



מדע וטכנולוגיה

תחזיות לצורכי כוח אדם מדעי וטכנולוגי

מחקר בנושא: מיפוי, בחינת צרכים
וקביעת מדיניות להכשרות
רב-תחומיות בישראל

ד"ר דפנה גץ
ורד גלעד
ציפי בוכניק

סביבה
ואנרגיה

תכנון
ארוך טווח

תעשייה
וחדשנות

תשתיות
פיזיות

בריאות

הון
אנושי

השכלה
גבוהה

חברה

חינוך

כלכלה

תחזיות לצורכי כוח אדם מדעי וטכנולוגי

מחקר בנושא: מיפוי, בחינת צרכים וקביעת
מדיניות להכשרות רב-תחומיות בישראל

דו"ח סופי

מוגש למשרד החדשנות, המדע והטכנולוגיה
המועצה הלאומית למחקר ופיתוח

חוקרות: ד"ר דפנה גץ, ורד גלעד, ציפי בוכניק

דצמבר, 2021

המחקר נערך במימון ובהנחיית המועצה הלאומית למחקר ופיתוח אזורי (המולמו"פ) במשרד החדשנות, המדע והטכנולוגיה. אנו מודים לפרופ' פרץ לביא וד"ר גורי זילכה על ההערות המועילות שסייעו לשפר עבודה זאת.

הערות, הצעות ושאלות לגבי מידע המופיע במחקר זה ניתן להפנות במייל:
 ורד גלעד vered@sni.technion.ac.il; ציפי בוכניק zipi@sni.technion.ac.il

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממשרד המדע והטכנולוגיה ו/או ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור. הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחברים ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן.

4.....	תקציר מנהלים.....
8.....	1. מטרת המחקר.....
8.....	2. רצינות המחקר.....
10.....	3. תוכנית המחקר.....
10.....	4. סקירה כללית והגדרות.....
16.....	5. מיפוי של התוכניות המולטי-דיסציפלינריות.....
16.....	5.1 מיפוי של תוכניות רב תחומיות לתואר ראשון ולתארים מתקדמים בטכניון.....
27.....	5.2 מיפוי של תוכניות רב תחומיות לתואר ראשון באוניברסיטת תל אביב.....
39.....	5.3 מיפוי של תוכניות לימודים רב תחומיות לתואר ראשון אוניברסיטת בן גוריון.....
44.....	5.4 סיכום מיפוי של תוכניות לימודים רב תחומיות לתואר ראשון במוסדות האקדמיים.....
45.....	5.5 אפיון צרכים לתחומי ידע חדשים בהם נדרשת השלמה במנגנונים השונים של לימודים רב תחומיים לתואר ראשון ולתארים מתקדמים ולימוד לאורך החיים.....
48.....	6. שאלון.....
48.....	6.1 תאור העונים לשאלון.....
49.....	6.2 תוצאות השאלון.....
49.....	6.2.1 טבלת ניתוח מסכמת לשאלון.....
50.....	6.2.1 הייטק.....
53.....	6.2.2 תשתיות, אנרגיה וסביבה.....
54.....	6.2.3 תעשייה מסורתית.....
57.....	6.3 לסיכום.....
58.....	7. ראיונות.....
59.....	8. סיכום והמלצות.....
59.....	8.1 סיכום.....
60.....	8.2 המלצות.....
61.....	9. נספחים : סיכומי ראיונות.....
61.....	9.1 סיכום ראיון עם פרופ' ארנון בנטור – עמית מחקר בכיר במוסד שמואל נאמן.....
62.....	9.2 סיכום ראיון עם ד"ר ליאת מעוז – יועצת הנשיא לתכנון אסטרטגי – לשכת הנשיא בטכניון.....
63.....	9.3 סיכום ראיון עם פרופ' דן גבעולי-דיקן ביה"ס לתארים מתקדמים ע"ש ג'ייקובס בטכניון.....
64.....	9.4 סיכום ראיון עם עודד רוז-מנכ"ל לשכת המסחר ישראל-אמריקה.....
65.....	9.5 סיכום ראיון עם ד"ר גילה מולכו-אחראית תכנית מדעי נתונים בטכניון.....

רשימת איורים

- איור 1: הגישות המקובלות לשילוב בין תחומים 11
- איור 2: מבנה מוצע למערכת השכלה גבוהה 13
- איור 3: מודל T להכשרת מהנדסים המבוסס על שילוב של הרחבה והתעמקות 14
- איור 4: תיאור סכמתי של מודל I להכשרת מהנדסים 15
- איור 5: מסלולי הלימוד לתואר ראשון בטכניון על פי מידת הרב תחומיות של התוכניות 19
- איור 6: מסלולי הלימוד לתואר ראשון באוניברסיטת תל אביב לפי מידת הרב תחומיות של התוכניות 38
- איור 7: מסלולי הלימוד לתואר ראשון באוניברסיטת בן גוריון בנגב לפי מידת הרב תחומיות של התוכניות 43
- איור 8: השוואה בין תוכניות הלימוד בטכניון, באוניברסיטת ת"א ובאוניברסיטת בן גוריון 44

רשימת טבלאות

- טבלה 1: מיפוי מסלולי הלימוד הרב תחומיים לתואר ראשון בטכניון 16
- טבלה 2: המסלולים הבין-יחידתיים לתארים מתקדמים בטכניון 21
- טבלה 3: מסלולי הלימוד המשלבים מספר פקולטות באוניברסיטת תל אביב 28
- טבלה 4: השוואה בין תוכניות הלימוד בטכניון, באוניברסיטת ת"א ובאוניברסיטת בן גוריון 44
- טבלה 5: מיפוי עשרת התחומים ו/או הטכנולוגיות לפי פקולטות רלבנטיות וההשלמות הנדרשות בטכניון 46
- טבלה 6: טבלה מסכמת לשאלון 49

בעשורים האחרונים, עולה הדרישה והצורך בהון אנושי בעל השכלה גבוהה רב תחומית הניתנת במוסדות להשכלה גבוהה במגוון דרכים: קורסים, תוכניות לימוד ספציפיות או לימודים לתארים מתקדמים המאורגנים כיחידות בינתחומיות לנושא מסוים. בכל אחת מהתוכניות הרב-תחומיות האלה, משתתפות יחידות מלפחות שתי דיסציפלינות שונות, שמטרתן ליצור שיתוף פעולה ושפה משותפת בין החוקרים והמדענים מהדיסציפלינות השונות. יותר ויותר נשמע הקול שקורא לארגן מחדש את תוכניות הלימודים כך שיביאו יותר לידי ביטוי את הצורך בלימודים ממספר תחומים כפתרון לסוגיות "בעולם האמיתי".

מוסד שמואל נאמן ביצע בשנים האחרונות עבודות בנושא תחזיות לצורכי כוח אדם מדעי וטכנולוגי. בשנה האחרונה למחקר, נבחרו 10 תחומים וטכנולוגיות גנריות שהוגדרו בעולם כתחומים וטכנולוגיות מפציעות (עתידיות), ומתוכן גובשה רשימה רלוונטית למדינת ישראל¹. הקריטריונים לבחירת התחומים והטכנולוגיות הגנריות בעלי חשיבות למדינת ישראל היו בין היתר: קיומו של ידע אקדמי בתחום, היכולת של התעשייה הישראלית לקלוט את הטכנולוגיה, היכולת למימוש הפוטנציאל וקיומו של צורך לאומי. התחומים והטכנולוגיות המפציעות הם באופיים רב תחומיים ומבוססים במידה רבה על אינטגרציה של טכנולוגיות.

מהעבודה עלה, שעל מנת לענות על הצרכים של ההון האנושי בתחומים המפציעים, יש צורך בהרחבה והעמקה של הכשרות רב תחומיות שיכולה להינתן במסגרת תואר ראשון או בתארים מתקדמים רלוונטיים או הרחבות והעמקות במסגרת של לימודים לאורך החיים, שאותם צריכים להתאים לצרכים המשתנים של התעשייה ולתחומים המפציעים.

