	yaara.erez@biu.ac.il
מספר פרויקט	68
שם המנחה המלא	שיר הרטמן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יערה ארז

רקע לפרויקט

המוח האנושי מורכב מאזורים רבים המקיימים ביניהם אינטראקציות מורכבות ומשתנות בזמן. פעילות מתואמת בין אזורים אלו עומדת בבסיס תפקודים קוגניטיביים שונים כגון קשב וזכרון. אחת הדרכים לחקור את האינטראקציות בין אזורי המוח היא באמצעות מדדים של קישוריות פונקציונלית, המתארים קשרים סטטיסטיים או דינמיים בין אותות הנמדדים מאזורים שונים. מדידות אלקטרופיזיולוגיות, כגון אלקטרוקורטיקוגרפיה (ECoG), מאפשרות להקליט פעילות מוחית חשמלית ממוח האדם ממספר אלקטרודות בו-זמנית וברזולוציה זמנית גבוהה. מתוך אותות אלו ניתן לחשב מדדים שונים של קישוריות וסנכרון ולבחון כיצד דפוסי הקישוריות משתנים בין מצבים ואזורים מוחיים. עם זאת, ניתוח הנתונים הנמדדים לבדו אינו מאפשר תמיד להסביר אילו מנגנונים עשויים ליצור את דפוסי הקישוריות שנצפו.

מודלים מתמטיים של מערכות דינמיות מאפשרים לדמות את הפעילות של רשתות מוחיות ולבחון כיצד תכונות שונות של המערכת משפיעות על התנהגותה. במודלים המבוססים על אוסצילטורים מצומדים, כל צומת ברשת מייצג אזור מוחי או מקור של פעילות עצבית, והקשרים בין הצמתים מייצגים את עוצמת האינטראקציה ביניהם. שינוי של פרמטרים כגון עוצמת הקישור, התדר הטבעי של כל צומת, מבנה הרשת, רעש והשהיות בזמן עשוי להוביל לדפוסים שונים של סנכרון וקישוריות.

בפרויקט זה יפותח מודל מתמטי וחישובי של רשת אוסצילטורים מצומדים לצורך הדמיית דינמיקה של פעילות מוחית. המודל יתבסס בשלב הראשון על רשתות ונתונים סינתטיים, ובהמשך יותאם לדפוסי קישוריות שינותחו בפרויקט זה מנתוני ECoG שנמדדו. באמצעות סימולציות ושינוי שיטתי של פרמטרי המודל, ייבחנו התנאים שבהם נוצרים דפוסים שונים של סנכרון בתוך רשתות ובין רשתות, ובאיזה אופן הם תואמים תבניות קישוריות מוחית.

הפרויקט עשוי לתרום להבנת הקשר בין מבנה הרשת, הפרמטרים הדינמיים שלה ודפוסי הקישוריות הנצפים. מודלים מסוג זה עשויים בעתיד לשמש ככלי להבנת שינויים בפעילות המוח בין מצבים מוחיים שונים. בנוסף, הם יוכלו לשמש כבסיס לפיתוח מודלים אישיים ברמת האינדיבידואל של פעילות מוחית באוכלוסיות קליניות לצורך שיפור האבחון והטיפול בהפרעות נוירולוגיות שונות.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לפתח ולממש מודל מתמטי מבוסס רשת של אוסצילטורים מצומדים, המדמה פעילות וסנכרון בין מספר אזורים מוחיים. במסגרת הפרויקט ייבחנו הקשרים בין פרמטרי המודל לבין מדדים שונים של קישוריות פונקציונלית במוח האדם. הסטודנטים יבחנו כיצד עוצמת הקישור בין הצמתים, התדרים הטבעיים שלהם, מבנה הרשת, רמת הרעש והשהיות בזמן משפיעים על התפתחות הסנכרון ועל דפוסי הקישוריות המתקבלים. בהמשך תיבחן האפשרות לאמוד את פרמטרי המודל ולהשוות בין תוצאות הסימולציה לבין פעילות מוחית שנמדדה במצבים שונים.

נושאים נלמדים

עבודת הסטודנטים תכלול : לימוד תאורטי וקריאה בספרות על מחקרים בתחום, מימוש חישובי של מודל מתמטי בסיסי, יצירת רשתות סינתטיות בעלות מבנים שונים, הרצת סימולציות ובחירת פרמטרים, חישוב מדדי סנכרון ופיתוח כלים להצגת תוצאות הסימולציה.

נוגע בתחומי: עיבוד אותות, משוואות דיפרנציאליות, שיטות נומריות, מדעי נתונים ביולוגיים, יכולות תכנות בפייתון או matlab (אף קורס אינו קורס קדם בשביל הפרויקט).

מספר פרויקט: 69BioEngineering |

פיתוח ממשק בין מעגלים משולבים מבוססי יונים לבין נוירונים הגדלים על שבב

Interfacing Ion-Based Integrated Circuits with On-Chip Neurons

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	דפנה לבנברג ונועה עדרי פריימן
דוא״ל המנחה	dafnadiamandi@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אורית שפי ופרופ' אלכס פיש
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	orit.shefi@biu.ac.il
מספר פרויקט	69
שם המנחה המלא	דפנה לבנברג ונועה עדרי פריימן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אורית שפי ופרופ' אלכס פיש

רקע לפרויקט

רכיבים המבוססים על ננו-תעלות (רכיבים ננופלואידיים) מאפשרים שליטה בתנועת יונים ומולקולות טעונות באמצעות אות חשמלי. לאחרונה הודגם כי ניתן לממש רכיבים כדוגמת דיודות וטרנזיסטורים, אשר מאפשרים בניית מעגלים המתנהגים באופן דומה למעגלים אלקטרוניים. בעזרת רכיבים אלו פותח מעגל משולב שבו הזרם הוא זרם יונים – מעגלים אלה מכונים מעגלים יונטרוניים משולבים.

המערכת העצבית בטבע מבוססת גם היא על תנועת יונים ליצירת אותות חשמליים, המהווים את הבסיס לפעילות הנוירונים. כיום ניתן לגדל נוירונים על שבב ולהשפיע על פעילותם באמצעות גירוי חשמלי המועבר דרך אלקטרודות.

בפרויקט זה נבקש לבחון את היתכנותו של ממשק ישיר בין מעגלי חישוב יוניים, המבוססים על רכיבים ננופלואידיים, לבין נוירונים הגדלים על שבב.

מטרות הפרויקט

ליצור ממשק ראשוני בין המעגל היונטרוני לבין הנוירונים הגדלים על שבב

נושאים נלמדים

ביצוע סקר ספרות על תחום המעגלים היונטרוניים המשולבים ועל המערכת העצבית.

התנסות בהפעלת מעגל יונטרוני משולב ולמידת עקרונות פעולתו.

התנסות בהפעלה ובמדידה של פעילות חשמלית בנוירונים הגדלים על שבב.

גיבוש הבנה של הצרכים והאתגרים בממשק בין המערכות.

הגדרת דרישות ופיתוח אב-טיפוס ראשוני של ממשק בין המעגל היונטרוני לבין הנוירונים.

מספר פרויקט: 72BioEngineering |

למידת מכונה ואנליזת רדיומיקס בהדמיות MRI מוחיות לניבוי תוצאות ניתוח בחולים עם גידולים מוחיים

Machine learning and brain MRI radiomics for predicting surgical outcomes in patients with brain tumors

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ניצן בר לב
דוא״ל המנחה	nitsan.bar.lev@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יערה ארז
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Yaara.Erez@biu.ac.il
מספר פרויקט	72
שם המנחה המלא	ניצן בר לב
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יערה ארז

רקע לפרויקט

גידולים מוחיים משפיעים לא רק על הרקמה בה הם ממוקמים, אלא גם על תפקוד מוחי נרחב יותר ועל תפקוד המטופל ואיכות חייו. היכולת לנבא את תוצאות הניתוח להסרת הגידול עוד בטרם ההתערבות הכירורגית היא קריטית לתכנון הטיפול ולאיזון מיטבי בין הוצאה מרבית של הגידול, לבין שמירה על איכות החיים והתפקוד לאחר הניתוח. אולם, כיום הערכה זו נשענת בעיקר על פרמטרים כגון גודל ומיקום הגידול, בשילוב עם מבחני נייר ועט ייעודיים הדורשים זמן ומשאבים רבים.

רדיומיקס (Radiomics) היא גישה חישובית המאפשרת חילוץ מספר גדול של פיצ'רים מתמטיים מתוך תמונות רפואיות, כמו תמונות מבוססות תהודה מגנטית (MRI). שיטה זו מאפשרת לחלץ מידע עשיר ונסתר מהעין האנושית כגון עוצמה (intensity), צורה (shape) ומרקם (texture), מתוך הדמיות מבניות של המוח שנאספות כחלק מהפרקטיקה הקלינית. מידע כמותי זה יכול לשמש כקלט למודלים של למידת מכונה לצורך משימות ניבוי וסיווג מורכבות.

בפרויקט נבחן את היכולת להשתמש ברדיומיקס ככלי חישובי להערכה אובייקטיבית של תוצאות הניתוח. לצורך כך, נחלץ פיצ'רים מאזורים מוחיים שונים (כמו אזור הגידול עצמו ורשתות מוחיות אחרות). מטרת העל היא לשפר ולהעשיר את המידע הזמין והאובייקטיבי מתוך ההדמיות הקליניות הסטנדרטיות, ובכך לייעל את התכנון הניתוחי ולשפר את תהליך קבלת ההחלטות הקלינית.

מקורות:

1. Mayerhoefer, M. E., Materka, A., Langs, G., Häggström, I., Szczypiński, P., Gibbs, P., & Cook, G. (2020). Introduction to radiomics. Journal of Nuclear Medicine, 61(4), 488-495.

2. Mandal, A. S., Wiener, C., Assem, M., Romero-Garcia, R., Coelho, P., McDonald, A., ... & Erez, Y. (2024). Tumour-infiltrated cortex participates in large-scale cognitive circuits. cortex, 173, 1-15.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא יישום של מודלי למידת מכונה על מנת לבחון את הקשר בין מאפייני רדיומיקס בהדמיות MRI טרום-ניתוחיות, לבין תוצאות ניתוח להוצאת גידול מוחי. בתוך כך, נבחן האם ניתן לנבא באופן אובייקטיבי את התוצאות הקליניות והתפקודיות לאחר הניתוח ישירות מתוך ההדמיה הקלינית השגרתית. שלבי הפרויקט יכללו עיבוד מקדים של הדמיות מוחיות גולמיות, חילוץ מאפיינים כמותיים מאזורים מוחיים רלוונטיים, בנייה של מודל למידת מכונה, שימוש במודלים סטטיסטיים וויזואליזציה של התוצאות. דרישות: יכולת תכנות בפייתון. קורסים מומלצים: מבוא ללמידת מכונה, מדעי נתונים ביולוגיים, וכל קורס רלוונטי בתחום מערכות מוחיות ומדעי המוח. התוצרים הסופיים של הפרויקט: 1) פיתוח מודל למידת מכונה לניבוי התוצאות הקליניות והתפקודיות על בסיס מדדי הרדיומיקס. 2) חילוץ מדדי רדיומיקס מאזורים מוחיים רלוונטיים עבור כל מטופל, מתוך הדמיות מוחיות. 3) ניתוח השוואתי בין קבוצות מטופלים שונות תוך שימוש במודלים סטטיסטיים וניתוחי קורלציות. 4) ויזואליזציה של התוצאות. 5) הערכת היתכנות לשימוש בהדמיות קליניות שגרתיות ככלי עזר להערכה טרום-ניתוחית של המטופל ולניבוי התוצאות הקליניות לאחר הניתוח.

נושאים נלמדים

- לימוד תאורטי וקריאה בספרות על מחקרים בתחום.
- אימון והערכה של מודלי למידת מכונה לניבוי ולסיווג (מודלים לינאריים: logistic regression, SVM, מודלים לא לינאריים: random forest, XGBoost וכו').
- היכרות עם נתוני MRI של חולים עם גידולים מוחיים.
- כתיבת קוד (פייתון) לעיבוד דאטה רפואי, ניתוח וויזואליזציה של הנתונים.
- עבודה מעשית עם כלים של neuroimaging לעיבוד וניתוח חישובי של הדמיות MRI (כמו FSL, MRIcroGL, FreeSurfer).
- אנליזת רדיומיקס על אזורים מוחיים: עיבוד מקדים, סגמנטציה של אזורים, חילוץ פיצ'רים ו-feature selection.
- יישום ניתוחים סטטיסטיים להערכת קשרים בין מדדי ההדמיה לבין תוצאות הניתוח.

מספר פרויקט: 73BioEngineering |

אפיון פוליאדנילציה אלטרנטיבית (APA) בסרטן כליה באמצעות ריצוף RNA-seq של תא בודד

Characterizing Alternative Polyadenylation (APA) in kidney tumors using single-cell RNA-seq

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	עונג יצחק הלוי
דוא״ל המנחה	OnegItzhak@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Tomer Kalisky
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	tomer.bioengineering@gmail.com
מספר פרויקט	73
שם המנחה המלא	עונג יצחק הלוי
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Tomer Kalisky

רקע לפרויקט

בשנים האחרונות נעשה שימוש בריצוף RNA חד-תאי (scRNA-seq) בתפוקה גבוהה למדידת ביטוי גנים באלפי תאים. מידע זה משמש לזיהוי תת-אוכלוסיות של תאים ולאפיון מנגנונים מולקולריים בכליה ובגידולים סרטניים בכליה. עם זאת, ניתן למצוא שכבה נוספת של הטרוגניות תאית מעבר לביטוי גנים, באיזופורמים חלופיים של תעתיקי mRNA, ואלה לא אופיינו במלואם. מנגנון אחד כזה הוא פוליאדנילציה אלטרנטיבית (APA), לפיו גן מכיל אתרי ביקוע ופוליאדנילציה מרובים, ובכך מאפשר לייצר תעתיקי mRNA מרובים באורכים שונים מאותו גן. מנגנון ה-APA תורם להגדלת מגוון התעתיקים על ידי השפעה על יציבות ה-mRNA, התרגום והלוקליזציה בתא.

בפרויקט זה, הסטודנטים ישתמשו במערך נתונים חד-תאיים של RNA-seq של תאים סרטניים ותאים רגילים ממערכי נתונים מפורסמים, נתונים ממערכת ה-microfluidic drop-seq מהמעבדה וכן ריצוף חדשני וייחודי long-read שבוצע באמצעות Oxford Nanopore technology על מנת לחקור APA בגידוליים סרטניים בכליות.

באופן יותר ספציפי, אנחנו נשאף למצוא הבדלים בין תאים נורמליים וסרטנים תוך שימוש בטכנולוגיות ריצוף מתקדמות.

מטרות הפרויקט

מציאת רשימת גנים שיאפשרו גילוי סמנים לאיתור מוקדם, זיהוי, וניטור של מחלות וגידולי כליה וזיהוי מנגנונים מולקולריים ספציפיים שניתנים לתיקון על ידי טיפול מתאים.

נושאים נלמדים

הבנת התופעה הביולוגית-מולקולרית ולמידת רקע מתאים.

עיבוד וניתוח מקדים של נתונים, עיבוד דאטה גולמי והכנה מותאמת של מטריצות ביטוי גנים כקלט להמשך שלבי עיבוד הנתונים. (יבוצע בסביבת linux)

הכרה עמוקה של כלי עיבוד לנתונים בילוגיים, קוד בR שכולל שימוש בחבילות וכלים שונים.

ניתוח תוצאות והבנתם הביולוגית, זיהוי דפוסים וגנים קורלטיביים לדפוסים.

בחינת הקשר בין הדפוסים והגנים שהתקבלו בקרב תאים בריאים לבין תאי הסרטן.

סיכום התוצאות לכדי ספר פרויקט.

מספר פרויקט: 77BioEngineering |

הפעלת אלגוריתמים של למידה עמוקה על מפות גנומיות של רקמות סרטניות לזיהוי אינטראקציות בין תאים.

Utilizing deep learning algorithms on genomic maps from cancer tissues to uncover cell-cell interactions.

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	טל גולדברג
דוא״ל המנחה	Talg9.7@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד״ר שחר אלון
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	shaharalon.mail@gmail.com
מספר פרויקט	77
שם המנחה המלא	טל גולדברג
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד״ר שחר אלון

רקע לפרויקט

גנומיקה מרחבית היא משפחה של טכנולוגיות המאפשרת לזהות את מיקום הגנים בתוך רקמות. לטכנולוגיות אלו חשיבות רבה בסרטן, כיוון שזה מאפשר לדעת איזה סוגי תאים נמצאים בתוך ביופסיות מחולים. המעבדה שלנו יצרה מפות גנומיות המציגות את הביטוי המרחבי של כ-300 גנים שונים ברקמות סרטניות, בתוך ומחוץ לתאים ברקמה. המידע מהמפות הגנומיות יכול לשמש כקלט לרשתות נוירונים. בנייה איכותית של רשתות הנוירונים ואימונן על גבי המפות הגנומיות יכולה לחשוף מידע על מצב התאים הנמצאים ברקמה. דוגמה למצב כזה היא אינטראקציה בין תאים מסוגים שונים, למשל תא ממערכת החיסון שנמצא קרוב לתא סרטני ומושפע ממנו ברמת ביטוי הגנים שלו.

האם המפות הגנומיות יכולות לחשוף לא רק את סוגי התאים שנמצאים בתוך הרקמה הסרטנית, אלא גם את מצב התאים והאינטראקציה ביניהם?

מטרות הפרויקט

בפרויקט נפעיל שיטות של עיבוד תמונה לצורך התאמת המפות הגנומיות שישמשו כקלט לאלגוריתמים של למידה עמוקה. נממש כתיבת קוד ויישום של רשתות נוירונים, תוך אימון ושיפור הביצועים של המודל. נשתמש בכלים חישוביים לחלץ פרשנות ביולוגית מהרשתות, החל מזיהוי סוגי התאים ברקמה ובהמשך חשיפת אינטראקציות בין סוגי התאים השונים - האם התא הגיב ברמה הגנומית לתא הסמוך אליו על סמך התמונה שהוכנסה כקלט לרשת.

נושאים נלמדים

גנומיקה מרחבית, למידה עמוקה ורשתות נוירונים, ניתוח מידע גנומי, סיווג תאים וזיהוי אינטראקציות בין תאים, עיבוד תמונה, פרשנות של מודלים חישוביים, זיהוי מאפיינים וגנים משמעותיים לקבלת החלטות המודל, עבודה עם מידע ביולוגי רב־ממדי.

מספר פרויקט: 79 **BioEngineering** |

שימוש בלמידה עמוקה לסיווג מצבים מוחיים מתוך הקלטות EEG של פעילות מוחית

Using deep learning for decoding brain states from EEG recordings of brain activity

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	סבטלנה וולוצקי
דוא״ל המנחה	volotss@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	יערה ארז
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Yaara.Erez@biu.ac.il
מספר פרויקט	79
שם המנחה המלא	סבטלנה וולוצקי
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	יערה ארז

רקע לפרויקט

בפרויקט זה, הסטודנטים ישתמשו בנתוני EEG (electroencephalogram) שהוקלטו מנבדקים המבצעים משימות ממוחשבות שונות, על מנת לבנות מסווג על-בסיס למידה עמוקה המבחין בין מצבים מוחיים שונים, ובפרט מצבי עומס קוגניטיבי. אתגר חשוב בסיווג מבוסס EEG הוא שמסווגים המאומנים על משימה או נבדק מסוימים מכלילים בצורה חלשה משימות או לנבדקים אחרים; בפרויקט זה נבחנת היכולת של מודלים של למידה עמוקה כגון EEGNet לזהות תבניות מורכבות תלויות-זמן באותות ה-EEG ובכך לשפר את יכולת ההכללה.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לפתח קוד חישובי מבוסס למידה עמוקה לסיווג עומס קוגניטיבי מאותות EEG ולבחון הכללה מעבר לנבדקים, משימות, ונקודות זמן שונות. התוצרים הסופיים של הפרויקט: פייפליין של קוד פייתון מבוסס למידה עמוקה (למשל EEGNet) הכולל עיבוד אותות, המאומן ומוערך על נתוני ה-EEG . תוצאות סיווג בתוך הקלטה בודדת כ-benchmark והכללה בין נבדקים, משימות, ונקודות זמן שונות.

נושאים נלמדים

במסגרת הפרויקט הסטודנטים ידרשו לבצע את המטלות הבאות:

- לימוד תאורטי וקריאה בספרות על מחקרים בתחום.
- היכרות עם EGG ועם מאגר הנתונים של הנבדקים.
- לימוד והפעלה של כלים לניתוח EEG בפייתון, כולל עיבוד מקדים של האות והכנת הנתונים לשימוש במסווג.
- מימוש ואימון של מודל למידה עמוקה כגון רשת קונבולוציה קומפקטית(EEGNet) כמסווג.
- שימוש במודלים סטטיסטיים וויזואליזציה להצגת התוצאות.

מספר פרויקט: 85 | BioEngineering

אפיון חישובי של המיקרו־סביבה הסרטנית באורגנואידים באמצעות גנומיקה מרחבית

Computational Characterization of the Tumor Microenvironment in Cancer Organoids Using Spatial Genomics

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	טל גולדברג
דוא״ל המנחה	talg9.7@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד״ר שחר אלון
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	shaharalon.mail@gmail.com
מספר פרויקט	85
שם המנחה המלא	טל גולדברג
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד״ר שחר אלון

רקע לפרויקט

אורגנואידים סרטניים הם מודלים תלת־ממדיים המופקים מתאים שנלקחו מגידולים של חולים, ומטרתם לשמר את המאפיינים הביולוגיים של הרקמה הסרטנית בסביבה מבוקרת. בשנים האחרונות הם הפכו לכלי מרכזי בחקר הסרטן, שכן הם מאפשרים לחקור את ההטרוגניות של תאי הגידול ואת האינטראקציות בינם לבין תאי מערכת החיסון.

המעבדה שלנו מייצרת מפות גנומיות מרחביות של אורגנואידים סרטניים, המאפשרות למדוד את ביטוי הגנים של מאות גנים בכל תא ואת מיקומו המדויק באורגנואיד. בפרויקט ננתח אוסף גדול של אורגנואידים במטרה לאפיין את ההטרוגניות שלהם, לזהות דפוסי ביטוי גנים מרחביים ואינטראקציות בין תאי סרטן לתאי מערכת החיסון. בנוסף, נשווה את דפוסי האינטראקציה באורגנואידים לנתונים מרקמות סרטניות אמיתיות, במטרה לזהות מנגנונים ביולוגיים משותפים.

אילו דפוסים מרחביים של ביטוי גנים ותקשורת בין תאים מאפיינים אורגנואידים סרטניים, והאם דפוסים אלו משותפים גם לרקמות סרטניות אמיתיות?

מטרות הפרויקט

בפרויקט נפתח וניישם שיטות חישוביות לניתוח מידע גנומי מרחבי מאורגנואידים סרטניים. נבצע אפיון של סוגי התאים והמצבים התאיים, נזהה דפוסי ביטוי גנים מרחביים ונחקור אינטראקציות בין תאי סרטן לתאי מערכת החיסון. לבסוף, נשווה את האינטראקציות והדפוסים המרחביים שזוהו באורגנואידים לנתונים מרקמות סרטניות אמיתיות, במטרה לזהות מאפיינים ביולוגיים משותפים.

נושאים נלמדים

גנומיקה מרחבית (Spatial Genomics), אורגנואידים סרטניים ומיקרו־סביבת הגידול, ניתוח מידע גנומי מרחבי ונתוני single-cell, אפיון הטרוגניות של אוכלוסיות תאים, זיהוי דפוסי ביטוי גנים מרחביים, ניתוח תקשורת בין־תאית (Cell–Cell Communication), ביולוגיה חישובית ופרשנות ביולוגית של נתונים גנומיים רב־ממדיים.

מספר פרויקט: 98 BioEngineering |

למידת מכונה לזיהוי מצבי מוח דינמיים מתוך הקלטות של פעילות מוחית חשמלית ברזולוציה גבוהה בזמן ובמרחב

Machine learning for identifying dynamic brain states from electrical brain activity recordings with high spatial and temporal resolution

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ניצן בר לב
דוא״ל המנחה	nitsan.bar.lev@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יערה ארז
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Yaara.Erez@biu.ac.il
מספר פרויקט	98
שם המנחה המלא	ניצן בר לב
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יערה ארז

רקע לפרויקט

המוח הוא מערכת דינמית, המאורגנת סביב תבניות פעילות שמשתנות במהירות לאורך זמן, גם כאשר אנו נמצאים במצב מנוחה, ללא גירוי חיצוני. מחקרים רבים הדגישו את החשיבות של האופן שבו איזורים מוחיים פועלים ביחד (קישוריות תפקודית), אך התייחסו לקישוריות זו כתכונה סטטית וקבועה. מחקרים עדכניים מדגישים כי דפוסי הקישוריות בין איזורי מוח שונים משתנים על פני הזמן ומשקפים מעברים בין מצבי מוח באופן דינמי (brain states).

באמצעות אלקטרודות המונחות ישירות על קליפת המוח בטכנולוגיה הנקראת intracranial EEG (iEEG), ניתן להקליט מחולי אפילפסיה פעילות מוחית חשמלית ברזולוציה מרחבית וזמנית גבוהה במיוחד. מתוך הקלטות אלו ניתן לחשב סינכרוניזציה בין איזורים מוחיים שונים באמצעות מדדים שונים כגון שימוש ברכיבים הספקטרליים שבסיגנלים. הרזולוציה הגבוהה מאפשרת לבחון את הדינמיקה בזמן של האותות המוחיים והסינכרוניזציה שלהם תוך שימוש בשיטות של למידת מכונה לא מונחית (unsupervised learning).

אחת השאלות המרכזיות כיום בתחום היא כיצד ניתן לזהות ולכמת באופן חישובי מצבי מוח דינמיים מתוך תבניות הפעילות והקישוריות ברצועות התדר השונות שבאותות המוחיים, ובכך להבין טוב יותר כיצד מאורגנת פעילות המוח בזמן מנוחה.

מקורות:

1. Michel, C. M., & Koenig, T. (2018). EEG microstates as a tool for studying the temporal dynamics of whole-brain neuronal networks: A review. NeuroImage, 180, 577–593.

2. Hutchison, R. M., Womelsdorf, T., Gati, J. S., Everling, S., & Menon, R. S. (2013). Resting-state networks show dynamic functional connectivity in awake humans and anesthetized macaques. Human Brain Mapping, 34(9), 2154–2177.

מטרות הפרויקט

המטרה המרכזית של הפרויקט היא לזהות ולאפיין מצבי מוח דינמיים מתוך נתוני iEEG בזמן מנוחה, על פני רצועות תדר שונות. בפרויקט נגדיר את המצבים המוחיים מתוך נתוני קישוריות וסינכרוניזציה ומתוך נתוני פעילות מקומית (למשל ספקטרוגרמות). הסטודנטים יישמו שיטות של למידת מכונה לא מונחית (כגון K-Means ו-Hidden Markov Models), במטרה לזהות את המצבים החבויים ברצועות התדר השונות, ויכמתו את המאפיינים הזמניים של המצבים האלו (כמו למשל מספר המעברים בין מצבים, זמן השהייה בכל מצב). נרצה להשוות בין התוצאות ברצועות תדר שונות, ולבחון האם קיימים הבדלים עקביים באופי הדינמיקה בין רצועות תדר נמוכות לגבוהות. דרישות: יכולת תכנות בפייתון. קורסים מומלצים: מבוא ללמידת מכונה, מדעי נתונים ביולוגיים, וכל קורס רלוונטי בתחום מערכות מוחיות ומדעי המוח. התוצרים הסופיים של הפרויקט:

- חילוץ מדדי קישוריות (coherence) ומדדי פעילות (ספקטרוגרמות) ברצועות תדר שונות, מתוך נתוני iEEG.
- יישום שיטות למידה לא מונחית (K-Means, HMM) על תבניות הנתונים כדי לזהות מצבים מוחיים.

- כימות מאפייני הדינמיקה הזמנית של המצבים שזוהו (למשל מספר המעברים, זמן שהייה, תדירות הופעה).
- ניתוח השוואתי בין רצועות תדר שונות ובין מטופלים שונים.
- ויזואליזציה של המצבים המוחיים ושל דינמיקת המעברים בזמן.

נושאים נלמדים

- לימוד תאורטי וקריאת ספרות בנושא קישוריות תפקודית דינמית ומצבים מוחיים.
- היכרות עם נתוני iEEG ממטופלי אפילפסיה, ועם שיטות עיבוד אותות מוחיים.
- יישום של אלגוריתמי למידה לא מונחית.
- כתיבת קוד (פייתון) לעיבוד, ניתוח וויזואליזציה של נתוני מוח.

מספר פרויקט: 105 BioEngineering |

מדידות אופטיות לא פולשניות של זרימת דם במח במספר ערוצים על ידי מוטיפלקס זמני

Optical non-invasive time multiplexed multichannel cerebral blood flow measurement

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ויקה טרלה
דוא״ל המנחה	Vika.tarle@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר ניסן אוזנה
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	nisan.ozana@biu.ac.il
מספר פרויקט	105
שם המנחה המלא	ויקה טרלה
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר ניסן אוזנה

רקע לפרויקט

מדידת זרימות דם במח לרוב נעשית באמצעים יקרים ומסורבלים. במעבדה אצלינו מפתחים טכנולוגיות קומפקטיות למדידה אופטית לא פולשנית של זרימת הדם. המטרה של הפרוייקט היא להרחיב את הטכנולוגיה הקיימת למספר ערוצים (מדידה במספר מקומות על הראש במקביל).

מטרות הפרויקט

time multiplexed switch למספר ערוצים בעזרת SCOS (Speckle Contrast Optical Spectroscopy) לבנות מערכת

נושאים נלמדים

אלקטרואופטיקה, נוירופוטוניקה, עיבוד נתונים

מספר פרויקט: 106 **BioEngineering** |

ממשק מוח-מחשב מבוסס fNIRS לפענוח מילים

fNIRS-Based Brain–Computer Interface for Decoding Words

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Moshe Berchansky
דוא״ל המנחה	brachem@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Dr. Nisan Ozana
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	nisan.ozana@biu.ac.il
מספר פרויקט	106
שם המנחה המלא	Moshe Berchansky
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Dr. Nisan Ozana

רקע לפרויקט

Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) is a noninvasive, portable neuroimaging technique that measures cortical hemodynamic responses (changes in oxy- and deoxy-hemoglobin) during mental tasks. fNIRS has been used to implement simple brain–computer interfaces (BCIs) for communication. For example, fNIRS-based systems have enabled locked-in patients to answer yes/no questions by performing different mental tasks (e.g. mental arithmetic vs. relaxation), achieving high binary classification accuracies. More recently, researchers have begun exploring semantic decoding: for instance, Rybář et al. (2025) recorded simultaneous EEG and fNIRS while subjects silently named objects (animals vs. tools) and showed that fNIRS signals contain information distinguishing these conceptual categories. However, fNIRS faces challenges: the hemodynamic response is slow and spatially coarse, and signals vary widely across subjects. These limitations mean that decoding arbitrary words (colors, numbers, phrases, etc.) from fNIRS is difficult. Nonetheless, the potential impact is high: a successful fNIRS “speller” could restore communication for patients who cannot use speech or motor systems. In summary, fNIRS offers a safe, affordable way to monitor brain activity during reading tasks, and prior work suggests it can support at least binary or simple semantic decoding. This project aims to push this toward decoding specific read words.

מטרות הפרויקט

The goal is to develop an fNIRS-based system that predicts which word a person is silently reading. We will focus on a small vocabulary and use state-of-the-art models and methods to classify the fNIRS signals. The expected deliverables are to set up an experimental protocol and dataset of fNIRS recordings labeled with the read words. Then, train an ML model that maps fNIRS time-series to word labels, including an evaluation of performance.

נושאים נלמדים

fNIRS & EEG, Brain Signal Processing, Semantic Decoding, Deep Learning, Brain-Computer Interfaces (BCI)

מספר פרויקט: 107 **BioEngineering** |

שחזור שמע מחישה מרחוק באמצעות למידה עמוקה

High-Fidelity ML-Based Audio Reconstruction from Rolling Shutter Laser Speckle Acoustic Sensing

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Moshe Berchansky
דוא״ל המנחה	brachem@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Dr. Nisan Ozana
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	nisan.ozana@biu.ac.il
מספר פרויקט	107
שם המנחה המלא	Moshe Berchansky
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Dr. Nisan Ozana

רקע לפרויקט

Our lab's novel method uses a low-cost rolling shutter CMOS camera to capture vibrating laser speckle patterns and reconstruct biological signals like heartbeat, lung sounds, and speech through correlation-based signal processing. While deep learning models have improved audio reconstruction, the overall quality of the reconstruction remains insufficient.

מטרות הפרויקט

In this work, we aim to enhance both the signal quality, and advance our reconstruction ability via the latest state-of-the-art models and architectures. The metrics that will reflect the improved performance are improved SISNR, SDR, and STOI compared to the baselines.

נושאים נלמדים

Signal Processing, Deep Learning, AI

מספר פרויקט: 114 BioEngineering |

מידול חישובי של הכלייה בדגש על תהליך פגיעה ושיקום

Kidney injury and repair modeling and analysis

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Hillel Kugler
דוא״ל המנחה	hillelk@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Hillel Kugler
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	hillelk@biu.ac.il
מספר פרויקט	114
שם המנחה המלא	Hillel Kugler
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Hillel Kugler

רקע לפרויקט

We will learn how Computational methods can be applied to study critical processes in the Kidney. Gene regulatory networks (GRNs) can be modeled as constrained Abstract Boolean Networks (cABNs) and analyzed with the Reasoning Engine for Interaction Networks (RE:IN), whose underlying reasoning engine is itself SMT-based . We will also evaluare AI methods to help identify new biological data and speed up the methods

• Gerber, Y., et al. “Reasoning About Monotonic Regulation Conditions for Boolean Gene Regulatory Networks: An Algorithmic Approach.” IEEE BIBM, 2025, Wuhan, China. DOI: 10.1109/BIBM66473.2025.11356159 https://ieeexplore.ieee.org/document/11356159

• Yordanov, B., Dunn, S.J., Gravill, C., Arora, H., Kugler, H., Wintersteiger, C.M. “The Reasoning Engine: A Satisfiability Modulo Theories-Based Framework for Reasoning About Discrete Biological Models.” Journal of Computational Biology, 30(9), 2023. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37733940/

• Eitan Tannenbaum, Dana Markiewitz, Tomer Kalisky, Hillel Kugler Characterizing Gene Regulatory Network Ensembles in Kidney Injury and Repair

ACM BCB 2025

מטרות הפרויקט

Learn new computational methods to model the kidney

נושאים נלמדים

Computational Moeling of Gene networks

Using and developing state of the art solvers

Undertsanding how to help the kidnet repair after Injury

AI methods in Biology

מספר פרויקט: 116 **BioEngineering** |

מיפוי מרחבי של רשתות בקרה גנטיות בתיקון לקוי של הכליה

Spatial Mapping and Computational Modeling of Gene Regulatory Networks in Kidney Disease

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	דנה מרקיוויץ
דוא״ל המנחה	dmarkiewitz@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ" תומר קליסקי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	tomer.kalisky@biu.ac.il
מספר פרויקט	116
שם המנחה המלא	דנה מרקיוויץ
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ" תומר קליסקי

רקע לפרויקט

Acute Kidney Injury (AKI) triggers an intrinsic repair process in the kidney that can either restore normal function or result in maladaptive repair, characterized by the persistence of FR-PTCs. These FR-PTCs exhibit an aberrant transcriptional landscape, marked by the loss of normal proximal tubule transcription factors (TFs) like Hnf4a and Maf, and the upregulation of injury-associated TFs such as Klf6, Creb5, and NF-kB family members (Rela, Nfkb1).

The kidney has a highly structured physical anatomy, and the proximal tubule is segmented (S1, S2, and S3). The S3 segment, located in the outer stripe of the outer medulla (OSOM), is particularly sensitive to ischemic injury. While single-nucleus transcriptomics tells us what gene regulatory networks are changing, it strips cells of their spatial coordinates. By inferring a core gene regulatory network (GRN) from multiomic data and evaluating the activity of specific TF regulons directly onto spatial transcriptomics spots, we can physically map where maladaptive repair dominates and how the local tissue microenvironment influences cell fate. Spatial transcriptomics combines molecular measurements with histological tissue images, requiring computational image processing and spatial analysis to accurately relate gene regulatory activity to tissue architecture.

This project combines GRN inference, spatial transcriptomics, and computational image analysis. Using single-nucleus multiomic and spatial transcriptomic datasets, students will infer the core GRNs governing FR-PTCs and map the spatial activity of transcription factor regulons across kidney tissue sections. Complementing this, students will use computational simulation models such as dyngen and sRACIPE to identify stable cellular states and perform in silico gene perturbations. Depending on project progress, the developed computational pipeline may also be applied to renal cell carcinoma (RCC) datasets. The project provides hands-on experience with spatial transcriptomics, computational image processing, systems biology, and network analysis.

The project requires approximately half a day per week of in-person presence at the lab, with additional remote computational work as needed.

References:

Multimodal spatial transcriptomic characterization of mouse kidney injury and repair - PMC

https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12354736/#Sec2

Functional characterization of somatic mutations in cancer using network-based inference of protein activity | Nature Genetics

https://www.nature.com/articles/ng.3593

RACIPE: a computational tool for modeling gene regulatory circuits using randomization | BMC Systems Biology | Springer Nature Link

https://link.springer.com/article/10.1186/s12918-018-0594-6

מטרות הפרויקט

(1) Infer a highly confident core GRN distinguishing healthy proximal tubule cells from FR-PTCs using a single-nucleus multiomic dataset. (2) Calculate cell-specific TF regulon activity scores and project these scores onto provided spatial transcriptomics data. Analyze the spatial distribution of key healthy (Hnf4a, Maf) and maladaptive (Relb, Nfkb1) regulons, statistically comparing their physical dependence on kidney anatomy. (3) Identify robust mathematical steady states corresponding to adaptive and maladaptive phenotypes and pinpoint master transcription factors capable of destabilizing the FR-PTC state.

נושאים נלמדים

Stage 1 – GRN Inference: Utilize snRNA-seq and snATAC-seq data to extract a core GRN topology.

Stage 2 – Spatial Transcriptomics & Image Analysis: Process spatial transcriptomics slides and associated histological images. Calculate localized regulon activity and integrate it with tissue architecture using computational image analysis.

Stage 3 – Spatial Analysis: Correlate the spatial activity of TFs like Nfkb1 or Relb with specific anatomical locations.

Stage 3 – Attractor Mapping & Perturbation: Input the GRN of selected regulons observed in previous stages into sRACIPE to solve stochastic ODEs over time. Systematically perform in-silico knockouts to find targets that move the cells from state to state.

Expected Deliverables:

A concise computational pipeline integrating multiomic network inference with spatial transcriptomics data.

Spatial maps of the kidney highlighting the localized physical activity of healthy and maladaptive regulons.

Quantification of the physical dependence of specific GRN activities on kidney anatomical regions.

A prioritized list of highly impactful transcription factors for potential therapeutic targeting.

Methods:

Single-nucleus multiomics integration and Gene Regulatory Network (GRN) extraction.

Spatial transcriptomics processing, histological image analysis, tissue segmentation, spatial clustering, and geospatial mapping.

Non-linear dynamics analysis of ODEs using mathematical randomization techniques.

Dimensionality reduction (PCA, UMAP) and pseudo-time trajectory analysis.

Software:

Linux-based computational environment.

Python-based spatial transcriptomics and single-cell frameworks (e.g., Scanpy, Squidpy, scikit-image, SCENIC+).

R-based bioinformatic packages for regulon activity (e.g., VIPER) and spatial visualization (e.g., Seurat/Giotto).

sRACIPE (R package/C++ engine for random circuit perturbation).

מספר פרויקט: 117BioEngineering |

מידול חישובי של פלסטיות ברשתות מוחיות בעקבות גירוי חשמלי

: Computational Modeling of Functional Plasticity in Brain Networks following electrical stimulation

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	דפנה רוזנברג
דוא״ל המנחה	dafna.mintzer@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יערה ארז
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	yaara.erez@biu.ac.il
מספר פרויקט	117
שם המנחה המלא	דפנה רוזנברג
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יערה ארז

רקע לפרויקט

בניתוחי מוח שנעשים בעירות (למשל לצורך הסרת גידולים מוחיים), נעשה שימוש בגירוי חשמלי ישיר של רקמת המוח כדי למפות את התפקוד שלה. כיום, גירוי זה משמש בעיקרו לזיהוי והגנה על אזורים קריטיים (כגון מרכזי שפה ותנועה) מפני פגיעה כירורגית. עם זאת, השפעת הגירוי נבחנת בדרך כלל רק באופן מקומי באיזור הגירוי, וההשפעה שלו על הרשת המוחית מעבר לאיזור המקומי של הגירוי עדיין לא ידועה. זאת על אף שכיום ידוע שתקשורת וסינכרוניזציה בין איזורים שונים במוח הינם מרכזיים וחשובים לתפקוד המוח. על כן יש חשיבות רבה להבין כיצד גירוי חשמלי משפיע על הרשת המוחית ופעילות של תאי עצב גם בסביבה שמעבר למיקום הגירוי. בנוסף, מתוך ההבנה של השפעת הגירוי על הרשת כולה, קיים פוטנציאל משמעותי להרחבת השימוש בגירויים אלו בהמשך גם ככלי אקטיבי-שיקומי אשר ירתום את יכולות הפלסטיות המוחית כדי לעודד את המוח לנתב מחדש מסלולי תקשורת ולפצות על רקמה שנפגעה.