ההגדרות המופיעות בספרות המחקרית להכשרות רב תחומיות אינן אחידות והמונחים כגון: רב תחומי, מולטידיסציפלינרי, אינטרדיסציפלינרי וכדומה משמשים בעיקר את המוסדות האקדמיים בעיקר לצורך שיווק התוכניות ופחות כמשקפות את התחומים הנכללים בהן בפועל.

הגדרה: לצורך העבודה הנוכחית, ההגדרה להכשרות רב-תחומיות הינה הכשרות שקיים בהן שילוב של מספר תחומים ליצירת ידע אינטגרטיבי.

מטרת העבודה הנוכחית הייתה לבחון את תמונת המצב של הכשרת סטודנטים בגישות רב תחומיות במוסדות האקדמיים בישראל, בתחומים שבהם עולה הצורך בהכשרה כזו, מהי תמונת המצב הרצויה, מהם החסמים והמלצות למדיניות.

המתודולוגיה לביצוע העבודה כללה:

1. מיפוי של תוכניות הלימוד הרב תחומיות לתואר ראשון ולתארים מתקדמים בשלושה מוסדות לימוד אקדמיים: בטכניון, באוניברסיטת תל אביב ובאוניברסיטת בן גוריון בנגב.
2. שאלון עמדות שנשלח למנהלי חברות מהתעשייה.
3. ראיונות עם בעלי עניין בנושא מהאקדמיה ומהתעשייה.

1. מיפוי תוכניות רב תחומיות במוסדות האקדמיים

עבור כל אחד משלושת המוסדות האקדמיים בוצע מיפוי של תוכניות הלימוד לשלושה מסלולי לימוד:

1. מסלולי לימוד המקנים תואר אחד הכולל מספר תחומים כגון: הנדסה ביו-רפואית (הנדסה, מדעי החיים, רפואה ופיזיקה) או הנדסת ביוטכנולוגיה ומזון (מדעי החיים והביוטכנולוגיה, הנדסה ומדעי המזון).
2. מסלולי לימוד המשותפים לשתי פקולטות המקנים תואר אחד משותף לשתייהן כגון: ביוכימיה מולקולרית (הפקולטה לכימיה והפקולטה לביוטכנולוגיה) או הנדסת חומרים ופיזיקה (הפקולטה להנדסת חומרים והפקולטה לפיזיקה)

¹ ג' דפנה, בוכניק ציפי, גלעד ורד, ברזני אלה, רוה אילית. תחזיות לצורכי כוח אדם מדעי וטכנולוגי דו"ח סופי – שנה ד' חיפה, ישראל, מוסד שמואל נאמן, 2021. <https://neaman.org.il/Technological-forecasting>

3. מסלולי לימוד לתואר כפול כגון: רפואה ומדעי המחשב (תואר כפול: בוגר למדעים במדעי הרפואה (BSc) ובוגר למדעים במדעי המחשב (BSc) או רפואה והנדסת חומרים (תואר כפול: מוסמך למדעים (BSc) בהנדסת חומרים ובוגר למדעים (BSc) במדעי הרפואה).

עבור כל מוסד לימודים מיקמנו את תוכניות הלימודים על ציר על-פי מידת הרב תחומיות של התוכניות השונות: מתוכניות בעלות רב תחומיות נמוכה (שילוב של הנדסה עם הנדסה או של מדעים עם מדעים), רב תחומיות בינונית (שילוב של הנדסה עם מדעים) ועד רב תחומיות גבוהה (מדעים ו/או הנדסה עם רפואה או מדעי הרוח והחברה). ועל פי מספר התחומים שכוללת כל תוכנית.

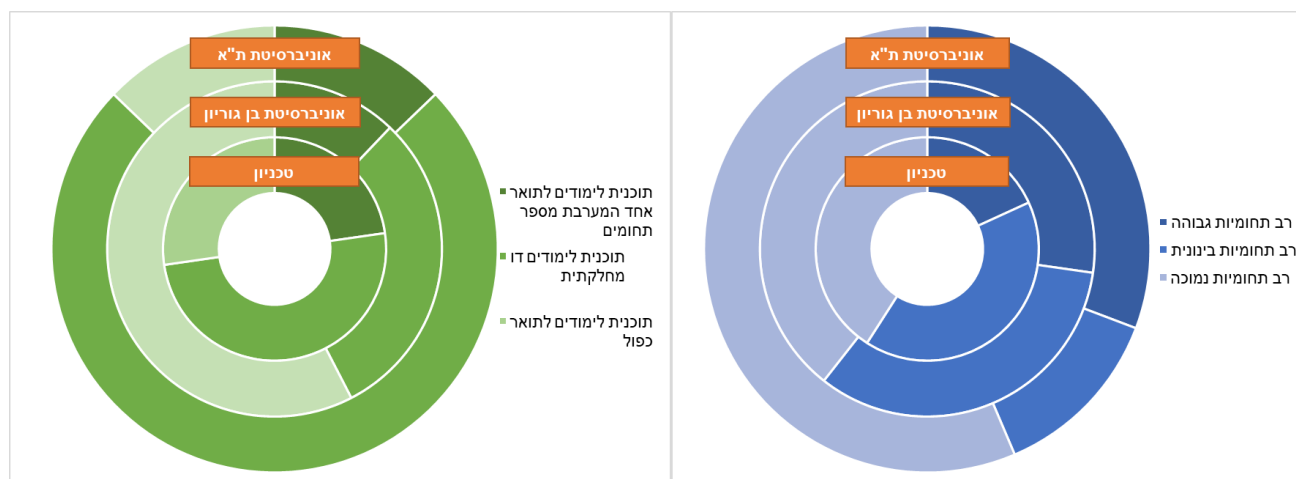
בסיכום החלק של המיפוי ערכנו השוואה בין תוכניות הלימוד הרב תחומיות לתואר ראשון בשלושת המוסדות האקדמיים:

בטכניון המבנה הפקולטי החד תחומי נשמר ברובו וקיימת מעט מאוד רב תחומיות גבוהה (4 תוכניות) שהוכנסה בשילוב עם לימודי רפואה. רב תחומיות בתואר ראשון ניתנת בעיקר בתוכניות לימודים דו מחלקתיות. רוב המסלולים הרב תחומיים בטכניון הינם בעלי רב תחומיות נמוכה ובינונית.

באוניברסיטת תל אביב יש את המספר הרב ביותר של תוכניות לימוד רב תחומיות מבין המוסדות האקדמיים שבחנו בעבודה (39 תוכניות), וכן את המספר הרב ביותר של תוכניות לימוד בעלות רב תחומיות גבוהה- הנושא של שילוב מדעים והנדסה עם מדעי הרוח והחברה מקבל ביטוי בתוכניות הלימוד. רוב התוכניות הרב תחומיות הן דו מחלקתיות.

באוניברסיטת בן גוריון רוב התוכניות בעלות רב תחומיות בינונית ולרוב הלימודים בתוכניות הרב תחומיות הן לתואר כפול.

סל"כ תוכניות רב תחומיות	טכניון	אוניברסיטת ת"א	אוניברסיטת בן גוריון
סל"כ תוכניות רב תחומיות	22	39	33
רב תחומיות גבוהה	4	12	9
רב תחומיות בינונית	9	5	11
רב תחומיות נמוכה	9	22	13
תוכנית לימודים לתואר אחד המערבת מספר תחומים	5	5	4
תוכנית לימודים דו מחלקתית	11	29	10
תוכנית לימודים לתואר כפול	6	5	19



בטכניון, נערך מיפוי נוסף של ההכשרות הרב תחומיות לתארים מתקדמים שהראה שבתארים המתקדמים ניתנות תוכניות לימוד רב תחומיות רבות במסגרת בית הספר לתארים מתקדמים. התוכניות מבוססות על התאגדויות של מספר פקולטות שמעניקות תואר אחד המשלב מספר תחומים.

בנוסף, לגבי עשרה תחומים וטכנולוגיות מפציעות שזוהו במסגרת העבודה שבוצעה בשנים קודמות בנושא צורכי כ"א, נבחנו מהן השלמות הידע, שנדרשות במהלך התואר הראשון, כדי להכשיר את הבוגרים ועל מנת לסגור פערים הנדרשים עבור ההון האנושי בתעשיות, שמפתחות ומייצרות בטכנולוגיות החדשות המפציעות.