כדי להבין את ההשפעה של גירוי חשמלי על הארגון של רשתות מוחיות, וכדי לפתח אלגוריתמים מתקדמים של גירוי יש צורך בפיתוח מודלים חישוביים אשר יכמתו את השפעת הגירוי מתוך ראייה של הרשת המוחית כולה. זאת מתוך גישה מבוססת רשת, כלומר, גישה אשר מתמקדת בקשרים בין איזורים שונים ברשת המוחית. סימולציה של רשת תאי עצב תאפשר לנו לחקור ולבחון באילו תנאים גירוי חשמלי מוביל לשינוי מכוון בקשרים בין התאים (למידה/פלסטיות), וכיצד הרשת מגיבה ומתארגנת מחדש לאחר פגיעה. בעתיד, המודלים והפרוטוקולים שיפותחו בפרויקט יוכלו להיבדק בניסויים ביולוגיים.

מטרות הפרויקט

פיתוח מודל ממוחשב של רשת נוירונים מוחית המאפשר לדמות ולנתח את ההשפעה של פרוטוקולי גירוי שונים על מבנה הקישוריות של הרשת, במטרה להדגים בסימולציה שינוי מכוון בקשרים ופוטנציאל ליכולת שיקום לאחר פגיעה.

נושאים נלמדים

תכולת הפרויקט:

1. לימוד תאורטי וקריאה בספרות על מחקרים בתחום.
2. פיתוח מודל ממוחשב המדמה פעילות של רשת נוירונים מוחית והקשרים שבה.
3. בניית אלגוריתם פידבק (לולאה סגורה) המתאים את תזמון ומיקום הגירוי בזמן אמת לתגובת הרשת.
4. סימולציה של פגיעה מבוקרת (למשל, השתקת אזור מסוים ברשת הממוחשבת) ופיתוח אלגוריתם גירוי שיעודד את הרשת לבנות מסלולים חדשים שעוקפים את אזור הפגיעה.
5. ניתוח מבנה הרשת (לפני ואחרי הגירוי/הפגיעה) באמצעות חישוב מדדים כמותיים.
6. ויזואליזציה של התוצאות.

מספר פרויקט: 131 **BioEngineering** |

אפיון וזיהוי תבניות של פעילות מוחית בחולים עם גידולי מוח

Characterization and identification of patterns of brain activity in patients with brain tumors

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	חמדה וינר
דוא״ל המנחה	chemda10@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יערה ארז
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	yaara.erez@biu.ac.il
מספר פרויקט	131
שם המנחה המלא	חמדה וינר
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יערה ארז

רקע לפרויקט

בפרויקט זה, הסטודנטים ישתמשו בנתוני הדמיה מוחית בתהודה מגנטית (fMRI and MRI) כדי לחקור דפוסי קישוריות מוחית (functional connectivity) בקרב מטופלים עם גידולי מוח, ולהשוות אותם לקבוצת ביקורת בריאה. ידוע שגידולי מוח משפיעים על פעילות המוח, אך היקף ההשפעה ואופייה עדיין אינם מובנים היטב. על ידי השוואת דפוסי קישוריות בין מטופלים לאנשים בריאים, נוכל לקבל תובנות על הדרכים בהן גידולים משפיעים על תפקוד רשתות מוחיות. במחקרים קודמים מצאנו שרשת מוחית (אזורים שפועלים ביחד) בחלקים קדמיים וצידיים של המוח, הקשורה בין השאר לתפקודי קשב, מושפעת במיוחד מגידולים מוחיים. מוקד המחקר בפרויקט יהיה הבנת ההבדלים של קישוריות מוחית עם רשת זו.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא להשוות את דפוסי הקישוריות המוחית של מטופלים עם גידולי מוח לאלו של אנשים בריאים. לצורך כך ייושמו שיטות שונות של ניתוח קישוריות פונקציונלית במוח. התוצרים הסופיים של הפרויקט:

- מפות קישוריות פונקציונלית עבור כל מטופל ובאופן ממוקד עבור אזורים ספציפיים (בדגש על הרשת הפרונטו-פריאטלית)
- פיתוח מסווג (classifier) המבחין בין דפוסי קישוריות בריאים לדפוסים המושפעים מגידול
- ניתוח השוואתי בין קבוצת המטופלים לקבוצת הביקורת הבריאה

נושאים נלמדים

במסגרת הפרויקט הסטודנטים ידרשו לבצע את המטלות הבאות:

- היכרות עם נתוני MRI ו-fMRI של מטופלים ושל נבדקים בריאים
- לימוד והפעלה של תוכנות ניתוח הדמיה מוחית למשל - FSL, FreeSurfer
- לימוד ויישום של שיטות שונות לניתוח קישוריות פונקציונלית, כולל:
  - Brain parcellation
  - Seed-based analysis
  - Independent Component Analysis
- כתיבת קוד לעיבוד וניתוח מפות קישוריות
- ביצוע ניתוחים סטטיסטיים מתאימים לצורך השוואה בין קבוצות
- פיתוח אלגוריתם למיון דפוסי קישוריות על סמך הנתונים

מספר פרויקט: 144BioEngineering |

שיערוך רשתות רגולציית גנים הגורמות לעמידות סרטן כליה למערכת החיסון באמצעות נתונים גנומיים מתאים בודדים ונתונים מרחביים

Inferring Gene Regulatory Networks Driving Immune Evasion in Renal Cell Carcinoma from Single-Cell Multiome and Spatial Data

פרטי הנחיה

Lian Koby	שם המנחה המלא
liankoby1@gmail.com	דוא״ל המנחה
Tomer Kalisky	ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת
tomer.kalisky@gmail.com	דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת
144	מספר פרויקט
Lian Koby	שם המנחה המלא
Tomer Kalisky	ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת

רקע לפרויקט

Project description:

In our lab we generate and analyze single-cell genomics data from kidney cancer (renal cell carcinoma, RCC). In this project we will use single-cell multiome and spatial transcriptomics data to infer gene regulatory networks (GRNs) that govern how immune cells within the tumor become suppressed, and use computational simulations to identify transcription factors that could be targeted to reverse this process.

The work is computationally intensive, algorithm-driven (network inference, image processing, graph analysis, dynamical simulation), and applied to real cancer genomics datasets. It is well suited for a student who wants substantial hands-on experience with data science, machine learning, and modeling of complex systems.

The exact scope of the project will be adapted to the students' progress. Initial work will focus on establishing and reproducing the core analysis pipeline, followed by increasingly independent investigation of specific regulatory mechanisms and spatial patterns.

Background:

Clear cell RCC (ccRCC) is the most common subtype of renal cell carcinoma. Because it is typically asymptomatic in early stages, ~30% of patients are found to have metastases at diagnosis, and five-year survival for advanced disease is only ~10%. The tumor microenvironment (TME) is densely infiltrated by immune cells (T-cells, macrophages) alongside fibroblasts and endothelial cells. Current treatments (immune checkpoint blockade, targeted therapies) frequently lose effectiveness as tumors evolve mechanisms of immune evasion, such as T-cell exhaustion and immunosuppressive macrophage polarization. The regulatory mechanisms that drive these cell-state transitions remain poorly understood, limiting our ability to design more effective and personalized therapies. In this project we will infer, characterize, and simulate the gene regulatory networks (GRNs) of transcription factors (TFs) and their target genes, using published single-cell multiome and high-resolution spatial transcriptomics data, with emphasis on mapping GRN activity at the interface regions between the tumor, immune, and other TME compartments.

Requirements:

The project requires one full day per week of regular in-person work in the lab throughout the year, including semester breaks and the summer period, with additional computational work performed remotely.

References:

Gene regulatory network inference in the era of single-cell multi-omics:

https://doi.org/10.1038/s41576-023-00618-5

SCENIC – a method for inferring gene regulatory networks:

https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5937676/

(Link to tools, code, and tutorial: http://scenic.aertslab.org/)

SCENIC+: single-cell multiomic inference of enhancers and gene regulatory networks

https://doi.org/10.1038/s41592-023-01938-4

Predicting proximal tubule failed repair drivers through regularized regression analysis of single cell multiomic sequencing (RENIN)

https://doi.org/10.1038/s41467-024-45706-0

מטרות הפרויקט

Aims: (1) Infer gene regulatory networks (GRNs) governing tumor and immune cell states in ccRCC from single-cell multiome data. (2) Identify GRN modules - specific transcription factors and their target genes - that explain clinically relevant cell-state transitions, such as CD8+ T-cell exhaustion and macrophage immunosuppressive polarization, using network-based measures and spatial analysis to pinpoint the transcription factors driving each transition. (3) Test candidate driver transcription factors using in-silico perturbation simulations to predict which ones could reverse these cell states.

נושאים נלמדים

Methodology:

Single-cell genomics (RNA-seq and ATAC-seq) data analysis.

Spatial transcriptomics data analysis (proximity, ligand-receptor interactions).

Gene regulatory network inference and network-based analysis (community detection, centrality measures).

Statistical inference for significance testing and confidence estimation.

Application of machine learning approaches for classification, regression, prediction, and feature selection.

Software:

Linux-based computational environment.

Established bioinformatics software packages (Seurat, SCENIC+, RENIN, Cytoscape, squidpy) where appropriate.

Machine learning libraries.

Statistical analysis packages (e.g., Bioconductor).

Programming languages:

Bash scripting for workflow automation in Linux.

Python for data analysis, machine learning, and pipeline integration.

R for statistical analysis, visualization, and bioinformatics workflows.

מספר פרויקט: 150 **BioEngineering** |

פיתוח מודל היברידי לשילוב שינויים תת-מיקרוניים בשרירי הפנים עם אותות EEG ו-fNIRS להערכת מצב נפשי

A Hybrid Framework Combining Sub-Micron Facial Muscle Tracking and Neuroimaging (EEG/fNIRS) for Mental State Assessment

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	לורי מסיקה
דוא״ל המנחה	lorimesika@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד״ר ניסן אוזנה
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	nisan.ozana@biu.ac.il
מספר פרויקט	150
שם המנחה המלא	לורי מסיקה
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד״ר ניסן אוזנה

רקע לפרויקט

Objective and continuous assessment of cognitive and psychological states remains a critical challenge in biomedical engineering and clinical neuroscience. Traditional evaluation methods rely predominantly on subjective questionnaires or behavioral observations, which lack quantitative precision and real-time monitoring capabilities.

Emotional and mental states are directly reflected through interconnected central and somatic pathways: neural activation in the brain is inherently coupled with subtle neuromuscular dynamics, particularly in facial micro-expressions. Capturing this brain-body interaction requires a comprehensive multimodal approach:

Neuroimaging (EEG & fNIRS): Electroencephalography (EEG) offers millisecond-level temporal resolution to capture rapid electrophysiological shifts, while functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) provides complementary localized hemodynamic data (cortical oxygenation and blood flow).

Sub-Micron Facial Muscle Kinematics: While macroscopic facial expressions reflect deliberate responses, involuntary micro-contractions across facial musculature encode underlying emotional and stress responses. A specialized hybrid computational framework capable of tracking sub-micron muscle displacements reveals minute physiological fluctuations imperceptible to standard video systems.

This project focuses on the fusion and analysis of sub-micron facial muscle kinematics combined with concurrent EEG and fNIRS signals. By integrating peripheral neuromuscular activity with central neural dynamics, the project aims to develop a robust, objective, and non-invasive pipeline for mental health assessment and broad biomedical monitoring applications.

מטרות הפרויקט

To design and implement a multimodal data fusion pipeline that integrates sub-micron facial muscle kinematics with electrophysiological (EEG) and hemodynamic (fNIRS) neuroimaging, enabling objective, continuous, and non-invasive classification and assessment of mental states (such as stress and cognitive load) alongside broader biomedical monitoring applications.

נושאים נלמדים

Signal processing, computer vision, machine learning, neurophysiology

TRACK SECTION

ElectroOptics

31 projects in this section

All Tracks

- BioEngineering — 29 projects
- **ElectroOptics** — 31 projects
- Nano — 61 projects
- Signal Processing — 12 projects
- Data Engineering and AI — 16 projects
- Communication — 2 projects
- Industrial Engineering — 4 projects

הרשמה בין מסלולים

החלוקה למסלולים נועדה לצורכי התמצאות בלבד. כל סטודנט/ית, מכל מסלול, רשאי/ת להגיש מועמדות לפרויקטים בכל אחד מהמסלולים המופיעים בחוברת. הקבלה לפרויקט והשיבוץ הסופי מותנים באישור המנחה וראש/ת המעבדה ובהתאם להתאמה ולמקומות הפנויים.

מספרי הפרויקטים בפרק זה הם המספרים המקוריים מהטבלה ולכן אינם בהכרח רציפים.

מספר פרויקט: ElectroOptics2 |

שימוש בלמידה עמוקה לחיזוי ולשליטה בדינמיקה של רשתות אנושיות

Deep Learning for Predicting and controlling Human Network Dynamics

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	יובל תמיר
דוא״ל המנחה	yuvaltamir23@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור מוטי פרידמן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	moti43@gmail.com
מספר פרויקט	2
שם המנחה המלא	יובל תמיר
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור מוטי פרידמן

רקע לפרויקט

רשתות אנושיות הן מערכות מורכבות שבהן ההתנהגות של כל פרט מושפעת הן מהמצב הפנימי וההיסטוריה האישית שלו, והן מהשפעות הדדיות של פרטים אחרים ברשת. מערכות כאלה מופיעות במגוון רחב של הקשרים, כגון קבלת החלטות קבוצתית, סנכרון בין משתתפים, התפשטות הפרעות ודינמיקה של שיתוף פעולה או תגובה קולקטיבית.

בפרויקט זה נבחן את הדינמיקה של רשתות אנושיות בהשראת מודלים מעולם האופטיקה, ובפרט ממערכות אופטיות מצומדות, שבהן גורמים כגון השהיה, משוב וטופולוגיית הצימוד משפיעים באופן משמעותי על התפתחות המערכת ועל הופעת התנהגות קולקטיבית. רעיונות אלו ניתנים לתרגום גם לרשתות אנושיות, שבהן כל משתתף מגיב לא רק למצבו הקודם, אלא גם להשפעה מושהית של משתתפים אחרים.

הפרויקט מבוסס על נתונים שנאספו בניסוי שנעשה בשיתוף עם נגני כינור מקצועיים, כאשר מבנה הקשרים וההשהיות בין המשתתפים נשלטים באופן ניסיוני, ויכלול תכנון ניסויים נוספים. באמצעות כלים של למידה עמוקה, ובפרט ארכיטקטורות מבוססות מודל Attention, נרצה לנתח את הדינמיקה של המשתתפים ולחזות את התגובה העתידית שלהם על בסיס התנהגות העבר ומבנה הרשת.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לפתח וליישם מודל למידה עמוקה לחיזוי הדינמיקה של פרטים ברשת אנושית מצומדת, תוך שימוש בנתונים ניסיוניים ובמבנה הקשרים בין המשתתפים. במסגרת הפרויקט הסטודנטים מודלים של למידה עמוקה, אשר יקבלו כקלט את ההתנהגות הקודמת של המשתתפים ואת טופולוגיית הרשת, וילמדו לחזות את תגובתם העתידית. באמצעות המודל, הפרויקט יבחן כיצד ניתן לזהות דפוסים פנימיים בדינמיקה של הרשת, כיצד הפרעות מתפשטות בין משתתפים, וכיצד נוצרים דפוסי סנכרון וקבלת החלטות קבוצתית. מעבר לחיזוי עצמו, מטרת הפרויקט היא להראות כיצד רעיונות ממערכות אופטיות מצומדות יכולים לשמש בסיס לניתוח ומידול של מערכות התנהגותיות מורכבות.

נושאים נלמדים

במהלך הפרויקט הסטודנטים יחשפו למספר תחומים תאורטיים וחישוביים. תחילה יילמד הרקע הבסיסי של מערכות אופטיות מצומדות, השהיה, משוב וטופולוגיות רשת, תוך התמקדות באנלוגיה בין מערכות אופטיות מצומדות לבין רשתות אנושיות. בנוסף, תילמד הדינמיקה של רשתות מורכבות, כולל סנכרון, התפשטות הפרעות והשפעת מבנה הרשת על התנהגות הפרטים.

בצד החישובי, הפרויקט יכלול עיבוד וניתוח של נתונים ניסיוניים, בניית סט נתונים מתאים לאימון, חלוקה לנתוני אימון ובדיקה, והערכת ביצועי המודל. הסטודנטים ילמדו ויישמו עקרונות בלמידה עמוקה, בדגש על רשתות נוירונים מבוססות Attention, וישתמשו בכלים אלה לצורך חיזוי דינמיקה בזמן. בנוסף, יושם דגש על פרשנות התוצאות, השוואה בין חיזויי המודל לבין הנתונים הניסיוניים, והבנת הקשר בין מבנה הרשת לבין איכות החיזוי.

מספר פרויקט: 16 **ElectroOptics** |

ממיר רב-מישורי מודפס על קצה סיב: מיון שלושה אופנים מרחביים

3D-Printed multi-plane light converter on a fiber facet: a 3-mode spatial sorter

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	מירי בלאו
דוא״ל המנחה	miri.blau@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	מירי בלאו
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	miri.blau@biu.ac.il
מספר פרויקט	16
שם המנחה המלא	מירי בלאו
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	מירי בלאו

רקע לפרויקט

שיטת המרה רב-מישורית (Multi-Plane Light Conversion, MPLC)היא שיטה שבה סדרה של מישורי פאזה המופרדים באוויר מממשים יחד טרנספורמציה ליניארית מבסיס אחד לשני, כאשר פרופיל הפאזה של המישורים מחושב באלגוריתם איטרטיבי של התאמת חזיתות-גל. מיון כזה של מודים מרחביים מאפשר שימוש במודים הללו לצרכים של תקשורת אופטית קלאסית וקוונטית, ועד היום נעשה בעזרת עדשות בלבד.

מטרות הפרויקט

בפרויקט זה נתכנן ונדפיס במדפסת תלת מימד רכיב מיקרומטרי על קצה של סיב אופטי. תפקידו של הרכיב הוא למיין שלושה מודים מרחביים (LP01, LP11a, LP11b) המגיעים בסיב, ולהפריד כל אחד מהם לנקודה נפרדת במישור היציאה. הפרויקט כולל תכנון פוטוני של הרכיב משלב הסימולציה, דרך התכנון ועד להדפסה תלת מימדית של המבנה הכולל מספר לוחות פאזה על קצה סיב אופטי בעזרת מדפסת ייעודית הנמצאת במכון הננו.

נושאים נלמדים

תכנון פוטוני באמצעות מודל פיזיקלי ותוכנות fdtd ייעודיות, הדפסה תלת מימדית מיקרומטרית ואפיון אופטי

מספר פרויקט: 17 **ElectroOptics** |

קורא מצבים קוונטיים על קצה סיב

BB84 state reader on a fiber facet

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	מירי בלאו
דוא״ל המנחה	miri.blau@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	מירי בלאו
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	miri.blau@biu.ac.il
מספר פרויקט	17
שם המנחה המלא	מירי בלאו
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	מירי בלאו

רקע לפרויקט

הפצת מפתח קוונטי (Quantum Key Distribution, QKD) מאפשרת לשני צדדים לייצר ביניהם מפתח סודי משותף, כשהביטחון שלו נשען על חוקי הפיזיקה ולא על הנחות חישוביות. בפרוטוקול המפורסם BB84 השולח מקודד כל ביט בקיטוב של פוטון בודד, ובוחר באקראי בין שני בסיסי קיטוב משלימים — למשל ישר ואלכסוני.

המקלט מודד כל פוטון בבסיס אקראי משלו, ובסוף שני הצדדים שומרים רק את המקרים שבהם הבסיסים תאמו. מאזין נסתר שינסה למדוד את הפוטונים יפריע להם בהכרח ויעלה את שיעור השגיאות (QBER) וכך ייחשף. לכן המקלט חייב רכיב שמודד כל פוטון נכנס בבסיסי הקיטוב האלה, וזהו ה"קורא" שבמרכז הפרויקט.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לתכנן קורא מצבים קוונטיים על ידי מטא-משטח יחיד המודפס ישירות על קצה הסיב, במקום מערך של רכיבים אופטיים נפרדים (מפצלי אלומה, לוחות-גל ומקטבים). רכיב מודפס הוא יציב וקומפקטי, ומינימלי בהפסדים המגבילים את מערכת התקשורת הקוונטית.

נושאים נלמדים

תקשורת קוונטית, מטה-משטחים וננופוטוניקה

מספר פרויקט: 18 **ElectroOptics** |

גביש פוטוני מודפס בתלת-ממד

3D printed photonic crystal with a full bandgap

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	מירי בלאו
דוא״ל המנחה	miri.blau@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	מירי בלאו
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	miri.blau@biu.ac.il
מספר פרויקט	18
שם המנחה המלא	מירי בלאו
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	מירי בלאו

רקע לפרויקט

גבישים פוטוניים הם מבנים דיאלקטריים מחזוריים המאפשרים שליטה מדויקת בהתפשטות של גלי אור. כאשר לגביש יש "פער פסים מלא" (Full Photonic Bandgap), הוא מונע לחלוטין התפשטות של פוטונים בטווח תדרים מסוים ובכל מצב קיטוב. תכונה זו היא קריטית עבור כליאה הדוקה של אור, ניתוב אופטי ללא הפסדים בסדרי גודל של תת-אורך גל, ופיתוח מהודים אופטיים מתקדמים.

בעוד שגבישים פוטוניים דו-ממדיים מיוצרים באופן תדיר בשיטות פלנריות, ייצור של גבישים תלת-ממדיים אמיתיים המציגים פער פסים מלא מהווה אתגר טכנולוגי משמעותי עקב המורכבות המבנית הנדרשת. פרויקט זה מנצל את פריצות הדרך בטכנולוגיות הדפסה תלת-ממדית מיקרוסקופית כדי להתגבר על המגבלות של שיטות הליטוגרפיה המסורתיות. במסגרת הפרויקט יתוכנן, ייוצר ויאופיין גביש פוטוני תלת-ממדי, מתוך מטרה להדגים את היתכנות השילוב של מבנים אלו במעגלים פוטוניים משולבים וברכיבי אופטיקה קוונטית.

מטרות הפרויקט

מטרת העל של הפרויקט היא לתכנן, לייצר ולאפיין אופטית גביש פוטוני תלת-ממדי בעל פער פסים פוטוני מלא. לשם השגת מטרה זו, הפרויקט יתמקד בשלושה יעדי משנה עיקריים:

- תכנון וסימולציה: שימוש בכלים חישוביים וסימולציות אלקטרומגנטיות לתכנון הגיאומטריה המרחבית של הגביש (לדוגמה, מבנה Woodpile), במטרה למקסם את רוחב פער הפסים המלא סביב אורך גל מסוים.
- ייצור במיקרו-הדפסה תלת-ממדית: פבריקציה של המבנה שתוכנן ברמת דיוק תת-מיקרונית, תוך שימוש במערכות כתיבת לייזר ישירה .
- אפיון אופטי: ביצוע מדידות ספקטרליות לאפיון התפשטות האור דרך המבנה המודפס, כדי לאמת באופן ניסיוני את קיומו של פער הפסים המלא בשלושת הממדים ולהשוות את התוצאות למודל התיאורטי. הפרויקט נועד להדגים את ההיתכנות המעשית של פיתוח התקנים פוטוניים תלת-ממדיים מתקדמים באמצעות פלטפורמות הדפסה חדישות, ולהניח תשתית להמשך פיתוח של מהודים אופטיים ורכיבי ניתוב במעגלים משולבים.

נושאים נלמדים

אופטיקה של גבישים פוטוניים, מיקרו-פבריקציה והדפסה בתלת-ממד, אפיון אופטי

מספר פרויקט: 19 | ElectroOptics

יצירת מצב N00N של 3 קיוביטים

3 qubit N00N state generation

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	מירי בלאו
דוא״ל המנחה	miri.blau@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	מירי בלאו
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	miri.blau@biu.ac.il
מספר פרויקט	19
שם המנחה המלא	מירי בלאו
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	מירי בלאו

רקע לפרויקט

מצבי N00N הם מצבים קוונטיים שזורים, המהווים משאב חיוני בתחומי המטרולוגיה הקוונטית, החישה ועיבוד המידע הקוונטי. מצב זה מוגדר כסופרפוזיציה שבה החלקיקים נמצאים כולם יחד באחד משני מודים אפשריים.

היתרון המרכזי של מצבי N00N הוא היכולת שלהם לאפשר מדידות מופע בדיוק המגיע לגבול הייזנברג. בניגוד למערכות קלאסיות המוגבלות על ידי רעש שוט. מה שהופך אותם לאידיאליים עבור חיישנים אופטיים סופר-רגישים, אינטרפרומטרים ומערכות ליטוגרפיה קוונטית

מטרות הפרויקט

מטרתו המרכזית של פרויקט זה היא לתכנן ולדמות ארכיטקטורה של מערכת אופטית (או מעגל פוטוני משולב) המאפשרת יצירה מבוקרת של מצבי N00N עבור $$N=3$$ פוטונים (קיוביטים), תוך דגש על הוכחת היתכנות הנדסית ומקסום יעילות המערכת.

נושאים נלמדים

אופטיקה ליניארית קוונטית, אינפורמציה קוונטית ומצבים שזורים

מספר פרויקט: ElectroOptics20 |

מידול פיזיקלי, סימולציה וניתוח בטיחות סטוכסטית של אינטראקציית לייזר-ים (בשיטוף עם חיל הים)

Physics-Based Modeling, Simulation, and Stochastic Safety Analysis of Laser–Sea Interaction (In collaboratrion with the Israeli Navy)

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	עזרא יודקין
דוא״ל המנחה	ekyudkin@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	דר' ניסן אוזנה
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	nisan.azana@biu.ac.il
מספר פרויקט	20
שם המנחה המלא	עזרא יודקין
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	דר' ניסן אוזנה

רקע לפרויקט

שילובן של מערכות אלקטרו-אופטיות ומערכות לייזר בסביבה ימית מציב אתגרים הנדסיים ופיזיקליים מורכבים. התפשטות אלומת לייזר בתווך זה מושפעת באופן ישיר מהאטמוספירה הימית (הרוויה ברטיבות, לחות ורסס מים) ומפני השטח הדינמיים והאקראיים של הים. בעוד שהתנהגות קרני לייזר בתווך יבשתי או אטמוספירי סטנדרטי נחקרה רבות, השילוב של תרחישי החזר משתנים עם דרישות בטיחות אופטית קפדניות דורש פיתוח מודלים ייעודיים.

מטרות הפרויקט

פיתוח כלי מידול, סימולציה וניתוח סטטיסטי שיאפשרו לבצע אינטגרציה בין מצבי הים המשתנים לבין חישובי בהיקות ההחזר וטווחי הסכנה האופטית (NOHD). המחקר שואף לתרגם את התופעות הפיזיקליות האקראיות לכדי מדדי סיכון כמותיים המותאמים לרמות הבטיחות הנדרשות בארגון.

נושאים נלמדים

אופטיקה, בטיחות לייזר, ניתוב קרניים, סימולציות פיזיקאליות תלת-ממד, תהליכים סטוכסטים

מספר פרויקט: ElectroOptics22 |

סימולטור לאינטראקציית אור-אטום על שבב אופטי

Atomic-integarted photonics hybrid simulator

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	רועי זקצר
דוא״ל המנחה	roy.zektzer@mail.huji.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	רועי זקצר
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	roy.zektzer@mail.huji.ac.il
מספר פרויקט	22
שם המנחה המלא	רועי זקצר
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	רועי זקצר

רקע לפרויקט

מבנה רמות האטום, פתרון המילטוניאן,תרמו-דינמיקה (פיסיקה סטטיסטית) תכנות בפייטון, תקשורת אופטית וננופוטוניקה

מטרות הפרויקט

לבנות כלי סימולציה שיקח מבנה תלת מימדי אשר מורכב ממוליך גלים וכלוב לאטומים ולסמלץ את תנועת האטומים (monte carlo) בתוך החלל והאינטרקציה שלהם עם המוד האופטי של מוליך הגלים וקירות המבנה. מטרת הקוד היא לבצע אופטימזציה על מנת למקסם את הקוהרנטיות של האטומים. מבנים אלו ישמשו בהמשך לפיתוח זכרונות קוונטים וגלאים קוונטים

נושאים נלמדים

סימולציה ותכנון של ציפים אופטיים, פיסיקה אטומית, אינטראקציית אור וחומר ושימושיהם עבור התקנים קוונטים.

מספר פרויקט: ElectroOptics23 |

מתנד פרמרטרי מיוצב תדר על שבב

chip-scale , frequency stabilized optical parametric oscillator

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	רועי זקצר
דוא״ל המנחה	roy.zektzer@mail.huji.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	רועי זקצר
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	roy.zektzer@mail.huji.ac.il
מספר פרויקט	23
שם המנחה המלא	רועי זקצר
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	רועי זקצר

רקע לפרויקט

תקשורת אופטית, ננופוטוניקה, אופטיקה לא לינארית ואלקטרואופטיקה. לייזרים הם הבסיס לכל טכנולוגיה אופטית קוונטית, אך רבים מהאלמנטים איתם עובדים כיום כגון אטומים נייטרלים ויונים דורשים אורכי גל "קשים" למציאה, לא כאלה שניתן לרכוש בקלות, בזול ובגודל סביר. התקנים לא לינאריים על שבב מאפשרים לנו לקחת מקורות זולים ומהם לייצר כל אורך גל אחר שנרצה.

מטרות הפרויקט

לתכן OPO מבוסס מהוד טבעתי על שבב אשר לפחות אחד ממוצאיו (pump, idler signal) נופל על מעבר אטומי (עדיף 2) , לשלוח לייצור ולבנות מערכת בקרה אלקטרוואופטית (PDH) לייצוב ההתקן על מעברים אטומים.

נושאים נלמדים

אופטיקה לא לינארית, תכנון פבריקציה של התקן, הנדסת דיספרסיה, מדידה ואפיון של ציפים אופטים, מערכות בקרה

מספר פרויקט: ElectroOptics47 |

מידול ובקרה של תמסורת קוונטית בננו-מבנים

Model and control quantum transport in nano-structures

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	גיל בכר
דוא״ל המנחה	gilbahar0@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד״ר תמר גולדזק מזרחי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	tamar.goldzak@biu.ac.il
מספר פרויקט	47
שם המנחה המלא	גיל בכר
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד״ר תמר גולדזק מזרחי

רקע לפרויקט

מנהור היא תופעה קוונטית במהלכה אלקטרון יכול לעבור מחסום פוטנציאל, אפילו שמבחינה קלאסית מעבר זה לא אפשרי. הרחבה של תופעה זאת הוא המנהור הרזונטיבי במהלכו אלקטרון עובר מבנה פוטנציאל בעל שני מחסומים בסיכוי של 1 – כלומר מעבר מלא עבור אנרגיות תהודה ספציפיות. על בסיס התופעה הקוונטית המעניינת הזו פותחו מגוון של התקנים אלקטרוניים כמו דיודות מנהור רזונטיביות, והתקני טרנזיסטורים קוונטיים, מיקרוסקופיים מבוססי מנהור ואלקטרוניקה מולקולרית.

דיודות מנהור רזונטיביות בנויות משכבות של מוליכים למחצה אשר מונחים אחד על השני. ניתן לחשב את האנרגיות הרזונטיביות שבהן אלקטרון יכול לעבור מנהור ע"י מודלים שמתארים את השכבות הננומטריות של החומרים השונים ופתירת משוואת שרדינגר .

הוספת לייזר למערכת זו מכניסה את המערכת למצב קוונטי מיוחד הרגיש במיוחד לתדירות ועוצמת הלייזר - כלי חדשני לתכנון גלאים קוונטיים ורכיבים אופטו-אלטקרוניים.

בפרויקט זה אנחנו נבדוק כיצד הוספת לייזר משפיעה על הסתברות המעבר בהתקנים ננו מטרים כאלו , כיצד ניתן להנדס את המבנים הננו מטרים כך שאפשר יהיה לתכנן גלאי קוונטי המבוסס על אינטראקציות לייזר עם האלקטרונים במבנה הננומטרי ומנהור קוונטי רזונטיבי.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לחקור את השפעת הלייזר על תכונות המנהור של האלקטרון במבנה ננומטרי של מוליכים למחצה . בניית מודל חישובי אשר מחשב את הסתברות המעבר של אלקטרון במבנה בעל שכבות דו מיימדיות של מוליכים למחצה שונים. בעזרת המודל החישובי נוכל לתכנן גלאי קוונטי מבוסס על דיודות מנהור רזונטיביות . במהלך הפרויקט הסטודנט יבנה מודל תאורטי שמחשב את הסתברות המעבר של אלקטרון במבנים ננו מטרים עם ובלי השפעת לייזר. הסטודנט יחקור כיצד שינוי הפרמטרים השונים של המבנה (סוגי החומרים ועובי השכבות) משפיעים על התופעות הקוונטיות השונות , בכדי להבין כיצד ניתן לקבל את האפקט הקוונטי בצורה אופטימלית . בנוסף הסטודנט יחפש חומרים מתאימים ע"י חישוב מבנה אלקטרוני של ננו חומרים בעזרת סימולציות מבוססות על תורת פונקציונל הצפיפות.

נושאים נלמדים

- סקר ספרות על תופעות מנהור קוונטי וכיצד הן באות לביטוי בהתקנים אלקטרוניים, בדגש על דיודות מנהור רזונטיביות.
- למידת נושא של בניית מודלים למבנים ננומטריים , וחישוב הסתברויות מעבר עבור מודליים כאלו בשיטות נומריות ואנליטיות.
- בניית מודל תאורטי המחשב את הסתברות המעבר של אלקטרון במבנה ננומטרי של שכבות מוליכים למחצה.
- הוספת אינטרקציה של לייזר למודל וחישוב ההסתברות.

- הגשת דוח מסכם.

מספר פרויקט: 61 ElectroOptics |

- חישה ביו רפואית מבוססת תאורת לייזר לחישה משופרת של פרמטרי חיות בסיסיים

Remote biomedical sensing for vital bio signs based upon laser illumination

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	יפים ביידרמן
דוא״ל המנחה	yafim.beiderman@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	זאב זלבסקי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	zeev.zalevsky@biu.ac.il
מספר פרויקט	61
שם המנחה המלא	יפים ביידרמן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	זאב זלבסקי

רקע לפרויקט

מדובר על טכנולוגיית חישה חדשנית המבוססת על ניתוח שינויים זמניים-מרחביים של תבנית פיזור אור לייזר מרקמה ביולוגית. על בסיס פיזור זה נבחנת יכולת חישה של פרמטרים ביו רפואיים מרחוק. תבניות הפיזור הנוצרות עקב התאבכות עצמית של אור הלייזר ניקראות ספקלס. אלו תבניות אקראיות המשתנות בזמן כתלות בתהליכים הזמניים הקורים בתוך הרקמה הביולוגית. עי הפעלת ארכיטקטורה פשוטה של עיבוד תמונה המבוססת על קורלציה ניתן לשייך את השינויים המרחביים-זמניים של תבניות אלו עם ננו-רעידות המתרחשות ברקמה. מתוך ניתוח תבניות הננו-רעידות ניתן לבצע שערוך של פרמטרים בו רפואיים שונים הכוללים לחץ דם, מאפיני זרימת דם בכלי דם ועוד.

מטרות הפרויקט

לפתח אלגוריתם במטלב, לאסוף דאטה בניסוי ולנתח אותו

נושאים נלמדים

Z. Zalevsky, Y. Beiderman, I. Margalit, S. Gingold, M. Teicher, V. Mico and J. Garcia, "Simultaneous remote extraction of multiple speech sources and heart beats from secondary speckles pattern," Opt. Express 17, 21566-21580 (2009).

מספר פרויקט: 62ElectroOptics |

- חישה ביו רפואית מבוססת מכ"ם וגלי רדיו כדי לגלות פרמטרי חיות בסיסיים מאחורי קירות

Remote biomedical sensing based upon RADAR sensing behind walls

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	קובי אפללו
דוא״ל המנחה	kobiaflalo87@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	זאב זלבסקי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	zeev.zalevsky@biu.ac.il
מספר פרויקט	62
שם המנחה המלא	קובי אפללו
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	זאב זלבסקי

רקע לפרויקט

מדובר על טכנולוגיית חישה חדשנית המבוססת על ניתוח שינויים זמניים-מרחביים של תבנית פיזור של קרינה אלקטרו-מגנטית המגיעה ממכ"ם והמפוזרת מרקמה ביולוגית של אדם הנימצא מאחורי קיר. תבניות הפיזור הנוצרות עקב התאבכות עצמית של אור הלייזר ניקראות ספקלס. אלו תבניות אקראיות המשתנות בזמן כתלות בתהליכים הזמניים הקורים בתוך הרקמה הביולוגית. עי הפעלת ארכיטקטורה פשוטה של עיבוד תמונה המבוססת על התמרות שונות המופעלות על תמונת הפיזורים ניתן לשייך את השינויים המרחביים-זמניים של תבניות אלו עם מיקרו-רעידות המתרחשות ברקמה. מתוך ניתוח תבניות הרעידה שיש לאדם הנימצא מאחורי הקיר, ניתן לבצע שערוך של פרמטרים בו רפואיים שונים הכוללים פעימות לב, נשימות ועוד. בגלל שקרינת המכ"ם חודרת קירות החישה הביו רפואית מבוצעת גם ללא קו ראיה ישיר לנימדד.

מטרות הפרויקט

להבשיל אלגוריתם במטלב, לאסוף דאטה בניסוי ולנתח אותו

נושאים נלמדים

N. Ozana, R. Bauer, K. Ashkenazy, N. Sasson, A. Schwarz, A. Shemer and Z. Zalevsky, “Demonstration of a Speckle Based Sensing with Pulse Doppler Radar for Vibrations Detection,” Sensors 18(5) (2018).

מספר פרויקט: 63ElectroOptics |

- שילוב יכולות של בינה מלאכותית ואלגוריתמי לימוד מכונה בחישה ביו רפואית
  Incorporation of AI and ML algorithms in remote biomedical sensing

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	יפים ביידרמן
דוא״ל המנחה	yafim.beiderman@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	זאב זלבסקי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	zeev.zalevsky@biu.ac.il
מספר פרויקט	63
שם המנחה המלא	יפים ביידרמן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	זאב זלבסקי

רקע לפרויקט

מדובר על טכנולוגיית חישה חדשנית המבוססת על ניתוח שינויים זמניים-מרחביים של תבנית פיזור אור לייזר מרקמה ביולוגית. על בסיס זה ניבחנת יכולת חישה של פרמטרים ביו רפואיים מרחוק. תבניות הפיזור הנוצרות עקב התאבכות עצמית של אור הלייזר ניקראות ספקלס. אלו תבניות אקראיות המשתנות בזמן כתלות בתהליכים הזמניים הקורים בתוך הרקמה הביולוגית. במסגרת הפרויקט ניבנה אלגוריתם לימוד מכונה שילמד את מאפיני תבנית הפיזור וידע לקשר אותה לננו-רעידות המתרחשות ברקמה. מתוך ניתוח תבניות הננו-רעידות ניתן לבצע שערוך של פרמטרים בו רפואיים שונים הכוללים לחץ דם, מאפיני זרימת דם בכלי דם ועוד. אלגוריתמיקת למידת המכונה שתופעל פה תבוסס על רשתות ניורונליות.

מטרות הפרויקט

לפתח אלגוריתמיקה במטלב, לבדוק אותה בניסוי מעבדתי , לנתח תוצאות ניסוי

נושאים נלמדים

Kalyuzhner, Z., Agdarov, S., Orr, I. et al. Remote photonic detection of human senses using secondary speckle patterns. Sci Rep 12, 519 (2022). https://doi.org/10.1038/s41598-021-04558-0

מספר פרויקט: 64 ElectroOptics |

- פיתוח מערכת אופטית למשיכת סיבים ולייצור התקנים פנים סיביים עבור עיבוד פוטוני

Development and testing of fiber drawing system and for fabrication of in-fiber photonic devices

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	משה סינואני
דוא״ל המנחה	sinvanm@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	זאב זלבסקי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	zeev.zalevsky@biu.ac.il
מספר פרויקט	64
שם המנחה המלא	משה סינואני
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	זאב זלבסקי

רקע לפרויקט

במעבדה פותחה יכולת של יצירת התקנים בתוך סיב עי בניית preform מתאים וחימומו תוך הפעלת מנועי משיכה. תוכנת בקרה השולטת בצורה מבוקרת על תהליך החימום ומהירות ועוצמת המשיכה קובעת את שטח החתך של ההתקן הפנים-סיבי שמיוצר. מחקר בפרויקט זה כולל הבנה בתוכנת בקרה ושליטה ממחשב, הבנה אופטית והבנה של תהליכי תרמו-מכאניים בזכוכית

מטרות הפרויקט

להשלים פיתוח אלגוריתמי ולהפעיל מערכת מעבדתית בניסוי, לבנות התקן

נושאים נלמדים

R. Aharoni, L. Bidani, M. Sinvani and Z. Zalevsky, “Initiatory concept of localized CO2 laser based tapering rig for realization of in-fiber devices,” Optics Engineering 51(7), 075002 (2012).