2. שאלון עמדות

במסגרת העבודה נשלח שאלון לכ-90 מנהלי חברות מהתעשייה שמשתתפים בפורום לחינוך מהנדסים. המענה לשאלון התקבל מ-26 מנהלי/ות חברות. תחומי החברות של המשיבים לשאלון שויכו לשלוש קטגוריות: תשתיות, אנרגיה וסביבה (20%), תעשייה מסורתית (24%) והייטק (56%). ניתוח התשובות לשאלון העלה:

- למנהלים בתעשייה נחוצים בעיקר עובדים בעלי ידע עמוק בתחום אחד ולכן, ההעדפה שלהם היא על פי רוב לגייס עובדים בעלי תואר ראשון, שלמדו בתוכנית חד תחומית. יש תפקידים שבהם יש צורך בעובדים שלמדו לימודים רב תחומיים, בעיקר לתפקידי מו"פ או להמשך מסלול ההתפתחות של העובדים. תואר שני מהווה יתרון בעיקר לתחומים ספציפיים בהם נדרשת מומחיות או למשרות מחקר.
- מנהלים בתעשייה ציינו את ההרחבות הרב תחומיות, שנדרשות לדעתם במסגרת התואר הראשון:

נושאים שצריכים להינתן לכל התחומים:

- נושאים הקשורים לתרבות ארגונית וניהול אנשים - העצמת עובדים, עבודת צוות, ניהול ללא סמכות, מנהיגות משתפת ונושאים הקשורים לתהליכים ארגוניים.
- קורס בנושא פיתוח עסקי- עקרונות ניהול פרויקטים, בקרה תקציבית, לוחות זמנים, עבודת צוות, הצגת נושא, חשיבה עסקית ויזמית וכו.
- סטטיסטיקה פרקטית

להייטק:

- מקצועות ממדעי החיים, רקע שקשור למערכות ביולוגיות, אותות ביולוגיים, פיזיולוגיה וכדו'.
- אבטחת איכות, הנדסת מערכת ורגולציה.
- בינה מלאכותית, AI פרקטי ורובוטיקה.
- מדעי מחשב + מבואות להנדסת חשמל כולל תכן לוגי + מבואות מכאניקה כולל שרטוטי CAD
- העברה מפיתוח לייצור + מבוא להנדסת מערכת ולניהול טכני הכולל שילוב נושאים של תעשייה חכמה
- מתמטיקה/סטטיסטיקה למפתחים שמתעסקים ב Data science או אלגוריתמיקה ועיבוד תמונה.
- נושאים הקשורים לשפות פיתוח, יכולות אפיון תהליכים.
- נושאי הנדסת מכונות, חידושים טכנולוגיים, נושאי איכות המוצרים והסביבה.

לתעשייה מסורתית:

- כימיה בסיסית, מטלורגיה בסיסית.

תשתיות, אנרגיה וסביבה:

- חיזוק של תחומים המשלבים אלקטרו מכניקה.
- הנדסת מיזוג אויר

3. ראיונות

נערכו מספר ראיונות שמטרתם הייתה להרחיב את ההבנה לגבי תוכניות הלימוד הרב תחומיות באקדמיה ומהם צורכי התעשייה בהכשרה רב תחומית.

המלצות

- תוכניות הלימודים לתואר ראשון צריכות להישאר במתכונת שמאפשרת העמקה בתחום אחד או שניים ולכלול הרחבה רב תחומית של תשתיות בסיסיות כגון: מדעי הרוח והחברה, אוריינות דיגיטלית (שפות תכנות, AI, Big data), על מנת שיהיו בסיס לעבודה בצוותים מולטי-דיסציפלינאריים ולהרחבת ההכשרה בהם בעתיד.
- יש הרחבות שחוצות את כל תחומי הלימוד ולכן נחוץ שיכללו בכל תוכניות הלימודים לתואר ראשון, ויש הרחבות שצריכות להינתן תוך התאמה לתחומים הספציפיים ולכן הן צריכות להיבחן בחשיבה אסטרטגית של כל פקולטה לגבי תוכניות הלימודים הנלמדות בה.

- נושאים רב תחומיים צריכים לרוב להילמד במסגרת לימודי המשך של העובדים, אם במסגרת לימודים לתואר שני, מיקרו תארים², קורסים באקדמיה ועוד.
העברת נושאים מסוימים שנלמדים כיום במסגרת התואר הראשון ללימודי המשך LLL יכולה לאפשר הכנסת תכנים רב תחומיים של תשתיות בסיסיות שנמצא שנחוץ שילמדו במסגרת התואר הראשון.
- יש צורך להרחיב את המחקר הנוכחי בכל האפיקים שנחקרו: למפות את המצב הקיים מבחינת הכשרות רב תחומיות במוסדות אקדמיים נוספים, למפות את ההכשרות הרב תחומיות הניתנות בתארים מתקדמים ובנוסף, לבחון את נושא לימודי התשתיות הבסיסיות הרב תחומיות בבתי הספר התיכוניים כהכנה ללימודים האקדמיים.
- כדאי להרחיב את המחקר כך שיכלול מרואיינים נוספים וכן להרחיב את המענה לשאלון למנהלים בתעשייה מתחומים מגוונים נוספים על אלה שנכללו במסגרת העבודה הנוכחית.
- לגבי טכנולוגיות מפציעות- כדאי להמשיך לבחון ולקדם את החוסרים שעולה שקיימים בהכשרות רב תחומיות לטכנולוגיות מפציעות. הנושא נבדק במסגרת העבודה הנוכחית רק לגבי הטכניון וכדאי להרחיבו לטכנולוגיות נוספות, מרואיינים נוספים בתעשייה העוסקת בטכנולוגיות אלה ובחינת המענה של ההכשרה הרב תחומית לטכנולוגיות במוסדות אקדמיים נוספים.
- ממצאי העבודה הנוכחית יכולים לתרום לקובעי מדיניות ולוועדות המולמו"פ והמלצותיה יכולים להיות מקודמים במסגרתן.

² מיקרו תואר מקנה תעודת סיום קדם מגיסטר. ממוקד ומתאים לעובדים שמעוניינים ללמוד. עובד יכול לעשות קורסים למיקרו תואר שיוכרו לו בהמשך לימודים לתואר שני.

1. מטרת המחקר

לבחון את תמונת המצב של הכשרת סטודנטים בגישות רב תחומיות במוסדות האקדמיים בישראל, בתחומים שבהם עולה הצורך בהכשרה כזו, מהי תמונת המצב הרצויה, מהם החסמים והמלצות למדיניות.

2. רציונל המחקר

מוסד שמואל נאמן ביצע בשנים האחרונות מחקר בנושא תחזיות לצורכי כוח אדם מדעי וטכנולוגי לטכנולוגיות שהוגדרו בעולם כטכנולוגיות עתידיות שיכולות להתאים למדינת ישראל מבחינת: קיומו של ידע אקדמי בתחום, היכולת של התעשייה הישראלית לקלוט את הטכנולוגיה, היכולת למימוש הפוטנציאל וקיומו של צורך לאומי.

הרציונל היה שהעבודה תסייע בהרחבת ההבנה והידע בנוגע לדרישות עתידיות לכוח אדם מדעי וטכנולוגי, בחינת צרכים עתידיים בהכשרת כוח אדם שיהוו בסיס להכוונה וקביעת סדר עדיפויות בהשקעות להכשרות כוח אדם במדע וטכנולוגיה בתחומים נבחרים.