מספר פרויקט: 65 **ElectroOptics** |

- מימוש שיטה פוטונית חדשנית של סופר רזולוציה לניטור תקלות בשבבי סיליקון במיקרו אלקטרוניקה

Pump-probe based photonic super resolution approach for failure analysis of silicon wafers and integrated circuitry

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	משה סינואני
דוא״ל המנחה	sinvanm@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	זאב זלבסקי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	zeev.zalevsky@biu.ac.il
מספר פרויקט	65
שם המנחה המלא	משה סינואני
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	זאב זלבסקי

רקע לפרויקט

בתחום של ניתוח כשלים במעגלי מיקרו אלקטרוניקה ניסרקים שבבי הסיליקון עי מיקרוסקופ אופטי תוך הפעלת שני קרני אור. הקרן האחת המכונה probe היא בתחום הניראה שניבלע הסיליקון ומייצר נושאי מטעם חופשיים. הקרן השנייה המכונה pump היא באינפרא אדום קרוב שבמצב רגיל לא ניבלע בסיליקון אבל כתוצאה מיצירת האלקטרונים החופשיים, קרן זו מקבלת הפסדים ופיזורים הגורמים להצרות הכתם שנוצר. כך שבצמב של סריקת שבב הסיליקון עי שתי הקרניים בו זמנית אפשר למפות שת השבב ברזולוציה מרחבית גבוהה מאוד המתאימה למה שנידרש כדי למפות התקני ננו-אלקטרוניקה כנידרש באפליקציית ניתוח כשלים. הפרויקט כולל שימוש בתכונה לא לנארית אופטית הקורת בסיליקון לצרכי סופר רזולוציה ויישום יכולת זו לאפליקציית ניתוח כשלים במעגלים משולבים.

מטרות הפרויקט

לבצע ניסויים במעבדה, לנתח דאטה

נושאים נלמדים

H. Pinhas, O. Wagner, Y. Danan, M. Danino, Z. Zalevsky and M. Sinvani, “Plasma dispersion effect based super-resolved imaging in silicon,” Opt. Exp. 26, 25370-25380 (2018).

מספר פרויקט: 66 ElectroOptics |

- שילוב סיבים אופטיים לניטור נזילות מים מצינורות

Incorporation of fiber-based water leakage detector

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	יפים ביידרמן
דוא״ל המנחה	yafim.beiderman@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	זאב זלבסקי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	zeev.zalevsky@biu.ac.il
מספר פרויקט	66
שם המנחה המלא	יפים ביידרמן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	זאב זלבסקי

רקע לפרויקט

במעבדה בוצע פיתוח של סנסור פוטוני המבוסס על סיב אופטי מיוחד שהדגים יכולת ראשונה לניטור נזילות של מים מצינור ומדידת שינויי ספיקה. יש רצון להרחיב יכולות אלו למדידה יותר נרחבת של ניטור צינורות מים. עיקרון הפעולה של סנסור הסיב הפוטוני כולל הזרקת אור דרך סיב מרובה מודים ומדידת שינוי בבניות ההתאבכות של המודים בינן לבין עצמם ביציאת הסיב. תבניות התאבכות אלו קשורות במעוותים שונים הנוצרים בסיב החישה ויכולים להעיד על מצב של נזילה בצנרת בה סיב החישה הותקן. ניתוח תבניות האור כולל הן ניתוח קלאסי והן הפעלה של אלגוריתמיקת למידת מכונה ובינה מלאכותית.

מטרות הפרויקט

לפתח אלגוריתמיקה, לבצע ניסויי מעבדה ולנתח דאטה ניסיוני

נושאים נלמדים

J. Philosof, Ye. Beiderman, S. Agdarov, Ya. Beiderman and Z. Zalevsky, “Optical multimode fiber-based pipe leakage sensor using speckle pattern analysis,” Sensors 2023, 23, 8634 (2023).

מספר פרויקט: 67ElectroOptics |

- פיתוח בגד ההופך את הלובש לשקוף

Wearable device that makes the wearer invisible

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	זאב זלבסקי
דוא״ל המנחה	zeev.zalevsky@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	זאב זלבסקי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	zeev.zalevsky@biu.ac.il
מספר פרויקט	67
שם המנחה המלא	זאב זלבסקי
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	זאב זלבסקי

רקע לפרויקט

מדובר על תכנון חדשני של התקן לביש מבוסס סיבים ההופך את הלובש לשקוף ולבלתי ניראה בתחום הניראה של האור. המערכת מבוססת על רשת של סיבים ומגברי אור השזורים זה בזה המאפשרים לקרני האור לעקוף את הנפח המכוסה בפני השטח שלו ע"י הרשת המיוחדת.

מטרות הפרויקט

לפתח ולבנות התקן חדשני ולבדוק אותו במעבדה

נושאים נלמדים

סיבים אופטיים, לייזרים

מספר פרויקט: 87ElectroOptics |

בניית מיקרוסקופ קונפוקלי אופטי עם מערכת היגוי קרן 4f עבור חישה קוונטית

Construction of a Confocal Microscope with 4f Beam-Steering System for Single-Spin Quantum Sensing

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ד"ר יוסי פנפיל
דוא״ל המנחה	efraim-yossef.panfil@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יוסי פנפיל
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	efraim-yossef.panfil@biu.ac.il
מספר פרויקט	87
שם המנחה המלא	ד"ר יוסי פנפיל
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יוסי פנפיל

רקע לפרויקט

מיקרוסקופ קונפוקלי הוא הכלי האופטי המרכזי לגילוי ספינים בודדים ומולקולות בודדות, ובפרט לחקר מרכזי צבע ביהלום או בננו-חלקיקים. מערכת ה-4f relay מאפשרת לסרוק את קרן הלייזר על פני הדגם על ידי הנחת מראות galvo במישור ה-conjugate לאחורית האובייקטיב (back focal plane), כך שסיבוב המראה מתורגם להזזה לרוחב ולאורך של הקרן על הדגם המאפשר יצירת תמונה נקודה אחר נקודה מבלי להזיז את הדגם. מעבדתי חוקרת פלטפורמת חישה קוונטית מבוססת מרכזי ספין בננו-חלקיקים מוליכים למחצה, והמיקרוסקופ הקונפוקלי הוא הכלי המרכזי המשמש לאיפיונם.

מטרות הפרויקט

לתכנן, לבנות ולאפיין מיקרוסקופ קונפוקלי עם מערכת 4f beam-steering, שיאפשר דימות ברזולוציית גבול מגבלת העקיפה (PSF ≤ 300 nm) ובסופו של דבר מדידה של מרכזי ספין בננו-חלקיקים.

נושאים נלמדים

- סקירה עיונית: עקרונות המיקרוסקופ הקונפוקלי, גבול עקיפה (Abbe criterion), Fourier optics ומשפט ה-4f.
- תכנון אופטי: בחירת אורכי מוקד לעדשות ה-relay, מיקום ה-galvo mirrors ב-conjugate plane של האובייקטיב.
- הרכבת נתיב הערעור האופטי: שיגור לייזר, beam expander, זוג galvo mirrors, עדשות 4f, עדשה אובייקטיבית.
- הרכבת נתיב הגילוי האופטי: dichroic mirror, bandpass filter, pinhole, גלאי SPAD/APD.
- אינטגרציה עם מערכת ספירות פוטונים TCSPC.
- כתיבת ממשק Python/MATLAB לשליטה בגאלבנו ורכישת תמונה.
- אפיון PSF עם ננו-כדוריות פלואורסצנטיות (100 nm), מדידת FWHM לרוחב ולאורך הציר.

קורסי קדם:

פיזיקה של אור (גלים, אופטיקה), מעבדת פיזיקה, תכנות ב-Python או MATLAB

דרישות נוספות:

נדרשת עבודה פיזית בהרכבה מכנית-אופטית; עבודה בשיתוף צמוד עם המנחה.

מקורות:

J. Mertz, "Introduction to Optical Microscopy," 2nd ed., Cambridge University Press, 2019

M. W. Doherty et al., "The nitrogen-vacancy colour centre in diamond," Phys. Rep. 528, 1 (2013)

C. Kurtsiefer et al., "Stable Solid-State Source of Single Photons," Phys. Rev. Lett. 85, 290 (2000)

מספר פרויקט: 88 ElectroOptics |

בניית ספריית רצפי פולסים לשליטה בספין קוונטי ואימות עם מרכז NV

Pulse Sequence Library for Quantum Spin Control and Experimental Verification with NV Centers

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ד"ר יוסי פנפיל
דוא״ל המנחה	efraim-yossef.panfil@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יוסי פנפיל
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	efraim-yossef.panfil@biu.ac.il
מספר פרויקט	88
שם המנחה המלא	ד"ר יוסי פנפיל
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יוסי פנפיל

רקע לפרויקט

ניסויי שליטה בספין קוונטי מבוססים על רצפי פולסים רב-ערוציים ברזולוציית ננו-שנייה: פולס לייזר לאתחול הספין, פולסי MW לסיבוב מצב הספין על ה-Bloch sphere, ופולס קריאה עם ספירת פוטונים. הניסויים הבסיסיים כוללים:

ODMR (continuous-wave ו-pulsed);

Rabi oscillations

Ramsey spectroscopy

Hahn echo

ורצפי CPMG לביטול dephasing.

מעבדתי מקימה את התשתית לכל ניסויים אלה.

מטרות הפרויקט

לפתח ספרייה מודולרית ב-Python לתכנון, ניהול וביצוע pulse sequences על ה-Pulse Streamer, משולבת עם TCSPC לרכישת נתונים, ולאמת את ביצועיה בניסויי שליטה-ספין עם מרכזי NV.

נושאים נלמדים

- לימוד ה-API של Pulse Streamer 8/2 ועקרונות ארכיטקטורת תוכנה לניסוי פיזיקלי
- תכנון ארכיטקטורת הספרייה: מחלקות Sequence, Experiment, DataAcquisition
- מימוש רצפי הבסיס: ODMR (CW ו-pulsed), Rabi, Ramsey, Hahn Echo, CPMG
- אינטגרציה עם TCSPC לספירת פוטונים וסנכרון עם ה-Pulse Streamer
- אימות timing של כל הרצפים באוסצילוסקופ (ללא NV)
- כיול עם מרכז NV: ספקטרום ODMR, Rabi oscillations, חילוץ t(π) ו-t(π/2)
- מדידת T_1 ו-T_2^* כמדד לאיכות הכיול
- תיעוד הספרייה עם דוגמאות מלאות להפעלה

קורסי קדם:

תכנות Python, אלקטרומגנטיות. מכניקת קוונטית

מקורות:

L. Childress & R. Hanson, "Diamond NV centers for quantum computing and quantum networks," MRS Bulletin 38, 134 (2013)

C. Degen, F. Reinhard & P. Cappellaro, "Quantum sensing," Rev. Mod. Phys. 89, 035002 (2017)

Swabian Instruments, "Pulse Streamer 8/2 Python API Documentation," swabianinstruments.com

G. de Lange et al., "Universal dynamical decoupling of a single solid-state spin," Science 330, 60 (2010)

מספר פרויקט: 90 **ElectroOptics** |

מעבדים פוטוניים מתכנתים המבוססים על רשתות Mach–Zehnder

Programmable Photonic Processors Based on Mach–Zehnder Meshes

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ישראל קורזוך
דוא״ל המנחה	israel.korzuch@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	boris.desiatov@biu.ac.il
מספר פרויקט	90
שם המנחה המלא	ישראל קורזוך
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב

רקע לפרויקט

מעבדים פוטוניים מתכנתים (Programmable Photonic Integrated Circuits) הם דור חדש של מעגלים אופטיים משולבים, המאפשרים לממש מגוון רחב של פונקציות אופטיות על גבי שבב יחיד באמצעות תכנות אלקטרוני. מערכות אלו מהוות בסיס לטכנולוגיות עתידיות בתחומי תקשורת אופטית, מחשוב פוטוני, עיבוד אותות ומידע קוונטי. בדומה ל־FPGA בעולם האלקטרוניקה, ניתן להגדיר מחדש

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא ללמוד את עקרונות הפעולה של מעבדים פוטוניים מתכנתים המבוססים על רשתות Mach–Zehnder, ולפתח סביבת סימולציה המאפשרת לתכנן, לתכנת ולנתח את ביצועי המעגל עבור פונקציות אופטיות שונות. בנוסף, ייבחנו השפעות של הפסדים, שגיאות ייצור ואלגוריתמי כיול על ביצועי המערכת.

נושאים נלמדים

פוטוניקה משולבת (PIC)

מעבדים פוטוניים מתכנתים

סימולציות אופטיות

מטריצות יחידתיות

אופטימיזציה

סבילות לשגיאות ייצור

מספר פרויקט: 91 **ElectroOptics** |

רשתות עיצוב אלומה אופטיות משולבות עבור אנטנות מופע

Integrated Optical Beamforming Networks for Phased-Array Antennas

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	דוד טרופ
דוא״ל המנחה	daydaytrop@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	boris.desiatov@biu.ac.il
מספר פרויקט	91
שם המנחה המלא	דוד טרופ
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב

רקע לפרויקט

מערכות אנטנות מופע (Phased Arrays) נמצאות בשימוש נרחב במכ"ם, תקשורת לוויינית, מערכות 6G/5G וחישה מרחוק. מימוש רשתות Beamforming בתחום האופטי מאפשר יצירת השהיות מדויקות ברוחב פס רחב במיוחד, תוך הקטנת המשקל, ההספק והמורכבות ביחס לפתרונות אלקטרוניים. שילוב רכיבים אלו על גבי שבב פוטוני הוא תחום מחקר מתפתח בעל חשיבות רבה.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לתכנן ולנתח רשת Beamforming אופטית משולבת, לבחון ארכיטקטורות שונות ולחקור את השפעת פרמטרי התכנון על ביצועי המערכת, רוחב הפס, ההפסדים ויכולת סריקת האלומה.

נושאים נלמדים

RF Photonics

Beamforming

Phased Arrays

Optical Delay Lines

Photonic Integrated Circuits

Python

סימולציות אופטיות

ניתוח ביצועים

מספר פרויקט: 92ElectroOptics |

רשתות מיתוג אופטיות רחבות היקף עבור מרכזי נתונים ומחשוב עתיר ביצועים

Large-Scale Optical Switching Networks for AI and High-Performance Computing

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	דוד טרופ
דוא״ל המנחה	daydaytrop@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	boris.desiatov@biu.ac.il
מספר פרויקט	92
שם המנחה המלא	דוד טרופ
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב

רקע לפרויקט

הגידול המהיר בבינה מלאכותית ובמערכות מחשוב עתיר ביצועים מייצר צורך ברשתות תקשורת מהירות, חסכוניות באנרגיה ובעלות קיבולת גבוהה. רשתות מיתוג אופטיות מהוות חלופה מבטיחה לרשתות אלקטרוניות ומאפשרות העברת מידע בקצבים גבוהים ובהשהיה נמוכה. בפרויקט ייחקרו ארכיטקטורות מיתוג אופטיות מתקדמות והשפעתן על ביצועי המערכת.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא להשוות בין ארכיטקטורות מיתוג שונות כגון Benes, Clos ו-Crossbar, תוך ניתוח ביצועי המערכת, הפסדים, Crosstalk, מורכבות ומידת ההתאמה למערכות עתידיות.

נושאים נלמדים

Optical Switching

Silicon Photonics

Network Architectures

Python

System Simulation

Crosstalk

Scalability

Datacenter Networks

מספר פרויקט: 93ElectroOptics |

תכנון חסין לשגיאות ייצור של מעגלים פוטוניים משולבים

Robust Design of Fabrication-Tolerant Photonic Integrated Circuits

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	שירן ארול ויגנד
דוא״ל המנחה	shiran.arol@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	boris.desiatov@biu.ac.il
מספר פרויקט	93
שם המנחה המלא	שירן ארול ויגנד
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב

רקע לפרויקט

בייצור מעגלים פוטוניים קיימות סטיות בלתי נמנעות בתהליך הייצור, כגון שינויים ברוחב מוליך הגל, עובי השכבות ועומק החריטה. סטיות אלו עלולות לפגוע משמעותית בביצועי הרכיבים. תכנון עמיד לשגיאות ייצור (Design for Manufacturability) הוא אחד האתגרים המרכזיים בפוטוניקה משולבת המודרנית.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לחקור את השפעת שגיאות הייצור על ביצועי רכיבים פוטוניים שונים ולפתח שיטות תכנון המגדילות את חסינות הרכיבים ומשפרות את תשואת הייצור באמצעות סימולציות סטטיסטיות ואופטימיזציה.

נושאים נלמדים

Silicon Photonics

Tidy3D

Monte Carlo

Fabrication Tolerance

Yield Analysis

Python

Optimization

Statistical Analysis

מספר פרויקט: 94 ElectroOptics |

מעגלים פוטוניים משולבים לתקשורת קוונטית

9. Integrated Photonic Circuits for Quantum Communications

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	שירן ארול ויגנד
דוא״ל המנחה	shiran.arol@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	boris.desiatov@biu.ac.il
מספר פרויקט	94
שם המנחה המלא	שירן ארול ויגנד
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב

רקע לפרויקט

תקשורת קוונטית צפויה למלא תפקיד מרכזי במערכות התקשורת המאובטחות של העתיד. שילוב רכיבי תקשורת קוונטית על גבי שבב פוטוני מאפשר פיתוח מערכות קומפקטיות, יציבות ובעלות פוטנציאל לייצור המוני. רכיבים כגון מפצלי אלומה, אינטרפרומטרים, מודולטורים וקווי השהיה מהווים אבני בניין למערכות Quantum Key Distribution וליישומים נוספים.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא ללמוד את אבני הבניין של מעגלים פוטוניים לתקשורת קוונטית, לתכנן ולסמלץ רכיבים מרכזיים ולבחון את השפעת ביצועיהם על מערכות תקשורת קוונטית משולבות.

נושאים נלמדים

Quantum Communications

Integrated Photonics

Beam Splitters

Interferometers

Silicon Photonics

Tidy3D

Python

QKD

מספר פרויקט: 95 **ElectroOptics** |

פיתוח מערכת אוטומטית ליישור סיב–שבב ולאפיון רכיבים פוטוניים

Automated Fiber-to-Chip Alignment and Optical Characterization Platform

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	מירית חן
דוא״ל המנחה	mirithen071110@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	boris.desiatov@biu.ac.il
מספר פרויקט	95
שם המנחה המלא	מירית חן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב

רקע לפרויקט

אפיון של רכיבים פוטוניים משולבים מחייב צימוד מדויק בין סיבים אופטיים לשבב. תהליך זה מבוצע בדרך כלל באופן ידני ודורש זמן רב, מיומנות גבוהה וחזרתיות מוגבלת. אוטומציה של תהליך היישור והמדידה יכולה לשפר משמעותית את מהירות העבודה, הדיוק והאמינות של ניסויי המעבדה.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לפתח מערכת תוכנה וחומרה המאפשרת שליטה אוטומטית במערכת הצימוד, ביצוע אופטימיזציה של מיקום הסיבים, איסוף נתונים ואפיון אוטומטי של רכיבים פוטוניים באמצעות ציוד מעבדה ממוחשב.

נושאים נלמדים

Laboratory Automation

Python

Instrument Control

Motion Control

Fiber Optics

Optical Characterization

Optimization Algorithms

(אופציונלי) Computer Vision

מספר פרויקט: 96 **ElectroOptics** |

תכנון הופכי של רכיבים ננופוטוניים אולטרה-קומפקטיים

Inverse Design of Ultra-Compact Nanophotonic Devices

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ישראל קורזוך
דוא״ל המנחה	israel.korzuch@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	boris.desiatov@biu.ac.il
מספר פרויקט	96
שם המנחה המלא	ישראל קורזוך
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב

רקע לפרויקט

תכנון הופכי (Inverse Design) הוא אחת הגישות החדשניות ביותר בפוטוניקה משולבת. במקום להגדיר מראש את צורת הרכיב, האלגוריתם מחשב באופן אוטומטי את המבנה האופטימלי להשגת ביצועים מוגדרים מראש. שיטה זו מאפשרת פיתוח רכיבים קטנים, יעילים וחדשניים.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא ללמוד שיטות תכנון הופכי וליישמן לצורך תכנון רכיבים פוטוניים קומפקטיים כגון מפצלי הספק, ממירי מצבים או רכיבי WDM, תוך השוואה לתכנון קונבנציונלי.

נושאים נלמדים

Inverse Design

Optimization

Adjoint Methods

Tidy3D

Silicon Photonics

Python

Electromagnetic Simulation

מספר פרויקט: ElectroOptics97 |

תכנון הופכי של רכיבים פוטוניים תוך התחשבות במגבלות ייצור

Fabrication-Aware Inverse Design of Photonic Components

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	יובל ידוואב
דוא״ל המנחה	yuval348@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	boris.desiatov@biu.ac.il
מספר פרויקט	97
שם המנחה המלא	יובל ידוואב
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב

רקע לפרויקט

רכיבים רבים המתוכננים באמצעות תכנון הופכי אינם ניתנים לייצור בפועל בשל מגבלות טכנולוגיות כגון גודל מאפיין מינימלי או שגיאות חריטה. שילוב אילוצי הייצור כבר במהלך האופטימיזציה מאפשר לפתח רכיבים בעלי ביצועים גבוהים אשר ניתנים לייצור בתהליכי ייצור סטנדרטיים.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לפתח שיטות תכנון הופכי הכוללות אילוצי ייצור, ולהשוות בין ביצועי רכיבים המתוכננים בגישה זו לבין תכנון הופכי רגיל מבחינת ביצועים ותשואת ייצור.

נושאים נלמדים

Inverse Design

Fabrication Constraints

Optimization

Tidy3D

Silicon Photonics

Python

Yield Optimization

מספר פרויקט: 108 **ElectroOptics** |

אוטומציה של תכנון מעגלים פוטוניים: מתיאור רכיבים לסימולציה ולפריסת השבב

Photonic Design Automation: From Structured Device Description to Simulation and Chip Layout

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	בוריס דסיאטוב
דוא״ל המנחה	boris.desiatov@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	boris.desiatov@biu.ac.il
מספר פרויקט	108
שם המנחה המלא	בוריס דסיאטוב
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב

רקע לפרויקט

תכנון של מעגלים פוטוניים משולבים (Photonic Integrated Circuits – PICs) הוא תהליך מורכב הכולל מספר שלבים, ביניהם בחירת רכיבים, ביצוע סימולציות אלקטרומגנטיות, יצירת מודלים, מיקום הרכיבים על גבי השבב, ניתוב מוליכי הגל והפקת פריסת השבב לייצור. כיום רוב השלבים הללו מבוצעים באופן ידני באמצעות מספר תוכנות שונות, דבר ההופך את תהליך התכנון לארוך, מורכב ומועד לטעויות.

בפרויקט זה תפותח סביבת תכנון אוטומטית, המאפשרת להגדיר מעגל פוטוני באמצעות תיאור מובנה של הרכיבים והקשרים ביניהם (למשל בפורמט YAML או JSON), כאשר המערכת תבצע באופן אוטומטי את שלבי התכנון, הסימולציה והפקת פריסת השבב.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לפתח כלי תוכנה המאפשר מעבר אוטומטי מהגדרת מעגל פוטוני ברמת המערכת אל תכנון מפורט של השבב. המערכת תקלוט את תיאור המעגל, תבחר את אבני הבניין המתאימות, תיצור באופן אוטומטי קבצי סימולציה, תנתח את ביצועי הרכיבים, תבצע מיקום וניתוב של הרכיבים על גבי השבב ותפיק פריסת שבב מלאה יחד עם דוח מסכם של ביצועי המערכת.

נושאים נלמדים

פוטוניקה משולבת (Photonic Integrated Circuits)

תכנון אוטומטי של מעגלים פוטוניים

תכנות ב־Python

מבני נתונים ותיאורי מערכת (YAML / JSON)

סימולציות אלקטרומגנטיות (Tidy3D / Lumerical)

תכנון ופריסת שבבים פוטוניים

ניתוב מוליכי גל (Waveguide Routing)

אופטימיזציה של מערכות פוטוניות

תכנון תוכנה ואוטומציה הנדסית

יצירת דוחות אוטומטיים וניתוח תוצאות

מספר פרויקט: 120 **ElectroOptics** |

יצירת מצבים קוונטיים פוטוניים מסוג GHZ על צ׳יפ

GHZ state generation on chip

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	מירי בלאו
דוא״ל המנחה	miri.blau@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	מירי בלאו
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	miri.blau@biu.ac.il
מספר פרויקט	120
שם המנחה המלא	מירי בלאו
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	מירי בלאו

רקע לפרויקט

מהודי טבעת מסיליקון-ניטריד (SiN) מאפשרים יצירה טבעית של שזירת אנרגיה-זמן באמצעות תהליך אופטי לא-ליניארי, שבו נוצר זוג פוטונים השרוי בסופרפוזיציה של חלונות זמן (time-bin). בעוד ששזירה דו-פוטונית בארכיטקטורה זו היא כיום טכנולוגיה מבוססת, החזית המחקרית דורשת קפיצת מדרגה טכנולוגית: יצירת מצבים שזורים רב-חלקיקיים, כדוגמת מצב GHZ. מצבי GHZ מהווים משאב קריטי לדור הבא של הטכנולוגיה הקוונטית ודרישת סף לפיתוח רשתות תקשורת מרובות-משתתפים, תיקון שגיאות קוונטי (quantum error correction) ומחשוב קוונטי, לצד היותם כלי פיזיקלי המאפשר הדגמת לא-מקומיות בניסוי בודד (single-shot). המסלול המבטיח ביותר ליצירת מצבים אלו במערכת שניתנת להרחבה הוא מיזוג (fusion) של פוטונים המגיעים ממקורות טבעת עצמאיים. התאבכות קוונטית מוצלחת בין מקורות נפרדים דורשת טוהר ספקטרלי ורמה גבוהה של אי-אבחנה (indistinguishability),

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לתכנן ולממש בניסוי מערכת משולבת ליצירת מצב שזור תלת-פוטוני (GHZ) בקידוד time-bin. הפרויקט מקיף את שרשרת הפיתוח כולה: החל מתכן המערכת המלא ובניית מודל מדויק של קצב יצירת המצב השזור ו-fidelity budget, דרך אפיון ניסויי מעמיק של השזירה הדו-פוטונית בטבעת, ועד ליעד קצה של מיזוג זוגות פוטונים משני מהודים. אימות המערכת ידרוש הפעלת מערך מדידה מתקדם הכולל גילוי three-fold coincidences באמצעות גלאי SNSPD ומתייגי זמן.

נושאים נלמדים

שזירת אנרגיה–זמן / time-bin ומצבי GHZ, מקורות זוגות במהוד טבעת: SFWM, הכנת time-bin, וטוהר ספקטרלי, מיזוג פוטונים והתאבכות HOM לבניית מצב רב-פוטוני

מספר פרויקט: 137 ElectroOptics |

תכנון רכיבים ננופוטוניים שאינם מושפעים מטמפרטורה

temperature invariant nanophotonic devices

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	תומר לוי
דוא״ל המנחה	tomer.lewi@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ׳ תומר לוי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	tomer.lewi@biu.ac.il
מספר פרויקט	137
שם המנחה המלא	תומר לוי
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ׳ תומר לוי

רקע לפרויקט

Modern optical systems are increasingly moving from bulky refractive assemblies toward compact, planar nanophotonic components: metalenses, beam splitters, polarizers, gratings, spectral filters, and resonant metasurfaces. These devices offer large reductions in size, weight, and alignment complexity, but their performance is often strongly temperature dependent. The same subwavelength resonances that enable compact wavefront control also make the amplitude, phase, polarization response, and spectral position sensitive to thermo-optic changes in the constituent materials. In high-Q resonators and quasi-BIC metasurfaces, even small thermal gradients can detune the optical response; in spaceborne and other thermally harsh environments, larger temperature excursions can shift even lower-Q components enough to degrade imaging, sensing, filtering, or beam-control performance. Space optical telescopes, for example, are known to experience extreme hot/cold conditions that can deform optical structures and degrade optical performance, requiring extensive thermal analysis and control.

מטרות הפרויקט

The proposed opportunity is to develop passively temperature-invariant metasurfaces: flat optical components whose optical function remains stable across large temperature ranges without active heaters, coolers, or continuous recalibration.

נושאים נלמדים

metasurfaces, optical antennas, Mie-resonators, thermo optic effects

מספר פרויקט: 138 ElectroOptics |

מטא משטחים מהונדסי זווית וספקטרום

angle selective spectral metasurfaces

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	תומר לוי
דוא״ל המנחה	tomer.lewi@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	תומר לוי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	tomer.lewi@biu.ac.il
מספר פרויקט	138
שם המנחה המלא	תומר לוי
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	תומר לוי

רקע לפרויקט

Conventional dielectric metasurfaces typically exhibit broadband spectral and angular responses, as their individual elements inherently possess broadband characteristics with weak near-field coupling between adjacent resonators. In contrast, nonlocal metasurfaces leverage collective electromagnetic interactions to achieve narrow spectral and angular selectivity, but often introduce polarization dependence arising from structural asymmetry. In this project we wish to demonstrate a uniform and polarization-insensitive metasurface that overcomes this typical trade-off by deliberately combining local and nonlocal optical responses within a single platform.

מטרות הפרויקט

Simultaneous engineering of metasurface angular and spectral responses

נושאים נלמדים

metasurfaces, Mie-resonators, local and non-local response, angular dispersion

מספר פרויקט: 139ElectroOptics |

מבנים אופטיים אקטיביים בקנה מידה ננומטרי לשליטה באור

Active Nanoscale Structures for Light Manipulation

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	חיי מויאל
דוא״ל המנחה	yosefhaimoyal@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	boris.desiatov@biu.ac.il
מספר פרויקט	139
שם המנחה המלא	חיי מויאל
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	בוריס דסיאטוב

רקע לפרויקט

Nanoscale optical structures provide powerful ways to control the propagation of light. By carefully designing structures with dimensions comparable to or smaller than the optical wavelength, it is possible to control properties such as the phase, amplitude, polarization, and direction of an optical beam.

An especially interesting class of devices consists of active nanoscale structures, whose optical response can be dynamically modified using an external electrical, optical, thermal, or mechanical signal. Such structures can enable tunable lenses, beam steering, dynamic wavefront control, optical switching, and reconfigurable optical systems.

Numerical simulation plays an important role in the development of these devices because their behavior depends strongly on geometry, material properties, wavelength, and the physical mechanism used for tuning.

מטרות הפרויקט

The goal of the project is to numerically design and investigate active nanoscale optical structures for dynamic manipulation of light. The student will first study how individual nanoscale optical elements interact with light and how their geometry determines their optical response. Numerical electromagnetic simulations will then be used to investigate arrays of such elements and their ability to control an optical wavefront. The project will subsequently introduce an active tuning mechanism and investigate how changing the optical properties of the structure can dynamically modify the transmitted or reflected light. Depending on the selected device, the student may design a tunable lens, beam-steering element, optical switch, or another dynamically reconfigurable optical component.

נושאים נלמדים

Interaction of light with nanoscale structures

Fundamentals of nanophotonics

Numerical electromagnetic simulations

Optical resonances in nanoscale structures

Control of optical phase and amplitude

Manipulation of optical wavefronts

Design of arrays of nanoscale optical elements

Active and tunable optical materials

Electrical, thermal, or optical tuning mechanisms

Dynamic beam steering and focusing

Tunable and reconfigurable optical devices

Optimization of nanoscale structures

Analysis of device efficiency and operating bandwidth

TRACK SECTION

Nano

61 projects in this section

All Tracks

- BioEngineering — 29 projects
- ElectroOptics — 31 projects
- **Nano** — 61 projects
- Signal Processing — 12 projects
- Data Engineering and AI — 16 projects
- Communication — 2 projects
- Industrial Engineering — 4 projects

הרשמה בין מסלולים
החלוקה למסלולים נועדה לצורכי התמצאות בלבד. כל סטודנט/ית, מכל מסלול, רשאי/ת להגיש מועמדות לפרויקטים בכל אחד מהמסלולים המופיעים בחוברת. הקבלה לפרויקט והשיבוץ הסופי מותנים באישור המנחה וראש/ת המעבדה ובהתאם להתאמה ולמקומות הפנויים.

מספרי הפרויקטים בפרק זה הם המספרים המקוריים מהטבלה ולכן אינם בהכרח רציפים.

מספר פרויקט: Nano3 |

פיתוח סביבת אימות מבוססת UVM לבלוקים אריתמטיים עבור מאיצי בינה מלאכותית

Development of a UVM-Based Verification Environment for Arithmetic Blocks in AI Accelerators

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אלמוג שרוני
דוא״ל המנחה	almogpc12@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	3
שם המנחה המלא	אלמוג שרוני
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ

רקע לפרויקט

מערכות בינה מלאכותית מודרניות מסתמכות על בלוקים אריתמטיים מורכבים לביצוע חישובים בקצבים גבוהים וביעילות אנרגטית גבוהה. תקינותם של בלוקים אלו היא קריטית לאמינות המערכת כולה. בתעשיית השבבים נהוג להשתמש במתודולוגיות אימות מתקדמות המבוססות על Universal Verification Methodology (UVM) לצורך יצירת סביבת אימות מודולרית, ניתנת להרחבה וניתנת לשימוש חוזר.

בפרויקט זה הסטודנטים יתכננו ויממשו סביבת אימות מלאה עבור בלוק אריתמטי דיגיטלי המיועד ליישומי בינה מלאכותית. סביבת האימות תכלול יצירת טרנזקציות, דרייברים, מוניטורים, סקורבורד, מנגנוני בדיקת תקינות אוטומטיים, איסוף כיסוי (Coverage) ובדיקות אקראיות מונחות-אילוצים (Constrained Random Verification). הפרויקט ידמה תהליך אימות המקובל בחברות פיתוח שבבים מתקדמות.

מטרות הפרויקט

- לימוד והיכרות מעמיקה עם מתודולוגיית UVM לאימות מערכות דיגיטליות.
- פיתוח סביבת אימות מלאה לבלוק אריתמטי דיגיטלי.
- יצירת מודל ייחוס (Reference Model) ובדיקת נכונות תוצאות החומרה.
- יישום בדיקות Directed Tests ובדיקות Constrained Random.
- מדידת Functional Coverage והערכת איכות האימות.
- רכישת ניסיון מעשי בתהליכי Verification הנהוגים בתעשיית ה-VLSI.

נושאים נלמדים

• SystemVerilog
• Universal Verification Methodology (UVM)
• Verification Planning
• Constrained Random Verification
• Functional Coverage
• Assertions (SVA)
• Scoreboards and Reference Models
• Verification Metrics
• Digital Arithmetic Architectures
• AI Hardware Fundamentals
• RTL Verification Flow
• Debug and Coverage Closure

מספר פרויקט: Nano4 |

HERA-AI: מאיץ RISC להצפנה הומומורפית ולבינה מלאכותית מאובטחת

HERA-AI: Secure Intelligence over Encrypted Data

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אורן גנון
דוא״ל המנחה	ganonor@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור איתמר לוי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	itamarlevi@gmail.com
מספר פרויקט	4
שם המנחה המלא	אורן גנון
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור איתמר לוי

רקע לפרויקט

הפרויקט מחבר בין כמה מהתחומים החמים ביותר כיום: ארכיטקטורת מעבדים, תכנון חומרה, הצפנה מתקדמת ובינה מלאכותית. המטרה היא להאיץ בעזרת הרחבות חומרה ייעודיות הרצת מודלי AI ישירות על מידע מוצפן, בלי לחשוף את הנתונים עצמם.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לפתח הרחבות חומרה ייעודיות למעבד שיאיצו פעולות מרכזיות בהצפנה הומומורפית, ובכך יאפשרו להריץ מודלי AI על מידע מוצפן בצורה מהירה ויעילה יותר, תוך שמירה על פרטיות הנתונים.

נושאים נלמדים

תכן לוגי ו-RTL ארכיטקטורת מחשבים, רצוי חומרה מאובטחת, רצוי היכרות עם עיבוד נתונים ומודלים של בינה מלאכותית, רצוי הצפנה ואלגוריתמים קריפטוגרפיים

זהו פרויקט מחקרי המשלב חומרה, תוכנה, הצפנה ו-AI. הפרויקט דורש יכולת למידה עצמאית, העמקה בחומר חדש והתמחות בנושאים מתקדמים.

מספר פרויקט: Nano5 |

Q-CORE: מאיץ חומרה להצפנה פוסט-קוונטית

Q-CORE: A Hardware Accelerator for Post-Quantum Cryptography

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אורן גנון
דוא״ל המנחה	ganonor@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור איתמר לוי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	itamarlevi@gmail.com
מספר פרויקט	5
שם המנחה המלא	אורן גנון
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור איתמר לוי

רקע לפרויקט

התקדמות המחשוב הקוונטי יוצרת איום ממשי על שיטות ההצפנה המקובלות כיום, ולכן התעשייה עוברת בהדרגה לאלגוריתמים של קריפטוגרפיה פוסט-קוונטית, Post-Quantum Cryptography, PQC. אלגוריתמים אלה נועדו להגן על מידע, תקשורת, חתימות דיגיטליות ומפתחות הצפנה גם מול תוקפים בעלי מחשב קוונטי.

התקנים המרכזיים בתחום כוללים את ML-KEM להקמת מפתחות, את ML-DSA לחתימות דיגיטליות ואת SLH-DSA לחתימות מבוססות Hash. אלגוריתמים אלו דורשים חישובים מורכבים, כגון אריתמטיקה מודולרית, פעולות על פולינומים, טרנספורמציית NTT, חישובי SHA-3 ו-Keccak, ופעולות רבות על זיכרון.

במעבדים כלליים, ובעיקר במערכות Embedded, IoT ו-Edge, פעולות אלה עלולות להיות איטיות ולצרוך אנרגיה רבה. לכן קיים צורך הולך וגובר בפתרונות Hardware Acceleration ייעודיות, שיאפשרו למעבדים לבצע פעולות PQC במהירות וביעילות.

הפרויקט מחבר בין כמה תחומים מרכזיים ועדכניים:

+ ארכיטקטורת מחשבים ומעבדי RISC

+ תכנון חומרה ו-RTL

+ קריפטוגרפיה ואבטחת חומרה

+ אלגוריתמים פוסט-קוונטיים

+ אופטימיזציית תוכנה וחומרה

מערכות Edge ו-IoT מאובטחות

****כן מאתגר והרבה תחומים - הרבה למידה ****

מטרות הפרויקט

מטרת הרקע היא לבחון כיצד ניתן לתכנן מנוע חומרה גמיש, שישתלב במעבד ויאיץ מספר אלגוריתמים פוסט-קוונטיים מרכזיים, במקום לפתח מאיץ נפרד לכל אלגוריתם. כך ניתן ליצור תשתית משותפת, חסכונית וניתנת להרחבה עבור מערכות מחשוב .

נושאים נלמדים

תכן לוגי, ארכיטקטורת מחשבים או מבנה המחשב, מערכות ספרתיות, תכנות בשפת C ושפות תיאור חומרה כגון Verilog. יתרון לבעלי רקע בקורסים בקריפטוגרפיה, אבטחת חומרה, מערכות משובצות. במהלך הפרויקט יילמדו (למידה עצמאית*) קריפטוגרפיה פוסט-קוונטית, תכנון הרחבות , מאיצי חומרה, אריתמטיקה מודולרית, NTT, SHA-3/Keccak ושילוב חומרה-תוכנה.

מספר פרויקט: Nano9 |

הערכת ביצועים של מכונת צייטלין בסביבות רועשות

Performance Evaluation of the Tsetlin Machine in Noisy Environments

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	מור שי
דוא״ל המנחה	mor.shy@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אלכס פיש
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	alexander.fish@biu.ac.il
מספר פרויקט	9
שם המנחה המלא	מור שי
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אלכס פיש

רקע לפרויקט

The Tsetlin Machine is a machine learning model based on Boolean logic and interpretable decision rules. This project will examine how different types of noise, different noise levels, and model parameters affect its performance. Students will build an experimental environment, perform runs on several datasets, and analyze the impact of parameters such as the number of clauses, T-value, and the ratio of clean to noisy examples during training.

מטרות הפרויקט

The goal of the project is to evaluate and improve the robustness of the model in noisy data environments.

נושאים נלמדים

Machine Learning

Tsetlin Machine

Python Programming

Data Analysis

Hyperparameter Optimization

Noise Injection and Robustness Testing

Experimental Design

Performance Evaluation and Visualization

מספר פרויקט: Nano12 |

איפיון אלקטרודות באלקטרוליט ותכנון ממשק חשמלי למעגלים יונטרוניים

Electrode characterization in an electrolyte and the design of an electrical interface for Iontronics circuits

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	נועה עדרי ופיני טנדייטניק
דוא״ל המנחה	pinchas.tandeitnik@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אלכס פיש
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	alexander.fish@biu.ac.il
מספר פרויקט	12
שם המנחה המלא	נועה עדרי ופיני טנדייטניק
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אלכס פיש

רקע לפרויקט

מערכות יונטרוניות (Iontronics) מהוות גשר טכנולוגי מתקדם בין עולם האלקטרוניקה המסורתית לעולם הביולוגי והכימי, על ידי שימוש ביונים כנשאי מטען במקום אלקטרונים. שילוב מעגלים יונטרוניים במערכות אלקטרוניות מודפסות (PCB) או על גבי סלייד זכוכית, מייעל באופן משמעותי את העבודה ומאפשר פיתוח של צ'יפים מתקדמים [1].

האתגר המרכזי נעוץ ביצירת ממשק אלקטרוכימי מיטבי בין המערכת החשמלית ליונטרונית. ממשק אופטימלי נדרש להציג עכבה (Impedance) נמוכה, יציבות מבנית ועמידות גבוהה לאורך זמן – פרמטרים המשפיעים ישירות על דיוק המדידות ועל ביצועי הצ'יפ היונטרוני כולו. לצורך יצירת האלקטרודות על גבי ה-PCB, ניתן להשתמש בחומרים שונים (כגון זהב או כסף מצופה), כאשר לכל חומר מאפיינים ייחודיים המשפיעים על התנהגות המערכת. פרויקט זה מתמקד באפיון המודל החשמלי השקול של ההמשק האלקטרוכימי, בחינה ובחירה של החומר והגיאומטריה האידאליים לממשק זה.

References

1. Edri Fraiman, N., Sabbagh, B., Yossifon, G. et al. Toward an ion-based large-scale integrated circuit: design, simulation, and integration. Commun Eng 4, 180 (2025). https://doi.org/10.1038/s44172-025-00511-5

2. Wang, S., Zhang, J., Gharbi, O. et al. Electrochemical impedance spectroscopy. Nat Rev Methods Primers 1, 41 (2021). https://doi.org/10.1038/s43586-021-00039-w

3. Elgrishi, N.; Rountree, K. J.; McCarthy, B. D.; Rountree, E. S.; Eisenhart, T. T.; Dempsey, J. L. A Practical Beginner's Guide to Cyclic Voltammetry. J. Chem. Educ. 2018, 95 (2), 197–206. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00361

4. Comsol Multiphysics FEM software (https://www.comsol.com/)

מטרות הפרויקט

- לאפיין אימפדנס של אלקטרוליט ואלקטרודות בממשק אלקטרוכימי
- להבין את השפעת חומרי האלקטרודות והגאומטריה שלהן על הביצועים
- לפתח מודל חשמלי אקוויוולנטי (Equivalent Circuit) של הממשק [1]
- לתכנן ממשק אלקטרוני (PCB) אופטימלי לשילוב מעגלים יונטרוניים ומעגלים חשמליים
- לאפשר סימולציה משולבת של המערכת היונטרונית והאלקטרונית (למשל ב Virtuoso)

נושאים נלמדים

- הכרות עם שיטות מדידה אלקטרוכימיות:
  - EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy) [2]
  - CV (Cyclic Voltammetry) [3]
- עבודה עם ציוד מדידה אלקטרוכימי ייעודי

- אפיון ניסויי של אלקטרודות על גבי PCB
- בניית מודלים חשמליים אקוויוולנטיים לממשק אלקטרוכימי
- שילוב מודלים בסימולציות מעגליות (Virtuoso / SPICE)
- בחירת חומרים ותכנון אלקטרודות אופטימליות
- תכנון PCB למערכות יונטרוניות
- כיוון אופציונלי נוסף בפרויקט עשוי לכלול מידול של האלקטרודות באמצעות תוכנת COMSOL [4]

מספר פרויקט: Nano14 |

מוליכות יונית בתרכובות ביסמוט אוקסיד-קלציום פלואוריד

Ionic conductivity in the Bi2O3-CaF2 system

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	יתיר סעדיה
דוא״ל המנחה	Yatir.Sadia@Biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	יתיר סעדיה
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Yatir.Sadia@Biu.ac.il
מספר פרויקט	14
שם המנחה המלא	יתיר סעדיה
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	יתיר סעדיה

רקע לפרויקט

בפרוייקט נחקור את ההשפעה של פלואור על מוליכות יונית בחומרים קרמים מבוססים תחמוצות סידן וביסמוט

מטרות הפרויקט

לסנטז חומרים חדשים במערכת ולמדוד את התכונות התרמיות, יוניות ומבניות שלהם

נושאים נלמדים

אימפדנס, מוליכות יונית, XRD

מספר פרויקט: Nano15 |

עמית

Glitch Power Mitigation in AI Accelerators

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Adam Teman
דוא״ל המנחה	aditeman@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Adam Teman
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	aditeman@gmail.com
מספר פרויקט	15
שם המנחה המלא	Adam Teman
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Adam Teman

רקע לפרויקט

Power Reduction, Synthesis , System Verilog , System Architecture

מטרות הפרויקט

Develop and validate Glitch reduction mechanisms to significantly reduce power consumption without degrading processing performance.

נושאים נלמדים

Advanced AI hardware architecture, low-power VLSI design, clockless pipelining analysis, design verification and RTL2GDS flow

מספר פרויקט: Nano21 |

מעגל המרת אנרגיה ממקור פיאוזאלקטרי

Piezoelectric energy harvesting

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ליאב ישראל בורהני
דוא״ל המנחה	burhanl@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	יוסי שור
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Joseph.Shor@biu.ac.il
מספר פרויקט	21
שם המנחה המלא	ליאב ישראל בורהני
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	יוסי שור

רקע לפרויקט

קצירת אנרגיה ממקורות פיאזואלקטריים היא תחום מתפתח המאפשר אספקת אנרגיה למערכות אלקטרוניות זעירות ללא סוללה. הפרויקט עוסק בתכנון ומימוש מעגל אנלוגי חדשני לשיפור יעילות קצירת האנרגיה באמצעות תכנון שבבים (Analog IC Design).

מטרות הפרויקט

תכנון, סימולציה ומימוש של מעגל אנלוגי לקצירת אנרגיה ממקור פיאזואלקטרי, במטרה לשפר את יעילות המערכת ולהגדיל את כמות האנרגיה הנקצרת עבור יישומים בעלי צריכת הספק נמוכה.

נושאים נלמדים

תכנון מעגלים אנלוגיים (Analog IC Design)

עבודה בסביבת Cadence Virtuoso

סימולציות בעזרת Spectre/Maestro

תכנון והשוואת ארכיטקטורות לקצירת אנרגיה (Energy Harvesting)

עבודה עם מקורות פיאזואלקטריים ומעגלי הספק נמוך (Low-Power Design)

מספר פרויקט: Nano26 |

מאיץ רשת עצבית טרנארית מבוסס זיכרון Gain-Cell eDRAM

Ternary Neural Network Accelerator in Gain-Cell eDRAM

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Yuval Harary
דוא״ל המנחה	hariy4@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Leonid Yavits
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	26
שם המנחה המלא	Yuval Harary
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Leonid Yavits

רקע לפרויקט

Deep neural networks on edge devices are limited by the energy cost of moving data between memory and compute, the "von Neumann bottleneck." Processing-in-Memory (PiM) addresses this by computing inside the memory array itself. Existing PiM approaches trade off density, endurance, and accuracy: resistive memory suffers from device variability, SRAM-based PiM has large bitcells, and Binary Neural Networks (BNNs) save area but lose accuracy. Ternary Neural Networks (TNNs) add a zero weight level and recover most of that lost accuracy while staying multiplier-free. Implementing TNNs in memory is hard because a signed ternary product needs both charging and discharging paths on the same bitline, which creates contention. This project builds on Gain-Cell eDRAM (GC-eDRAM), a dense, CMOS-compatible memory technology with decoupled read/write ports, to solve this problem without modifying the memory array itself.

מטרות הפרויקט

To design and evaluate GC-TNN, an in-memory ternary neural network accelerator built on unmodified 3T GC-eDRAM cells. The project decomposes the signed ternary dot product into two non-negative population-count "legs" (positive and negative), resolved by a single analog comparator instead of a calibrated reference voltage. The goal is end-to-end in-memory execution (hidden layers, batch normalization, and output classification) with a compatibility mode for standard BNN inference on the same hardware, calibrated against measurements from a fabricated 16nm FinFET GC-eDRAM test chip.

נושאים נלמדים

Processing-in-Memory (PiM) and Processing-using-Memory architectures

Gain-Cell eDRAM circuit design and operation (3T bitcell, read/write ports, retention/refresh)

Binary and Ternary Neural Network quantization schemes

Analog comparator / sense amplifier design for in-memory sensing

Time-to-digital conversion for signed score readout

Circuit simulation and evaluation using Cadence Virtuoso (post-layout, process variation)

Hardware-software co-design and accelerator benchmarking against SOTA (TiM-DNN, TAIM, CUTIE, XNOR-SRAM)

מספר פרויקט: Nano27 |

מאיץ רשת עצבית בינארית מבוסס זיכרון אסוציאטיבי עמיד לקרינה עבור לווייניים

A Radiation-Hardened Processing-in-CAM BNN Accelerator for Satellites

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Yuval Harary
דוא״ל המנחה	hariy4@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Leonid Yavits
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	27
שם המנחה המלא	Yuval Harary
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Leonid Yavits

רקע לפרויקט

Edge AI on satellites in Low Earth Orbit (LEO) must operate under a harsh radiation environment: trapped protons and electrons, galactic cosmic rays, and solar particle events cause both single-event effects (bit flips from a single particle strike) and total ionizing dose (TID) damage that accumulates over the mission. Processing-in-CAM accelerators, which map binary neural network (BNN) computation directly onto content-addressable memory (CAM) via XNOR and analog population count, are attractive for satellite-borne inference because they combine memory and compute in one array. However, it was not previously known how radiation affects such analog in-memory compute architectures, specifically whether the main risk is corrupted stored weights (like in a normal memory) or degradation of the analog sensing circuitry itself. This project builds on PiC-NDM and HardCAM, two previously fabricated 65nm CAM designs from the lab, to characterize this gap using both real irradiation measurements and modeling.

מטרות הפרויקט

To characterize and model how heavy-ion radiation, total ionizing dose, and proton exposure affect HardCNN, a 65nm processing-in-CAM binary CNN accelerator for satellite-based natural disaster detection. The project separates radiation effects into two evaluation vectors: degradation of the analog matchline-discharge sensing circuit (driven by TID), and bit flips in the stored CAM weights (driven by single-event effects and TID-induced memory aging), then evaluates their combined effect on inference accuracy, power, and mission lifetime. A key goal is to test whether the accelerator's configurable voltage architecture can be used for in-situ recalibration after radiation exposure, and to identify the dominant failure mechanism limiting mission lifetime in LEO.

נושאים נלמדים

Processing-in-Memory using Content-Addressable Memory (CAM) for binary neural networks

Binary Convolutional Neural Network (BCNN) architecture: XNOR, popcount, batch-norm folding

Radiation effects on silicon circuits: single-event upset/multi-cell upset, total ionizing dose, displacement damage

Space radiation environment modeling (Van Allen belts, galactic cosmic rays, solar particle events)

Fault-injection methodology for evaluating neural network hardware robustness

Analog sense-amplifier and matchline circuit design under process/radiation variation

Silicon test-chip irradiation methodology (heavy-ion beam testing)

מספר פרויקט: Nano29 |

מימוש ובחינת אינדיקטור ריענון במערכי זיכרון GC-eDRAM

Integration of a Retention Indicator into Large-Scale GC-eDRAM Arrays

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	צח שחר
דוא״ל המנחה	tzach5549@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אדי תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	aditeman@gmail.com
מספר פרויקט	29
שם המנחה המלא	צח שחר
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אדי תימן

רקע לפרויקט

GC-eDRAM memories offer high density and CMOS compatibility, but require refresh due to data leakage over time, integrating an existing retention indicator into large GC-eDRAM arrays to enable early detection of data degradation.

מטרות הפרויקט

implement and evaluate an existing retention indicator within large-scale GC-eDRAM arrays for early detection of data degradation

נושאים נלמדים

GC-eDRAM memory arrays, data retention time, leakage mechanisms, refresh operation, circuit-level simulation, Monte-Carlo analysis, and array-level integration.

מספר פרויקט: **Nano**30 |

Peripheral Circuit Design for a GC-eDRAM Retention Indicator

מימוש פריפריות עבור אינדיקטור ריענון במערכי GC-eDRAM

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	צח שחר
דוא״ל המנחה	tzach5549@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אדי תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	aditeman@gmail.com
מספר פרויקט	30
שם המנחה המלא	צח שחר
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אדי תימן

רקע לפרויקט

GC-eDRAM retention indicators require supporting peripheral circuits to operate correctly within a memory array. designing and implementing the required peripheral circuitry to control, read, and interface with the indicator.

מטרות הפרויקט

design and implement peripheral circuits that enable proper control, readout, and integration of a GC-eDRAM retention indicator within GC-eDRAM arrays.

נושאים נלמדים

GC-eDRAM operation, retention indicators, peripheral circuit design, control signals, readout circuits, timing analysis, circuit-level simulation, and memory-array integration.

מספר פרויקט: Nano31 |

השוואת ביצועים של מימוש אנאלוגי של רשת נוירונים המפועלים ע"י פולסים

Process comparison of the performance of a Spiking Neural network

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ניל פלדמן
דוא״ל המנחה	neil.d.feldman@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Joseph Shor
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Joseph.Shor@biu.ac.il
מספר פרויקט	31
שם המנחה המלא	ניל פלדמן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Joseph Shor

רקע לפרויקט

In recent years Artificial Neural Networks (ANN) have reached maturity, and AI is becoming a technology used everywhere. ChatGPT , Bard and Bing have vast distribution and ANN farms are growing exponentially. The ANN attempts to mimic the human brain as closely as possible to achieve the best possible computing power. As the brain signals are analog and spiky by nature the next step for Artificial Neural Networks is to implement Analog Spiking Neural networks (SNN).The aim of this project is to implement a SNN which is competitive with recent state-of-the-art publications and compare performance in 3 major process nodes : 180nm,65nm,28nm.

מטרות הפרויקט

In this project you will compare key design parameters between 3 designs done in 180nm,65nm and 28nm processes. The design will be based on an implementation done in 28nm and 180nm of a highly compact matrix of Analog Spiking Neurons and Synapses that combined implements a full Analog Spiking Neural network. The Neuron implementation will include the design of a switched-cap integrator and a comparator with a precise programable threshold (see figure below). The Neurons and Synapses will be combined to implement a full 2 layer Analog Spiking Neural network. You will need to learn the theory and then implement the circuit in 65nm CMOS and compare performance to designs implemented already in 28nm and 180nm. The design includes both analog and digital blocks, which will allow you to develop skills in both.

נושאים נלמדים

In this project the student will be exposed to the implementation in 28nm and taking this implementation as a baseline , design a full Analog Spiking Neural Network in 65nm. The student will then compare key performance parameters between the 28nm/65nm and 180nm implemetations . The implementation will be done using digital and analog techniques. The schematics will be prepared in Virtuoso and simulated.

מספר פרויקט: Nano33 |

מימוש מאיצי חומרה יעודיים עבור בינה מלאכותית

Hardware acceleration design for AI

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	עמית רון
דוא״ל המנחה	amitush14699@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	33
שם המנחה המלא	עמית רון
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אדם תימן

רקע לפרויקט

מודלים מודרניים של בינה מלאכותית דורשים משאבי חישוב עצומים וגישה אינטנסיבית לזיכרון שמעבדים כלליים מתקשים לספק ביעילות. מאיצי חומרה ייעודיים (AI Accelerators) נועדו לפתור את צוואר הבקבוק הזה על ידי תכנון ארכיטקטוני המותאם מראש לביצוע הפעולות המתמטיות המקביליות של רשתות נוירונים, מה שמאפשר להריץ יישומי AI מתקדמים באופן מהיר וחסכוני באנרגיה.

מטרות הפרויקט

המטרה היא לתכנן, לממש בקוד (RTL) ולאמת ארכיטקטורת חומרה דיגיטלית המאיצה חישובי למידה עמוקה. הפרוייקט מתמקד בפיתוח בלוק חומרתי שממקסם את קצב עיבוד הנתונים ומצמצם את זמני ההשהיה (Latency), תוך ביצוע אופטימיזציה מקיפה למשאבי החומרה. לבסוף, הרצת המימוש על גבי כרטיס FPGA.

נושאים נלמדים

הסטודנטים ירכשו ידע מעשי ב-Digital Frontend וארכיטקטורת מחשבים, כתיבת קוד ב-Verilog וב-SystemVerilog, ואימות פונקציונלי. בנוסף, הם ילמדו טכניקות חומרתיות לאופטימיזציית AI כמו קוונטיזציה וניהול זרימת נתונים, ויתנסו בסינתזה ומימוש מעשי של המערכת על גבי רכיבי FPGA.

מספר פרויקט: Nano34 |

שיפור וחקירת מערכת Cache במעבד RISC-V

Extension and investigation of a cache system for a RISC-V core

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	עמית רון
דוא״ל המנחה	amitush14699@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	34
שם המנחה המלא	עמית רון
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אדם תימן

רקע לפרויקט

פער הביצועים ההולך וגדל בין מעבדים מהירים לזיכרון הראשי המאטי (DRAM) יוצר צוואר בקבוק מערכתי משמעותי המוכר כ"חומת הזיכרון" (Memory Wall). זיכרון המטמון (Cache) מתוכנן לגשר על הפער הזה על ידי ניצול עקרונות של מקומיות (זמנית ומרחבית), במטרה לשמור את הנתונים וההוראות החיוניים ביותר קרוב ככל האפשר ליחידות העיבוד, ובכך לאפשר זרימת נתונים רציפה ומהירה ללא עיכובים.

מטרות הפרויקט

המטרה היא לתכנן, לממש (RTL) ולאמת ארכיטקטורת חומרה של זיכרון מטמון או בקר מטמון (Cache Controller). הפרוייקט יתמקד בתכנון מנגנונים כגון שיטות מיפוי (למשל Set-Associative), מדיניות החלפה (Replacement Policies) או פרוטוקולי עקביות (Cache Coherence), במטרה למקסם את קצב הפגיעות (Hit Rate) ולמזער את זמני ההשהיה, תוך אופטימיזציה של משאבי הסיליקון.

נושאים נלמדים

הסטודנטים יעמיקו את הבנתם בארכיטקטורת מחשבים וב-Digital Frontend, וירכשו ניסיון מעשי בתכנון היררכיית זיכרונות וכתיבת קוד RTL מתקדם ב-Verilog ו-SystemVerilog. כמו כן, הם ילמדו לבצע ניתוח ביצועים לוגיים, להתמודד עם אתגרי סנכרון ותזמון נתונים, וליצור סביבות אימות (Verification) לתכנוני חומרה מורכבים.

מספר פרויקט: Nano37 |

המרת אנרגיה ממקור אלחוטי

Wireless Power Transfer

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ליאב ישראל בורהני
דוא״ל המנחה	burhanl@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור יוסי שור
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	joseph.shor@biu.ac.il
מספר פרויקט	37
שם המנחה המלא	ליאב ישראל בורהני
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור יוסי שור

רקע לפרויקט

פרויקט זה עוסק בהעברת אנרגיה אלחוטית על שבב (Wireless Power Transfer on Chip). הטכנולוגיה מאפשרת אספקת אנרגיה ללא חיבור פיזי ומתאימה ליישומים כגון חיישני IoT, מכשור רפואי מושתל ומערכות אלקטרוניות זעירות. בשנים האחרונות גובר העניין בשילוב מערכות אלו במעגלים משולבים.

מטרות הפרויקט

להכיר ולחקור שיטות קיימות להעברת אנרגיה אלחוטית על שבב באמצעות סקירת ספרות מקיפה. בסיום הפרויקט יוצגו הארכיטקטורות המרכזיות בתחום, ותבוצע סימולציה של מערכת בסיסית ב-Cadence Virtuoso לצורך בחינת עקרון הפעולה והביצועים.

נושאים נלמדים

מעגלי ניהול והמרת הספק

תכן מעגלים אנלוגיים ב-CMOS

סימולציות ב-Cadence Virtuoso

ניתוח והשוואת מאמרים (Prior Art)

מספר פרויקט: Nano38 |

מסגרת לחקר ואופטימיזציה של קרנלים עבור מאיצי בינה מלאכותית מרחביים באמצעות Cerebras של SDK

Kernel Research and Optimization Framework for Spatial AI Accelerators Using Cerebras SDK

פרטי הנחיה

Ofek Sharabi	שם המנחה המלא
ofek873@gmail.com	דוא״ל המנחה
Adam teman	ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת
aditeman@gmail.com	דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת
38	מספר פרויקט
Ofek Sharabi	שם המנחה המלא
Adam teman	ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת

רקע לפרויקט

בשנים האחרונות מתפתחות ארכיטקטורות חומרה חדשות המיועדות להתמודד עם דרישות חישוביות הולכות וגדלות. אחת הגישות החדשניות היא ארכיטקטורה מרחבית (Spatial Architecture), שבה החישוב ממופה ישירות על גבי מערך גדול של יחידות עיבוד, ולכן לאופן מימוש האלגוריתם וחלוקת העבודה בין יחידות החישוב קיימת השפעה משמעותית על ביצועי המערכת.

חברת Cerebras פיתחה ארכיטקטורת האצה ייחודית המבוססת על מספר גדול של יחידות עיבוד הפועלות במקביל. במסגרת הפרויקט יעשה שימוש ב־Cerebras SDK ובסביבת הסימולציה, המאפשרים לפתח ולחקור תוכנה עבור ארכיטקטורה זו ללא צורך בגישה לחומרה פיזית.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לפתח תשתית לחקר ומימוש של קרנלים חישוביים על גבי ארכיטקטורות מרחביות. הסטודנטים ילמדו את מודל התכנות של Cerebras, יממשו אלגוריתמים שונים, ויבחנו כיצד ניתן להתאים ולשפר מימושים קיימים עבור מודל חישוב מקבילי חדש. במסגרת הפרויקט ייבחנו שיטות מיפוי, חלוקת עבודה וניצול משאבי החומרה הווירטואלית, תוך ניתוח השפעתן על יעילות החישוב והביצועים.

נושאים נלמדים

מבנה מחשב והקשר בין תוכנה לחומרה, עקרונות בארכיטקטורת מחשבים, תכנות בסביבת פיתוח ייעודית, עבודה עם כלי סימולציה וניתוח ביצועים, והתאמת תוכנה למבנה חומרה.

מספר פרויקט: Nano40 |

תכנון והשוואה של מעגלים דיפרנציאליים בעלי לינאריות גבוהה

High-Linearity CMOS Differential Pairs: Design and Comparison

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	מוליה ג'מבר
דוא״ל המנחה	Mulye77@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרוף יוסי שור
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Joseph.Shor@biu.ac.il
מספר פרויקט	40
שם המנחה המלא	מוליה ג'מבר
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרוף יוסי שור

רקע לפרויקט

CMOS differential pairs are fundamental building blocks in analog integrated circuits and are widely used in amplifiers, filters, data converters and sensor interfaces. One of their main limitations is their restricted linear input range. As the differential input voltage increases, the circuit exhibits nonlinear behavior, resulting in distortion and reduced circuit performance. Several techniques have been proposed to improve linearity. However, these techniques are often evaluated using different CMOS technologies, supply voltages, bias and loading conditions, and different definitions of linearity, making a fair direct comparison difficult.

מטרות הפרויקט

In this project, you will design and compare several high-linearity differential-pair circuits. A conventional differential pair will be used as a reference, followed by two or more techniques selected from the literature. All circuits will be designed in the same CMOS technology and tested under the same operating conditions. The results will also be compared with a new circuit currently being developed by the research group.

נושאים נלמדים

You will study the selected techniques and implement them using Cadence Virtuoso. DC, AC and transient simulations will be used to compare linear range, transconductance, gain, bandwidth and power consumption. PVT and Monte Carlo simulations will also be conducted to verify the circuit performance. The project will provide practical experience in analog IC design and performance optimization. The successful completion of the project may contribute to an academic publication.

מספר פרויקט: Nano41 |

איפיון ואופטימיזציה של מערכת cache היררכית במעבד Risc-v מרובה ליבות

Characterization and Optimization of a Hierarchical Cache System in a Multi-Core RISC-V Processor

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Ofek Sharabi
דוא״ל המנחה	ofek873@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Adam teman
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	41
שם המנחה המלא	Ofek Sharabi
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Adam teman

רקע לפרויקט

מערכות Multi-Core הופכות לסטנדרט נפוץ במעבדי RISC-V, ומעלות אתגרים משמעותיים בתחום ניהול הזיכרון וביצועי המערכת. מערכת Cache היררכית קיימת, אשר שולבה בעבר עם מעבד RISC-V, מהווה בסיס לבחינה מעמיקה יותר של השפעת פרמטרים שונים על ביצועי המערכת בסביבה מרובת-ליבות.

מטרות הפרויקט

אפיון מעמיק של מערכת ה-Cache הקיימת באמצעות בדיקות מקיפות ומגוונות, ניסוי והתאמה של פרמטרים אדריכליים שונים כגון גודל, Associativity ומדיניות החלפה, ובחינת השפעתם על ביצועי המערכת. בהמשך לכך, הרחבת הארכיטקטורה כך שתתמוך בעבודה מול מעבד Multi-Core ואימות תפקודה התקין בסביבה זו.

נושאים נלמדים

ארכיטקטורת מחשבים, מערכות זיכרון היררכיות, מעבדי RISC-V, תכנון חומרה RTL, סימולציה ואימות מערכות, מערכות Multi-Core ו-Cache Coherence, ניתוח ואופטימיזציה של ביצועים.

מספר פרויקט: Nano42 |

אפיון הזרקת כשלים באמצעות קרינה אלקטרומגנטית במעגלים משולבים - תכנון חומרה ומערכת הזרקה וחישת צד

Characterization of Electromagnetic Fault Injection in Integrated Circuits - Design of Hardware Based Fault Injection and Side-Channel Analysis System

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אור נחום
דוא״ל המנחה	or.nahum@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ׳ איתמר לוי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	itamar.levi@biu.ac.il
מספר פרויקט	42
שם המנחה המלא	אור נחום
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ׳ איתמר לוי

רקע לפרויקט

תכנון ותכן חומרה של מערכת קיימת להזרקת כשלים במעגלים משולבים בעזרת קרינה אלקטרומגנטית. הסטודנטים יקחו אבטיפוס קיים רב עוצמה ויהפכו אותו למערכת דינמית, על ידי מימוש קוד ורילוג (RTL) על FPGA השולט על תזמון ההזרקה ברמת החומרה, כולל תכן והתאמה של מעגלי ההנעה והחישה. באמצעות המערכת יתקפו ויגנו על מעגלים משולבים (זכרונות SRAM, פלאש, ושבבי FPGA) בטכנולוגיות שונות (28 ננומטר, 65 ננומטר, 180 ננומטר וכו') ויאפיינו ברמת האות את השגיאות המתרחשות בשבבים במהלך פעולתם (דינמית או סטטית). כמו כן, הסטודנטים יתכננו את מעגל החישה האנלוגי של ערוץ הצד (זרם, מתח, הספק) תוך כדי הפעלת התקיפה האלקטרומגנטית, כולל שיקולי רעש, רוחב פס ותזמון.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לקיחת אבטיפוס קיים והפיכתו למערכת חומרה גמישה, המסונכרנת ברמת החומרה (תזמון טריגרים) ומאפשרת תקיפה והגנה על שבבים בטכנולוגיות וארכיטקטורות שונות. על הסטודנטים לתכנן מחדש את שרשרת ההזרקה ותכן ה-RTL על ה-FPGA השולט בפולסים כך שתתאים לדרישות התזמון והעוצמה של שבבים נוספים. הסטודנטים יתנסו בהזרקת כשלים לשבבים שונים, בתכן ובכיול מעגל החישה האנלוגי לאיסוף מידע מערוץ הצד, בניתוח מאפייני האות (רעש, רוחב פס, עיכובים), ובבניית שכבת תזמון/סנכרון גמישה בין ההזרקה לחישה. במהלך הפרויקט יתנסו הסטודנטים בתכן חומרה מתקדם ומתוחכם בתחום החומרה הבטוחה והסייבר, ויביאו אותה ליכולות העולות על אלו של רוב מעבדות המחקר המובילות בעולם.

נושאים נלמדים

הנדסת מערכת וחומרה, הזרקת כשלים באמצעות קרינה אלקטרומגנטית, תכן מעגלים, סימולציה, אפיון מעגל חישה לערוץ צד (זרם, מתח, הספק) ניתוח אותות, ביג דאטה.

מספר פרויקט: Nano46 |

תכנון ובחינת היתכנות של מכונת צטלין מבוססת דנ"א באמצעות כלי סימולציה

Design and Feasibility Analysis of a DNA-Based Tsetlin Machine Using Simulation Tools

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	נועה עדרי פריימן
דוא״ל המנחה	Noa.edri@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אלכס פיש
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	alexander.fish@biu.ac.il
מספר פרויקט	46
שם המנחה המלא	נועה עדרי פריימן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אלכס פיש

רקע לפרויקט

מכונת צטלין (Tsetlin Machine) היא מודל למידת מכונה מבוסס כללים, המציע יעילות חישובית ויכולת למידה באמצעות מבנים פשוטים יחסית. מימוש עקרונותיה באמצעות דנ"א עשוי לאפשר פיתוח מערכות חישוב ביולוגיות בעלות פוטנציאל לעיבוד מידע מקבילי ויעיל באנרגיה.

מטרות הפרויקט

תכנון מודל מבוסס דנ"א של מכונת צטלין ובחינת היתכנות מימושה באמצעות כלי סימולציה, תוך אפיון ביצועי המערכת ויכולת הלמידה שלה.

נושאים נלמדים

למידת מכונה, מכונת צטלין, חישוב מבוסס דנ"א, מעגלים לוגיים ביולוגיים, מידול וסימולציה של מערכות מולקולריות, ותכנון ארכיטקטורות חישוב חדשניות.

מספר פרויקט: Nano48 |

באנדגאפ רפרנס עם 3 פאזות וקבלים ממותגים

3-Phase Switched Capacitor BGREF

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אור בן דניאל
דוא״ל המנחה	or.bendaniel@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור יוסי שור
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	joseph.shor@biu.ac.il
מספר פרויקט	48
שם המנחה המלא	אור בן דניאל
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור יוסי שור

רקע לפרויקט

Modern digital SoCs require sub-1V bgrefs with minimal area and power consumption.

Standard current-mode topologies are highly sensitive to device mismatches and 1/f noise from the error amplifier and current mirrors.

The proposed project is based on a switched-capacitor current-mode topology.

This topology reduces circuit area by utilizing a single current source with time-interleaving. Additionaly, it uses an auto zero error amplifier which eliminates missmatch and noise.

מטרות הפרויקט

Design and simulate a sub-1V, switched-capacitor based BGREF with high sensitivity to device mismatches.

נושאים נלמדים

-bandgap ref

-switched capacitor amplifier

מספר פרויקט: Nano50 |

שילוב מאיץ PIM בתוך ארכיטקטורת Soft-Core GPU (מבוסס PYNQ)

Implementing a PIM (Processing-in-Memory) Accelerator within a PYNQ-Based Soft-Core GPU Architecture.

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	מתן נחום
דוא״ל המנחה	matan7050@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' לאוניד יביץ
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	50
שם המנחה המלא	מתן נחום
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' לאוניד יביץ

רקע לפרויקט

האצת רשתות נוירונים עמוקות (DNNs) ועיבוד תמונה על גבי רכיבי FPGA מציעה גמישות חומרתית רבה, אך פיתוח חומרה מסורתי (ב-Verilog/VHDL) דורש מומחיות גבוהה וזמן רב. פלטפורמות מודרניות כמו PYNQ פותרות בעיה זו על ידי מתן ממשק תוכנה ברמת הפשטה גבוהה (High-Level Abstraction) מבוסס Jupyter Notebooks, המאפשר למפתחי תוכנה להריץ ולשלוט ב-Soft-Core GPU (מעבד גרפי רך) על ה-FPGA ישירות מקוד Python.

עם זאת, ארכיטקטורות GPU מסורתיות סובלות מתקורה אנרגטית ועיכובי תזמון (Latency) משמעותיים עקב העברה מתמדת של נתונים (כמו משקולות של רשת נוירונים) מבלוקי הזיכרון אל יחידות החישוב (ALUs) ובחזרה על גבי ערוצי תקשורת פנימיים. כדי לפתור את צוואר הבקבוק הזה, פרויקט זה משדרג את ה-Soft-Core GPU הקיים באמצעות תפיסת PIM (Processing-in-Memory): הפיכת בלוקי הזיכרון הפנימיים של ה-GPU (כמו URAM/BRAM) ליחידות חישוב עצמאיות המבצעות פעולות מתמטיות (כמו כפלי מטריצות) ישירות בתוך הזיכרון, ללא צורך בהוצאת הנתונים החוצה.

מטרות הפרויקט

שדרוג חומרתי של ה-GPU: שינוי ארכיטקטורת הזיכרון הפנימי של ה-Soft-Core GPU (ב-Verilog/SystemVerilog) והצמדת יחידות חישוב מקביליות למוצאי הזיכרון כדי לממש יכולת PIM. פיתוח ממשק תקשורת מהיר: תכנון מנגנון הזרמת נתונים (Data Streaming) מבוסס פרוטוקול AXI-Stream המאפשר לליבת ה-GPU להזריק ערכי קלט ישירות לבלוק ה-PIM ולקבל תוצאה במחזור שעון מינימלי. אינטגרציה חלקה לסביבת PYNQ: יצירת מנהל התקן (Driver) ב-Python המאפשר למשתמש קצה להפעיל את פקודות ה-PIM החדשות של ה-GPU מתוך מחברת Jupyter Notebook בצורה פשוטה ואינטראקטיבית. וריפיקציה והוכחת ביצועים: ביצוע סימולציות מדויקות ברמת השעון (Cycle-Accurate) להוכחת תקינות מתמטית, וניתוח שיפור הביצועים (Speedup) לעומת הארכיטקטורה המקורית של ה-GPU.

נושאים נלמדים

ארכיטקטורת מחשוב, פיתוח חומרה

מספר פרויקט: Nano53 |

זיכרון תוכן-כתובתי (CAM) מבוסס Gain-Cell לחישוב בתוך זיכרון

Gain-Cell Content Addressable Memory (CAM) for In-Memory Computing

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אלון אפלבום
דוא״ל המנחה	appelbaum.alon@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	53
שם המנחה המלא	אלון אפלבום
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אדם תימן

רקע לפרויקט

בעשורים האחרונים גוברת הדרישה לפתרונות חיפוש והשוואת נתונים מהירים וחסכוניים בהספק, עבור יישומים כגון סיווג מנות ברשתות תקשורת, מנועי חיפוש במסדי נתונים והתאמת תבניות בעיבוד אותות. זיכרון תוכן-כתובתי (Content Addressable Memory) מאפשר חיפוש מקבילי של מילת נתונים על פני כל שורות הזיכרון במחזור בודד, אך מימושים מסורתיים המבוססים על תאי SRAM סובלים מצריכת הספק גבוהה ומשטח סיליקון גדול, המגבילים את קיבולת המערך. זיכרון Gain-Cell מהווה פתרון זיכרון דינאמי קומפקטי, חסכוני באנרגיה ובעל גמישות גבוהה לשילוב במערכות זיכרון מתקדמות, ויכולת ביצוע פעולות לוגיות בתוך המערך מאפשרת לממש את מנגנון ההשוואה (match) הנדרש לפעולת CAM ישירות בתאי הזיכרון, ללא צורך במעגלי השוואה ייעודיים לכל שורה. בפרויקט זה יתוכנן מערך CAM מבוסס תאי Gain-Cell, הכולל מימוש פעולת ההשוואה באמצעות הפעולות הלוגיות הזמינות במערך, מעגלי חישה לזיהוי התאמה, ומנגנון רענון המותאם לאופי הדינאמי של התאים. ביצועי המערך יוערכו במונחי מהירות חיפוש, אנרגיה לפעולת חיפוש, שטח וקיבולת, בהשוואה למימושי CAM ו-TCAM מסורתיים — ובכך יודגם הפוטנציאל של שילוב זיכרון Gain-Cell עם חישוב בזיכרון להשגת ביצועים גבוהים לצד חיסכון משמעותי בהספק ובשטח סיליקון.

מטרות הפרויקט

לתכנן ולממש ארכיטקטורה של זכרון תוכן-כתובתי מבוסס Gain cell תוך כדי התחשבות בגורמים היכולים לשפר את הביצועים.

נושאים נלמדים

בפרוייקט זה, הסטודנטים יעבדו עם מערכת virtuoso בה הם יבנו את המעגל ברמה הלוגית לסימולציות על המערך.

מספר פרויקט: Nano54 |

האצת רשתות נוירונים בינאריות באמצעות מערך Gain-Cell עם חישוב בתוך זיכרון

Binary Neural Network Accelerator Using Gain-Cell In Memory Computing

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אלון אפלבום
דוא״ל המנחה	appelbaum.alon@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	54
שם המנחה המלא	אלון אפלבום
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אדם תימן

רקע לפרויקט

בשנים האחרונות גוברת הדרישה להרצת מודלים של למידה עמוקה במערכות קצה מוגבלות בהספק ובשטח, כאשר צוואר הבקבוק המרכזי בארכיטקטורות מסורתיות הוא תעבורת הנתונים הרבה בין יחידת החישוב לזיכרון. רשתות נוירונים בינאריות (BNN) מציעות פתרון אטרקטיבי בכך שהן מצמצמות את פעולות הכפל-צבירה לפעולות XNOR וספירת ביטים (popcount) — פעולות לוגיות פשוטות הניתנות למימוש ישירות בתוך הזיכרון. זיכרון Gain-Cell מהווה פתרון זיכרון דינאמי קומפקטי וחסכוני באנרגיה, ויכולת ביצוע פעולת NOR בתוך המערך, שממנה ניתן לסנתז את פעולת ה-XNOR הנדרשת, פותחת פתח למימוש מנוע היסק (inference) שלם של רשת בינארית בתוך הזיכרון עצמו.

מטרות הפרויקט

לתכנן ולממש ארכיטקטורה של האצת רשתות נוירונים מבוסס Gain cell תוך כדי התחשבות בגורמים היכולים לשפר את הביצועים.

נושאים נלמדים

בפרוייקט זה, הסטודנטים יעבדו עם מערכת virtuoso בה הם יבנו את המעגל ברמה הלוגית לסימולציות על המערך

מספר פרויקט: Nano55 |

מיפוי רשתות AI פיזי לחומרה ייעודית

Physical AI Mapping for Custom Hardware

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	דוד שיננזון
דוא״ל המנחה	david.sheinenzon@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	55
שם המנחה המלא	דוד שיננזון
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ

רקע לפרויקט

רשתות נוירונים מתחום ה-Physical AI דורשות משאבי עיבוד ייחודיים לשם יעילות מרבית. מפותח במעבדה מאיץ חומרה ייעודי לרשתות נוירונים. כדי לאפשר את הרצת הרשתות על גבי השבב, נדרש תהליך המגשר בין המודל ברמת התוכנה לפקודות החומרה ברמת המכונה.

מטרות הפרויקט

מיפוי והרצה של רשתות Physical AI על גבי אמולטור של הצ'יפ הייעודי. העבודה המעשית כוללת: אפיון: ניתוח מבנה הרשת ברמת הפעולה הבודדת (אופי הפעולה, ממדי קלט/פלט ומשקלים). מיפוי: כתיבת קודי Assembly מותאמים אישית לארכיטקטורת השבב. משוב ואופטימיזציה: הרצה באמולטור והעלאת דרישות מקצועיות לצוות החומרה לשיפור התכנון והוספת יכולות.

נושאים נלמדים

ארכיטקטורת מחשבים ומאיצי בינה מלאכותית, תכנות ברמה נמוכה (Assembly) ומבנה פקודות (ISA), תכנון משולב חומרה-תוכנה.

מספר פרויקט: Nano57 |

מאיץ חומרה לרשתות נוירונים

Hardware Accelerator for Neural Networks

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אייל ימני
דוא״ל המנחה	eyal9015@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	57
שם המנחה המלא	אייל ימני
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אדם תימן

רקע לפרויקט

תכן לוגי ומערכות ספרתיות והבנה בסיסית של מעבדים וממשק אפיק. היכרות עם Verilog/SystemVerilog ורשתות נוירונים היא יתרון — שפת התיאור תילמד במהלך הסמסטר.

מטרות הפרויקט

לתכנן ולממש בורילוג מאיץ חומרה המבצע ביעילות את פעולת החישוב הליבתית של רשתות נוירונים, ולהטמיע אותו כפריפריאל בסביבת SoC מוכנה עם מעבד המפעיל אותו וקורא את התוצאות.

נושאים נלמדים

ארכיטקטורת מאיצים, יחידות MAC, pipeline ו-dataflow, ממשק אפיק וכתובות ממופות לזיכרון, אינטגרציה של מאיץ ב-SoC ואימות מול מודל reference עם השוואת ביצועים HW מול SW.

מספר פרויקט: Nano58 |

מאיץ חומרה למערכות למידה עמוקה

Deep Learning Hardware Accelerator

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אייל ימני
דוא״ל המנחה	eyal9015@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	58
שם המנחה המלא	אייל ימני
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אדם תימן

רקע לפרויקט

תכן לוגי ומערכות ספרתיות והבנה בסיסית של מעבדים וממשק אפיק. היכרות עם Verilog/SystemVerilog, למידה עמוקה ואריתמטיקה ב-fixed-point היא יתרון — שפת התיאור תילמד במהלך הסמסטר.

מטרות הפרויקט

לתכנן ולממש בורילוג מאיץ המאיץ פעולה מרכזית בזרימת חישוב של רשת עמוקה, ולהטמיע אותו כפריפריאל בסביבת SoC מוכנה עם מעבד הטוען נתונים, מפעיל את המאיץ ומקבל בחזרה את התוצאה.

נושאים נלמדים

תכן מאיצים וניצול מקביליות, data reuse וניהול זיכרון (buffering/DMA), אריתמטיקה ב-fixed-point וקוונטיזציה, ממשק אפיק ואינטגרציה ב-SoC, ואימות מול מודל reference עם ניתוח trade-offs בין שטח, תפוקה ומשאבים.

מספר פרויקט: Nano59 |

תכנון מעגל דינמי בטכנולוגיה מתקדמת בטמפרטורות קריוגניות

Dynamic circuit design in advanced tecnology and cryogenic temperature

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אבי סיני
דוא״ל המנחה	indigav@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	59
שם המנחה המלא	אבי סיני
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ

רקע לפרויקט

תכנון ובנייה של מעגל הפועל בעזרת לוגיקה דינמית ובטמפרטורות נמוכות.