בעבודה על צרכי כוח אדם שבוצעה על-ידי מוסד נאמן בשנת 2020³, עלה כי בתחומים רבים קיים צורך לכוח אדם בעל ידע והכשרה מדיסציפלינות מגוונות. מרבית התחומים שנבחנו במסגרת המחקר היו תחומים מולטי-דיסציפלינריים שעל מנת לעסוק, לחקור ולפתח בהם יש צורך בכוח אדם בעל ידע והכשרה מדיסציפלינות מגוונות. להלן יובאו מספר דוגמאות:

- **בתחום האגרוטק וחקלאות מדייקת** - ממצאי המחקר הצביעו על כך שאין מנגנון אקדמי מתאים שמסלוב חקלאות עם טכנולוגיה בהכשרת כוח האדם לתחום של חקלאות מדייקת. כיום יש אנשים בעלי השכלה וידע בקצוות. כלומר, או מהנדסים טובים עם ידע בתחום הטכנולוגי ללא ידע בחקלאות, או אנשים בעלי השכלה באגרונומיה שאין להם את הידע בתחום הטכנולוגי.
- הכשרת כוח אדם לתחום צריכה לכלול הכשרה בחקלאות, מדעים מדויקים, במדעי הנתונים, בתהליכים כלכליים וחברתיים, בניהול פרויקטים ובבינה מלאכותית. במסגרת המחקר ניתנה ההמלצה ליצר תוכניות אקדמיות לבוגרי הנדסה מחד ולבוגרי מדעי החיים מאידך, לתואר שני ושלישי על מנת שהם יהוו "קטרים" לחממות טכנולוגיות למוצרי אגרוטק וחקלאות מדייקת.
- **פוטוניקה ופוטוניקה אינטגרטיבית**: האופטיקה והפוטוניקה הם תת תחום של פיזיקה ותת תחום בהנדסת חשמל ואלקטרוניקה, כימיה והנדסת חומרים. בשל אופיו של התחום הוא אינו נלמד בד"כ בפקולטות לאופטיקה, אלא בפקולטות של התחומים בהם הוא מהווה תת תחום. לתחום הפוטוניקה אין הכשרה באוניברסיטאות. אנשי הפוטוניקה הם לרוב פיזיקאים שמקבלים הכשרה במקום העבודה. קיים מחסור באנשי מו"פ עם הבנה מולטי-דיסציפלינרית (פיזיקה/ביולוגיה, פיזיקה/חקלאות, פיזיקה/רפואה ועוד).
- **הדפסה תלת ממדית של חומרים מתקדמים, טכנולוגיות ויישומים**: כוח האדם לתחום מגיע מדיסציפלינות מגוונות. על מנת שתחום הדפסת תלת ממד יוכל לפרוח ולשגשג יש צורך בכוח אדם בעל השכלה הנדסית ומדעית בסיסית (כמו הנדסת מכונות, הנדסת חומרים ומחשבים), אך גם השכלה בתחומים משלימים כגון עיצוב על גווניו השונים תעשייתי, אופנה ועוד.
- במחקר עלה הצורך בהכשרת מהנדסים מולטי-דיסציפלינריים לתחום התלת ממד. מסלול מולטי-דיסציפלינרי שישלב לימודי עיצוב עם הנדסת חומרים, אנליזת חוזק בעיצוב תעשייתי, אנליזת זרימה, ניהול מוצר, אבטחת איכות. זה יכול להעשות בשיתוף עם הנדסת מכונות או בפקולטה לארכיטקטורה או מדעי המחשב, או לחילופין בקורסים מולטי-דיסציפלינריים שמשלבים בין עיצוב לחומרים.
- **רפואה מדייקת וגנומיקה**: מהמחקר עולה שאין מענה מספק לצרכי כוח האדם הנדרש בישראל לתחום הרפואה המדייקת והגנומיקה. כוח האדם הנדרש לתחום הוא מולטי-דיסציפלינרי וכולל מגוון מקצועות: ביולוגים, רופאים, אנשי מחשבים, ובתוך כל אלה תתי התמחויות. הנדסה ומדעי המחשב, רפואה, מדעי הרפואה, הנדסה ביו-רפואית, גנטיקה, ביולוגיה, ביוטכנולוגיה, פרמצבטיקה, גנומיקה, פרוטאומיקה, ביואינפורמטיקה, ביג-דאטה, סטטיסטיקה, חישוביות. צוואר הבקבוק הוא בכוח אדם בעל מיומנויות מולטי-

³ ג' דפנה, בוכניק ציפי, גלעד ורד, ברזני אלה, רוה אילית. תחזיות לצורכי כוח אדם מדעי וטכנולוגי דו"ח סופי – שנה ד' חיפה, ישראל, מוסד שמואל נאמן, 2021. <https://neaman.org.il/Technological-forecasting>

דיסציפלינריות לתחום רפואה מותאמת אישית. חסרים אנשים שיש להם ידע גם במדעי החיים (כולל רפואה) וגם במדעים מדויקים לפחות ברמה של דוקטורט ובתור דוקטורנט. הכנסת חשיבה כמותית לתוכניות הלימודים בביולוגיה ורפואה וגם חשיפת סטודנטים לביו-רפואה למקצועות ההנדסיים. בנוסף, נדרשת הכשרה בין תחומית בביואינפורמטיקה, AI והכרת עולם הרפואה המעשי, שתביא ליותר הבנה של היכולות והמגבלות של היכולות החישוביות עבור תלמידי רפואה ויותר דגשים על הצד הרפואי בלימודי ביואינפורמטיקה.

- **מקורות מזון אלטרנטיביים:** ממצאי המחקר הצביעו על כך שההכשרה הנדרשת לתחום היא בהנדסת מזון עם התמחות בתחום החלבון האלטרנטיבי. ההכשרה משתנה בהתאם לתחום הטכנולוגיה אך מדובר בתחום מדעי מאד ולכן נדרשת הכשרה של תארים מתקדמים בכל המשרות בתחומי הנדסת רקמות, ביוטכנולוגיה ומזון, צמחים, ביולוגיה, כימיה, ואולי אף הנדסת מכוונות - עם מכוונות לחלבון אלטרנטיבי.

- **ערים חכמות:** קיימת כיום בארץ בעיקר הכשרה למסלולים דיגיטליים של הנושא שמתמקדת בטכנולוגיה. יש צורך בהכשרה נוספת על מנת להתמקד בפיתוח מדיניות ווגיבוש תהליכים חכמים ולא רק בעצם השימוש בטכנולוגיה. ההכשרה יכולה להתקיים בפקולטות: תכנון ערים, תעשייה וניהול או מנהל עסקים והיא צריכה לכלול: קיימות ותכנון, מדיניות ציבורית וייזמות וחדשנות. יש צורך בפתיחת תוכניות מולטי-דיסציפלינריות בנושא ערים חכמות.

- **שילוב רב תחומי ביולוגיה, תוכנה והנדסה לעולם הרפואה - Bio - Convergence:** בשל העובדה שמדובר בתחום-עניין רחב, התמקדנו במחקר שבוצע במוסד נאמן בהכשרת כוח אדם בתחום ההנדסה הביו-רפואית, המשלב את עולמות התוכן של מדעי החיים, הרפואה וההנדסה. הנדסה ביו-רפואית עוסקת במגוון תחומים המשלבים מדעי החיים, רפואה והנדסה.

לאור ממצאים אלה, הוחלט לבחון במסגרת המחקר הנוכחי בשנת 2021, את נושא ההכשרה המשלבת לימודים ומחקר ביותר מדיסציפלינה אחת במוסדות האקדמיים ובתחומים בהם עולה הצורך בהכשרה כזו.

3. תוכנית המחקר

לאור הבנה שהנושא שנבחר לשנה הנוכחית הינו רחב מאוד, הוחלט שמתווה המחקר במסגרת הזמן והתקציב שהוקצבו לשנת המחקר הנוכחית יהיו כדלהלן:

1. מיפוי של תוכניות הלימוד הרב תחומיות לתואר ראשון ולתארים מתקדמים יבוצע בשלושה מוסדות לימוד אקדמיים: בטכניון, באוניברסיטת תל אביב ובאוניברסיטת בן גוריון בנגב.
2. תבוצע סקירת ספרות של מאמרים לגבי מחקרים שבוצעו על תוכניות לימוד רב תחומיות במוסדות אקדמיים בעולם.
3. יועבר שאלון למנהלי חברות מהתעשייה.
4. יערכו ראיונות עם בעלי עניין בנושא מהאקדמיה ומהתעשייה.
5. דוח מסכם למחקר - יבוצע ניתוח איכותני של השאלונים והראיונות ויכתב דוח מסכם למחקר שיכלול תובנות והמלצות למדיניות בתחום בישראל.