בפרוייקט נממש מכפל המבוסס על יחידות gain cell ומחבר מסוג manchester הפועלים בצורה דינמית תוך שימוש בטכנולוגיות מתקדמות.

מטרות הפרויקט

מימוש יחידת MAC חדשנית מהירה וחסכונית.

נושאים נלמדים

עבודה עם virtuoso, התנהגות מעגלים בלוגיקה דינמית, זליגות, Layout, עבודה עם MAC.

Cryogenic temperature וההשפעה על מעגלים חשמליים

מספר פרויקט: Nano60 |

מידול ושיפור של תא זיכרון מבוסס ממריסטורים

Modeling and characterization of memrisors based memory unit

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אבי סיני
דוא״ל המנחה	indigav@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	60
שם המנחה המלא	אבי סיני
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ

רקע לפרויקט

בניית יחידת זיכרון המבוססת על ממריסטורים.

ביצוע מדידות על צ'יפ, אפיון מתחי עבודה והספקים.

מטרות הפרויקט

מציאת מתחי עבודה אופטימליים ליחידת הזיכרון. אפיון ממריסטור ולמידה על שונות בו.

נושאים נלמדים

Memristors, יחידות זיכרון nvm, וירטואוזו, אפיון טכנולוגיות חדשות

מספר פרויקט: Nano70 |

תכנון יצרן אקראיות מתקדם בחמרה (ASIC), סימולציות ומידול מתמטי וסטטיסטי

Design of an Advanced ASIC-Based TRNG with Simulation and Mathematical & Statistical Modeling

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	איתמר לוי
דוא״ל המנחה	
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' איתמר לוי
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	itamar.levi@biu.ac.il
מספר פרויקט	70
שם המנחה המלא	איתמר לוי
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' איתמר לוי

רקע לפרויקט

אחד מאבני היסוד באבטחת מידע בעיבוד חומרתי הם יצרני אקראיות – מעגלים חומרתיים המייצרים ביטים אקראיים לגמרי, שקריטיים להגנה על שבבים ופעילות בטוחה של מנגנונים קריפטוגרפים. עקב הדרישה ההולכת וגוברת ליצרני אקראיות בקצב מהיר במיוחד (ultra-high throughput TRNGs), נבחנות אפשרויות חדשניות לבניית יצרני אקראיות רבי-מוצאים (MIMO TRNGs – Multi-Input Multi Output TRNGS). מעבר לאתגרים הרגילים בתכנון מעגלים בחומרה המבטיחים אקראיות, תכנון של MIMO TRNG טומן בחובו אתגרים חדשים, בהם אבטחת עמידות המעגל תחת תקיפות שונות, ושמירה על חוסר תלות בין הביטים השונים.

פרויקט זה מתמקד בתכנון ב ASIC (physical design) של יצרנים רנדומיים פיסיקאליים עבור אפליקציות שדורשות תפוקה רנדומית גדולה בעלות אנרגטית נמוכה. בפרויקט זה אנו נממש יצרנים רנדומיים המסתמכים על עקרונות פיסיקליים באמצעות כלי CAD (כמו VIRTUOSO), נמדל אותם, נשווה את המידולים השונים לתוצאות שנקבל באמצעות מבחנים סטטיסטיים שונים (כמו מבחני NIST) ובתקווה נייצרם בטכנולוגיית ASIC (רלוונטיים מאוד לעולם הרכיבים, לאפליקציות IoT וכו'). המטריקות שנשתמש בהם הם אנטרופיה מינימאלית, תפוקה, עלות אנרגטית לביט וכו'.

*דגש: המידע שניתן כאן מוגבל מפאת אבטחת-מידע למידע מפורט נא לגשת אלי

מטרות הפרויקט

תכנון יעיל של יצרני האקראיות ב ASIC, בחינת התוצאות החומרתיות, מידול של התופעות הפיזיקליות ביצרנים (Jitter ו Metastability) ובחינת המודלים. אופציונלי: ייצור הרכיבים.

נושאים נלמדים

תכולת הפרויקט:

- למידה מעמיקה של רקע תיאורטי של יצירת אקראיות במעגלים חומרתיים, כולל התמקדות באתגרים העולים משיטות התכנון החדשות.
- למידת הארכיטקטורה הקיימת
- מימוש באמצעות כלי CAD
- סימולציות
- ניתוח סטטיסטי (לדוגמה, באמצעות מבחני NIST)
- הרחבת המידול הסימולציוני הקיים (תיאור המעגל באמצעות DDE) והשוואתו לתוצאות הפיזיקליות
- טיוב התיאוריה סטטיסטית
- ייצור הרכיבים. (אופציונלית)

לבסוף, פרויקט מוצלח יזכה לייצר את הרכיבים ולפרסם עבודות בכתבי עת.

הרחבות אפשרויות:

- בחינת מעגלים נוספים המשמשים כאבני בניין ליצרני אקראיות, מימושם ושילובם במעגל

כלים נדרשים וקורסי קדם:

לא חובה אך ידע שיכול לעזור \ להוות ייתרון:

83607 עקרונות של תכנון מערכות דיגיטליות

83673 מבוא לחומרה בטוחה - בניות מתקפות

VERILOG תכן חומרה בשפת

כלים נדרשים שילמדו תוך כדי הפרויקט אם אין ידע קודם:

- כלים בסיסיים מתורת האינפורמציה

• Synthesis tools

מספר פרויקט: Nano74 |

תכנון וניתוח של זכרונות דינאמים עבור יישומים קריוגניים

Design and Analysis of Dynamic Memories for Cryogenic Applications

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	עידו ליבוביץ׳
דוא״ל המנחה	ido.letz@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אלכס פיש
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	alexander.fish@biu.ac.il
מספר פרויקט	74
שם המנחה המלא	עידו ליבוביץ׳
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אלכס פיש

רקע לפרויקט

תכנון זכרונות וההבנה שלהם הוא בסיס העשייה לקראת יצירת אפליקציות למטרות שונות. כיום, הצורך בתכנון מעגלים שפועלים בטמפרטורות קריוגניות (כגון 77K ו-4.2K) תופס תאוצה עקב עלייה במספר התחומים שדורשים פעולה בתנאי קיצון כמו מחשוב קוונטי, תכנון דל הספק, חישת תמונה ועוד.

על מנת ליצור מעגל שיעבוד בצורה אופטימלית בטמפרטורות קריוגניות יש לעבוד עם מודלים עדכניים שמתחשבים בכל האפקטים שמשנים את התנהגות הטרנזיסטור בטווח הטמפרטורות הללו. כיום אין מודלים זמינים לכלי CAD המותאמים לטמפרטורות קריוגנית, לכן תכנון מעגלים מחייב למידה עמוקה של התהליכים הפיזיקליים והתאמת התכנון בעזרת יצירת קווי מנחה.

מטרות הפרויקט

בפרויקט נלמד כיצד לתכנן זיכרונות דינמיים המיועדים לפעולה בטמפרטורות קריוגניות, ונבצע תכנון והטמעה ראשונית של מבני זיכרון לקראת מדידות קריוגניות עתידיות. הזיכרונות יתוכננו כך שיפעלו באופן אמין ויעיל בטווחים שונים של טמפרטורות קריוגניות, תוך בחינת הפונקציונליות, זמני הגישה, יציבות שמירת המידע, צריכת ההספק וביצועי המעגל. עקב המחסור במודלים מדויקים המתארים את התנהגות הטרנזיסטורים בטמפרטורות נמוכות, יתוכננו וייבחנו תאי זיכרון ומעגלים היקפיים ברמות אבסטרקציה שונות. מטרת התכנון היא לאפיין את השפעת התנאים הקריוגניים על פעולת הזיכרון, לזהות את הפרמטרים המרכזיים המשפיעים על אמינותו וביצועיו, ולבסס תשתית לתכנון מערכות זיכרון מתקדמות עבור יישומים קריוגניים.

נושאים נלמדים

במסגרת הפרויקט יילמדו עקרונות הפעולה והתכנון של זיכרונות דינמיים בטכנולוגיות CMOS מתקדמות, תוך התמקדות בהתנהגותם בטמפרטורות קריוגניות. הנושאים המרכזיים יכללו תכנון תאי זיכרון ומעגלים היקפיים, פעולות כתיבה, קריאה ורענון, מנגנוני טעינה ופריקה, זרמי זליגה וזמן שמירת המידע. בנוסף, ייבחנו השפעות הטמפרטורה על מאפייני הטרנזיסטורים, זמני הגישה, יציבות הפעולה, צריכת ההספק ואמינות הזיכרון. במהלך הפרויקט יבוצעו סימולציות ברמות אבסטרקציה שונות, תכנון מעגלי בדיקה והשוואה בין ביצועי הזיכרון בטמפרטורת החדר לבין ביצועיו בתנאים קריוגניים.

מספר פרויקט: Nano75 |

תכנון וניתוח של פליפ־פלופים עבור יישומים קריוגניים

Design and Analysis of Flip-Flops for Cryogenic Applications

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	עידו ליבוביץ
דוא״ל המנחה	ido.letz@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אלכס פיש
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Alexander.Fish@biu.ac.il
מספר פרויקט	75
שם המנחה המלא	עידו ליבוביץ
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אלכס פיש

רקע לפרויקט

מערכות אלקטרוניות הפועלות בטמפרטורות קריוגניות נמצאות בשימוש הולך וגדל בתחומים כגון מחשוב קוונטי, מערכות חלל, גלאים רגישים ומערכות מדידה מתקדמות. במערכות אלו נדרש לעיתים למקם את מעגלי הבקרה והעיבוד בסמוך לרכיבים הקריוגניים, במטרה להפחית זמני השהיה, לצמצם את מספר החיבורים בין אזורי טמפרטורה שונים ולשפר את יעילות המערכת הכוללת.

פליפ־פלופים הם רכיבים בסיסיים במערכות דיגיטליות סיקוונציאליות, ומשמשים לשמירת מידע, סנכרון אותות, בניית אוגרים, מונים ומכונות מצבים. תפקודם התקין חיוני לפעולה יציבה של מערכות דיגיטליות המבוססות על אות שעון. עם זאת, ירידה לטמפרטורות קריוגניות משנה את המאפיינים החשמליים של טרנזיסטורי CMOS, ובהם מתח הסף, ניידות נושאי המטען, זרמי הזליגה, זמני המיתוג וצריכת ההספק. שינויים אלו עשויים להשפיע באופן משמעותי על זמני ה־Setup וה־Hold, על השהיית ה־Clock-to-Q, על תדר העבודה המרבי ועל אמינות שמירת המידע.

בנוסף, מודלי הטרנזיסטורים המקובלים אינם תמיד מתארים באופן מדויק את התנהגות הרכיבים בטמפרטורות נמוכות מאוד. לכן קיים צורך לבחון ארכיטקטורות שונות של פליפ־פלופים, לאפיין את ביצועיהן בתנאים קריוגניים ולזהות אילו מבנים מתאימים יותר לפעולה מהירה, יציבה וחסכונית בהספק. הפרויקט יתמקד בתכנון, סימולציה והשוואה של פליפ־פלופים בטכנולוגיות CMOS מתקדמות, במטרה ליצור בסיס לפיתוח מערכות דיגיטליות אמינות עבור יישומים קריוגניים.

מטרות הפרויקט

בפרויקט נלמד כיצד לתכנן פליפ־פלופים ומעגלים סיקוונציאליים המיועדים לפעולה בטמפרטורות קריוגניות, ונבצע תכנון והטמעה ראשונית של מבנים אלו לקראת מדידות קריוגניות עתידיות. הפליפ־פלופים יתוכננו כך שיפעלו באופן אמין ויעיל בטווחים שונים של טמפרטורות קריוגניות, תוך בחינת הפונקציונליות, מהירות הפעולה, זמני ההשהיה, צריכת ההספק ויציבות שמירת המידע. עקב המחסור במודלים מדויקים המתארים את התנהגות הטרנזיסטורים בטמפרטורות נמוכות, יתוכננו וייבחנו מספר מבנים של פליפ־פלופים ברמות אבסטרקציה שונות. מטרת התכנון היא לאפיין את השפעת התנאים הקריוגניים על פעולת הפליפ־פלופ, לזהות את הפרמטרים המרכזיים המשפיעים על ביצועיו ואמינותו, ולבסס תשתית לתכנון מערכות דיגיטליות סיקוונציאליות עבור יישומים קריוגניים.

נושאים נלמדים

במסגרת הפרויקט יילמדו עקרונות הפעולה והתכנון של פליפ־פלופים ומעגלים סיקוונציאליים בטכנולוגיות CMOS מתקדמות, תוך התמקדות בהתנהגותם בטמפרטורות קריוגניות. הנושאים המרכזיים יכללו תכנון והשוואה בין ארכיטקטורות שונות של פליפ־פלופים, ניתוח זמני Setup ו־Hold, השהיית Clock-to-Q, תדר העבודה המרבי, יציבות שמירת המידע וצריכת ההספק.

בנוסף, תיבחן השפעת הטמפרטורה על מאפייני הטרנזיסטורים ועל תפקוד המעגל, וכן רגישותו לשינויים בתהליך הייצור, במתח ובטמפרטורה. במהלך הפרויקט יבוצעו סימולציות ברמות אבסטרקציה שונות, יתוכננו מעגלי בדיקה, ותיערך השוואה בין ביצועי הפליפ־פלופים בטמפרטורת החדר לבין ביצועיהם בתנאים קריוגניים.

מספר פרויקט: Nano76 |

תכנון וניתוח של לוגיקה דינמית עבור יישומים קריוגניים

Design and Analysis of Dynamic Logic for Cryogenic Applications

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	עידן מיכאלי
דוא״ל המנחה	idanm852@gmial.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אלכס פיש
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Alexander.Fish@biu.ac.il
מספר פרויקט	76
שם המנחה המלא	עידן מיכאלי
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אלכס פיש

רקע לפרויקט

מערכות אלקטרוניות הפועלות בטמפרטורות קריוגניות משמשות בתחומים כגון מחשוב קוונטי, מערכות חלל, גלאים רגישים ומערכות מדידה מתקדמות. במערכות אלו קיים צורך במעגלי עיבוד ובקרה המסוגלים לפעול במהירות גבוהה ובצריכת הספק נמוכה בסביבה שבה מאפייני הרכיבים האלקטרוניים שונים באופן משמעותי ממאפייניהם בטמפרטורת החדר.

לוגיקה דינמית היא שיטת תכנון של מעגלים דיגיטליים שבה המידע מיוצג באופן זמני באמצעות מטען חשמלי הנשמר בצומת קיבולי. פעולת המעגל מחולקת בדרך כלל לשלב טעינה מוקדמת ולשלב חישוב הנשלטים באמצעות אות שעון. בהשוואה ללוגיקה סטטית, לוגיקה דינמית עשויה לאפשר מספר קטן יותר של טרנזיסטורים, קיבול נמוך יותר ומהירות פעולה גבוהה יותר. עם זאת, היא רגישה יותר לזרמי זליגה, לרעש, לחלוקת מטען ולשינויים בתזמון אות השעון.

בטמפרטורות קריוגניות משתנים מאפיינים מרכזיים של טרנזיסטורי CMOS, ובהם מתח הסף, ניידות נושאי המטען, זרמי הזליגה ומהירות המיתוג. שינויים אלו עשויים לשפר חלק מביצועי המעגל, אך גם ליצור קשיים חדשים בשמירת המטען, ביציבות הצמתים הדינמיים ובתכנון אותות השעון. נוסף על כך, המודלים המקובלים של הטרנזיסטורים אינם תמיד מדויקים בטמפרטורות נמוכות מאוד.

לכן קיים צורך לחקור ארכיטקטורות שונות של לוגיקה דינמית, לאפיין את פעולתן בתנאים קריוגניים ולזהות את מבני המעגל המתאימים ביותר לפעולה מהירה, יציבה וחסכונית בהספק. הפרויקט יתמקד בתכנון, בסימולציה ובהשוואה של מעגלי לוגיקה דינמית, במטרה ליצור בסיס לפיתוח מערכות דיגיטליות מתקדמות עבור יישומים קריוגניים.

מטרות הפרויקט

בפרויקט נלמד כיצד לתכנן מעגלי לוגיקה דינמית המיועדים לפעולה בטמפרטורות קריוגניות, ונבצע תכנון והטמעה ראשונית של מבנים אלו לקראת מדידות קריוגניות עתידיות. המעגלים יתוכננו כך שיפעלו באופן אמין ויעיל בטווחים שונים של טמפרטורות קריוגניות, תוך בחינת הפונקציונליות, מהירות הפעולה, צריכת ההספק, יציבות האותות ועמידות המעגל בפני זליגות ורעשים. עקב המחסור במודלים מדויקים המתארים את התנהגות הטרנזיסטורים בטמפרטורות נמוכות, יתוכננו וייבחנו מבנים שונים של לוגיקה דינמית ברמות אבסטרקציה שונות. מטרת הפרויקט היא לאפיין את השפעת התנאים הקריוגניים על שלבי הטעינה המוקדמת והחישוב, לזהות את הפרמטרים המרכזיים המשפיעים על ביצועי המעגל ואמינותו, ולבסס תשתית לתכנון מערכות דיגיטליות מהירות וחסכוניות בהספק עבור יישומים קריוגניים.

נושאים נלמדים

במסגרת הפרויקט יילמדו עקרונות הפעולה והתכנון של מעגלי לוגיקה דינמית בטכנולוגיות CMOS מתקדמות, תוך התמקדות בהתנהגותם בטמפרטורות קריוגניות. הנושאים המרכזיים יכללו את שלבי הטעינה המוקדמת והחישוב, תכנון שערים דינמיים ולוגיקת Domino, ניתוח זמני השהיה, תדר העבודה המרבי, צריכת ההספק ויציבות הצמתים הדינמיים.

בנוסף, ייבחנו תופעות ייחודיות ללוגיקה דינמית, ובהן זרמי זליגה, חלוקת מטען, רגישות לרעש ופריקה בלתי רצויה של הצומת הדינמית. תיבחן גם השפעתם של טרנזיסטורי Keeper ושל פרמטרי התכנון על אמינות המעגל. במהלך הפרויקט

יבוצעו סימולציות ברמות אבסטרקציה שונות, יתוכננו מעגלי בדיקה ותיערך השוואה בין ביצועי המעגלים בטמפרטורת החדר לבין ביצועיהם בתנאים קריוגניים.

מספר פרויקט: Nano78 |

אפיון וניתוח של מחברי ביניים בטכנולוגיות CMOS עבור יישומים קריוגניים

Characterization and Analysis of Interconnects at Cryogenic Temperatures

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	עידן מיכאלי
דוא״ל המנחה	idanm852@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אלכס פיש
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Alexander.Fish@biu.ac.il
מספר פרויקט	78
שם המנחה המלא	עידן מיכאלי
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופסור אלכס פיש

רקע לפרויקט

קווי חיבור ומחברי ביניים הם חלק מרכזי במעגלים משולבים, ותפקידם להעביר אותות, שעון ואספקת מתח בין טרנזיסטורים, שערים לוגיים ובלוקים שונים במערכת. עם התקדמות טכנולוגיות הייצור והקטנת ממדי הטרנזיסטורים, השפעתם של קווי החיבור על ביצועי המעגל הולכת וגדלה. במקרים רבים, ההשהיה, צריכת ההספק ואיכות האות אינן נקבעות רק על ידי הטרנזיסטורים, אלא גם על ידי ההתנגדות והקיבול הפרזיטיים של שכבות המתכת והחיבורים ביניהן.

בטמפרטורות קריוגניות משתנים המאפיינים הפיזיקליים והחשמליים של חומרי המתכת, שכבות הבידוד והמגעים. לדוגמה, התנגדות המתכת עשויה לרדת עקב הפחתת פיזור האלקטרונים על ידי תנודות הגביש. עם זאת, בקווים צרים ובטכנולוגיות מתקדמות קיימים מנגנוני פיזור נוספים, כגון פיזור מגבולות גרעינים וממשטחי המתכת, ולכן השפעת הטמפרטורה אינה בהכרח אחידה או פשוטה לחיזוי.

שינויים בהתנגדות ובפרמטרים הפרזיטיים עשויים להשפיע על זמני השהיה, שלמות האות, Crosstalk, צריכת ההספק ותדר העבודה המרבי של המערכת. נוסף על כך, שינויי טמפרטורה קיצוניים עלולים ליצור מאמצים מכניים כתוצאה מהבדלים במקדמי ההתפשטות התרמית של החומרים השונים, ולהשפיע על אמינותם של קווי המתכת והמגעים.

מודלי ה־Interconnect המקובלים מפותחים בדרך כלל עבור טווחי טמפרטורה רגילים, ולכן הם אינם תמיד מתארים במדויק את התנהגותם של קווי החיבור בתנאים קריוגניים. מכאן נובע הצורך בתכנון מבני בדיקה, ביצוע מדידות והשוואת התוצאות למודלים ולסימולציות. הפרויקט יתמקד באפיון התלות של מאפייני קווי החיבור בטמפרטורה וביצירת בסיס לתכנון מדויק ואמין של מערכות משולבות עבור יישומים קריוגניים.

מטרות הפרויקט

בפרויקט נבחן את התנהגותם החשמלית של קווי חיבור ומחברי ביניים בטכנולוגיות CMOS מתקדמות בטמפרטורות קריוגניות. במסגרת הפרויקט יתוכננו מבני בדיקה ייעודיים לצורך אפיון פרמטרים מרכזיים של ה־Interconnect, ובהם התנגדות, קיבול, השראות, זמני השהיה, צריכת הספק ושלמות האות. הפרויקט יתמקד בהשפעת הירידה בטמפרטורה על מאפייני המתכות, המגעים ושכבות החיבור, ובהשלכות של שינויים אלו על ביצועי מעגלים משולבים. עקב המחסור במודלים מדויקים עבור טמפרטורות קריוגניות, ייבחנו מבנים שונים של קווי חיבור ברמות מתכת, אורכים ורוחבים שונים, במטרה לאפיין את תלות הפרמטרים החשמליים בטמפרטורה ולבסס מודלים מתאימים לסימולציה ולתכנון מערכות קריוגניות עתידיות. בנוסף, תיערך השוואה בין ביצועי קווי החיבור בטמפרטורת החדר לבין ביצועיהם בטווחים שונים של טמפרטורות קריוגניות, תוך בחינת השפעתם על מהירות הפעולה, אמינות התקשורת בין רכיבי המעגל וצריכת ההספק הכוללת.

נושאים נלמדים

במסגרת הפרויקט יילמדו עקרונות התכנון והאפיון של קווי חיבור ומחברי ביניים בטכנולוגיות CMOS מתקדמות, תוך התמקדות בהתנהגותם בטמפרטורות קריוגניות. הנושאים המרכזיים יכללו ניתוח התנגדות, קיבול והשראות פרזיטיים, מודלים מסוג RC ו־RLC, השהיית התפשטות אותות, צריכת הספק ושלמות האות.

בנוסף, תיבחן השפעתם של אורך הקו, רוחבו, שכבת המתכת ומספר המעברים בין שכבות על ביצועי החיבור. ייבחנו תופעות כגון Crosstalk, רעש, זמני עלייה וירידה, התנגדות של מגעים ו־Vias ואמינות קווי החיבור בתנאים קריוגניים. במהלך הפרויקט יתוכננו מבני בדיקה, יבוצעו סימולציות הכוללות חילוץ פרזיטים ותיערך השוואה בין מאפייני קווי החיבור בטמפרטורת החדר לבין מאפייניהם בטמפרטורות קריוגניות.

מספר פרויקט: Nano80 |

פרדיגמות תכנון מעגלים דינמיים עבור אפליקציות קריוגניות

Dynamic Based Circuit Design Paradigms for Cryogenic Oriented Applications

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	נעם רוקניאן
דוא״ל המנחה	noam.roknian@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אלכס פיש
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	alexander.fish@biu.ac.il
מספר פרויקט	80
שם המנחה המלא	נעם רוקניאן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אלכס פיש

רקע לפרויקט

תכנון מעגלים וההבנה שלהם הוא בסיס העשייה לקראת יצירת אפליקציות למטרות שונות. כיום, הצורך בתכנון מעלים שפועלים בטמפרטורות קריוגניות (כגון 77K ו-4.2K) תופס תאוצה עקב עלייה במספר התחומים שדורשים פעולה בתנאי קיצון כמו מחשוב קוונטי, תכנון דל הספק, חישת תמונה ועוד.

על מנת ליצור מעגל שיעבוד בצורה אופטימלית בטמפרטורות קריוגניות יש לעבוד עם מודלים עדכניים שמתחשבים בכל האפקטים שמשנים את התנהגות הטרנזיסטור בטווח הטמפרטורות הללו. כיום אין מודלים זמינים לכלי CAD המותאמים לטמפרטורות קריוגנית, לכן תכנון מעגלים מחייב למידה עמוקה של התהליכים הפיזיקליים והתאמת התכנון בעזרת יצירת קווי מנחה.

מטרות הפרויקט

בפרויקט נבין כיצד מתכננים מעגלים ומערכות עבור טמפרטורות קריוגניות, ונבצע הטמעה ראשונית של מעגלים אלו לקראת מדידות קריוגניות עתידיות. המעגלים שייבנו יועדו לפעול בצורה אופטימלית בטמפרטורות הללו, תוך מתן דגש על פונקציונליות, ביצועים וצריכת ההספק עבור טווחי טמפרטורות קריוגניות שונות. בעזרת שימוש במודל קריוגני קומפקטי ראשוני, ייבנו מעגלים ברמות אבסטרקציה שונות, המיועדים לאפיון האפקטים הקריוגנים וביסוס הפעולה של רמות אבסטרקציה שונות עבור מערכות המיועדות לאפליקציות קריוגניות.

נושאים נלמדים

פעילות טרנזיסטורים ומעגלים בטמפרטורות קריוגניות, ביצוע סימולציות מורכבות, משפחות לוגיות דינמיות, ניתוח נתונים מעמיק, ניתוח מודלי BSIM והשוואה למודלים קיימים

מספר פרויקט: Nano81 |

אופטימיזציה ותכנון מעגלים תלויי טמפרטורה עבור אפליקציות קריוגניות

Temperature-Depended Circuit Optimization and Design for Cryogenic Applications

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	נעם רוקניאן
דוא״ל המנחה	noam.roknian@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אלכס פיש
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	alexander.fish@biu.ac.il
מספר פרויקט	81
שם המנחה המלא	נעם רוקניאן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אלכס פיש

רקע לפרויקט

בזמן שחוק מור מגיע לסופו ואי אפשר לשפר ביצועים וצריכת הספק מהקטנת הרכיבים בלבד, שיטות חדשות לאופטימיזציית מעגלים תופסות תאוצה. אחת מהשיטות הללו היא פעולה בטווח טמפרטורות קריוגניות (אפליקציות קריוגניות כוללות כיום מחשוב קוונטי, תכנון דל הספק, חישת תמונה ועוד). לכן, הצורך בתכנון איכותי וחדשני עבור טווח טמפרטורות קריוגניות גבוה מאי פעם.

מכיוון שטווח הטמפרטורות הקריוגניות גורמות לשינויים דרסטים בהתנהגות הרכיבים, ניתן לרתום את האפקטים הללו ולהטמיע מעגלים שיבצעו אופטימיזציה בעזרת דרגת חופש נוספת - שינויי טמפרטורה. כיוון שאין מודלים זמינים עבור כלי CAD המותאמים לטמפרטורות קריוגנית, שימוש בטמפרטורה ככלי אופטימיזציה דורש ניתוח מעמיק והשוואה עם מעגלים קיימים.

מטרות הפרויקט

בפרויקט נצלול אל תוך תכנון מעגלים קריוגנים, נחזק את ההבנה על הקשר בין סביבת פעולה להתנהגות המעגלים וניצור מעגלים שיכולים להשתמש בטמפרטורה בתור דרגת חופש נוספת עבור אופטימיזציית הספק וביצועים. בנוסף, בעזרת מודל קריוגני קומפקטי נבדוק אלגוריתמים קיימים של אופטימיזציות הספק/ביצועים/שטח על תאי ספרייה סטנדרטים כדי לוודא את נכונותם ושימושם בטווחי טמפרטורות אלו.

נושאים נלמדים

פעילות טרנזיסטורים ומעגלים בטמפרטורות קריוגניות, ביצוע סימולציות מורכבות, משפחות לוגיות מורכבות, ניתוח נתונים מעמיק, הטמעת אלגוריתמים קיימים של אופטימיזציית הספק/ביצועים

מספר פרויקט: Nano82 |

ביצוע "טייפאאוט קטן"

Tiny Tapeout

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	עמית חן
דוא״ל המנחה	amit.chen@intel.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	82
שם המנחה המלא	עמית חן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אדם תימן

רקע לפרויקט

יצירת פרוייקט שמתוכנן מרמת הרעיון ועד לביצוע טייפאאוט במסגרת תוכנית Tiny Tapeout

מטרות הפרויקט

למידת כל התהליך של ביצוע טייפאאוט ותכן שבב מהתחלה ועד הסוף

נושאים נלמדים

תכן מערכת, כתיבת תוכנה, מימוש חומרה, טייפאאוט

מספר פרויקט: Nano86 |

התאמה ומיפוי של מודלי Physical AI לסביבת חומרה ייעודית

Mapping and Adaptation of Physical AI Models for Custom Edge Hardware

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	דוד שיננזון
דוא״ל המנחה	david.sheinenzon@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	86
שם המנחה המלא	דוד שיננזון
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ

רקע לפרויקט

בשונה ממודלים קלאסיים (כמו זיהוי תמונה סטנדרטי), מודלי Physical AI מציגים מאפייני חישוב מעט שונים שמעניין לבחון ברמת החומרה. מטרת הפרויקט היא לקחת מודל נבחר, לאפיין את הדרישות שלו באופן מעשי, ולבצע תהליך מיפוי (Mapping) ראשוני להרצה על שבב הנמצא בפיתוח במעבדה. העבודה משלבת תרגום של פעולות הרשת לקוד ברמה נמוכה (Assembly) והרצתו באמולטור, במטרה לחוות ולהבין את האתגרים שעולים במפגש שבין המודל הפיזיקלי למגבלות הסיליקון בפועל.

מטרות הפרויקט

יצירת תזרים עבודה (Flow) מעשי שלוקח מודל Physical AI וממפה אותו בהצלחה לסביבת האמולציה של החומרה. הפרויקט יעניק ניסיון פרקטי (Hands-on) בתכנון משולב חומרה-תוכנה (HW/SW Co-Design) ובהבנת ההבדלים בין הרצת מודל בתיאוריה (פייתון) לבין הרצתו על רכיב חומרה אמיתי.

נושאים נלמדים

ארכיטקטורת מחשבים ממוקדת AI, תכנות שפת סף, תכנון משולב חומרה-תוכנה, ניתוח רשתות נוירונים.

מספר פרויקט: Nano89 |

סינתזה קולואידלית של ננו-גבישי ZnS:Mn ואפיון ספין קוונטי בשיטת ODMR

Colloidal Synthesis of ZnS:Mn Nanocrystals and Quantum Spin Characterization by Optically Detected Magnetic Resonance

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ד"ר יוסי פנפיל
דוא״ל המנחה	efraim-yossef.panfil@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יוסי פנפיל
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	efraim-yossef.panfil@biu.ac.il
מספר פרויקט	89
שם המנחה המלא	ד"ר יוסי פנפיל
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד"ר יוסי פנפיל

רקע לפרויקט

ננו-גבישי ZnS מאולחים במנגן (ZnS:Mn) הם diluted magnetic semiconductor (DMS) עם תכונות אופטיות וספיניות ייחודיות. יון Mn^{2+} (S = 5/2) המחליף Zn^{2+} בסריג מכיל את המעבר $^6A_1 \rightarrow {}^4T_1$ (~585 nm) עם זמן חיים ארוך במיוחד עקב האיסור הספיני. עוצמת הפלואורסצנציה תלויה במצב הספין, מה שמאפשר optically detected magnetic resonance (ODMR) – גישה דומה למרכזי NV ביהלום, אך בפלטפורמת ננו-קולואיד. האתגר הסינתטי הוא "self-purification" של ננו-גבישים – נטייתם לדחות Mn^{2+} מהסריג;

מטרות הפרויקט

לסנתז ננו-גבישי ZnS:Mn פעילי-ODMR בשיטת nucleation-doping קולואידלית, לאפיין תכונות אופטיות (ספקטרום PL, quantum yield, זמן חיים), ולהדגים גילוי ODMR על אנסמבל ננו-גבישים.

נושאים נלמדים

- לימוד טכניקת Schlenk line לסינתזה
- סינתזת ננו-גבישי ZnS בסיסיים: hot injection של גופרית ב-ODE עם ליגנדי DDT
- מימוש פרוטוקול nucleation-doping: הכנסת $Mn(acac)_2$ / $MnCl_2$ בשלב הגרעון ואחריו שכבת ZnS
- טיפול לאחר סינתזה: שטיפות (precipitation/redispersion), קביעת ריכוז
- אפיון UV-Vis: בליעה, אומדן גודל גבישים
- מדידת ספקטרום PL ו-quantum yield
- מדידת זמן חיים עם PL (PicoHarp 300) – TCSPC – אימות זמן חיים
- הקמת ניסוי ODMR: מקור MW, מדידת ניגודיות ODMR בפלואורסצנציה
- תיעוד כל הסינתזות עם פרמטרים ועקומות PL

קורסי קדם:

כימיה פיזיקלית או כימיה, אופטיקה בסיסית, מעבדה ניסויית

מקורות:

D. Norris, A. Efros & S. Erwin, "Doped Nanocrystals," Science 319, 1776 (2008)

R. Beaulac et al., "Mn^{2+}-Doped CdS Quantum Dots: New Inorganic Materials for Spin-Electronics," Science 325, 973 (2009)

B. Fainblat et al., "Giant Excitonic Exchange Splittings at Zero Field in Single Colloidal CdSe QDs Doped with Individual Mn^{2+} Ions," Nano Lett. 16, 6795 (2016)

A. Delikanli et al., "ODMR Spectroscopy of Cu-Doped CdSe/CdS Colloidal Quantum Dots," ACS Nano (2021)

מספר פרויקט: Nano99 |

פיתוח פלטפורמת DRAM Bender

Enhancments to DRAM Bender FPGA platform

פרטי הנחיה

Yehuda Rudin	שם המנחה המלא
yehuda.rudin@biu.ac.il	דוא״ל המנחה
Prof. Alex Fish	ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת
alexander.fish@biu.ac.il	דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת

99	מספר פרויקט
Yehuda Rudin	שם המנחה המלא
Prof. Alex Fish	ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת

רקע לפרויקט

The current implementation of the DRAM Bender platform restricts the data written to the DUT DRAM such that it is composed of 16 duplications of the same pattern. In order to utilize the platform as an h/w accelerator, a capability to write arbitrary data should be added. This will require a modification of the ISA of the controller embedded in the platform, as well as the s/w on the host PC.

מטרות הפרויקט

Development of an architecture that will extend the current capabilities of the pltform

נושאים נלמדים

Processing using DRAM (PuD) paradigm, DRAM Bender Platform, RISC ISA architecture, FPGA

מספר פרויקט: Nano104 |

פיתוח סביבת אימות מלאה לשבב האצה לבינה מלאכותית הכולל IPU, מעבד ניהול RISC-V ומערכת זיכרון

Full-Chip Verification of an AI Accelerator SoC Integrating an IPU, RISC-V Management Processor, and Cache/Memory Subsystem

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אלמוג שרוני
דוא״ל המנחה	almogpc12@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	104
שם המנחה המלא	אלמוג שרוני
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ

רקע לפרויקט

שבבים מודרניים להאצת יישומי בינה מלאכותית משלבים מספר רב של יחידות חומרה ותוכנה הפועלות במקביל. המערכת הנבדקת בפרויקט כוללת מעבד הסקה לבינה מלאכותית (Inference Processing Unit – IPU), מעבד RISC-V המשמש לניהול ולתזמור המערכת, יחידת ניהול זיכרון מטמון, יחידת DMA להעברת נתונים, זיכרון חיצוני, ממשקי בקרה, מנגנוני פסיקה ורשת תקשורת פנימית המחברת בין רכיבי השבב.

אף שכל אחת מיחידות החומרה יכולה לעבור אימות בנפרד, שילוב היחידות למערכת מלאה יוצר אתגרי אימות חדשים. תקלות אינטגרציה עלולות להופיע רק כאשר מספר רכיבים פועלים בו־זמנית, למשל כאשר מעבד ה־RISC-V מתכנת משימת הסקה חדשה, יחידת ה־DMA טוענת נתונים מהזיכרון החיצוני, יחידת המטמון מטפלת בבקשות מתחרות וה־IPU מעבד משימה קודמת. במצבים אלה נדרש לבדוק שלמות נתונים, סדר פעולות, תזמון, סנכרון, ניהול משאבים, backpressure, פסיקות, התמודדות עם שגיאות ומניעת מצבי קיפאון או הרעבה.

בפרויקט יפתחו הסטודנטים סביבת אימות ברמת השבב המלא, המבוססת על SystemVerilog ועל Universal Verification Methodology (UVM). סביבת האימות תשלב אימות מונחה־תוכנה, שבו תוכניות הרצות על מעבד ה־RISC-V מאתחלות את רכיבי השבב, מגדירות משימות IPU ומפעילות העברות נתונים. לצד זאת יפותחו תרחישי Directed ו־Constrained Random, מודלי ייחוס, Scoreboards מקצה לקצה, SystemVerilog Assertions ומודל Functional Coverage.

הפרויקט יתמקד באימות האינטגרציה והפעולה המערכתית של רכיבי השבב: החל מאתחול המערכת ותכנותה על ידי ה־RISC-V, דרך טעינת קלט מהזיכרון, ניהול הנתונים במטמון וב־DMA, הפעלת ה־IPU, ועד לאחסון התוצאות, עדכון רגיסטרי הסטטוס ויצירת פסיקות סיום. הפרויקט ידמה תהליך Full-Chip Verification הנהוג בחברות המפתחות מעבדים ומאיצי בינה מלאכותית.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לפתח סביבת אימות מערכתית המסוגלת לבדוק את פעולתו התקינה של שבב ההאצה כמערכת שלמה, ולא רק את נכונותן של יחידות בודדות. הסטודנטים ילמדו לנתח ארכיטקטורת SoC הטרוגנית, לתרגם מפרט מערכתי לתוכנית אימות, לפתח סביבת UVM מודולרית, להפעיל את החומרה באמצעות תוכנה הרצה על מעבד RISC-V ולבנות מנגנוני בדיקה עצמית עבור תרחישים מורכבים ורב־מערכתיים. במסגרת הפרויקט יבוצעו המשימות הבאות:

- לימוד ארכיטקטורת השבב, ממשקי היחידות, מפת הזיכרון, רגיסטרי הבקרה, מנגנוני הפסיקה ותהליך האתחול.
- הכנת Full-Chip Verification Plan המקשר בין דרישות המערכת, תרחישי הבדיקה, Assertions ויעדי Functional Coverage.
- הקמת סביבת UVM ברמת השבב וחיבור רכיבי אימות עבור מעבד ה־RISC-V, ה־IPU, יחידת המטמון, יחידת ה־DMA, הזיכרון החיצוני והתקשורת הפנימית.

- פיתוח תוכניות בדיקה ב־C ובאסמבלי עבור מעבד ה־RISC-V, לצורך אתחול המערכת, תכנות יחידות החומרה, הפעלת משימות ובדיקת פסיקות ותוצאות.
- פיתוח מודלים התנהגותיים של הזיכרון ושל רכיבי הקצה הנדרשים לסימולציה מלאה של המערכת.
- פיתוח מודל ייחוס מערכתי ו-Scoreboards הבודקים את זרימת הנתונים מקצה לקצה, מהזיכרון החיצוני ועד ל־IPU ובחזרה.
- פיתוח תרחישים שבהם מספר רכיבים פעילים במקביל, לרבות חפיפה בין חישוב, קריאת נתונים, כתיבת תוצאות והכנת המשימה הבאה.
- בדיקת תחרות על משאבי זיכרון ותקשורת, מנגנוני arbitration, backpressure, סדר תגובות והוגנות בין מקורות תעבורה.
- בדיקת ניהול המטמון והעקביות בין תצוגות הזיכרון של ה־RISC-V, ה־DMA וה־IPU, בהתאם למנגנונים הנתמכים בארכיטקטורה.
- בדיקת תהליך האתחול, תכנות רגיסטרים, הפעלת משימות, השלמת משימות, פסיקות ועדכון סטטוס.
- בדיקת מצבי קצה ותנאי שגיאה, כגון כתובות לא־חוקיות, העברות לא־מיושרות, timeout, תגובות שגיאה מהזיכרון, reset במהלך פעולה ומחסור זמני במשאבים.
- פיתוח SystemVerilog Assertions לבדיקת חוקי פרוטוקול, סדר פעולות, התקדמות, יציבות אותות, זמני תגובה ומניעת מצבים אסורים.
- פיתוח בדיקות Directed ו-Constrained Random המשלבות פקודות תוכנה, תעבורת זיכרון, עומסי IPU ושינויים אקראיים בזמני תגובה.
- הגדרת Functional Coverage ו-Cross Coverage עבור סוגי משימות, נתיבי נתונים, מצבי מטמון, גדלי העברה, רמות מקביליות, פסיקות ותנאי שגיאה.
- הרצת רגרסיות אוטומטיות, ניתוח לוגים וגלים, איתור גורמי שורש ותיקון סביבת האימות בהתאם לממצאים.
- ביצוע Coverage Closure באמצעות זיהוי פערי כיסוי ופיתוח תרחישים ממוקדים להשגתם.
- מדידת מדדים מערכתיים כגון זמן אתחול, זמן השלמת משימה, רוחב פס, ניצולת ממשקי הזיכרון וזמני המתנה.

התוצרים הסופיים של הפרויקט יהיו:

- סביבת Full-Chip Verification מודולרית ומלאה המבוססת UVM.
- תוכנית אימות מערכתית הכוללת דרישות, בדיקות, Assertions ויעדי כיסוי.
- חבילת תוכניות בדיקה עבור מעבד ה־RISC-V.
- מודלי זיכרון ורכיבי קצה הנדרשים להפעלת סביבת הסימולציה.
- מודל ייחוס ו-Scoreboards לבדיקת שלמות הנתונים והתנהגות המערכת.
- חבילת בדיקות Directed, Constrained Random, בדיקות עומס ובדיקות שגיאה.
- אוסף SystemVerilog Assertions לבדיקת תכונות מערכתיות ופרוטוקולים.
- סביבת רגרסיה אוטומטית ודוחות Functional Coverage ו-Coverage Closure.
- דוח מסכם המתאר את ארכיטקטורת האימות, התרחישים שנבדקו, התקלות שהתגלו, מדדי הכיסוי והמסקנות.
- הדגמה מלאה של תהליך הסקה: אתחול על ידי ה־RISC-V, טעינת נתונים, הפעלת ה־IPU, עיבוד, שמירת תוצאות וקבלת פסיקת סיום.

נושאים נלמדים

- SystemVerilog
- Universal Verification Methodology – UVM
- Full-Chip and SoC Verification
- Computer Architecture
- RISC-V Architecture
- Embedded C and RISC-V Assembly
- AI Accelerators and Inference Processing Units
- Hardware–Software Co-Verification
- Cache Architecture and Cache Management
- Memory Hierarchy and Memory Consistency
- Direct Memory Access – DMA
- On-Chip Interconnects and Bus Protocols
- Memory-Mapped Registers and Control Interfaces

- Interrupt and Exception Handling
- Verification Planning
- UVM Agents, Sequences, Drivers and Monitors
- Constrained Random Verification
- Functional Coverage and Cross Coverage
- SystemVerilog Assertions – SVA
- Reference Models and End-to-End Scoreboards
- Software-Driven Verification
- Data Integrity and Transaction Ordering
- Arbitration, Backpressure and Resource Management
- Deadlock, Livelock and Starvation Detection
- Reset and Error-Recovery Verification
- Regression Automation
- Debug Methodologies
- Coverage Closure
- Verification Metrics and Performance Analysis

מספר פרויקט: Nano119 |

שימוש ב-SSL (Stochastic Search on the Line) לבוליאנזציה של משתני כניסה רציפים למכונת טצלין

Using SSL (Stochastic Search on the Line) for the Booleanization of Tsetlin Machine continuous inpt features

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	יהודה רודין
דוא״ל המנחה	yehuda.rudin@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אלכס פיש
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	alexander.fish@biu.ac.il
מספר פרויקט	119
שם המנחה המלא	יהודה רודין
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אלכס פיש

רקע לפרויקט

מכומת תטלין הינו אלגוריתם חדשני ללמידת מכונה המבוסס על חוקים לוגיים. האלגוריתם דורש משתני כניסה בוליאניים. קימות שיטת שונות לבוליאניזציה של משתנים רציפים, שדורשות שלב של עיבוד מקדים. השיטה המוצעת עשויה להשתלב עם מכונת צטלין באופן שמייתר את העיבוד המקדים.

מטרות הפרויקט

הפרויקט יבחן יישום של השיטה במודל סימולציה בעיקר באפליקציית גילוי אפנון QAM באמצעות מכונת צטלין.

נושאים נלמדים

מכונת צטלין, שיטות בוליאנזציה של מתשנים רצים, גילוי אפנון QAM.

מספר פרויקט: Nano127 |

מיפוי רשתות נוירונים לזיהוי אובייקטים לחומרה ייעודית

Real-Time Object Detection Neural Network for Custom Hardware

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	זאב גסטווירט
דוא״ל המנחה	zeev.gastwirt@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	127
שם המנחה המלא	זאב גסטווירט
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ

רקע לפרויקט

הפרויקט עוסק במיפוי רשת לזיהוי אובייקטים על גבי מאיץ חומרה (Accelerator) המפותח במעבדה. העבודה כוללת ניתוח של גרף החישוב, תרגום הפעולות לקוד Assembly המותאם ספציפית לארכיטקטורת השבב, והרצתו באמולטור. הפרויקט מבוסס על מתודולוגיית תכנון משולב חומרה-תוכנה (HW/SW Co-Design), וכולל הפקת תובנות מהאמולציה למתן משוב ודרישות חומרה לצוות התכנון.

מטרות הפרויקט

בניית תזרים עבודה (Flow) מלא לתרגום והרצה רשתות לזיהוי אובייקטים על גבי אמולטור החומרה, ויצירת מנגנון משוב שוטף מול צוות החומרה לשיפור יעילות השבב לרשתות מסוג זה. תוצרים סופיים: דו"ח מיפוי מפורט המנתח את פעולות הרשת (ממדי קלט/פלט, סוגים ומשקלים). קוד Assembly תקין ועובד המותאם להרצה באמולטור השבב. מסמך דרישות ואפיון (Feedback Report) לצוות החומרה לטובת טיפול בצווארי בקבוק.

נושאים נלמדים

למידת ארכיטקטורה: הבנת מבנה הצ'יפ הייעודי, חלוקת הזיכרון וסט פקודות ה-Assembly.

פרופיילינג למודל: פירוק הרשת לפעולות מתמטיות, וחישוב גדלי כניסה, יציאה ומשקלים לכל פעולה.

מיפוי וכתיבת קוד: תרגום הפעולות לקוד Assembly ייעודי הנשען על משאבי הצ'יפ.

אינטגרציה ואמולציה: הרצת הקוד באמולטור לאימות נכונות פונקציונלית.

דיבוג ואופטימיזציה: זיהוי שגיאות וייעול קוד ה-Assembly לשיפור ביצועים.

משוב Co-Design: ניתוח המגבלות מהאמולציה וגיבוש דרישות מקצועיות לשיפורים שיועברו לאנשי החומרה.

מספר פרויקט: Nano128 |

Trade-off בין עלות המרת מבנה נתונים (Reshaping) לתועלת בניצול יחידות חישוביות בחומרה ייעודית

Trade-off Between Data Restructuring (Reshaping) Cost and Compute Utilization Benefit in Custom Hardware

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	זאב גסטווירט
דוא״ל המנחה	zeev.gastwirt@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	128
שם המנחה המלא	זאב גסטווירט
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	לאוניד יביץ

רקע לפרויקט

לפעולות שונות ברשת נוירונים יש דרישות שונות לגבי אופן הארגון האופטימלי של הנתונים בזיכרון. שמירה על מבנה נתונים גנרי אחיד לאורך כל הרשת פשוטה למימוש ולתחזוקה, אך עלולה לפגוע בניצול החומרה עבור פעולות מסוימות. לעומת זאת, המרת מבנה הנתונים (reshaping) להתאמה ייעודית לכל פעולה עשויה לשפר את הניצול, אך כרוכה בעלות זמן משלה. הפרויקט בוחן מתי משתלם לשלם את עלות ההמרה, ומתי עדיף להישאר עם המבנה הגנרי.

הפרויקט מבוסס על מתודולוגיית אופטימיזציה מונחית-פרופיילינג (Profile-Guided Optimization), ומהווה חלק ממתודולוגיית תכנון משולב חומרה-תוכנה (HW/SW Co-Design), הכוללת הפקת תובנות מהמדידות למתן המלצות לצוות החומרה עבור שכבות בהן נמצאה גישת המרה יעילה.

מטרות הפרויקט

לזהות, באמצעות פרופיילינג על מאיץ חומרה , פעולות ברשת הסובלות מניצול נמוך כאשר הן פועלות על מבנה נתונים גנרי אחיד. עבור כל פעולה שזוהתה, לתכנן ולממש קרנל reshaping ייעודי, ולמדוד את העלות הכוללת (זמן ההמרה + זמן הריצה המשופר) מול המצב הגנרי ללא המרה. עבור שכבות בהן זוהתה גישת reshaping אפקטיבית, יגבשו הסטודנטים תובנות הנובעות מהממצאים ויציגו אותן לצוות החומרה, לרבות המלצות אפשריות לשיפור. תוצרים סופיים: דוח פרופיילינג המזהה שכבות עם ניצול נמוך תחת מבנה גנרי מימוש קרנלי reshaping לשכבות שנבחרו דוח Trade-off המשווה עלות מול תועלת עבור כל מקרה מסמך תובנות והמלצות לצוות החומרה, הכולל הצעות קונקרטיות לשיפור חומרתי עבור שכבות בהן נמצאה גישת המרה יעילה.

נושאים נלמדים

פרופיילינג: הרצת הרשת עם מבנה נתונים גנרי אחיד, וזיהוי שכבות/פעולות עם ניצול נמוך.

תכנון קרנל המרה: לכל פעולה שזוהתה, תכנון מבנה נתונים ייעודי ומימוש קרנל reshaping אליו.

מדידה משולבת: מדידת זמן ריצה כולל (כולל עלות ההמרה עצמה) מול המצב הגנרי.

ניתוח Trade-off: קביעה באילו מקרים ההמרה משתלמת (התועלת בניצול עולה על עלות ההמרה) ובאילו לא.

גיבוש המלצות: עבור שכבות בהן נמצאה גישת reshaping יעילה, ניסוח הצעות קונקרטיות לצוות החומרה (תמיכה ייעודית ב-ISA, שיפורי מיקרו-ארכיטקטורה) לשיפור הביצועים בעתיד.

מספר פרויקט: Nano129 |

תכנון של מאיץ ב FPGA

Accelerator design in FPGA

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	מתן נחום
דוא״ל המנחה	matan7050@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' לאוניד יביץ
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	129
שם המנחה המלא	מתן נחום
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' לאוניד יביץ

רקע לפרויקט

During the project the students will learn how to work with Verilog and will learn how to work with FPGA. They will write an accelerator-specific hardware and will test it using the test board FPGA.

This project introduces students to the design and implementation of hardware accelerators using Verilog and FPGA (Field-Programmable Gate Array) technology. The primary task is to create a custom accelerator, integrating the Mamba Architecture (selective state-space model SSM workflow) and realize it in hardware, then synthesize the design and test it using a physical FPGA board. By the end, students will have learned how to take a high-level hardware concept and realize it through both software and hardware stages.

מטרות הפרויקט

The purpose of this project is to introduce students to the full design flow of hardware accelerators using Verilog and FPGA technology

נושאים נלמדים

ללמוד ולהבין את עקרונות ארכיטקטורת Mamba ומודל ה-SSM שלה.

לתכנן ולממש את המאיץ ב-Verilog, כולל את דרך זרימת הנתונים, ניהול זיכרון ואיך השליטה מתבצעת.

לסנתז ולהטמיע את העיצוב על לוח FPGA .

לבצע בדיקות לאימות הפעולה של המאיץ.

למדוד ולהשוות ביצועים אל מול ארכיטקטורות קיימות, בנוסף לראות את יעילות המאיץ עבור יישומי AI .

מספר פרויקט: Nano130 |

פיתוח תשתית לבדיקות ואימות של מאיץ רשת נוירונים מכומתת

Test and Verification Infrastructure for a Quantized Neural Network Accelerator

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Ofek Sharabi
דוא״ל המנחה	ofek873@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	130
שם המנחה המלא	Ofek Sharabi
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אדם תימן

רקע לפרויקט

מאיץ חומרה לרשתות נוירונים יודע לבצע פעולות בסיסיות מהר מאוד — כפל וחיבור של מטריצות. מה שהוא לא יודע זה לקרוא רשת שאומנה ב-PyTorch ולהבין מה צריך לחשב. בין השניים חסרה שכבת תוכנה שמתרגמת, וזה מה שתבנו בפרויקט — עבודה שנמצאת בדיוק על התפר שבין חומרה לתוכנה, ודורשת להבין את שני הצדדים.

במעבדה שלנו מפתחים מאיץ לרשתות נוירונים שעובד בדיוק מופחת: מחשב במספרים שלמים במקום ב-float, מה שחוסך שטח, זמן וחשמל, כשהרשת מאומנת מראש בשיטה שמפצה על אובדן הדיוק (Quantization-Aware Training).

התשתית שתיבנה בפרויקט תשמש קודם כל לאימות המאיץ. במקום לכתוב בדיקות ביד — תהליך איטי, שמוגבל למקרים שמישהו חשב עליהם מראש ודורש עדכון בכל שינוי בחומרה — לוקחים רשתות אמיתיות מ-PyTorch ומייצרים מהן בדיקות אוטומטית, כשהתוצאה הצפויה מתקבלת ישירות מ-PyTorch. כך מגיעים גם למקרי קצה שלא היו נכתבים ביד. בהמשך, אותה תשתית היא הבסיס להרצת רשתות על המאיץ בפועל.

מטרות הפרויקט

לבנות את שכבת התוכנה שמתורגמת מרשת נוירונים מ־PyTorch לפעולות שהמאיץ מבצע, ולהשתמש בה לאימות שהמאיץ עובד נכון. במסגרת הפרויקט תוקם סביבת עבודה מתועדת במעבדה, תבוצע הוצאה של רשת מכוונטזת מ־PyTorch ובדיקת פרמטרי הקוונטיזציה (scale, zero-point), יוגדר סט הפעולות הנתמך על ידי המאיץ, ימומש תרגום מהרשת לרצף פעולות הכולל את החישוב הנדרש לשמירה על דיוק, ייכתב מודל התייחסות בפייתון לצורך חישוב התוצאה הצפויה, תיבנה תשתית בדיקות אוטומטית עבור רשתות בגדלים שונים הכוללת יצירת קלט, רצף פעולות ותוצאה צפויה, תתבצע הרצה מול המאיץ והשוואה מול מודל ההתייחסות, ויתועד תהליך הוספת פעולות ובדיקות חדשות. הפרויקט יבוצע בשני שלבים: בשלב הראשון הקמת הסביבה, היכרות עם הכלים ותרגום מלא של פעולה אחת מקצה לקצה, ובשלב השני הרחבה לשאר הפעולות, בניית סט בדיקות מלא ותיעוד.

נושאים נלמדים

הגבול שבין תוכנה לחומרה: איך רשת נוירונים הופכת לפעולות שחומרה מבצעת; קוונטיזציה: איך מריצים רשת במספרים שלמים במקום ב־float, ומה החישוב שנדרש לכך; עבודה עם MLLR — הכלי שבו בונים תרגום כזה בתעשייה; איך בוני מאיץ לרשתות נוירונים: יחידות חישוב, הזיכרון המקומי, והעברת הנתונים אליו; איך מאמתים חומרה: מודל התייחסות, כיסוי, מקרי קצה; פיתוח בפייתון וב־C++ בתוך פרויקט קוד קיים.

מספר פרויקט: Nano132 |

תכנון מאקרו־ארכיטקטורה של מעגלי הפריפריה לזיכרון Gain-Cell עבור מערכת אסוציאטיבית היברידית

Macro-Architecture Design of Gain-Cell Memory Peripheries for Hybrid Associative

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אטרש מוחמד
דוא״ל המנחה	m7md.nazeh95@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	aditeman@gmail.com
מספר פרויקט	132
שם המנחה המלא	אטרש מוחמד
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אדם תימן

רקע לפרויקט

רקע הפרוייקט עוסק בתכנון מאקרו ארכיטקטורה לזיכרון gain cell משולב יכולת cam

מטרות הפרויקט

מטרת הפרוייקט היא לפתח מאקרו ארכיקטורה לזיכרון GC קומפקטי בעל יכולת cam ומעגלי פריפריה לביצוע אמין של כתיבה קריאה וחיפוש אסוציאטיבי

נושאים נלמדים

הנושאים הנלמדים במסגרת הפרויקט כוללים תכנון תאי זיכרון מסוג Gain-Cell, בניית מערכי 3T ו־4T, ניתוח פעולות כתיבה, קריאה ושמירת מידע, בדיקות retention ושיטות boosting, מימוש פעולות CAM של התאמה ואי־התאמה, וכן תכנון מעגלי הפריפריה הדרושים להפעלת מערך הזיכרון.

מספר פרויקט: Nano133 |

תכנון ואופטימיזציה מרובי־מתח־סף של ארכיטקטורות זיכרון מסוג Gain-Cell

Threshold-Voltage-Aware Design and Optimization of Gain-Cell Memory Architectures

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Mohamed Attrash
דוא״ל המנחה	m7md.nazeh95@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	עדי תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	aditeman@gmail.com
מספר פרויקט	133
שם המנחה המלא	Mohamed Attrash
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	עדי תימן

רקע לפרויקט

רקע הפרויקט עוסק בחקר ההשפעה של סוגי מתח־סף שונים בטרנזיסטורים, כגון LVT, SVT ו־HVT, על ביצועי תאי זיכרון מסוג Gain-Cell. במסגרת הפרויקט ייבחנו שילובים שונים של טרנזיסטורים במבנה התא ובמעגלי הפריפריה, במטרה לשפר את זמן השמירה, מהירות הכתיבה והקריאה, צריכת ההספק וזרמי הזליגה.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לנתח ולבצע אופטימיזציה של שילובי טרנזיסטורים מסוג LVT, SVT ו־HVT בתאי זיכרון Gain-Cell ובמעגלי הפריפריה, כדי להשיג איזון מיטבי בין מהירות, צריכת הספק, זרמי זליגה וזמן שמירת המידע.

נושאים נלמדים

הנושאים הנלמדים במסגרת הפרויקט כוללים תכנון וניתוח של תאי זיכרון מסוג Gain-Cell, הכרת טרנזיסטורים בעלי מתחי־סף שונים מסוג LVT, SVT ו־HVT, והשפעתם על מהירות, הספק וזרמי זליגה. בנוסף, יילמדו ניתוח פעולות כתיבה וקריאה, זמן שמירת המידע, יציבות תא הזיכרון, השוואת שילובי טרנזיסטורים שונים, ותכנון אופטימלי של התא ומעגלי הפריפריה.

מספר פרויקט: Nano134 |

אימות פונקציונלי (Verification) של מעבד RISC-V בסיסי

Functional Verification of a Base RISC-V Processor(English Project)

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Srinath CN
דוא״ל המנחה	gopusrinath@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Adam Teman
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	134
שם המנחה המלא	Srinath CN
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Adam Teman

רקע לפרויקט

Understanding a processor deeply enough to design, extend, or debug it requires direct engagement with its actual behavior, not just the specification. Verification is where this deep architectural understanding is built tracing a failing test to its root cause. This project focuses on rigorously verifying an existing, functional RISC-V core rather than building one from scratch. Students gain hands-on mastery of its pipeline behavior, hazard handling, and instruction semantics without the overhead of full RTL implementation.

מטרות הפרויקט

The goal of this project is to build a rigorous verification environment for an existing RISC-V core and use it to validate correct behavior across instruction sequences, hazards, and corner cases.

נושאים נלמדים

Course Requirement :

Digital logic design(DDP)

Computer architecture(optional)

Verilog (DDP)

C programming(basic)

Basic Python programming(basic)

מספר פרויקט: Nano135 |

הרחבת ISA מותאמת אישית עבור RISC-V

Custom ISA Extension for RISC-V

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Srinath CN
דוא״ל המנחה	gopusrinath@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Adam Teman
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	135
שם המנחה המלא	Srinath CN
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Adam Teman

רקע לפרויקט

The RISC-V ISA was deliberately designed as a minimal base with a standardized mechanism for custom extensions, letting designers add specialized instructions that accelerate specific workloads without disturbing the base ISA or existing toolchains. This openness is one of RISC-V's core strengths over proprietary ISAs. Exploiting it well requires understanding the full path an instruction takes from encoding through decode and execution to compiler and software support not just adding logic to a datapath in isolation.

מטרות הפרויקט

The goal of this project is to design and implement a custom RISC-V ISA extension that accelerates a targeted workload, carrying it through the full path from instruction encoding to decode, execution, and compiler support. Students learn to exploit RISC-V's extensibility properly not just adding datapath logic in isolation, but understanding how a new instruction integrates with the toolchain and software that must invoke it.

נושאים נלמדים

Course Requirement

Digital logic design (DDP)

Computer architecture (optional)

Verilog (DDP)

C programming(basic)

Basic Python programming (basic)

מספר פרויקט: Nano136 |

פיתוח ויישום של שיטות חדשות לחישוב מבנה אלקטרוני המבוססות על כימיה קוונטית לחישוב אנרגית הספיחה של מולקולות על משטחים

Applying and developing novel quantum chemistry electronic structure methods for calculating adsorption energies of molecules on surfaces

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Tamar Goldzak
דוא״ל המנחה	tamar.goldzak@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Tamar Goldzak
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	tamar.goldzak@biu.ac.il
מספר פרויקט	136
שם המנחה המלא	Tamar Goldzak
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Tamar Goldzak

רקע לפרויקט

חישוב תכונות של חומרים ומולקולות כיום הינו תחום רחב הנותן מענה לניבוי תכונות של חומרים חדשים ועוזר בהבנת מנגנונים של תגובות כימיות ומעבר של אלקטרונים בין ממשקים של חומרים שונים.

שיטות חישוב של מבנה אלקטרוני של מוצקים (electronic structure methods) מבוססות כיום בעיקר על תורת פונקציונאל הצפיפות . תורה זו הינה יעילה חישובית ונותנת תוצאות טובות עבור תכונות מסוימות של חומרים, אבל מתקשים בניבוי של תכונות אחרות .

שיטות חישוב מבנה אלקטרוני אשר מבוססות על כימיה קוונטית , פותרות את משוואת שרדינגר האלקטרונית בצורה נומרית ובעזרת תורת ההפרעות מרובת חלקיקים. כיום הן בעיקר משמשות לחישוב של מולקולות קטנות עד בינוניות , הם שיטות שניתן להגיע לדיוק גבוה מאד בניבוי תכונות של מולקולות , וככול שעולים בסיבוכיות של השיטה כך גם הדיוק עולה .

בשנים האחרונות יש התקדמות בפיתוח של שיטות אלו עבור חומרים בעלי מבנה מחזורי כגון מוצקים ומשטחים. שיטות אלו הראו תוצאות טובות עבור ניבוי של תכונות אופטיות של מוצקים , סיפוח של מולקולות על פני שטח ועוד.

חישוב אנרגית הספיחה של מולקולות על משטחים חשוב בכדי למצוא זרזים חדשים עבור תגובות כימיות רבות ולייעל תהליכים כימיים. החיפוש המתמיד אחרי זרזים חדשים כיום נמצא בתחומי טכנולוגיה, אנרגיה ומחקר רבים.

בפרויקט זה אנחנו נפתח וניישם שיטות חישוב המבוססות על כימיה קוונטית עבור חישוב תכונות של חומרים דו ממדיים וסיפוח של מולקולות על משטחים אלו.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט הוא חישוב אנרגית הספיחה של מולקולות על משטחים על ידי שיטות המבוססות על כימיה קוונטית ללא ידע מוקדם מניסוי (ab-initio). הסטודנט ייפתח שיטות חישוב יעילות , המבוססות על תורת ההפרעות ויישם אותם על אנרגית הספיחה. הסטודנט ישווה זמן חישוב של אלגוריתם של השיטה החדשה ביחס לשיטות הקודמות. הסטודנט יחקור שיטות שונות ויחשב תכונות שונות של מולקולות ומשטחים וישווה את התוצאות לשיטות המבוססות על פונקציונאל הצפיפות . הסטודנט יחקור חומרים שונים בעלי שכבה אחת וגם בעלי כמה שכבות עם חומרים שונים .

נושאים נלמדים

- סקר ספרות על אנרגיות ספיחה ושיטות לחישוב תכונות שלהם.
- סקר ספרות על שיטות חישוב של מבנה אלקטרוני המבוססות על תורת הפרעות רב גופית.
- השוואת חסכון בזמני חישוב וזיכרון של השיטה החדשה לעומת שיטות אחרות .
- הגשת דוח מסכם.

מספר פרויקט: Nano140 |

סוכן בינה מלאכותית לכלי תכנון VLSI

AI Agent for EDA

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	נדב דבורה
דוא״ל המנחה	nadavdvora@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	140
שם המנחה המלא	נדב דבורה
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אדם תימן

רקע לפרויקט

בשנים האחרונות, מודלי שפה גדולים וסוכני בינה מלאכותית אוטונומיים חוללו מהפכה בעולם פיתוח התוכנה והמידע. עם זאת, עולם פיתוח החומרה (EDA) נותר מאחור בכל הקשור לשילוב כלים אלו, לרוב בשל המורכבות הגבוהה, הממשקים הייחודיים והצורך בדיוק רב. שילוב של סוכני AI חכמים בתוך סביבות פיתוח חומרה טומן בחובו פוטנציאל עצום להאצת תהליכי הפיתוח, ייעול תזרים העבודה ושיפור משמעותי בפרודוקטיביות, בדומה למהפכה המתרחשת כיום בעולמות התוכנה.

מטרות הפרויקט

פיתוח ותכנון של פלאגין (plug-in) המבוסס על סוכן LLM, המסוגל לתקשר בצורה ישירה ואינטראקטיבית עם כלי EDA מודרניים, כמו Cadence Virtuoso וכו'. מטרת הפרויקט היא ליצור סוכן היכול לתרגם בקשות והנחיות בשפה טבעית לכדי סדרת פעולות ופקודות אוטומטיות בתוך סביבת העבודה, ובכך להנגיש ולהאיץ תהליכי תכנון, אימות ובדיקה של חומרה.

נושאים נלמדים

היכרות עמוקה עם סביבות פיתוח וכלי EDA מתקדמים (כגון Cadence Virtuoso וSKILL), שילוב, הפעלה ופיתוח מול ממשקי מודלי שפה גדולים (LLMs) וסוכני בינה מלאכותית, כתיבת קוד ופיתוח תוספים למערכות מורכבות, אוטומציה של תהליכי פיתוח חומרה, וגישור הנדסי בין עולמות התוכנה לעולמות המיקרו-אלקטרוניקה.

מספר פרויקט: Nano141 |

ניתוח סטטיסטי של זכרון GC-DRAM

Statistical Analysis of GC-DRAM Retention Times

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	נדב דבורה
דוא״ל המנחה	dvorana@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	141
שם המנחה המלא	נדב דבורה
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	אדם תימן

רקע לפרויקט

טכנולוגיית זכרונות מסוג Gain-Cell DRAM מציעה חלופה קומפקטית, צפופה ויעילה התואמת לתהליכי ייצור מתקדמים. אחד האתגרים המרכזיים במימוש טכנולוגיה זו הוא אפיון והבנת זמן שמירת הנתונים (Data Retention Time - DRT) של תאי הזיכרון הדינמיים. הבנה מעמיקה של התפלגויות אלו והגורמים המשפיעים עליהן היא קריטית לתכנון מערכי זיכרון אמינים וחסכוניים בהספק, שיודעים להתמודד עם שונות סטטיסטית.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לבצע סימולציות מקיפות לאפיון זמן שמירת הנתונים (DRT) תחת שונות סטטיסטית גבוהה, תוך התמקדות בניתוח התפלגויות ומצבי קצה נדירים (High-Sigma). הסטודנטים יישמו שיטות סימולציה מתקדמות כדי לייצר ולנתח בסיסי נתונים רחבים, במטרה להבין לעומק את מאפייני ההתפלגות של הזיכרון. הפרויקט יתמקד בזיהוי נקודות תורפה סטטיסטיות, אפיון מנגנוני הכשל של תאי הזיכרון בקצוות ההתפלגות, וגיבוש תובנות כמותיות על מידת האמינות של המערך.

נושאים נלמדים

היכרות מעמיקה עם ארכיטקטורת זכרונות Gain-Cell DRAM בדגש על ניתוח פיזיקלי של מנגנוני זליגת נתונים. רכישת ניסיון מעשי בתכנון מעגלים ובביצוע סימולציות סטטיסטיות מתקדמות תחת שונות גבוהה בסביבת Siemens Solido. יישום אלגוריתמים לחילוץ מודלים אנליטיים מתוך נתוני הסימולציה. פיתוח, תיעוד ושימור מתודולוגיות עבודה ותשתיות ידע הנדסיות לטובת המשך מחקר ופיתוח עתידיים במעבדה.

מספר פרויקט: Nano143 |

SAFIR — Sense Amplifier For 1T1R Readout

מגבר חישה עבור זכרון בנוי מתאי זכרון רסיסטיבים

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אייל ימני
דוא״ל המנחה	eyal9015@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	143
שם המנחה המלא	אייל ימני
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אדם תימן

רקע לפרויקט

In-memory computing with resistive RAM crossbars is one of the leading approaches for accelerating matrix–vector multiplication in neural network inference. In a 1T1R array, each cell stores a conductance and the access transistor suppresses sneak paths, so the current summed on a bitline represents a dot product. The bottleneck is the read path: the resistance window between HRS and LRS is limited, device-to-device and cycle-to-cycle variability is significant, and the bitline current must be resolved on top of large parasitic capacitance and IR drop. The sense amplifier therefore sets the practical accuracy, energy, and throughput of the entire array.

מטרות הפרויקט

Design, simulate, and lay out a sense amplifier for a 1T1R crossbar array in a standard CMOS process. The design targets are: correct resolution of the stored state across process corners and device variation, a defined sensing margin and read error rate, sensing latency and energy per read, and an area compatible with the array pitch. Deliverables include schematic design, corner and Monte-Carlo verification, DRC/LVS-clean layout, post-layout simulation, and characterization against the stated targets.

נושאים נלמדים

ReRAM device behavior and 1T1R array organization

Current-mode vs. voltage-mode sensing; latch-type sense amplifiers; reference generation

Offset, mismatch, and noise analysis; Monte-Carlo and corner methodology

Bitline parasitics, IR drop, clamping and bias circuits

Analog layout: matching, common-centroid, pitch-matched cell design

Cadence Virtuoso/Spectre flow, DRC/LVS, parasitic extraction

Read margin vs. energy vs. speed trade-offs in in-memory computing accelerators

מספר פרויקט: Nano145 |

מאיץ חומרה להוכחות באפס ידיעה (הדור הבא)

Next-Generation Zero-Knowledge Proof Accelerator

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Oren Ganon
דוא״ל המנחה	ganonor@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Prof. Itamar Levi
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	itamarlevi@gmail.com
מספר פרויקט	145
שם המנחה המלא	Oren Ganon
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Prof. Itamar Levi

רקע לפרויקט

פיתוח ארכיטקטורת חומרה מתקדמת להאצת חישובי Zero-Knowledge Proofs (ZKP). הפרויקט יתמקד בזיהוי צווארי הבקבוק החישוביים באלגוריתמי ZK ובפיתוח הרחבות ISA ויחידות חומרה ייעודיות להאצתם. הפתרון ישלב בין גמישות של מעבד מתכנת לבין ביצועים של מאיץ חומרה, במטרה להשיג שיפור משמעותי בביצועים וביעילות האנרגטית תוך שמירה על יכולת התאמה לאלגוריתמי ZK שונים.

מטרות הפרויקט

הפרויקט צפוי להוביל לפיתוח ולהדגמה של ארכיטקטורת Next-Generation Accelerator for Zero-Knowledge Proofs (ZKP), המבוססת על שילוב בין מעבד מתכנת לבין הרחבות חומרה ו-ISA ייעודיות. במסגרת הפרויקט יזוהו צווארי הבקבוק המרכזיים בחישובי ZK, יפותחו מנגנוני האצה עבור הפעולות החישוביות הקריטיות, ותבוצע הערכה כמותית של השיפור בביצועים וביעילות לעומת מימוש תוכנה בסיסי. בסיום הפרויקט תתקבל מערכת עובדת המדגימה את גישת ההאצה ומאפשרת להעריך את היתרונות והפשרות הארכיטקטוניות שלה. תוצרים (Deliverables): מימוש תוכנה בסיסי (Baseline) של אלגוריתם ZKP נבחר לצורך השוואה. ניתוח Profiling וזיהוי צווארי הבקבוק החישוביים המרכזיים. תכנון ומימוש ISA Extensions ויחידות חומרה ייעודיות להאצת הפעולות הקריטיות. אינטגרציה של ההרחבות במעבד והרצת אלגוריתם ZKP באמצעותן. סביבת בדיקות ו-Benchmark להערכת הפתרון. ניתוח והשוואת ביצועים, Speedup ומשאבי חומרה מול ה-Baseline. הדגמה סופית (Demo) של המאיץ בפעולה ותיעוד הארכיטקטורה והתוצאות. פירוט מטלות הסטודנטים בפרויקט מטלות הסטודנטים יבוצעו באופן הדרגתי, החל מלימוד תחום ה-ZKP והקמת סביבת העבודה, דרך ניתוח צווארי הבקבוק ותכנון פתרונות ההאצה, ועד למימוש, אינטגרציה והערכת המערכת המלאה. לימוד והיכרות עם התחום: לימוד עקרונות בסיסיים של Zero-Knowledge Proofs, ארכיטקטורת מעבדים והרחבות ISA. הקמת סביבת העבודה: התקנה והפעלה של מימוש ZKP קיים, הרצת דוגמאות ובדיקות תקינות. בניית Baseline: הרצת מימוש התוכנה על מעבד בסיס וקביעת מדדי ביצועים שישמשו להשוואה. Profiling וניתוח ביצועים: מדידת זמני ריצה וזיהוי הפונקציות והפעולות החישוביות המהוות את צווארי הבקבוק המרכזיים. בחירת מנגנוני ההאצה: בחינת חלופות חומרה ותוכנה והגדרת הפעולות המתאימות למימוש באמצעות הרחבות ISA ויחידות חומרה ייעודיות. תכנון ארכיטקטורת המאיץ: הגדרת ההוראות החדשות, ממשקי הנתונים, יחידות החישוב וזרימת המידע בין המעבד למאיץ. מימוש חומרה: מימוש ואימות של יחידות ההאצה והרחבות ה-ISA שנבחרו. התאמת התוכנה: שינוי קוד ה-ZKP כך שיעשה שימוש בהוראות ובמנגנוני ההאצה החדשים. אינטגרציה ואימות: שילוב רכיבי החומרה והתוכנה למערכת מלאה וביצוע בדיקות פונקציונליות להבטחת נכונות התוצאות. הערכת ביצועים: מדידת Speedup, זמני ריצה ומשאבי חומרה והשוואתם ל-Baseline. אופטימיזציה: זיהוי מגבלות במימוש ושיפור הארכיטקטורה והתוכנה בהתאם לתוצאות המדידה. סיכום והדגמה: הכנת Demo של המערכת הסופית, תיעוד הארכיטקטורה, הצגת התוצאות וכתיבת דו"ח הפרויקט

נושאים נלמדים

חומרה בטוחה, מעבדים מורחבים

מספר פרויקט: Nano146 |

טייני טייפאאוט 2

Tiny Tapeout 2

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	עמית חן
דוא״ל המנחה	amitchen1415@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	146
שם המנחה המלא	עמית חן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אדם תימן

רקע לפרויקט

יצירת פרויקט שמתכנן מרמת הרעיון ועד לביצוע טייפאאוט במסגרת תוכנית Tiny Tapeout

מטרות הפרויקט

למידת כל התהליך של ביצוע טייפאאוט ותכן שבב מהתחלה ועד הסוף

נושאים נלמדים

תכן מערכת, כתיבת תוכנה, מימוש חומרה, טייפאאוט

מספר פרויקט: Nano147 |

מאיצי חמרה ייעודיים עבור חישובי בינה מלאכותית

Hardware acceleration for AI computation

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ד"ר יהודה קרא
דוא״ל המנחה	udi.kra@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	147
שם המנחה המלא	ד"ר יהודה קרא
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אדם תימן

רקע לפרויקט

יישומי בינה מלאכותית כגון זיהוי תמונה, ועיבוד שפה נדרשים לחישובים אריתמטיים אינטנסיביים המאופיינים על ידי מספר יחסית מצומצם של פונקציות מתמטיות ממוקדות הנקראות איטרטיבית וצורכות את מרבית משאבי החישוב. האצת חמרה ייעודית של פונקציות אלו יכולה ליעל את ביצועי תהליך החישוב באופן דרמטי מבחינת זמן תגובה ומשאבי אנרגיה.

מטרות הפרויקט

בחירה ומימוש של פונקציית חמרה להאצת חישובי בינה מלאכותית בדגש על חישובים מקורבים ברמת דיוק וביעילות אנרגטית גבוהה

נושאים נלמדים

הגדרה, פיתוח ומימוש של המאיץ, מידול המאיץ, מדידה ושיפור רמת הדיוק של החישוב, הוכחת התכנות מימוש פיסי ע"י מימוש המאיץ בקוד ורילוג וסינתזה שלו.

מספר פרויקט: Nano148 |

ממשק זכרון יעיל עבור להאצת יישומי בינה מלאכותית

High-Performance Memory Architecture for AI Accelerators

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ד"ר יהודה קרא
דוא״ל המנחה	yehuda.kra@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אדם תימן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	adam.teman@biu.ac.il
מספר פרויקט	148
שם המנחה המלא	ד"ר יהודה קרא
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' אדם תימן

רקע לפרויקט

אתגר מרכזי במערכות בינה מלאכותית מודרניות הינו צמצום הפער בין יכולות חישוב עצומות לבין גישה יעילה לנתונים. בעוד שמאיצים ייעודיים לבינה מלאכותית מסוגלים לספק עוצמת עיבוד מרשימה, ביצועיהם מוגבלים לעיתים קרובות על ידי רוחב פס הזיכרון, זמני השהיה ויעילות אנרגטית. פרויקט זה שואף לפתח ארכיטקטורת זיכרון עתירת ביצועים, הניתנת להרחבה, אשר תייעל את תנועת הנתונים, תפחית את עלויות הגישה.

מטרות הפרויקט

הבנה מעמיקה של אתגרי ממשק הזכרון ביישומי בינה מלאכותית והפתרונות הקיימים, הגדרה ופיתוח של פתרון אפקטיבי. רכישת ניסיון מעמיק תיאורטי ומעשי בפיתוח תכנון דיגיטלי מורכב.

נושאים נלמדים

מחקר, הגדרה ומימוש של ממשק הזכרון, מידול פתרון בסימולציה וב- FPGA , מדידה ושיפור ביצועים, מימוש פיסי ע"י קידוד סינתזה שלו לתהליך ASIC.

מספר פרויקט: Nano149 |

שליטה מקומית במעבר פאזה גלובלי ברשתות מוליכות־על

Local Control of a Global Phase Transition in Superconducting Networks

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	פרופ' אביעד פרידמן
דוא״ל המנחה	aviad.frydman@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' מוטי פרידמן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	moti43@gmail.com
מספר פרויקט	149
שם המנחה המלא	פרופ' אביעד פרידמן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' מוטי פרידמן

רקע לפרויקט

מעברי פאזה מתרחשים בדרך כלל בעקבות שינוי של פרמטר גלובלי במערכת, כגון טמפרטורה או שדה מגנטי. בפרויקט זה נבחן אפשרות שונה: האם הפרעה מקומית וקטנה יכולה לגרום למעבר פאזה של מערכת מקרוסקופית שלמה. הניסוי יתבצע ברשת דקה של חומר מוליך־על המופעלת בסמוך לטמפרטורת המעבר למצב מוליך־על. בתחום זה המערכת יכולה להימצא במצב מטא־יציב, שבו הפרעה מקומית חזקה מספיק עשויה ליצור תהליך מפולת (avalanche) המתפשט ברשת וגורם למעבר של המערכת כולה מהמצב המוליך־על למצב הנורמלי. סימולציות תאורטיות חוזות קיום סף קריטי לעוצמת או לגודל ההפרעה המקומית.

מטרות הפרויקט

לחקור באופן ניסויי האם הפרעה מקומית ברשת מוליכת־על יכולה לגרום למעבר פאזה גלובלי, ולאפיין את התנאים שבהם מתרחש מעבר זה. תיווצר הפרעה מקומית באמצעות פולס חימום ממחמם מיקרו־מפוברק או באמצעות שדה מגנטי מקומי. תימדד ההתנגדות החשמלית של הרשת לפני ההפרעה, במהלכה ולאחריה. באמצעות שינוי הטמפרטורה, הזרם החשמלי ועוצמת ומשך ההפרעה יימדד הסף הקריטי שמעליו הפרעה מיקרוסקופית מתפתחת לתהליך מפולת המוביל למעבר של המערכת כולה למצב הנורמלי.

נושאים נלמדים

מוליכות־על; פיזיקה של מעברי פאזה; מערכות מטא־יציבות ותהליכי avalanche; מדידות חשמליות בטמפרטורות נמוכות; התקנים ומבנים מיקרו־מפוברקים; יצירת חימום ושדות מגנטיים מקומיים; מדידת התנגדות וזרם ברשתות מוליכות־על; נקודות קריטיות ותופעות סף; התפשטות הפרעה מקומית במערכת מרובת רכיבים.