4. סקירה כללית והגדרות

בעשורים האחרונים, עולה הדרישה והצורך בהון אנושי בעל השכלה גבוהה בינתחומית הניתנת במוסדות להשכלה גבוהה במגוון דרכים: קורסים, תוכניות לימוד ספציפיות או לימודים לתארים מתקדמים המאורגנים כיחידות בינתחומיות לנושא מסוים כגון: אנרגיה, רפואה ונתונים, מערכות אוטונומיות ועוד. המטרה של מרבית התוכניות הבינתחומיות הינה לשלב את התרומה של מספר דיסציפלינות אקדמיות או תחומי לימוד, כך שנושאים, בעיות ותופעות הנחקרות יובנו טוב יותר.

בכל אחת מהתכנית הבין-תחומיות האלה, משתתפות יחידות מלפחות שתי דיסציפלינות שונות, שמטרתן ליצור שיתוף פעולה ושפה משותפת בין החוקרים והמדענים מהדיסציפלינות השונות.

יותר ויותר נשמע הקול שקורא לארגן מחדש את תוכניות הלימודים כך שיביאו יותר לידי ביטוי את הצורך בלימודים ממספר תחומים כפתרון לסוגיות "בעולם האמיתי". הדרך שבה התחומים מוגדרים כיום, גורמת פעמים רבות לחוקרים לבחור בפתרון בעיות רק מהתחומים והדיסציפלינות שאליהם הם משתייכים, ובכך להשאיר חלקים חשובים של התחום הרחב ללא טיפול.

ישנן מספר מונחים לשילוב בין דיסציפלינות: מולטי-דיסציפלינארי (Multidisciplinary), אינטר-דיסציפלינארי (interdisciplinary) ו-Transdisciplinary הם מונחים רווחים לשילוב בין תחומים.

מחקר מולטי-דיסציפלינארי מתקיים כאשר חוקרים מתחומים שונים עובדים באופן עצמאי על בעיה נפוצה או שאלה מחקרית. בגישה זו, החוקרים חולקים את יעדי המחקר ועובדים על אותה בעיה, אך מסתכלים עליה כל אחד מנקודת המבט שלו. הממצאים מכל תחום משלימים זה את זה. היתרון במחקר מולטי-דיסציפלינארי הוא שניתן לנתח כל היבט של הבעיה הנחקרת על ידי מומחיות מסוימת, שמאפשרת להבין ולפתור בעיות מחקר מורכבות.

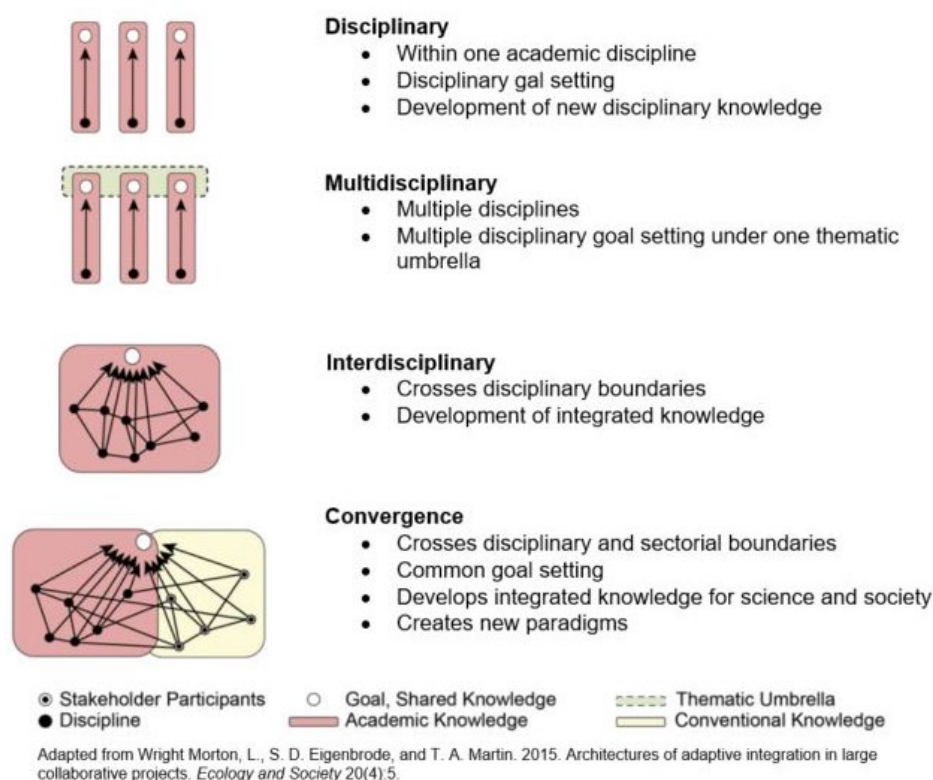
לדוגמא, סטודנט שלומד בכיתות אשר שייכות לתחומים דיסציפלינאריים שונים או קבוצת מרצים הבאים מרקע מדעי שונה מארגנים קורס אקדמי אחד שבו הם מלמדים בחינה של בעיה מנקודות מבט תאורטיות, אמפיריות ומתודולוגיות שונות. אין כאן ניסיון לשלב בין הגישות אלא לחשוף את הסטודנטים לתרומה השונה של כל דיסציפלינה.

מחקר אינטר-דיסציפלינארי הוא מחקר שבו צוותים או יחידים משלבים מידע, נתונים, טכניקות, כלים, נקודות מבט, מושגים/תאוריות משני תחומים או יותר מגופים בעלי ידע ייחודי, על מנת לקדם הבנה בסיסית או לפתור בעיות שהפיתרון שלהן הינו מעבר להיקף של תחום מחקר יחיד. במחקר אינטר-דיסציפלינארי התחומים נמצאים באינטראקציה ועובדים בשיתוף פעולה. מחקר אינטר-דיסציפלינארי מסתמך על ידע משותף. כשזה קורה, שינוי מהותי יכול להתרחש עם הזמן ותחום בינתחומי חדש יכול להופיע. לדוגמא, ביוכימיה, מדעי הננו ומדעי המוח הופיעו כולם כתחומים אינטר-דיסציפלינארי שהפכו בסופו של דבר לדיסציפלינות.

מחקר התכנסות - convergence research. בדומה למחקר אינטר-דיסציפלינארי, גם מחקר התכנסות כולל שילוב דיסציפלינות ושינוי תהליכי חשיבה, אך מחקר מסוג זה לוקח את הדברים צעד נוסף והוא מוגדר כמסגרת מקיפה להתמודדות עם אתגרים מדעיים וחברתיים הקיימים בממשק שבין מספר תחומים. על ידי מיזוג תחומי התמחות מגוונים אלה ברשת של שותפויות, ההתכנסות מעוררת חדשנות מגילויי מדע בסיסי ועד ליישומים. שני הדברים הנחוצים במחקר התכנסות הינם שיתופי פעולה רחבים, הכוללים שילוב מעמיק של תחומים ויצירת השפעה חברתית חיובית.

מחקר טרנס-דיסציפלינארי – דומה מאוד למחקר התכנסות. ב-OECD טרנס-דיסציפלינארי מוגדר במונחים של אקסיומות שמתעלות מעבר לדיסציפלינה יחידה על מנת להשיג סינתזה גלובלית סביב בעיה או תופעה מסוימת (Miller, 1982). גישות טרנס-דיסציפלינאריות הינן הוליסטיות בכוונות שלהן ומכוונות לארגון הידע המדעי. דוגמאות לגישות טרנס-דיסציפלינאריות הן תאוריות מבניות המתמקדות במדעי החברה. ההנחה הבסיסית בתאוריות אלה הינה הקשרים בין כל ההיבטים של המציאות וכתוצאה מכך אי היכולת לתפוס את כל המאפיינים במציאות המתבססת על גישה דיסציפלינארית. בגישה הזו מעורבים בתהליך המדעי גם יחידים וארגונים שהינם מחוץ לאקדמיה.

איור 1: הגישות המקובלות לשילוב בין תחומים



מקור: (NC STATE UNIVERSITY, 2020)

ניתן לחשוב על הגישות הללו למחקר כאבני דרך הנבנות זו על גבי זו. מחקר מולטי-דיסציפלינארי הוא אבן הבניין של מחקר אינטר-דיסציפלינארי ושל מחקר התכנסות. מחקר אינטר-דיסציפלינארי מוביל למחקר התכנסות או מחקר טרנס-דיסציפלינארי, אשר הולכים מעבר לשילוב תחומים כדי להפגיש בין תחומים שלא עבדו יחד מבחינה היסטורית ועליהן נוסף המרכיב של ההשפעה החברתית (NC STATE UNIVERSITY, 2020).

Angelucci & Giovanni Lamonica (2018)⁴, ביצעו סקירה של מחקרים שנעשו לגבי לימודים רב תחומיים וערכו מיפוי של לימודים ומחקר אינטר-דיסציפלינארי ברמה גלובלית. החוקרים מיפו יותר מ-1200 תוכניות אינטר-דיסציפלינאריות ביותר מ-600 מוסדות ב-34 מדינות. התוכניות היו מגוונות וכללו לימודים לתואר ראשון, שני

⁴ Angelucci, D. & Giovanni Lamonica, A. (2018). Is Interdisciplinarity in the eyes of beholder? A map of multidisciplinary' and transdisciplinary training programs. University of di SIENA

ודוקטורט. בסקירה עלה שקיים חוסר בהירות מושגית לגבי המונחים שבהם נעשה שימוש לתאור לימודים המשלבים מספר תחומים. דוגמאות למונחים שבשימוש בתאור תוכניות לימודים הן: תוכניות מולטידיסציפלינאריות, אינטר-דיסציפלינאריות, תוכניות אינטגרטיביות וטרנס-דיסציפלינאריות. הסקירה הראתה שלתוכניות דומות ניתנים שמות שונים על-ידי האוניברסיטאות, כשהרציונאל מאחורי השמות שניתנים לתוכניות הינו בעיקר האסטרטגיה השיווקית של המוסדות האקדמיים והם לא דוקא משקפים את רמת האינטראקציה בין התחומים שנכללים בתוכניות. על מנת לערוך מיפוי של התוכניות החוקרים התמקדו בשאלות: כמה תחומים דיסציפלינאריים התוכנית כוללת? עד כמה שונים זה מזה התחומים הדיסציפלינאריים שהתוכנית כוללת? ומהם התחומים הדיסציפלינאריים שחוזרים ונכללים בתוכניות במידה הרבה ביותר?

החוקרים ביצעו ניתוח גורמים ל-15 הדיסציפלינות שהיו כלולות בתוכניות MA המולטי-דיסציפלינאריות שבחנו במחקר, על מנת לבחון את המידה שבה תחומים שונים מתקבצים יחד ואיזה תחומים דיסציפלינאריים סביר יותר שיכללו יחד בתוכניות הרב תחומיות שנכללו במחקר.

ניתוח הגורמים העלה שישה גורמים (מקרו-קטגוריות של דיסציפלינות):

1. מדעי כדור הארץ (Earth sciences) עם הנדסה אזרחית וארכיטקטורה (Civil engineering and architecture).
2. הנדסת תעשייה וניהול (Industrial and information engineering) עם מדעי הפיזיקה (Physical sciences).
3. מדע עתיקות, פילוסופיה וספרות (Science of Antique, Philology and literature) עם הסטוריה פילולוגיה, פדגוגיה ומדעי הפסיכולוגיה.
4. מתודולוגיה (Methodology) עם מדעי הכימיה (Chemical sciences).
5. מדעי הביולוגיה (Biological sciences) עם מדעי הרפואה (Medical sciences).
6. מתמטיקה ומידע (Mathematics & Information) עם מדעי הכלכלה והסטטיסטיקה (Economic and Statistical sciences).

שלושה תחומים נשארו מחוץ לניתוח הגורמים כמימדים נפרדים: מדעי החקלאות ורפואה וטרינרית, משפטים ומדעי החברה ופוליטיקה.

החוקרים הבחינו בין המונחים השונים לרב תחומיות על-פי מידת האינטגרציה והאינטראקציה הקיימת בין התחומים הנכללים בתוכניות: במולטי-דיסציפלינארי קיימת מידת אינטגרציה/אינטראקציה נמוכה בין התחומים, בבין-תחומי רמת אינטגרציה/אינטראקציה בינונית בין התחומים וטרנס-דיסציפלינארי הרמה הגבוהה ביותר של אינטגרציה/אינטראקציה בין התחומים.

החוקרים עשו הבחנה נוספת בין הקטגוריות על בסיס שלושה פרמטרים:

Scope of interdisciplinarity - היקף צר או רחב של הרב תחומיות, התלויה בכמה תחומים נכללים בתוכנית ועד כמה שונים התחומים זה מזה.

Type of interdisciplinarity - עד כמה תחומים שונים שנכללים בתוכנית מקושרים ביניהם (encyclopedic, auxiliary, and procedural interdisciplinarity)

Goal of interdisciplinarity - מטרה אקדמית או רב תחומיות לפתרון בעיה מורכבת דרך גישה של אינטגרציה בין תחומים שונים.

החוקרים בחנו את שלושת הפרמטרים האלה במדגם שכלל 186 תוכניות MA ומצאו שהתוכניות האינטר-דיסציפלינאריות במדגם שנבדק נטו להיות צרות ב-scope שלהן. מתוך 15 התחומים שנכללו, כל תוכנית כללה בממוצע שלושה תחומים. בנוסף, נמצא שבתוכניות נכללים תחומים אקדמיים קרובים כגון: ביולוגיה ומדעי הרפואה ושהתחום שנכלל במידה הרבה ביותר בתוכניות הרב תחומיות הוא של Human Sciences ומדעי החברה.

ההגדרות המופיעות בספרות המחקרית אינן אחידות ומשמשות את המוסדות האקדמיים בעיקר לצורך שיווק התוכניות ופחות כמשקפות את התחומים הנכללים בתוכניות בפועל ואת האינטראקציה הקיימת בין התחומים.

לצורך העבודה הנוכחית הכשרות רב תחומיות הן הכשרות שקיים בהן שילוב של מספר תחומים ליצירת ידע אינטגרטיבי המבוסס על אינטראקציות בין התחומים השונים.

על בסיס הגדרה זו, במיפוי תוכניות הלימוד הרב תחומיות במוסדות האקדמיים סווגו התוכניות לפי ההגדרות הבאות: 1. מסלולי לימוד המקנים תואר אחד הכולל מספר תחומים, 2. מסלולי לימוד המשותפים לשתי פקולטות המקנים תואר אחד משותף לשתיים 3. מסלולי לימוד לתואר כפול.

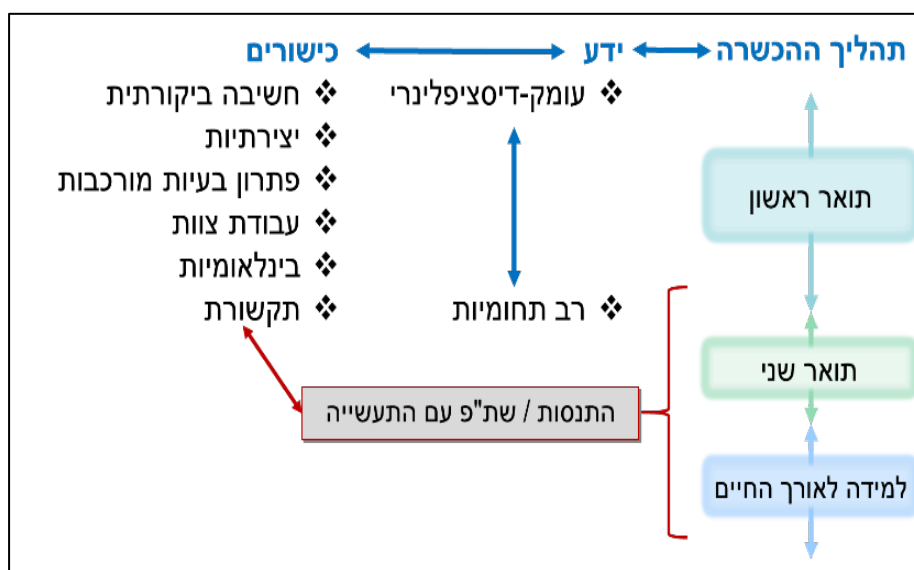
עבור כל מוסד לימודים מיקמנו את תוכניות הלימודים על ציר על-פי מידת הרב תחומיות של התוכניות השונות: מתוכניות בעלות רב תחומיות נמוכה (שילוב רק של הנדסה או רק של מדעים), רב תחומיות בינונית (שילוב של הנדסה עם מדעים) ועד רב תחומיות גבוהה (מדעים ו/או הנדסה עם רפואה או מדעי הרוח והחברה). ועל פי מספר התחומים שכוללת כל תוכנית.