מספר פרויקט: Nano151 |

מאיץ חומרתי לאלגוריתם חישובי באמצעות FPGA

FPGA-Based Hardware Accelerator for Computational Algorithms

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	דוד פרויד
דוא״ל המנחה	david.freud@mail.huji.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' לאוניד יביץ
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	151
שם המנחה המלא	דוד פרויד
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' לאוניד יביץ

רקע לפרויקט

אלגוריתמים חישוביים רבים, במיוחד בתחומי עיבוד האותות והתמונה, דורשים ביצוע מספר רב של פעולות מתמטיות בזמן קצר. שימוש בFPGA מאפשר לממש את האלגוריתמים ישירות בחומרה, תוך ניצול חישוב מקבילי לשיפור מהירות העיבוד והיעילות. בניגוד למימוש כללי על מעבד, ניתן לתכנן בFPGA מסלול נתונים המותאם באופן ייעודי לפעולות של האלגוריתם הנבחר. גישה זו עשויה לצמצם את זמן העיבוד או לאפשר טיפול רציף בנתונים בקצב גבוה, בהתאם לארכיטקטורה ולמשאבי החומרה.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לבחור אלגוריתם חישובי, כגון סינון אותות או עיבוד תמונה, ולפתח עבורו מאיץ חומרה מבוסס FPGA. במסגרת הפרויקט תתבצע השוואה בין ביצועי המימוש החומרתי למימוש תוכנתי, תוך בחינת מהירות החישוב, דיוק התוצאות וניצול משאבי החומרה.

נושאים נלמדים

הסטודנטים יתנסו בתכנון ומימוש מערכות ספרתיות בVerilog, עיבוד נתונים מקבילי, וייצוג מספרים בשיטת Fixed Point. בנוסף, יילמדו שיטות לסימולציה, אימות תכנון, סינתזה וניתוח ביצועים ומשאבי FPGA.

TRACK SECTION

Signal Processing

12 projects in this section

All Tracks

- BioEngineering — 29 projects
- ElectroOptics — 31 projects
- Nano — 61 projects
- **Signal Processing** — 12 projects
- Data Engineering and AI — 16 projects
- Communication — 2 projects
- Industrial Engineering — 4 projects

הרשמה בין מסלולים

החלוקה למסלולים נועדה לצורכי התמצאות בלבד. כל סטודנט/ית, מכל מסלול, רשאי/ת להגיש מועמדות לפרויקטים בכל אחד מהמסלולים המופיעים בחוברת. הקבלה לפרויקט והשיבוץ הסופי מותנים באישור המנחה וראש/ת המעבדה ובהתאם להתאמה ולמקומות הפנויים.

מספרי הפרויקטים בפרק זה הם המספרים המקוריים מהטבלה ולכן אינם בהכרח רציפים.

מספר פרויקט: 6 | Signal Processing

הזיות (Hallucinations) במערכת תמלול דיבור (Whisper)

Hallucination Detection for Whisper Automatic Speech Recognition

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	
דוא״ל המנחה	mayaveismman@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' שרון גנות
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Sharon.Gannot@biu.ac.il
מספר פרויקט	6
שם המנחה המלא	לא הוזן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' שרון גנות

רקע לפרויקט

מערכות זיהוי ותמלול דיבור מודרניות הגיעו לרמת דיוק גבוהה מאוד. עם זאת, מחקרים עדכניים הראו כי במצבים מסוימים – למשל ברעש חזק, מקטעי שקט, מוזיקה או אותות שאינם דיבור – המערכת עלולה לייצר תמלול שאינו נתמך על ידי האודיו בפועל. תופעה זו מכונה Hallucination ("הזיות") והיא מהווה אתגר משמעותי ביישומים קריטיים הדורשים אמינות גבוהה.

בפרוייקט זה יפותח מנגנון אוטומטי לזיהוי מצבי ה"הזיות" בהם מומצא תמלול שגוי. האלגוריתם ינתח במקביל מאפיינים אקוסטיים של האות ומדדי ביטחון פנימיים של מערכת התמלול ותפיק ציון אמינות לכל קטע דיבור.

מטרות הפרויקט

פיתוח מנגנון אוטומטי לזיהוי מצבי ה"הזיות" בהם מומצא תמלול שגוי

נושאים נלמדים

- לימוד והיכרות עם מודלי ASR מודרניים ובפרט Whisper
- בניית סביבת ניסויים לזיהוי "הזיות" בתמלול דיבור
- שילוב מאפיינים אקוסטיים כגון אנרגיה, VAD ויחס אות לרעש
- הערכת ביצועים

תהליך עבודה מודולרי:

זיהוי הזיות (שלב א ללא אימון)

- רעש בלבד- שילוב מאפיינים אקוסטיים לזיהוי כגון אנרגיה, VAD

זיהוי הזיות (שלב ב אימון קלסיפייר)

- אות + רעש- אימון קלסיפייר מתוך דיווחי CONFIDENCE ומטא דאטה של המודל עצמו

(Random Forest, Logistic Regression)

זיהוי הזיות (שלב ג אימון טמפורלי)

- עבודה וחילוץ tokenים של המודל
- אימון רשת על הsequence בזמן

(רשתות Temporal CNN, LSTM, transformer)

מספר פרויקט: 7 Signal Processing |

שיערוך פרמטרי מעגל חשמלי ממדידת

Circuit parameters estimations from measurements

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	פיני טנדייטניק
דוא״ל המנחה	pinchas.tandeitnik@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' שרון גנות
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Sharon.Gannot@biu.ac.il
מספר פרויקט	7
שם המנחה המלא	פיני טנדייטניק
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' שרון גנות

רקע לפרויקט

נתונה טופולוגיה של מעגל חשמלי ואנו מעונינים לשערך את פרמטרי המעגל החשמלי. ממדידות אימפדנס של המעגל החשמלי (בדרך כלל 10 נקודות בדקדה) , מתקבל חלק ממשי ומדומה לכל תדר (Nyquist plot). על סמך מדידות אלו אנו נרצה לשערך את פרמטרי המעגל החשמלי.

מקור הבעיה הנו DATA מעולם האלקטרוכימיה, השיטה נקראת Electrochemical Impedance spectroscopy. פרמטרי המעגל החשמלי שאנו משערכים ממופים לתהליכים כימיים אשר קורים בתמיסה. המעגל השקול נקרא Randles circuit [1]

בנוסף תבחן אפשרות ל Circuit system identification בעזרת רשת עיצבית מסוג PINN (Physics-Informed Neural Networ) [3] אשר יכולה לשמש לתאור מיגוון מודלים של ODE עם כניסה משתנה בזמן.

Bibliography:

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Randles_circuit

[2] Doonyapisut, D., et al. "Analysis of electrochemical impedance data: use of deep neural networks. Adv Intell Syst 5 (8): 2300085." 2023 , https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aisy.202300085

[3] Cuomo, S.; Di Cola, V. S.; Giampaolo, F.; Rozza, G.; Raissi, M.; Piccialli, F. Scientific Machine Learning Through Physics–Informed Neural Networks: Where We Are and What's Next. J. Sci. Comput. 2022, 92 (3), 88. https://doi.org/10.1007/s10915-022-01939-z

מטרות הפרויקט

בפרויקט זה הסטודנטים יתנסו במחקר יישומי בתחומי Deep Learning ושיערוך פרמטרים של טופולוגיה של מעגל חשמלי ידוע או תאור מודל פיזיקאלי בעזרת ODE (ראו דוגמה במאמר [2,3]). כחלק מהתהליך, הסטודנטים יתרגלו סקר ספרות, הבנה וסיכום של מאמרים עכשוויים בתחום

נושאים נלמדים

- הבנה של רשתות deep learning וישומים של רשתות עיצביות ל Multi dimensional regression ו PINN לפיתרון מיגוון בעיות ODE
- סקר ספרות למציאת שיטות לפיתרון הבעיה
- שימוש בפייתון על מנת לאמן את המודל
- תבחן אפשרות להרחבת המודלים לפתרון בעיות מסוג PDE & FODE

מספר פרויקט: 35 | Signal Processing

חילוץ דובר מטרה בשמע דו אוזני בזמן אמת

Real-time binaural target speaker extraction on HATS

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	יואב אלינסון
דוא״ל המנחה	yoav.ellinson@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' שרון גנות
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	sharon.gannot@biu.ac.il
מספר פרויקט	35
שם המנחה המלא	יואב אלינסון
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' שרון גנות

רקע לפרויקט

למידה עמוקה ועיבוד ספרתי של אותות

מטרות הפרויקט

הסטודנטים יממשו אלגוריתם שפותח במעבדה לעבודה בזמן אמת על סימולטור HATS- Head and Torso Simulator.
כמוכן יבצעו ולידציה לאלגוריתם בסביבות אקוסטיות אמיתיות.

נושאים נלמדים

עיבוד אותות דיבור, שימוש בייצוג זמן תדר לאותו תדיבור, למידה עמוקה.

מספר פרויקט: 56 Signal Processing |

ניתוח שכבות פנימיות של מודל אודיו-וידיאו באמצעות Linear Probing

A Layer-wise Analysis of Audio-Visual Speech Representations Using Linear Probing

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	מאיה ויסמן ברנס
דוא״ל המנחה	mayaveismman@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' שרון גנות
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Sharon.Gannot@biu.ac.il
מספר פרויקט	56
שם המנחה המלא	מאיה ויסמן ברנס
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' שרון גנות

רקע לפרויקט

מודלים מודרניים לזיהוי דיבור אודיו-ויזואלי (Audio-Visual Speech Recognition – AVSR), ובראשם AV-HuBERT, מציגים ביצועים מצוינים גם בתנאי רעש קשים. למרות זאת, עדיין לא ברור מה בדיוק כל שכבה פנימית במודל לומדת.

מטרת הפרויקט היא לבצע ניתוח אינטרפרטבילי של הייצוגים הפנימיים של המודל באמצעות linear probing ולבחון כיצד המידע הלשוני מיוצג לאורך שכבות המודל וכיצד הייצוג משתנה כאשר איכות האודיו יורדת.

מטרות הפרויקט

הפרויקט יענה על שלוש שאלות מחקר מרכזיות:1. באיזו שכבה של מודל אודיו-וידיאו ניתן לשחשר בצורה הטובה ביותר את זהות המילה? 2. כיצד משתנה הייצוג בין אודיו-וידיאו יחד, אודיו בלבד, וידיאו בלבד. 3. כיצד רעש משפיע על המידע הקיים בכל שכבה? 4. אילו מילים מפיקות את התועלת הגדולה ביותר מהמידע הוויזואלי? העבודה מודולרית: בחלק הראשון נבצע הכנת בסיסי הנתונים- ביצוע יישור וחילוץ המילים מהדאטסט, ניקוי, חלוקה לספליטים- train, val, test ובחירת אוצר המילים. חלק שני נחלץ ייצוגים (אמבדינג) מהמודל אודיו-וידיאו. בחלק השלישי נאמן קלסיפייר פשוט על כל שכבה במודל לניבוי המילה בתוך שכבות המודל. חלק רביעי- ניתוח ביצועים זיהוי המילים בשכבות המודל. ניתוח רעשים. והצגת תוצרים.

נושאים נלמדים

- היכרות עם מודלים של אודיו-וידיאו ומאגרי נתונים לדיבור אודיו-ויזואלי
- עקרונות Self-Supervised Learning וניתוח ייצוגים במודלים עמוקים
- שימוש ב-Linear Probing לניתוח המידע המקודד בשכבות שונות של הרשת
- אימון והערכת מסווגים לינאריים (Logistic Regression)
- עבודה עם Python וספריות מחקר כגון PyTorch, Fairseq ו-Scikit-learn.

מספר פרויקט: 102 Signal Processing |

יצירת מוזיקה מטקסט ביעילות אימון גבוהה באמצעות מודלי מרחב־מצב

Training-Efficient Text-to-Music Generation with State-Space Modeling

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Mordehay Moradi
דוא״ל המנחה	mordehay2010@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Prof Sharon Gannot
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	sharon.gannot@biu.ac.il
מספר פרויקט	102
שם המנחה המלא	Mordehay Moradi
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Prof Sharon Gannot

רקע לפרויקט

Recent advances in text-to-music (TTM) generation have enabled high-quality music synthesis, but existing approaches often require substantial computational resources and large-scale proprietary datasets. This creates significant barriers to reproducibility and limits the ability to train such models under constrained computational budgets. State-Space Models (SSMs), such as Mamba and SiMBA, provide an efficient alternative to Transformers by enabling linear-complexity sequence modeling. This project explores the use of SSMs as the backbone for text-to-music generation, with a focus on reducing training cost while maintaining competitive generation quality.

מטרות הפרויקט

The primary goal of this project is to develop an open-source and training-efficient text-to-music generation model that can be trained under a constrained computational budget. The project will investigate SSM-based architectures, including Mamba and SiMBA, and compare single-stage generation with a two-stage SSM/diffusion approach for efficient music synthesis. The resulting models will be evaluated against established baselines using objective and subjective measures of audio quality, semantic consistency, and text-audio alignment.

נושאים נלמדים

1. We will base this project on the work presented in the preprint Training-Efficient Text-to-Music Generation with State-Space Modeling by Wei-Jaw Lee, Fang-Chih Hsieh, Xuanjun Chen, Fang-Duo Tsai, and Yi-Hsuan Yang (arXiv:2601.14786, 2026), submitted to IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing (TASLP).
2. Deep Learning Architectures

◦ State-Space Models (SSMs), including Mamba and SiMBA.

◦ Transformers and Attention mechanisms.

◦ Efficient long-range sequence modeling.

3. Generative Models & Audio Processing

◦ Text-to-Music (TTM) generation.

◦ Neural Audio Codecs and Residual Vector Quantization (RVQ).

◦ Latent Diffusion Models (LDMs) and multi-stage generation.

4. Machine Learning Efficiency

◦ Training efficiency and computational complexity.

◦ Parameter reduction and FLOPs optimization.

◦ Training generative models under limited computational resources.

5. Evaluation Metrics

◦ Fréchet Distance (FD) for audio quality.

◦ Kullback-Leibler (KL) divergence for semantic consistency.
◦ CLAP score for text-audio alignment.

מספר פרויקט: 103 Signal Processing |

שחזור טקסט מהקלטות מקלדת בסביבות רועשות (Acoustic Side-Channel Attack) באמצעות שילוב מודלי ראייה (Vision Transformers) ומודלי שפה קטנים (SLMs)

Reconstructing Typed Text from Acoustic Keyboard Recordings in Noisy Environments Using Vision Transformers and Small Language Models

פרטי הנחיה

Mordehay Moradi	שם המנחה המלא
mordehay2010@gmail.com	דוא״ל המנחה
Prof Sharon Gannot	ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת
sharon.gannot@biu.ac.il	דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת
103	מספר פרויקט
Mordehay Moradi	שם המנחה המלא
Prof Sharon Gannot	ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת

רקע לפרויקט

Acoustic Side-Channel Attacks (ASCAs) exploit unintended acoustic emissions produced during keyboard typing, potentially allowing sensitive information to be inferred from audio recordings. This project investigates how much information about typed text can leak through such acoustic signals under realistic and noisy conditions. While recent deep learning approaches use Mel-spectrograms and neural networks to classify keystrokes, their performance can degrade significantly in the presence of background noise. The project will explore Vision Transformers for robust acoustic feature extraction and Small Language Models (SLMs) for contextual correction of noisy predictions, providing a practical assessment of the extent of information leakage and helping identify potential directions for protecting sensitive information.

מטרות הפרויקט

The primary goal of this project is to quantify the extent to which typed text can be reconstructed from acoustic keyboard recordings under realistic noisy conditions. The system will combine STFT-based keystroke segmentation, Mel-spectrogram representations, and a Vision Transformer for acoustic character classification, followed by an SLM for contextual correction of noisy predictions. The results will be used to assess the practical severity of acoustic information leakage and identify potential measures for mitigating this privacy risk.

נושאים נלמדים

The project will be based on the methodologies and findings presented in the following research papers:

• Julia Przybytniowska, Adam Zychowski, and Jacek Mandziuk, “Deep Learning for Acoustic Side-Channel Attacks on Keyboards: Sterile vs. Noisy Environments,” in Proceedings of the 2026 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2026), 2026 — focusing on robust keystroke recognition using modern vision architectures such as CoAtNet, MOAT, and Swin Transformer, with particular emphasis on generalization to realistic noisy environments.

• Seyyed Ali Ayati, Jin Hyun Park, Yichen Cai, and Marcus Botacin, “Making Acoustic Side-Channel Attacks on Noisy Keyboards Viable with LLM-Assisted Spectrograms’ “Typo” Correction,” in Proceedings of the 19th USENIX WOOT Conference on Offensive Technologies (WOOT ’25), 2025 — focusing on robust keystroke classification and the use of Large/Small Language Models for correcting acoustically induced classification errors and improving text reconstruction in noisy conditions.

1. Side-Channel Attacks & Information Security:

• Acoustic Side-Channel Attacks (ASCA).

2. Audio & Signal Processing:

• Fast Fourier Transform (FFT) & Short-Time Fourier Transform (STFT).

• Mel-Spectrograms.

• Energy-based Segmentation.
• Data Augmentation (Time stretching, Time shifting, Gaussian noise, Frequency/Time masking).
3. Deep Learning & Computer Vision:
• Convolutional Neural Networks (CNN).
• Vision Transformers (Swin, ViT, BEiT, DeiT).
• Hybrid Architectures (CoAtNet, MOAT).
• Optimization Algorithms & Loss Functions (Adam, AdamW, Cross-Entropy Loss).
4. Large Language Models (LLMs) & Natural Language Processing (NLP):
• Error Correction / Denoising (Typo correction).
• Prompt Engineering (Few-shot prompting, Zero-shot prompting).
• Fine-tuning & Parameter-Efficient Fine-Tuning (PEFT, LoRA, QLoRA).
• Text Evaluation Metrics (Levenshtein Distance, BLEU, ROUGE, METEOR).

מספר פרויקט: 109 Signal Processing |

גילוי רחפנים אקוסטי בזמן אמת בשיטות למידה עמוקה

Acoustic detection of attacking drone using DL methods

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ד"ר עופר שוורץ ודניאל לוי
דוא״ל המנחה	oferico.sh@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	שרון גנות
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Sharon.Gannot@biu.ac.il
מספר פרויקט	109
שם המנחה המלא	ד"ר עופר שוורץ ודניאל לוי
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	שרון גנות

רקע לפרויקט

בשנים האחרונות הפך השימוש ברחפנים אזרחיים וצבאיים לנפוץ ונגיש מאי פעם. לצד היתרונות הרבים, תופעה זו יצרה איומים ביטחוניים ובטיחותיים חדשים, כאשר רחפנים עוינים (רחפנים תוקפים) משמשים למטרות ריגול, פגיעה בפרטיות, הברחות ואף נשיאת חומרי נפץ. שיטות ההגנה המסורתיות, כגון שימוש במכ"מים קרקעיים או שיבוש תדרים, מוגבלות לרוב בגלל תוואי שטח מורכב, מכשולים עירוניים או פגיעה בתקשורת אזרחית תמימה. כמענה לכך, התפתח הצורך במערכות הגנה דינמיות, המזהות רחפנים באופן אוטונומי.

מטרות הפרויקט

מטרתו המרכזית של פרויקט זה היא לתכנן, לפתח וליישם מערכת אוטונומית, המיועדת לגילוי בזמן אמת אחר רחפן תוקף. המערכת שואפת לשלב אלגוריתמים מתקדמים של עיבוד אות שמע ולמידת מכונה כדי לאתר את המטרה העוינת מתוך קלט מקרופונים כל זאת תוך התמודדות עם תנאי סביבה משתנים, הפרעות ושינויי כיוון פתאומיים של המטרה. פיתוח זה מהווה תשתית חיונית למערכות יירוט ונטרול עתידיות של רחפנים עוינים.

נושאים נלמדים

שיטות למידה עמוקה לזיהוי אות שמע של רחפן : שימוש בטכניקות עיבוד אות ורשתות נוירונים (AST, PANN , BEATS) לצורך גילוי של רחפנים במרחב.

לצורך הפרויקט יעמדו לרשות הסטודנטים המערכת אשר פותחה לצורך סיירת עיבוד אותות במסגרת קורב אותות ומערכות.

מאמרים תומכים:

Seidaliyeva, Ulzhalgas, et al. "Advances and Challenges in Drone Detection and Classification Techniques: A State-of-the-Art Review." Sensors (14248220) 24.1 (2024).

מספר פרויקט: 110 Signal Processing |

מעקב אחר רחפן תוקף על ידי רחפן מגן

Tracking of an attacking drone by a defensive drone

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	ד"ר עופר שוורץ ודניאל לוי
דוא״ל המנחה	Oferico.sh@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	שרון גנות
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Sharon.Gannot@biu.ac.il
מספר פרויקט	110
שם המנחה המלא	ד"ר עופר שוורץ ודניאל לוי
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	שרון גנות

רקע לפרויקט

בשנים האחרונות הפך השימוש ברחפנים אזרחיים וצבאיים לנפוץ ונגיש מאי פעם. לצד היתרונות הרבים, תופעה זו יצרה איומים ביטחוניים ובטיחותיים חדשים, כאשר רחפנים עוינים (רחפנים תוקפים) משמשים למטרות ריגול, פגיעה בפרטיות, הברחות ואף נשיאת חומרי נפץ. שיטות ההגנה המסורתיות, כגון שימוש במכ"מים קרקעיים או שיבוש תדרים, מוגבלות לרוב בגלל תוואי שטח מורכב, מכשולים עירוניים או פגיעה בתקשורת אזרחית תמימה. כמענה לכך, התפתח הצורך במערכות הגנה דינמיות ואוטונומיות, המבוססות על רחפנים מגנים. רחפן מגן מספק פתרון נייד וגמיש, המסוגל לפעול בגובה רב, להתגבר על חסמים קרקעיים ולסגור את הטווח אל מול האיום בצורה ממוקדת ויעילה.

מטרות הפרויקט

מטרתו המרכזית של פרויקט זה היא לתכנן, לפתח וליישם מערכת אוטונומית לרחפן מגן, המיועדת לגילוי, זיהוי ומעקב בזמן אמת אחר רחפן תוקף. המערכת שואפת לשלב אלגוריתמים מתקדמים של עיבוד אות שמע ולמידת מכונה כדי לאתר את המטרה העוינת מתוך קלט מקרופונים הממוקמים על הרחפן המגן. עם גילוי האיום, הרחפן המגן נדרש לחשב את מסלול הטיסה האופטימלי כדי לעקוב אחר הרחפן התוקף ולשמור עמו על קשר-שמע רציף, כל זאת תוך התמודדות עם תנאי סביבה משתנים, הפרעות ושינויי כיוון פתאומיים של המטרה. פיתוח זה מהווה תשתית חיונית למערכות יירוט ונטרול עתידיות של רחפנים עוינים. בנוסף יש לתכנן מערכת לביטול הרעש העצמי של הרחפן המגן.

נושאים נלמדים

אלגוריתמי מעקב אחר רחפנים: יישום אלגוריתמים עמוקים (YOLO, MAMBA) למעקב רציף אחר רחפן נע תוך כדי תנועה של הרחפן המגן כדי להעריך את מיקום הרחפן התוקף גם במצבים רועשים.

לצורך הפרויקט יעמדו לרשות הסטודנטים המערכת אשר פותחה לצורך סיירת עיבוד אותות במסגרת קורב אותות ומערכות.

Chang, Xianyu, et al. "A surveillance system for drone localization and tracking using acoustic arrays." 2018 IEEE 10th Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop (SAM). IEEE, 2018.

מספר פרויקט: 111 Signal Processing |

איכון מקור קול באמצעות רשת נוירונים מונחית־פיזיקה

Acoustic Source Localization Using Inverse Physics-Informed Neural Networks

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אביעד אוסטר
דוא״ל המנחה	aviad.oster@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' שרון גנות
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	gannotsh@gmail.com
מספר פרויקט	111
שם המנחה המלא	אביעד אוסטר
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' שרון גנות

רקע לפרויקט

איכון מקור קול מתוך מדידות של מערך מיקרופונים הוא רכיב חשוב במערכות רבות.

בחדרים סגורים, החזרים מהקירות, רעש רקע ומספר מוגבל של מיקרופונים מקשים על שיטות איכון קלאסיות ופוגעים בדיוק האיכון.

רשתות נוירונים מונחות־פיזיקה (PINNs) הן רשתות אשר מעבר להתאמה לנתונים, משלבות בתהליך האימון גם את המשוואות הפיזיקליות המתארות את המערכת. כך ניתן להשתמש בידע מוקדם על התפשטות גלי קול כדי לייצב את הפתרון גם כאשר מספר המדידות קטן או כשהן רועשות.

בפרויקט זה יפותח מודל Inverse PINN אשר יקבל מדידות לחץ אקוסטי ממספר מיקרופונים וישערך את מיקום מקור הקול ואת עוצמתו, תוך דרישה ששדה הלחץ המשוחזר יקיים את משוואת הלמהולץ ואת תנאי השפה של החדר.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לפתח ולבחון שיטה לאיכון מקור קול יחיד בחדר בעל גאומטריה ידועה. המודל יקבל מדידות לחץ ממספר מיקרופונים וישערך:

- את מיקום מקור הקול
- את עוצמת המקור (תוצר לוואי)
- את שדה הלחץ האקוסטי בחדר (תוצר לוואי) איכון המקור הוא המטרה המרכזית של הרשת בעוד השדה האקוסטי הינו תוצר לואי. ביצועי השיטה יושוו לאלגוריתם איכון קלאסי ולמודל למידה שאינו כולל אילוץ פיזיקלי.מקורות:

• Gu, C., & Chen, Z. (2025). "Integrating Distributed Acoustic Sensing and PINN Frameworks for Enhanced Indoor Sound Source Localization." International Conference on Learning Representations (ICLR).

• Raissi, M., Perdikaris, P., & Karniadakis, G. E. (2019). "Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations." Journal of Computational Physics, 378, 686-707.

נושאים נלמדים

- רקע באקוסטיקה, משוואת הלמהולץ ושיטות לאיכון מקורות קול.
- היכרות עם PINNs ועם פתרון בעיות הפוכות באמצעות רשתות נוירונים.
- בניית סימולציה של חדר דו־ממדי, מקור קול ומערך מיקרופונים.
- מימוש אלגוריתם איכון בסיסי לצורך השוואה.
- פיתוח ואימון מודל Inverse PINN לשערוך מיקום ועוצמת המקור.
- בחינת הביצועים כתלות במספר המיקרופונים, פריסתם, התדר ורמת הרעש.

מספר פרויקט: 112 Signal Processing |

אינטרפולציה של תגובות אימפולס בינאורליות בחדר באמצעות רשתות נוירונים מונחות־פיזיקה

Binaural Room Impulse Response Interpolation Using Physics-Informed Neural Networks

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אביעד אוסטר
דוא״ל המנחה	aviad.oster@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' שרון גנות
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	gannotsh@gmail.com
מספר פרויקט	112
שם המנחה המלא	אביעד אוסטר
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ' שרון גנות

רקע לפרויקט

תגובות אימפולס בינאורליות בחדר (BRIR) מתארות את מעבר הקול מן המקור אל שתי אוזני המאזין, ומשלבות את השפעות החדר, הראש והאפרכסות. ביישומים דינמיים, כגון שמע מרחבי ומציאות מדומה, נדרשות תגובות אלו עבור מספר רב של מיקומי מאזין. עם זאת, מדידה ישירה של BRIR בכל נקודה היא תהליך מורכב, ממושך ויקר.

רשתות נוירונים מונחות־פיזיקה (PINNs) משלבות בתהליך האימון הן התאמה לנתונים הנמדדים והן אילוצים הנגזרים מן המשוואות הפיזיקליות המתארות את המערכת. שילוב זה מאפשר לנצל ידע מוקדם על התפשטות גלי קול, ובכך לשפר את יציבות השחזור גם כאשר מספר המדידות מצומצם או כאשר המדידות מכילות רעש.

במאמר שעליו מבוסס הפרויקט מוצעת רשת נוירונים המייצגת את ה־BRIR כפונקציה רציפה של הזמן והמיקום במרחב. הרשת מאומנת באמצעות שילוב של התאמה למדידות ואילוץ המבוסס על משוואת הגלים, במטרה לשחזר תגובות BRIR במיקומים שבהם לא בוצעה מדידה ישירה.

מטרות הפרויקט

מימוש ובחינה של שיטה מבוססת PINN לאינטרפולציה של BRIR מתוך מדידות במספר מצומצם של מיקומים בחדר. ביצועי המודל יושוו לרשת ללא אילוץ פיזיקלי ולשיטת אינטרפולציה קלאסית. בנוסף תיבחן השפעת מספר נקודות המדידה ורמת הרעש על איכות השחזור. 1. Y. Li, L. Wang and J. Reiss, “Binaural Room Impulse Responses Interpolation Using Physics-Informed Neural Networks in Three Dimensions.” 2. X. Karakonstantis, D. Caviedes-Nozal, A. Richard and E. Fernandez-Grande, “Room Impulse Response Reconstruction with Physics-Informed Deep Learning,” Journal of the Acoustical Society of America, 2024. https://github.com/xefonon/RIRPINN

נושאים נלמדים

- עקרונות של HRTF BRIR ו־RIR.
- הבנה של SIREN ו Implicit Neural Representation.
- שימוש במאגר סינתטי של תגובות BRIR עבור מיקומי מאזין שונים בחדר.
- מימוש רשת המקבלת זמן ומיקום ומחזירה את ערך תגובת האימפולס.
- שילוב איבר הפסד המבוסס על משוואת הגלים.
- השוואה בין רשתות SIREN עם ובלי אילוץ פיזיקלי ואינטרפולציה רגילה.
- בחינת השפעת דלילות המדידות ורעש על ביצועי המערכת.

מספר פרויקט: 122 Signal Processing |

פענוח קשב בין שני דוברים באמצעות Pre-Training על על אותות EEG מדובר יחיד

Data-Efficient Auditory Attention Decoding Through Single-Talker EEG Pretraining

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Yosef Shimon Sella
דוא״ל המנחה	yossisella5@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ׳ שרון גנות
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	sharon.gannot@biu.ac.il
מספר פרויקט	122
שם המנחה המלא	Yosef Shimon Sella
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ׳ שרון גנות

רקע לפרויקט

דאטהסטים של מידע EEG של דובר יחיד גדולים הרבה יותר מדאטהסטים של שני דוברים עבור בעיות AAD (Auditory Attention Decoding), אבל לרוב אינם מנוצלים עבור אימון של מפענחי קשב (Attenion Decoders).

במאמר המצורף, Thorton et al. פרסמו ארכיטקטורה של match-mismatch שלומדת התאמה בין אותות EEG לדיבור ויכולה לעבור למשימת קשב (Transfer learning).

התאמה של הארכיטקטורה לדאטהסטים קיימים (כמו KUL, DTU), montage harmonization, ו- fine tuning באמצעות מידע AAD מוגבל הן המשימות העיקריות של הפרוייקט.

מטרות הפרויקט

הפרויקט יבחן אם מודל שמאומן כבר על דאטהסט EEG רחב של דובר יחיד מקטין את הצורך בדאטהסט של שני דוברים שנדרש במשימות של AAD. תחת אותה בדיקה יושוו שלושה מצבים: 1. Zero – Shot Transfer: העברה ללא אימון נוסף. 2. Fine Tuning על אחוז מסויים מדאטהסט קיים של שני דוברים. 3. אימון מלא מאפס על אותם אחוזים. הפרוייקט יתן עקומת יעילות של דאטה על כמויות מידע לאימון ואורכי חלונות החלטה, עם אופציה לבדיקה של הכללה לדאטהסט נוסף, עם בדיקה של מעבר (Transfer) בין שפות, מונטאז', ומערך הבדיקה.

נושאים נלמדים

Transfer learning; pre-training and fine-tuning; match-mismatch learning; one-dimensional convolutional networks; EEG montage harmonization; speech-envelope processing; data-efficiency experiments; cross-subject evaluation; cross-dataset generalization.

מספר פרויקט: 123 Signal Processing |

האם מתאם גבוה יותר מוביל לפענוח קשב טוב יותר? Deep CCA ו- DMCCA

Does Better Correlation Produce Better Attention Decoding? Deep and Multiway CCA for Two-Talker AAD

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	יוסף שמעון סלע
דוא״ל המנחה	yossisella5@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ׳ שרון גנות
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	sharon.gannot@biu.ac.il
מספר פרויקט	123
שם המנחה המלא	יוסף שמעון סלע
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	פרופ׳ שרון גנות

רקע לפרויקט

CCA (Canonical Correlation Analysis) לומד ייצוגים של אותות EEG ואותות דיבור עם קורלציה גבוהה כאשר שיטות עמוקות ושיטות רבות-נבדקים כמו DCCA ו- DMCCA (Deep / Multiay CCA) משפרות קורלציה על דאטהסטים של דובר יחיד.

שיטות קיימות ממומשות על דובר יחיד, אך עדיין צריך לבדוק עם קורלציה גבוהה בין אותות EEG ודיבור מתורגמת לבחירה טובה יותר של הדובר אליו מקשיבים במשימות של שני דוברים, במיוחד עבור חלונות זמן קצרים ודוברים שלא נשמעו קודם לכן.

מטרות הפרויקט

הסטודנטים יפיקו קודם שחזור של תוצאות המאמר עבור הקורלציות, יתאימו את ההכנה של המידע (pre-processing) והמודלים למונטאז' של דאטהסט של שני דוברים (KUL, DTU), ויגדירו כלל החלטה שישווה את ההטלה (projection) של המידע מהEEG (הייצוג של המידע) לשני הדוברים המתחרים. השיטות שיבחנו הם: Linear CCA, DCAA, MCCA, DMCCA הן יבחנו תחת ניסויים שונים שבלתי תלויים בנבדקים (cross-trial, subject-independent splitting) ועבור אורכי חלונות החלטה שונים. הפרוייקט יבדוק אם שיפור בקורלציה, עוצמת אפקט (effect size), והתאמה בין נבדקים מובילים לשיפור בדיוק הפענוח של הקשב (AAD accuracy). (inter-subject alignment)

נושאים נלמדים

CCA, DCCA, MCCA, and DMCCA; whitening and SVD; multimodal representation learning; PCA and filter-bank preprocessing; correlation-based loss functions; inter-subject alignment; statistical evaluation; and auditory attention decoding (AAD).

TRACK SECTION

Data Engineering and AI

16 projects in this section

All Tracks

- BioEngineering — 29 projects
- ElectroOptics — 31 projects
- Nano — 61 projects
- Signal Processing — 12 projects
- **Data Engineering and AI** — 16 projects
- Communication — 2 projects
- Industrial Engineering — 4 projects

הרשמה בין מסלולים

החלוקה למסלולים נועדה לצורכי התמצאות בלבד. כל סטודנט/ית, מכל מסלול, רשאי/ת להגיש מועמדות לפרויקטים בכל אחד מהמסלולים המופיעים בחוברת. הקבלה לפרויקט והשיבוץ הסופי מותנים באישור המנחה וראש/ת המעבדה ובהתאם להתאמה ולמקומות הפנויים.

מספרי הפרויקטים בפרק זה הם המספרים המקוריים מהטבלה ולכן אינם בהכרח רציפים.

מספר פרויקט: 24 | Data Engineering and AI

אפטום מערכתת מודעת זיכרון למודלי שפה

Memory-Aware Native Attention for Reduced KV-Cache Inference

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Zuher Jahshan
דוא״ל המנחה	zuher1711@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Leonid Yavits
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	24
שם המנחה המלא	Zuher Jahshan
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Leonid Yavits

רקע לפרויקט

The KV cache has become the dominant memory bottleneck in large language model inference. As context windows extend into the hundreds of thousands of tokens, storing key-value pairs for every historical token in GPU high-bandwidth memory (HBM) becomes prohibitively expensive, limiting batch sizes, throughput, and the practical deployment of long-context models. Recent work has attacked this problem from several directions: trainable sparse attention mechanisms such as Native Sparse Attention (NSA) and DeepSeek's token-granularity lightning indexer reduce the number of keys attended to per query; multi-precision quantization (FP8/FP4) shrinks the per-token footprint; and offloading frameworks such as NOSA relocate cache blocks to CPU DRAM under constrained transfer budgets. However, these approaches largely optimize in isolation — sparsity, precision, and memory placement are rarely co-designed, and the interaction between selection granularity (token vs. block) and offloading efficiency remains poorly characterized.

מטרות הפרויקט

To design, implement, and evaluate a unified KV-cache management framework that jointly optimizes attention sparsity, cache precision, and memory-tier placement for long-context LLM inference. Concretely, the project aims to (1) characterize the accuracy–throughput trade-offs of token-level versus block-level key selection under realistic HBM budgets; (2) develop a natively trainable sparse attention variant whose selection pattern is co-designed with CPU–GPU offloading constraints; and (3) demonstrate measurable improvements in decoding throughput and memory footprint at matched task quality against strong baselines (full attention, NSA, NOSA) on long-context benchmarks.

נושאים נלמדים

Learned sparse selection, Offloading-aware selection policy, Knowledge outcomes

מספר פרויקט: 25 | Data Engineering and AI

בניית עומק חשיבה גנרליזבילי במודלי מחשבה

Adaptive Recursive Depth in Looped Reasoning Models

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Zuher Jahshan
דוא״ל המנחה	zuher1711@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Leonid Yavits
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	25
שם המנחה המלא	Zuher Jahshan
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Leonid Yavits

רקע לפרויקט

Parameter sharing through recurrence has re-emerged as a promising path toward compute-efficient reasoning models. Architectures such as Ouro and Mixture-of-Recursions (MoR) apply the same transformer blocks iteratively, allowing a model to "think longer" in latent space without growing its parameter count, and to allocate variable depth per token via learned routers. Yet fundamental design questions remain unresolved. Fully backpropagating through unrolled recurrent steps — as Ouro does — causes training instability, requiring conservative learning rates, sandwich normalization, and hard caps on recurrence depth; alternatives that use stop-gradient (as in HRM/TRM-style models) trade this stability for a biased training signal. Similarly, routing mechanisms that decide per-token recursion depth involve non-differentiable top-k selections whose gradient handling varies across implementations and is often under-documented. There is currently no systematic understanding of how gradient-flow strategy, routing design, and recursion depth interact to determine model quality and training stability.

מטרות הפרויקט

To systematically study and improve the training dynamics of looped/recursive reasoning models. The project aims to (1) empirically compare gradient-flow regimes in the recurrence (full backpropagation, truncated, and stop-gradient variants) under controlled settings, quantifying their effects on stability, convergence speed, and downstream quality; (2) design a routing mechanism for adaptive per-token recursion depth that is stable to train and calibrated at inference time; and (3) deliver a trained proof-of-concept model demonstrating that adaptive recursion matches or exceeds a parameter-matched feedforward baseline at lower inference FLOPs.

נושאים נלמדים

Shared recurrent block, Depth router, Gradient-flow strategy as a studied variable (e.g., SOT), Knowledge outcomes

מספר פרויקט: 32 | Data Engineering and AI

חקר השימוש ברשת נוירונים מבוסס פולסים לאפליקציות שונות

System level research into the usage of a Spiking Neural network for complex computing applications

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Neil Feldman
דוא״ל המנחה	neil.d.feldman@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Joseph Shor
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	Joseph.Shor@biu.ac.il
מספר פרויקט	32
שם המנחה המלא	Neil Feldman
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Joseph Shor

רקע לפרויקט

In recent years Artificial Neural Networks (ANN) have reached maturity, and AI is becoming a technology used everywhere. ChatGPT , Bard and Bing have vast distribution and ANN farms are growing exponentially. The ANN attempts to mimic the human brain as closely as possible to achieve the best possible computing power. As the brain signals are analog and spikey by nature the next step for Artificial Neural Networks is to implement Analog Spiking Neural networks (SNN).The aim of this project is to take a given implementation of a SNN network and use it to develop a solution for different applications such as EEG, GEOPHONE, gesture recognition , frequency analysis etc...

מטרות הפרויקט

In this project you will use python and spiking-jelly platforms to utilize an implementation of a spiking neural network (SNN) and research the advantages of using this network for various applications such as EEG, GEOPHONE, gesture recognition and others. You will develop the code for these applications and demonstrate key advantages of using this implementation with our state-of-the-art SNN network vs. other SNN and ANN implementations. You will compare key performance metrics such as power-per-inference , classification accuracy , network size etc.. and show that this implementation has key advantages.

נושאים נלמדים

In this project the student will be exposed to the spiking jelly code used for MNIST classification using our SNN design and based on this code will implement other applications.

The student will also research possible key use-cases that take advantage of unused features inside the SNN such as VThreshold and refractory time training and look for ways to utilize these features in new applications , for example frequency analysis .

מספר פרויקט: 71 | Data Engineering and AI

למידה עמוקה במימד הזמן

Deep learning in the temporal domain

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	יובל תמיר
דוא״ל המנחה	yuvaltamir23@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	מוטי פרידמן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	moti43@gmail.com
מספר פרויקט	71
שם המנחה המלא	יובל תמיר
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	מוטי פרידמן

רקע לפרויקט

מערכות אופטיות מהירות מייצרות כמויות גדולות של מידע התלוי בזמן, כגון סדרות של פולסים, אותות ספקטרליים, מדידות של תהליכים לא־ליניאריים ודינמיקה של לייזרים. במקרים רבים קשה לחלץ מהמדידות את הפרמטרים הפיזיקליים הרלוונטיים באמצעות שיטות אנליטיות רגילות. בפרויקט נשתמש בכלים של למידה עמוקה כדי לנתח אותות אופטיים בזמן, לזהות תבניות ודינמיקה, ולשחזר מידע שאינו נגיש ישירות מהמדידה.

מטרות הפרויקט

פיתוח ואימון של מודלים מבוססי למידה עמוקה לניתוח ולחיזוי של אותות אופטיים בממד הזמן. הסטודנטים יעבדו עם נתונים ניסיוניים וסינתטיים ממערכות של פולסים אולטרה־מהירים, ילמדו לזהות מאפיינים של האות, לשחזר את הצורה הזמנית שלו ולנבא את התפתחותו. בהמשך ייבחנו שימושים כגון סיווג מצבי מערכת, זיהוי חריגות ושחזור פרמטרים פיזיקליים מתוך המדידות.