קידום נושא הכשרות רב תחומיות במוסדות האקדמיים בישראל

במסגרת הפעילות שמוביל פרופ' ארנון בנטור, עמית מחקר בכיר במוסד נאמן, מתבצע מחקר נרחב בנושא חינוך מהנדסים במאה ה-21 ולימוד לאורך החיים (LLL)⁵. מחקרים אלה באים לבחון כיצד לשלב בחינוך המהנדסים מרכיבים שיחזקו ויקנו לכוח האדם העתידי כישורי מנהיגות וידע מקצועי נרחב הדרושים להובלת תהליכים ליישום של פוטנציאל הפיתוחים בחזית המדע לטובת החברה והכלכלה, במגוון התעשיות, עתירות הידע והמסורתיות במטרה לשמר את ישראל חדשנית ובחזית הידע והטכנולוגיה העולמית. חלק מהמחקרים במסגרת זו של מוסד נאמן כוללים את נושא ההכשרה הרב תחומית.

הפורום לחינוך מהנדסים גיבש תמונה המוצגת בתרשים שלהלן. כל מוסד יוכל לבחור את הכיוון הייחודי לו, לאור הייעוד שלו והערך המוסף שהוא יכול להקנות לבוגריו, וכל זאת מתוך הבנה שיש מקום למגוון של פרופילים של מהנדסים.

איור 2: מבנה מוצע למערכת השכלה גבוהה



במאה השנים האחרונות חלו שינויים משמעותיים בתפקיד ובפרופיל של המהנדס, וזאת על רקע ההתקדמות במדע והשינויים בחברה. החל משנת 2000 חלה עלייה באינטגרציה של טכנולוגיות, התגברות הרב תחומיות במחקר ובמקום העבודה, חדירה של מחשוב בצורה העמוקה ביותר בכל היבטי עבודת המהנדס, וצורך בכישורים ומיומנויות אישיים בהיבטים של עבודת צוות, תקשורת בינאישית, מנהיגות של חדשנות בתכן, בפיתוח ובייצור, כשהם מלווים בשאיפה לשיפור והתעדכנות מתמדת. על רקע זה עולה הצורך לבחון מחדש את ההכשרה של המהנדס המודרני וכנגזרת מכך את דרכי הפעולה באקדמיה בכלל ובאוניברסיטאות המחקר בפרט, אשר להן תפקיד מרכזי בהכשרת מהנדסים שיתפסו תפקידי מנהיגות ויביאו לידי מימוש את ההתקדמויות המדעיות. אחת

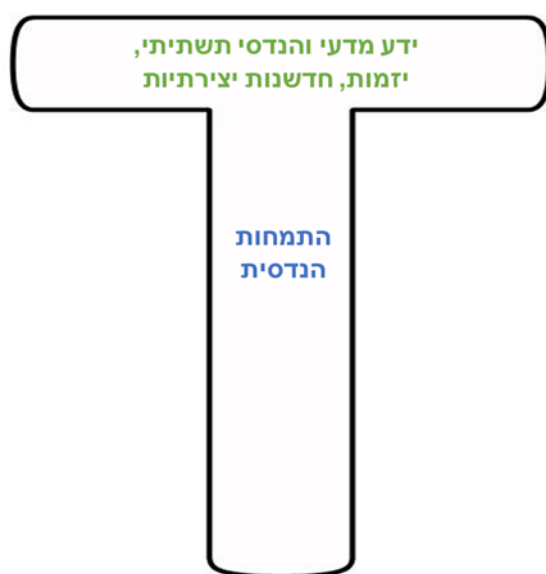
⁵ ראה באתר מוסד נאמן <https://www.neaman.org.il/Arnon-Bentur>

השאלות שעלו לדיון במסגרת המחקר היו לגבי ההשלכות של השינוי באופי המחקר והקידום המדעי לכיוון רב תחומי והתמזגות (convergence) על החינוך ההנדסי בכל הקשור בהובלת תהליכי חדשנות ויזמות.⁶

בנטור ואחרים (2018)³ בחנו שתי גישות עקרוניות לשינוי:

- I. תואר ראשון: גישה המכירה בחשיבות החינוך הטכנולוגי בתואר הראשון⁷, אשר יהיה מלווה בשינוי משמעותי בתוכנית הלימודים כדי להקנות מיומנויות מעבר לאלה הניתנות כיום, וזאת במודל שניתן לתאר אותו כמודל T (איור 2): בסיס רחב הכולל יצירתיות, יזמות, כושר לתקשר, יכולת עבודה בצוות, הבנה גלובלית ומחויבות ללימודי המשך במהלך הקריירה, ועמדה של התעמקות בדיסציפלינה טכנית.
- II. שילוב תואר ראשון ושני: גישה רדיקלית²³, שהמשמעות שלה לתת בתואר ראשון דגש על חשיבה כמותית, יצירתיות חדשנות ואינטגרציה של מערכות ועבודת צוות ואת עיקר ההשכלה הטכנולוגית לתת בתואר השני.

איור 3: מודל T להכשרת מהנדסים המבוסס על שילוב של הרחבה והתעמקות



מקור: עיבוד של מוסד נאמן על בסיס הפרסום של Plummer

הגישה המיוצגת על ידי מודל T מאפשרת ביתר קלות שינויים, כאשר יש בה מידה רבה של גמישות ביחס בין שני חלקי ה-T. הגמישות יכולה לבוא לידי ביטוי גם בשינויים על ציר הזמן בתהליך אבולוציוני, וגם באפשרות להתאמה לצרכים ולסביבה של אוניברסיטאות ספציפיות. בעולם, יש מספר דוגמאות למתווים של תכניות אשר תואמות לגישה זו, כאשר הבולטת בהן היא גישת ה-CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate)⁸, פרי של יוזמה שהחלה לפני למעלה מעשור שנים ב-MIT. תכנית זו מיושמת כבר בעשרות אוניברסיטאות בארה"ב ובעולם ובדיסציפלינות שונות של ההנדסה. התוכנית משלבת בתוכה היבטים של רב תחומיות, חשיבה מערכתית, פתרון בעיות הנדסיות, יצירתיות, מנהיגות, תקשורת בין אישית, עבודת צוות, יזמות, חדשנות, קיימות ועוד, שהם חיוניים למהנדס בתעשייה מתקדמת. לפי גישת CDIO צריך להכשיר את המהנדסים כך שיוכלו להתמודד עם אתגרי ההנדסה בכל מחזור החיים של המוצר והמערכת, כולל יצור, שווק, תחזוקה ושימוש.