נושאים נלמדים

עיבוד אותות בזמן ובתדר; טרנספורם פורייה; יסודות באופטיקה של פולסים אולטרה־מהירים; הכנת נתונים ונרמול; רשתות נוירונים; רשתות קונבולוציה; רשתות לניתוח סדרות זמן; מנגנוני attention; אימון, ולידציה ובדיקת מודלים; הערכת ביצועים; עבודה ב־Python עם PyTorch או TensorFlow; ניתוח והשוואה בין נתונים ניסיוניים לנתונים סינתטיים.

מספר פרויקט: 83 Data Engineering and AI |

בינה מלאכותית ואופטימיזציה חכמה לניתוח התאמה בין תהליכים לנתונים

AI and Intelligent Optimization for Process–Data Alignment

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	איציק כהן
דוא״ל המנחה	izack.cohen@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	איציק כהן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	izack.cohen@biu.ac.il
מספר פרויקט	83
שם המנחה המלא	איציק כהן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	איציק כהן

רקע לפרויקט

מערכות מידע ובסיסי נתונים מתעדים כמויות עצומות של אירועים המתארים תהליכים אמיתיים: טיפול בלקוחות, ייצור, לוגיסטיקה, תהליכים רפואיים, מערכות פיננסיות ועוד. אולם התהליך שמבוצע בפועל אינו תמיד תואם את התהליך שתוכנן מראש.

למי הפרויקט מתאים? לסטודנטים שהבינו טוב והתחברו לקורסי האופטימיזציה בדגש על מודלים דטרמיניסטיים ומבני נתונים ואלגוריתמים וגם הצליחו במקצועות אלו.

לאנשים יצירתיים, עם יכולת בנייה ופיתוח.

הפרויקט עוסק בשאלות מרכזיות בדאטה סיינס, ניהול תהליכים עסקיים ובינה עסקית:

כיצד ניתן לזהות באופן אוטומטי היכן התהליך בפועל סטה מהמודל? כיצד ניתן למצוא את ההסבר המדויק ביותר לסטייה מתוך מספר עצום של אפשרויות?

צוות הפרויקט יפתח אלגוריתמים חכמים לפתרון בעיית Alignment-Based Conformance Checking, משימה בתחום כריית התהליכים. מטרת המשימה למצוא את ההתאמה הטובה ביותר בין רצף אירועים שנצפה בנתונים לבין ההתנהגות החוקית המוגדרת במודל התהליך.

הפרויקט משלב תחומים מרכזיים בבינה מלאכותית ובמדעי הנתונים:

חיפוש חכם באמצעות (A*) ואלגוריתמים היוריסטיים,

אופטימיזציה באמצעות Linear Programming ו-Mixed-Integer Linear Programming (MILP),

ניתוח נתוני אירועים אמיתיים,

השוואה ניסויית בין אלגוריתמים,

פיתוח שיטות היברידיות המשלבות חיפוש ואופטימיזציה,

תכנון חתכים, חסמים ופירוקים אלגוריתמיים לשיפור זמני הריצה.

הסטודנטים יממשו וישוו מספר גישות לפתרון הבעיה, ינתחו באילו סוגי מופעים כל שיטה מצליחה או נכשלת, וינסו לפתח שיפורים חדשים.

האלגוריתמים ייבחנו על נתוני תהליכים אמיתיים וסינתטיים. במסגרת הניסויים ינותחו זמן הריצה, צריכת הזיכרון, איכות החסמים, גודל מרחב החיפוש ומספר המופעים שניתן לפתור באופן אופטימלי.

הבעיה משלבת שתי גישות מרכזיות לפתרון בעיות בבינה מלאכותית:

חיפוש במרחב מצבים — בדומה לאלגוריתמים המשמשים בתכנון אוטומטי, ניווט ומשחקים.

אופטימיזציה מתמטית — בניית מודל מתמטי ופתרונו באמצעות פותרי אופטימיזציה מתקדמים (סולברים).

אחת משאלות המחקר המרכזיות תהיה:

מתי עדיף לפתור את הבעיה באמצעות חיפוש חכם, מתי באמצעות MILP, והאם שילוב בין השיטות יכול להיות יעיל יותר משתיהן?

תוצרי הפרויקט:

בסיום הפרויקט תהיה בידי הסטודנטים מערכת מלאה הכוללת:

מימוש של מספר אלגוריתמים לפתרון הבעיה (חובה)

השוואה ניסויית בין האלגוריתמים (חובה)

ניתוח מאפייני הנתונים המשפיעים על ביצועי האלגוריתמים (חובה)

שיפורים לשיטות הקיימות באמצעות שיטות מתקדמות,

הצגה ויזואלית של alignments ושל הסטיות שהתגלו בתהליך.

מטרות הפרויקט

לפתח ולהשוות שיטות מבוססות אופטימיזציה מתמטית ובינה מלאכותית באמצעות חיפוש חכם לפתרון יעיל של בעיית Alignment-Based Conformance Checking.

נושאים נלמדים

כריית תהליכים, פיתוח אלגוריתמי, אופטימיזציה.

מספר פרויקט: 84 Data Engineering and AI |

בינה מלאכותית מונחית תהליך: שילוב ידע חיצוני ברשתות עמוקות ובמודלי דיפוזיה

Process-guided AI: Integrating external knowledge into deep and diffusion models

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	איציק כהן
דוא״ל המנחה	izack.cohen@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	איציק כהן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	izack.cohen@biu.ac.il
מספר פרויקט	84
שם המנחה המלא	איציק כהן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	איציק כהן

רקע לפרויקט

רשתות למידה עמוקה ומודלי דיפוזיה לומדים בדרך כלל מתוך הנתונים בלבד.

בתהליכים קיים לעיתים ידע חיצוני משמעותי כמו איזה פעילויות יכולות להתרחש בכל שלב ומהו הסדר האפשרי ביניהן, או אילו רצפי פעילויות אינם חוקיים.

לדוגמה, בתהליך של הרכבת מוצר, ביצוע טיפול, הכנת מזון או טיפול בבקשה ארגונית, לא כל פעילות יכולה להתרחש בכל שלב. ידע כזה יכול להיות מיוצג באמצעות: חוקים לוגיים או זמניים, חוקים שנוסחו או חולצו באמצעות LLM ולאחר מכן אומתו, רשת פטרי, אוטומט, מכונת מצבים או גרף.

מטרת הפרויקט היא לבדוק באופן האם וכיצד שילוב ידע תהליכי יכול לשפר את הביצועים של מודלי למידה.

הסטודנטים המתאימים לפרויקט זה:

סטודנטים חזקים בעלי ניסיון תיאורטי ומעשי קודם בלמידה עמוקה.

ניסיון מעשי משמעותו: ביצוע אימון או fine-tuning של רשת, השלמה עצמאית של פרויקט קודם בלמידת מכונה או למידה עמוקה, יכולת לטעון dataset, לבנות data pipeline, לאמן מודל ולהעריך את ביצועיו, ניסיון בעבודה עם מודלים מאומנים מראש, יכולת עבודה ב-Python, Git וסביבת Linux, ניסיון בשימוש ב-GPU ובהתמודדות עם בעיות זיכרון ותהליכי אימון.

הפרויקט דורש גם לקרוא לעומק מאמרים מדעיים באנגלית ולממש שיטות המתוארות בהם, הבנה של train, validation ו-test.

אם ניסיונכם מסתכם בקורס תאורטי, שימוש ב-API או prompting יהיה לכם קשה להצליח בפרויקט.

המחקר יתבסס על datasets פרוצדורליים ממאמרים קודמים. ניתן לבחור נתוני וידאו (עדיפות נמוכה בגלל המורכבות), רצפי אירועים, סדרות מאפיינים או ייצוגים מולטימודליים. אפשרות נוספת היא להשתמש ב-event logs קיימים שבהם תהליך מיוצג כרצף אירועים.

כדי להשוות תרומת ידע חיצוני יושוו ארבעה מצבים מרכזיים עבור אותו dataset, אותה משימה ואותם מדדי הערכה:

1. מודל קיים ללא Fine-Tuning

הפעלת מודל מאומן מראש במתכונת zero-shot או באמצעות רכיבי classification קיימים, ללא התאמת משקלי המודל ל-dataset הנבחר.

2. מודל ללא Fine-Tuning אך עם תוספת ידע תהליכי

המודל הבסיסי יישאר ללא שינוי, אך תחזיותיו יונחו או יתוקנו באמצעות חוקים, גרף, רשת פטרי, אוטומט או ידע שהופק באמצעות LLM (יתכן שיושוו ייצוגים שונים של ידע חיצוני).

3. מודל לאחר Fine-Tuning

התאמת המודל לנתוני האימון של ה-dataset, ללא שימוש מפורש בידע תהליכי חיצוני. זה המצב המקובל כיום ובו המודל לומד את התהליך על בסיס דוגמאות.

4. מודל לאחר Fine-Tuning בתוספת ידע תהליכי

שילוב בין התאמת המודל לנתונים לבין שימוש מפורש בחוקים או במודל התהליך. האם במקרה כזה ידע חיצוני תורם משמעותית?

מבנה זה יאפשר להפריד בין התרומה של ה-fine-tuning לבין התרומה של הידע החיצוני ולבדוק האם הם משלימים זה את זה.

הסטודנטים יממשו מספר גישות שונות לשילוב ידע:

א. שילוב באמצעות Post-Processing

המודל מפיק תחילה תחזיות רגילות, ולאחר מכן מופעל אלגוריתם חיצוני המתקן או מדרג אותן מחדש בהתאם למודל התהליך. דוגמא: מחיקת תחזיות המפרות חוק תהליכי.

ב. שילוב בזמן ההסקה

הידע התהליכי ישפיע על תהליך יצירת התחזית עצמו, בלי לאמן מחדש את כל המודל. דוגמא:סינון של פעילויות שאינן אפשריות במצב הנוכחי או שינוי ההסתברויות.

ג. שילוב בזמן הלמידה

הידע ישולב ישירות בתהליך האימון או ה-fine-tuning. דוגמא: מתן קנס לתחזיות המפרות את מודל התהליך.

תוצרים:

1. benchmark מתועד וניתן לשחזור (חובה).
2. מציאת שיטה המשפרת באופן מובהק את כל ה-baselines (פרויקט מצויין).

מטרות הפרויקט

ביצוע השוואת שיטות לשילוב ידע תהליכי חיצוני ברשתות למידה עמוקה ובמודלי דיפוזיה.

נושאים נלמדים

מודלי תהליך, שילוב ידע חיצוני עם מודלי למידה.

מספר פרויקט: 101 Data Engineering and AI |

חיפוש מבוסס-קונפליקטים לתזמון פרויקטים מוגבלי-משאבים

Conflict-Based Search for the Resource-Constrained Project Scheduling Problem

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Ido Lublin
דוא״ל המנחה	ido.lublin@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	איציק כהן ודור עצמון
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	dor.atzmon@biu.ac.il
מספר פרויקט	101
שם המנחה המלא	Ido Lublin
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	איציק כהן ודור עצמון

רקע לפרויקט

בעיית תזמון פרויקטים תחת אילוצי משאבים- (Resource-Constrained Project Scheduling Problem RCPSP) היא אחת מבעיות האופטימיזציה הקומבינטורית המרכזיות בהנדסת תעשייה ובניהול פרויקטים. הבעיה עוסקת בקביעת לוח זמנים לביצוע משימות בעלות אילוצי קדימות, תחת משאבים בעלי קיבולת מוגבלת, במטרה למזער את זמן סיום הפרויקט הכולל (Makespan).

בעיה זו היא NP-Hard, ושיטות האופטימיזציה המקובלות לפתרונה, כגון תכנות לינארי בשלמים (MILP) ואלגוריתמי Branch and Bound, סובלות לעיתים קרובות מגידול מעריכי בזמני הריצה ומתקשות לפתור מופעים מורכבים בזמן סביר.

אלגוריתם CBS (Conflict-Based Search) הוא אלגוריתם חיפוש דו-שכבתי שפותח עבור בעיות תכנון מסלולים מרובי-סוכנים (Multi-Agent Path Finding – MAPF). האלגוריתם פועל בשתי רמות: ברמה הנמוכה נמצא פתרון בנפרד לכל סוכן, וברמה הגבוהה מזוהים קונפליקטים בין הפתרונות ונפתרים בהדרגה על ידי פיצול הבעיה והוספת אילוצים, עד להתכנסות לפתרון חסר-קונפליקטים.

פרויקט זה עוסק בשיפור אלגוריתם CBS שהותאם לפתרון בעיית RCPSP. במסגרת הפרויקט ילמדו הסטודנטים את המודל הקיים ויחקרו כיצד ניתן להתאים ולהטמיע רעיונות ושיפורים שפותחו עבור CBS בבעיות MAPF לצורך שיפור ביצועי האלגוריתם ב-RCPSP. העבודה תכלול פיתוח אסטרטגיות לפתרון קונפליקטים, שילוב יוריסטיקות, חוקי דומיננטיות, במטרה להשיג ביצועים תחרותיים ביחס לשיטות המובילות בספרות.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לפתח ולייעל אלגוריתם חיפוש מבוסס קונפליקטים (CBS) המותאם לפתרון בעיית RCPSP. במסגרת העבודה ילמדו הסטודנטים את הספרות בתחומי MAPF ו-RCPSP, ויבחנו כיצד ניתן לעשות אדפטציה של רעיונות אלגוריתמיים מעולם תכנון המסלולים לפתרון בעיית התזמון. העבודה בנוסף תתעסק בשיפור האלגוריתם על ידי פיתוח אסטרטגיות פיצול ויצירת אילוצים לפתרון קונפליקטים הנובעים ממגבלות משאבים, בפיתוח ושילוב יוריסטיקות קבילות וקונסיסטנטיות להנחיית החיפוש וחוקי דומיננטיות לגיזום יעיל של עץ החיפוש. כל הפיתוחים ימומשו על ידי הסטודנטים בקוד ויבדקו על מאגרי בנצ'מרק סטנדרטיים, תוך השוואה לאלגוריתמים המובילים בספרות.

נושאים נלמדים

בעיית תזמון פרויקטים תחת אילוצי משאבים– (Resource-Constrained Project Scheduling Problem RCPSP)

אלגוריתם חיפוש מבוסס קונפליקטים (Conflict-Based Search – CBS)

בעיות תכנון מסלולים מרובי-סוכנים (Multi-Agent Path Finding – MAPF)

פיתוח יוריסטיקות קבילות וקונסיסטנטיות (Admissible and Consistent Heuristics)

חוקי דומיננטיות (Dominance Rules)

מספר פרויקט: 113 | Data Engineering and AI

מתי סוכני בינה מלאכותית משתנים: השפעת הסביבה והחשיפה החברתית

When AI Agents Change: The Effects of Environment and Social Exposure

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Ron Abramovich
דוא״ל המנחה	ron.abramovich96@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	shahar somin
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	somin.shahar@gmail.com
מספר פרויקט	113
שם המנחה המלא	Ron Abramovich
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	shahar somin

רקע לפרויקט

When an autonomous AI agent is created, its behaviour is shaped by characteristics defined by its developers. These may include its prompt, memory files, goals, available skills and tools, access permissions, and predefined behavioural profile. We usually assume that these characteristics will remain stable throughout the agent's operational lifetime unless a human explicitly changes them. However, it is not clear whether this assumption remains valid after the agent operates in different environments and repeatedly interacts with other agents. Could a risk-averse agent become more willing to take risks after observing successful risk-taking agents? Could a trusting agent become less trusting after interacting with dishonest or manipulative agents? Could a cooperative agent become more competitive in an adversarial environment, or a cautious agent become more willing to use uncertain information after seeing others benefit from it? These examples raise a fundamental question: can autonomous agents develop new and persistent behavioural characteristics through experience and social exposure alone?

מטרות הפרויקט

The goal of this project is to determine whether autonomous AI agents evolve after being exposed to their environment and to other agents, even when no new instructions are provided by a human operator. Our lab has developed a controlled system for managing interactions among agents and for studying how their behaviour changes over time. Using this system, we will examine which aspects of an agent's behaviour, characteristics, and activity profile change through social and environmental exposure, the extent and intensity of these changes, and how long they persist. We will also investigate the mechanisms that determine whether such changes occur, how strongly they affect the agent, and whether the agent eventually returns to its original behavioural profile or develops a new and stable one.

נושאים נלמדים

Students will gain practical experience in designing and running controlled experiments with autonomous AI agents. They will learn how agents are defined through prompts, memory, skills, tools, and behavioural settings, and how these components influence the agents' decisions. They will also learn how to collect and analyse behavioural data over time, compare agents across different conditions, and distinguish short-term reactions from persistent behavioural change. Through the project, students will develop skills in experimental design, data analysis, programming, and the evaluation of complex AI systems. They will also gain a deeper understanding of how social interaction, feedback, and environmental conditions can shape the behaviour of autonomous agents.

מספר פרויקט: 115 | Data Engineering and AI

מערכות בטוחות לזיהוי אוביקטים באמצעות אימות פורמלי

Scaling Formal Verification of Object Detection to State-of-the-Art OD Systems

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Prof. Hillel Kugler
דוא״ל המנחה	hillelk@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Prof. Hillel Kugler
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	hillelk@biu.ac.il
מספר פרויקט	115
שם המנחה המלא	Prof. Hillel Kugler
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Prof. Hillel Kugler

רקע לפרויקט

Object detection networks must both classify objects and localize them using bounding boxes, making their correctness properties substantially more complex than those of image classifiers. The NFM 2026 work “Towards Formal Verification of Deep Neural Networks for Object Detection” introduced sound and complete robustness queries for misdetection, misclassification, and overdetection, encoded intersection-over-union (IoU) constraints as verifier-compatible neural-network layers, and evaluated the approach using Alpha-Beta-CROWN. The published work deliberately focused on pre-processing outputs of comparatively compact detectors and identified large production detectors and post-processing as major limitations. This project will carry that research forward to substantially larger and state-of-the-art object-detection systems, with particular emphasis on the latest YOLO family and comparison with YOLO11. Students will construct an automated translation and verification pipeline for selected YOLO models, formally specify robustness of localization, class prediction, confidence and detection count, and develop scalable decompositions, bounding strategies and verification-aware model abstractions. YOLO26 is especially relevant because its default one-to-one head supports end-to-end, NMS-free inference, creating an opportunity to verify a more complete deployed detection pipeline while also comparing it with the traditional one-to-many/NMS path. The project will evaluate correctness, scalability, verified robustness and counterexample quality on standard and safety-relevant datasets.

מטרות הפרויקט

The goal is to extend the NFM 2026 formal-verification framework from small and medium object detectors to modern, large-scale YOLO architectures. The project will support at least YOLO26n and YOLO26s, and will aim to progress to larger YOLO26 variants as resources permit. It will adapt the IoU and class-property encodings to the multi-scale, multi-object outputs used by YOLO, provide a reproducible export path from Ultralytics/PyTorch to a verifier-compatible representation, and evaluate Alpha-Beta-CROWN and optional additional verification backends. The main research objective is not merely to run an existing verifier on a larger model, but to design sound reductions, output filtering rules, compositional queries, bound reuse and architecture-aware abstractions that make verification feasible without invalidating the formal guarantees. Deliverables:

- A reproducible pipeline that loads selected pretrained or fine-tuned YOLO26 and YOLO11 detectors, exports the verification-relevant computation graph, and generates formal robustness queries
- Support for formal properties covering misdetection, misclassification and overdetection, including IoU, confidence-score and object-count constraints
- Verification of the YOLO26 one-to-one NMS-free detection head, with a clearly documented trusted computing base and supported operations
- A scalable query-decomposition method for multi-scale and multi-object detector outputs, including sound candidate-box selection or over-approximation

נושאים נלמדים

Object Detection methods

Formal verification

AI Engineering

מספר פרויקט: 118 | Data Engineering and AI

שילוב של AI ואופטימיזציה לפתרון פאזלים של ריצוף

Hybrid AI and Mathematical Optimization for Solving Visual Tiling Puzzles

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Prof. Hillel Kugler
דוא״ל המנחה	hillelk@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Prof. Hillel Kugler
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	hillelk@biu.ac.il
מספר פרויקט	118
שם המנחה המלא	Prof. Hillel Kugler
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Prof. Hillel Kugler

רקע לפרויקט

Visual tiling puzzless require arranging a fixed set of geometric pieces so that they cover a target silhouette exactly, without gaps or overlap. They combine visual reasoning, combinatorial search, geometry, and optimization, and provide a compact but challenging benchmark for comparing artificial intelligence with exact mathematical methods. This project will design and evaluate AI-based solvers for both continuous puzzles and grid-based puzzles, compare them rigorously with mathematical optimization and exact-search methods, and investigate hybrid algorithms that combine learned guidance with exact reasoning.

מטרות הפרויקט

The goal is to develop a unified experimental framework for solving Visual puzzles using AI, exact optimization, and hybrid AI–optimization methods. The project will determine where each paradigm succeeds or fails, and will design hybrid techniques in which AI predicts promising piece placements, variable orderings, decompositions, , while an exact solver enforces coverage, containment, non-overlap, and piece-usage constraints. The final system should provide solutions, visualizations, runtime statistics.

נושאים נלמדים

Optimization, Formal Reasoning, Deep Learning, Tiling Algorithms

מספר פרויקט: 121 | Data Engineering and AI

דגימה מגוונת של אובייקטים תלת מימדיים

Diverse Sampling of 3D Artifacts

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	גל וינוגרד
דוא״ל המנחה	gal.vinograd@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד״ר איתן פתיה
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	ethan.fetaya@biu.ac.il
מספר פרויקט	121
שם המנחה המלא	גל וינוגרד
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	ד״ר איתן פתיה

רקע לפרויקט

In the setting of diffusion and flow matching models, diverse sampling has become increasingly important for casual and professional users alike. Specifically, diverse sampling is the task of generating (or sampling) n objects using some underlying model while maximizing some distance function between them (known as the kernel). For example, if a Midjourney user asks to generate 4 different variants of "a teacup pink cat", they expect the variants to be substantially different in style, scene, story, etc.

We recently devised a novel diverse sampling algorithm called EDDY that uses turbulences (or eddies) to push apart samples as they are generated with minimal quality loss (see https://galvinograd.github.io/eddy). As a proof of concept, we tested EDDY only on image generation and left other more exotic modalities for future work.

For this project, we would like to integrate EDDY in 3D artifact generative models. We believe that the main challenge would be correctly identifying which kernel best represents differences between 3D samples while being fast and generic enough to work in practice.

מטרות הפרויקט

Integrating a novel diverse sampling algorithm in 3D generative models.

נושאים נלמדים

Diffusion/FM models, steering and guidance, 3D generative models

מספר פרויקט: 126 | Data Engineering and AI

זיהוי גמגום דיבור

Stuttering detection

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Sharon Gannot
דוא״ל המנחה	sharon.gannot@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Sharon Gannot
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	sharon.gannot@biu.ac.il
מספר פרויקט	126
שם המנחה המלא	Sharon Gannot
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Sharon Gannot

רקע לפרויקט

גמגום הינו תופעה הפוגמת בתקשורת הין אנשים ובין אדם למכונה. נקודת הפתיחה תהיה המאמר

Whister: Using Whisper’s representations for Stuttering detection

בהמשך בהתבסס על גילוי המיקום המדויק של תחילת הגמגום, מערכת ביופידבק שתעשזור למגמגם לדבר באופן רגיל.

מטרות הפרויקט

פיתוח מערכת לזיהוי גמגום שפועלת בשפות שונות, כולל עברית.

נושאים נלמדים

עיבוד דיבור, למידה עמוקה, ייצוג אותות, מערכות ביופידבק

מספר פרויקט: 152 | Data Engineering and AI

מערכת היברידית מבוססת על מאיץ גרפי ומאיץ קרוב לזיכרון לעיבוד בקשות באורך שונה במודלי שפה

GPU-PNM Heterogeneous System for Mixed-Length LLM Serving

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Zuher Jahshan
דוא״ל המנחה	jahshaz@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Leonid Yavits
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	leonid.yavits@biu.ac.il
מספר פרויקט	152
שם המנחה המלא	Zuher Jahshan
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Leonid Yavits

רקע לפרויקט

Large Language Model (LLM) serving workloads have increasingly evolved toward mixed-length requests (coexisting short-context tasks and long-context agentic applications). Traditional GPU-only architectures suffer from memory capacity saturation and batch size collapse when handling long-context decode attention phases, creating severe performance bottlenecks and head-of-line blocking. To address this, the reference work introduces NELSSA, a heterogeneous system that integrates GPUs with Processing-near-Memory (PNM) accelerator tiers via a CXL-enabled infrastructure, employing length-based request placement and runtime migration to optimize overall throughput and latency.

מטרות הפרויקט

The goal of this project is to design, implement, and evaluate a streamlined prototype or simulation framework inspired by the NELSSA architecture. Students will build a workload router and coordination runtime that classifies incoming LLM requests by context length, offloading memory-intensive long-context attention operations to dedicated near-memory processing layers while keeping short requests on GPU resources, thereby demonstrating improvements in serving throughput and tail latency.

נושאים נלמדים

Computer Architecture & Memory Systems: Understanding hierarchical memory structures, Processing-in-Memory (PIM/PNM) concepts, and high-bandwidth interconnect technologies (such as CXL).

Operating Systems & Systems Programming: Process/request scheduling, inter-process communication (RPC), remote direct memory access (RDMA), and resource coordination in heterogeneous environments.

Distributed Systems & Cloud Infrastructure: Workload balancing, request placement strategies, mitigation of head-of-line blocking, and cluster performance evaluation.

Machine Learning Systems & Inference Optimization: LLM serving mechanics, KV-caching behavior, batching strategies, and the performance characteristics of attention mechanisms during the decode phase.

Performance Analysis & Benchmarking: Profiling execution time, throughput (tokens/sec), and latency distributions (P99) under mixed workloads.

מספר פרויקט: 153 | Data Engineering and AI

אופטימיזציה של בדיקות מעבדה

Optimization of lab tests

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Ayelet Akselrod-Ballin
דוא״ל המנחה	ab.ayelet@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Ayelet Akselrod-Ballin
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	ab.ayelet@gmail.com
מספר פרויקט	153
שם המנחה המלא	Ayelet Akselrod-Ballin
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Ayelet Akselrod-Ballin

רקע לפרויקט

Hospital laboratory testing is essential for diagnosis and monitoring, but current practices often result in inefficient use. Overutilization inflates healthcare costs, burdens staff, and may expose patients to unnecessary interventions. The main pain points include redundant and irrelevant testing, in addition to non-personalized inconsistent strain practices. Expected benefits:

מטרות הפרויקט

To develop a machine and deep learning-based system, to quantify the expected information gained from laboratory tests, to reduce unnecessary testing, improve patient outcomes, and optimize hospital resources

נושאים נלמדים

Data Science Algorithms , Clustering and DL

מספר פרויקט: 154 | Data Engineering and AI

סגמנטציה של אולטראסאונד מוח עובר

Fetal Brain Ultrasound data segmentation

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Ayelet Akselrod-Ballin
דוא״ל המנחה	ab.ayelet@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Ayelet Akselrod-Ballin
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	ab.ayelet@gmail.com
מספר פרויקט	154
שם המנחה המלא	Ayelet Akselrod-Ballin
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Ayelet Akselrod-Ballin

רקע לפרויקט

anomally detection by unsupervised or self-supervised segmentation for fetal ultrasound.

מטרות הפרויקט

Unsupervised or self-supervised segmentation for fetal ultrasound.

נושאים נלמדים

image processing, DL, ultrasound

מספר פרויקט: 155 | Data Engineering and AI

ניבוי התדרדרות קלינית

deterioration prediction

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Ayelet Akselrod-Ballin
דוא״ל המנחה	ab.ayelet@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Ayelet Akselrod-Ballin
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	ab.ayelet@gmail.com
מספר פרויקט	155
שם המנחה המלא	Ayelet Akselrod-Ballin
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Ayelet Akselrod-Ballin

רקע לפרויקט

Different clinical predicition problems - Compare DL & ML approaches for a clinical dataset prediction.

מטרות הפרויקט

To develop and validate an artificial intelligence-based clinical decision support system that integrates structured clinical data and unstructured clinical notes

נושאים נלמדים

ML and DL algortihms for classification.

TRACK SECTION

Communication

2 projects in this section

All Tracks

- BioEngineering — 29 projects
- ElectroOptics — 31 projects
- Nano — 61 projects
- Signal Processing — 12 projects
- Data Engineering and AI — 16 projects
- **Communication** — 2 projects
- Industrial Engineering — 4 projects

הרשמה בין מסלולים

החלוקה למסלולים נועדה לצורכי התמצאות בלבד. כל סטודנט/ית, מכל מסלול, רשאי/ת להגיש מועמדות לפרויקטים בכל אחד מהמסלולים המופיעים בחוברת. הקבלה לפרויקט והשיבוץ הסופי מותנים באישור המנחה וראש/ת המעבדה ובהתאם להתאמה ולמקומות הפנויים.

מספרי הפרויקטים בפרק זה הם המספרים המקוריים מהטבלה ולכן אינם בהכרח רציפים.

מספר פרויקט: 51 | Communication

עברית: שערוך מספר מטרות באמצעות רשת חיישני־ממסר מבוססת למידה עמוקה

English: Target Count Estimation Using a Deep Learning Based Sensor-Relay Network

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אביטל סקופ
דוא״ל המנחה	itsik.bergel@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	יצחק ברגל
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	itsik.bergel@gmail.com
מספר פרויקט	51
שם המנחה המלא	אביטל סקופ
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	יצחק ברגל

רקע לפרויקט

באפליקציות כמו בקרת קהל או ניטור בעלי חיים בשמורות טבע נדרש להעריך את מספר המטרות הכולל בעזרת רשת חיישנים מבוזרת. כל חיישן מסוגל לזהות ולספור רק את המטרות הנמצאות בתחום הכיסוי המקומי שלו. עקב כיסוי חלקי וחפיפה בין אזורי החישה, מידע מחיישן יחיד או אפילו סכימה של הספירות המקומיות לא יכולים לקבוע את מספר המטרות הכולל. בפרויקט תיבחן רשת של חיישנים־ממסרים, שבה כל צומת משלב חיישן עם ממסר שמגביר את האות הנקלט ומעביר אותו הלאה. הצמתים קולטים את המידע המקומי, משלבים אותו במידע הנקלט, ומעבירים אותו הלאה תוך שימוש משותף באותו ערוץ תקשורת. מבנה זה מאפשר להפחית באופן משמעותי את משאבי הספקטרום הנדרשים להעברת המידע, אך מחייב התמודדות עם עיבוד המידע המצטבר, רעש, הפרעות עצמיות וחפיפה בין אזורי החישה.

מטרות הפרויקט

בפרויקט זה נתייחס לרשת הממסרים כרשת נוירונים, ונפעיל כלי למידת מכונה לצורך אופטימיזציה של כל אחד מהחיישנים-ממסרים ואופטימיזציה רשתית לצורך שערוך המספר הכולל של מטרות בשטח. במסגרת הפרויקט ייבנה מודל מתמטי של תהליך החישה ושל ערוץ התקשורת ויפותח אלגוריתם מבוסס למידה עמוקה המפיק אומדן גלובלי של מספר המטרות. ביצועי השיטה ייבחנו באמצעות סימולציות עבור פריסות שונות של חיישנים ומטרות, רמות שונות של רעש ודרגות שונות של חפיפה בין החיישנים.

נושאים נלמדים

- חישה מבוזרת ומיזוג מידע מרשת חיישנים
- רשתות ממסר מסוג Amplify-and-Forward
- יישום שיטות למידה עמוקה, כולל בניית רשתות, אימון, מדידת ביצועים ואופטימיזציה

מספר פרויקט: 52 Communication |

צבירת מידע ממכשירי IoT באמצעות למידה עמוקה ורשת ממסרים לא-לינאריים

Information Aggregation from IoT Devices Using Deep Learning and a Nonlinear Relay Network

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	אביטל סקופ
דוא״ל המנחה	itsik.bergel@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	יצחק ברגל
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	itsik.bergel@biu.ac.il
מספר פרויקט	52
שם המנחה המלא	אביטל סקופ
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	יצחק ברגל

רקע לפרויקט

ברשתות IoT הכוללות מספר גדול של מכשירים, לכל מכשיר יש כמות קטנה של מידע, אך נדרש לאסוף מידע ממכשירים רבים תוך שימוש יעיל במשאבי התקשורת. בשיטות מסורתיות, כל מכשיר משדר במשאב זמן-תדר נפרד, ולכן דרישות רוחב הפס גבוהות. בפרויקט זה תיבחן ארכיטקטורה שבה כל מכשירי ה-IoT משדרים בו זמנית באותו משאב זמן-תדר. כל אחד משדר ביט אחד, ורשת של ממסרים משלבת את האותות המתקבלים ומעבירה אותם לעבר מקלט מרכזי. באמצעות עיבוד מתאים בממסרים, ניתן לאגד את המידע של מספר רב של מכשירים ולאפשר למקלט לשחזר את המידע של כולם בו-זמנית. גישה זו יכולה להפחית משמעותית את משאבי הזמן והספקטרום הנדרשים, אך יוצרת אתגרים הנובעים מעיבוד לא-לינארי של אותות, רעש מצטבר, והפרעות בין המכשירים.

מטרות הפרויקט

בפרויקט זה נתייחס לרשת הממסרים כרשת נוירונים, ונפעיל כלי למידת מכונה לצורך אופטימיזציה רשתית של העברת המידע המצרפי למקלט. במסגרת הפרויקט ייבנה מודל מתמטי המאגד את השידור מהמכשירים, המעבר בערוץ, הפעולה הלא לינארית של הממסרים והעיבוד במקלט הסופי, ויפותח אלגוריתם למידה עמוקה לתכנון פעולות ההגבר והקליטה כך שהמקלט יוכל לשחזר את המידע מכל המכשירים. ביצועי השיטה ייבחנו באמצעות סימולציות עבור מספרים שונים של מכשירים וממסרים, טופולוגיות רשת שונות, ורמות שונות של רעש.

נושאים נלמדים

- תקשורת מרובת משתמשים ברשתות IoT
- רשתות ממסר מסוג Amplify-and-Forward
- מודלים של ערוצי תקשורת, רעש ודעיכה
- יישום שיטות למידה עמוקה, כולל בניית רשתות, אימון, מדידת ביצועים ואופטימיזציה

TRACK SECTION

Industrial Engineering

4 projects in this section

All Tracks

- BioEngineering — 29 projects
- ElectroOptics — 31 projects
- Nano — 61 projects
- Signal Processing — 12 projects
- Data Engineering and AI — 16 projects
- Communication — 2 projects
- **Industrial Engineering** — 4 projects

הרשמה בין מסלולים

החלוקה למסלולים נועדה לצורכי התמצאות בלבד. כל סטודנט/ית, מכל מסלול, רשאי/ת להגיש מועמדות לפרויקטים בכל אחד מהמסלולים המופיעים בחוברת. הקבלה לפרויקט והשיבוץ הסופי מותנים באישור המנחה וראש/ת המעבדה ובהתאם להתאמה ולמקומות הפנויים.

מספרי הפרויקטים בפרק זה הם המספרים המקוריים מהטבלה ולכן אינם בהכרח רציפים.

מספר פרויקט: 100 | Industrial Engineering

חיפוש היוריסטי לתזמון פרויקטים מוגבל-משאבים באמצעות ייצוג רשתות פטרי

Heuristic Search for Resource-Constrained Project Scheduling via Petri Net Representation

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	עידו לובלין
דוא״ל המנחה	ido.lublin@gmail.com
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	איציק כהן ודור עצמון
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	izack.cohen@biu.ac.il
מספר פרויקט	100
שם המנחה המלא	עידו לובלין
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	איציק כהן ודור עצמון

רקע לפרויקט

בעיית תזמון פרויקטים תחת אילוצי משאבים (Resource-Constrained Project Scheduling Problem – RCPSP) היא אחת מבעיות האופטימיזציה הקומבינטורית המרכזיות בהנדסת תעשייה ובחקר ביצועים. הבעיה עוסקת בקביעת לוח זמנים לביצוע משימות בעלות אילוצי קדימות, תחת משאבים בעלי קיבולת מוגבלת, במטרה למזער את זמן סיום הפרויקט הכולל (Makespan).

בעיה זו היא NP-Hard, ושיטות האופטימיזציה המקובלות לפתרונה, כגון תכנות לינארי בשלמים (MILP) ואלגוריתמי Branch and Bound, סובלות לעיתים קרובות מגידול מעריכי בזמני הריצה ומתקשות לפתור מופעים מורכבים בזמן סביר.

פרויקט זה נעבוד על פיתוח גישה חלופית המבוססת על חיפוש בינה מלאכותית מסוג חיפוש היוריסטי (Heuristic Search) במרחב מצבים המיוצג באופן פורמלי באמצעות רשתות פטרי (Petri Nets). ייצוג זה מאפשר מידול מדויק של מצבי המערכת ושל תהליכים מקביליים, ומהווה בסיס יעיל להפעלת אלגוריתמי חיפוש.

במסגרת הפרויקט יתבססו הסטודנטים על אלגוריתם A* מותאם לRCPSP שפותח במחקר קודם, ויפעלו לשיפור ביצועיו באמצעות פיתוח יוריסטיקות, חוקי דומיננטיות ושלבי עיבוד מקדים, במטרה להפוך אותו לתחרותי ביחס לשיטות המובילות בספרות.

מטרות הפרויקט

מטרת הפרויקט היא לשפר ולייעל אלגוריתם חיפוש מבוסס A* לפתרון בעיית RCPSP במרחב מצבים המיוצג באמצעות רשתות פטרי. במסגרת העבודה ילמדו הסטודנטים את המודל הקיים ויתמקדו בפיתוח והטמעה של שיפורים אלגוריתמיים במספר היבטים מרכזיים, בהם פיתוח יוריסטיקות קבילות וקונסיסטנטיות, פיתוח חוקי דומיננטיות לגיזום יעיל של מרחב החיפוש ועיבוד מקדים. הסטודנטים יממשו את השיפורים האלגוריתמיים בקוד ויבצעו הערכת ביצועים על מאגרי בנצ'מרק סטנדרטיים, תוך השוואה לשיטות המובילות בספרות.

נושאים נלמדים

בעיית תזמון פרויקטים תחת אילוצי משאבים– (Resource-Constrained Project Scheduling Problem RCPSP)

אלגוריתמי חיפוש היוריסטי במרחבי מצבים (A* Search)

מידול מערכות באמצעות רשתות פטרי (Petri Nets)

פיתוח יוריסטיקות קבילות וקונסיסטנטיות (Admissible and Consistent Heuristics)

חוקי דומיננטיות (Dominance Rules)

| Industrial Engineering מספר פרויקט: 124

People Analytics

People Analytics

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Hila Chalutz Ben Gal
דוא״ל המנחה	hila.chalutz@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Gonen Singer
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	gonen.singer@biu.ac.il
מספר פרויקט	124
שם המנחה המלא	Hila Chalutz Ben Gal
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Gonen Singer

רקע לפרויקט

TBD

מטרות הפרויקט

Analyze Real world industry data utilizing various data sets for operational and human related insights

נושאים נלמדים

TBD

| Industrial Engineering מספר פרויקט: 125

AI Adoption and Human-AI-Agents Co-work

AI Adoption and Human-AI-Agents Co-work

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	Hila Chalutz Ben Gal
דוא״ל המנחה	hila.chalutz@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Gonen Singer
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	gonen.singer@biu.ac.il

מספר פרויקט	125
שם המנחה המלא	Hila Chalutz Ben Gal
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	Gonen Singer

רקע לפרויקט

TBA

מטרות הפרויקט

Explore real world industry datasets to generate results on optimal workflow of human-AI agents.

נושאים נלמדים

TBA

מספר פרויקט: 142 | Industrial Engineering

למידת מדיניות חסינה לבעיות אופטימיזציה דינמיות

Learning robust policies to dynamic optimization problems

פרטי הנחיה

שם המנחה המלא	שמרית שטרן
דוא״ל המנחה	shterns@biu.ac.il
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	שמרית שטרן
דוא״ל אחראי/ת אקדמי/ת	shterns@biu.ac.il
מספר פרויקט	142
שם המנחה המלא	שמרית שטרן
ראש/ת המעבדה / אחראי/ת אקדמי/ת	שמרית שטרן

רקע לפרויקט

במערכות דינמיות כגון מערכות מלאי ואנרגיה, על מקבל ההחלטות לקבל החלטה לכל ריאליזציה אפשרית של נתונים אי ודאיים, כגון צריכת חשמל או ביקוש. החלטות מסוג זה נקראות מדיניות. על מנת להגן על המערכת מפני אי ודאות, המדיניות צריכה לספק החלטות חסינות, כלומר החלטות שמקיימות סט של אילוצים ללא תלות בריאליזציה המתקבלת. במקביל אנו רוצים מדיניות שמביאה לערך פונקצית מטרה אופטימלי. אולם מציאת מדיניות כזו עלולה להיות יקרה חישובית, והיא תלויה הן במבנה הבעיה והן בפרמטרים של הבעיה. אחד האתגרים העיקריים היא הבדיקה האם מדיניות נתונה היא אכן חסינה או מציאת ריאליזציה המפרה את אחד האילוצים עבור מדיניות זו.

מטרות הפרויקט

למידת מדיניות אופטימלית חסינה עבור משפחת בעיות אופטימיזציה בתחום האנרגיה .

נושאים נלמדים

בעיות אופטימזציה דינמיות חסינות, כללי החלטה לינאריים כקירוב למדיניות, שימוש ברשתות נוירונים ככלי למציאת מדיניות טובה עבור משפחה של בעיות.