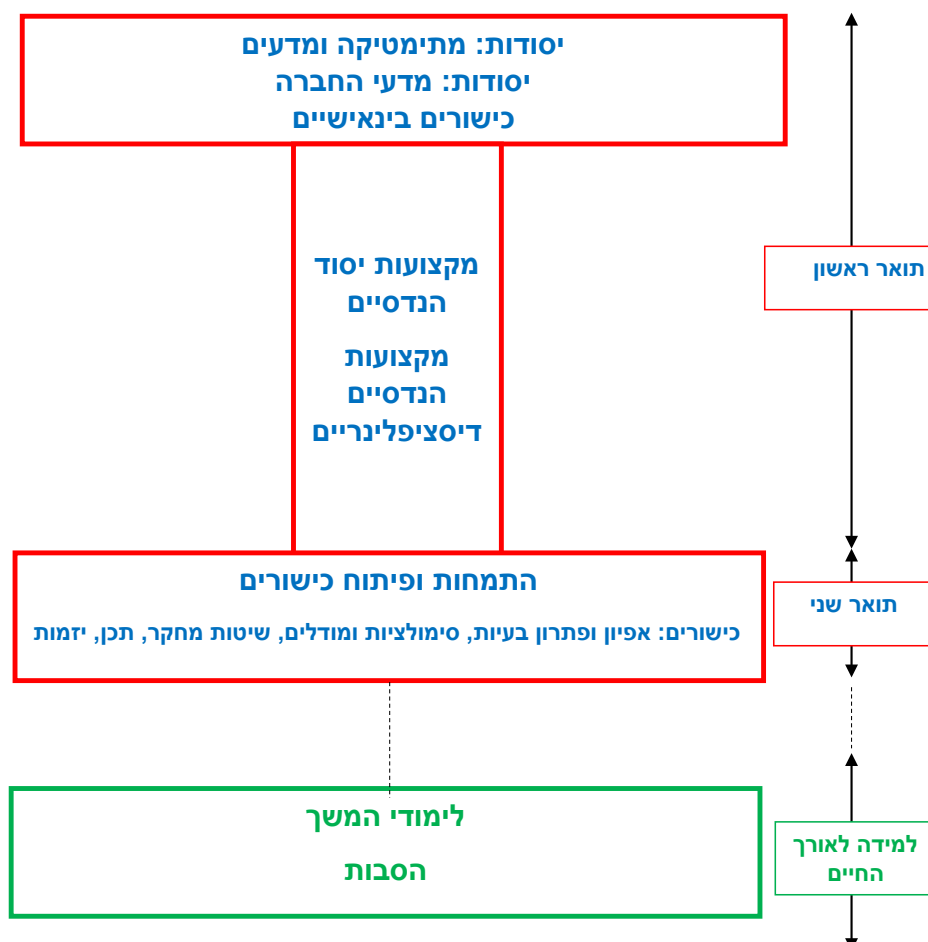
⁶ בנטור ארנון, זוננשיין אביגדור, דיין תמר. חינוך מהנדסים במאה ה-21: היבטים גלובליים ונגזרות למדינת ישראל חיפה, ישראל, מוסד שמואל נאמן, 2018. <https://www.neaman.org.il/Education-of-engineers-in-the-21st-century-Global-aspects-and-2018-implications-to-Israel-2>

⁷ J. Plummer (2013). Educating engineers for the 21st century, Dean of Engineering, Stanford University, ppt+comments

⁸ Rethinking Engineering Education- The CDIO Approach, E.D. Crawley, J. Malmqvist, S.Ostlund, D.R. Brodeur, K. Edstrom, 2007

מודל ה-I- מודל המשך המבוסס על מודל T- ומהווה גישה משולבת של תואר ראשון ושני. המודל משלב תואר ראשון כבסיס רחב למקצועות הרקע (מתמטיקה, כישורים ומיומנויות כללים) ובסיס צר (התמחות) של מקצוע ספציפי ותואר שני כנקודת יציאה לקריירה הנדסית, עם הרחבה ואפשרות להסבה במהלך הקריירה. ההכשרה במודל כזה יכולה לתת את הרוחב הנדרש מהמהנדס המודרני וליצור גם את הבסיס שיאפשר לו ביתר קלות להתעדכן במהלך הקריירה בלימודים לאורך החיים, כולל גם הסבות מקצועיות. החשיבות של יכולת כזו מוצאת את ביטוייה בדוחות שונים הדנים בעתיד ההון האנושי. עקרונות המודל מתוארים באיור הבא.

איור 4: תיאור סכמתי של מודל I להכשרת מהנדסים



על מנת לקדם את נושא ההכשרה והמחקר הרב תחומי ולהתגבר על מחסומים של שית"פ בין האקדמיה לבין התעשייה הוצע להקים מרכזי מחקר רב תחומיים בקמפוסים, Discovery-Innovation Institutes שימשו לחינוך, הכשרה ומחקר שמקשר בין תגליות מדעיות בסיסיות ובין חדשנות טכנולוגית, לפיתוח מוצרים, תהליכים ושירותים.

במסגרת המחקר בוצעו ראיונות עם מהנדסים מובילים בתעשייה. בראיונות אלה עלה גם נושא הכשרה רב דיסציפלינארית:

- הצורך בהכשרה רב תחומית הוא קריטי במאה ה-21. כיום המושג פקולטה הוא מושג מצמצם. החומות בין הפקולטות צריכות להיות יותר נמוכות. סטודנט למכונות נכון שילמד מקצועות מאלקטרוניקה ותוכנה. ייתכן ויש מקצועות הנדסיים שנכון שכולם ילמדו יחד כדי לעודד את הרב תחומיות. זהו אחד הנושאים המחייב מהפך מחשבתי ומעשי שהאקדמיה במאה ה-21 צריכה לעשות.
- שינויים בתוכניות הלימודים: יש צורך בהכשרה מעבר ללימודי הליבה התיאורטיים בנושאים כמו: תכן, ייצור, תחזוקה, סביבה, להכשרה בהיבטים הרכים. הלימודים צריכים להיות מבוססים יותר על פרויקטים. הוצגה גם הגישה שהמפתח לשינוי בתוכניות לימודים להנדסה הוא בפיתוח הנדסה כללית.
- הוצע כי השנה הראשונה ללימודים תהיה לימודים של "הנדסה כללית" ורק לאחריה הסטודנטים יבחרו התמחות בהנדסה ספציפית.

5. מיפוי של התוכניות המולטי-דיסציפלינריות

בעבודה הנוכחית נערוך מיפוי של תוכניות לימוד רב תחומיות בשלושה מוסדות אקדמיים בטכניון, באוניברסיטת תל-אביב ובאוניברסיטת בן גוריון בנגב. הטכניון נבחר מאחר והוא ממוקד הנדסה ורצינו לבחון מה רמת הרב-תחומיות במוסד מסוג זה, אוניברסיטת תל-אביב נבחרה מאחר היא כוללת גם הנדסה וגם מדעי הרוח והחברה במטרה לראות תמונה רחבה יותר ואוניברסיטת בן גוריון נבחרה לצורך השוואה מאחר והיא דומה במבנה שלה לטכניון אך יש בה גם לימודי מדעי החברה והרוח. מיפוי התוכניות התבסס על מקורות גלויים על פי אתרי האינטרנט של התוכניות במוסדות האקדמיים.

להלן יוצג מיפוי התוכניות הרב תחומיות על פי אתרי התוכניות בטכניון, באוניברסיטת ת"א ובאוניברסיטת בן גוריון בנגב.

5.1 מיפוי של תוכניות רב תחומיות לתואר ראשון ולתארים מתקדמים בטכניון

בטכניון פועלות 18 פקולטות ועשרות מסלולי לימודים לתואר ראשון בתחומי ההנדסה, המדע, הארכיטקטורה והרפואה. בטכניון רוב הסטודנטים לומדים במסלולי לימודים אחד. ישנם מסלולי לימודים משותפים לשתי פקולטות כמו: מדעי המחשב ומתמטיקה, מדעי המחשב ופיזיקה. בנוסף, קיימים מספר מסלולי לימודים לתואר כפול כגון: הנדסה ביו-רפואית ורפואה, רפואה ומדעי המחשב, מתמטיקה ופיזיקה.

בטבלה 1 מופיעים מסלולי הלימוד לתואר ראשון בטכניון שמשלבים לימודים ביותר מפקולטה אחת.

טבלה 1: מיפוי מסלולי הלימוד הרב תחומיים לתואר ראשון בטכניון

מסלולי הלימוד בטכניון	מסלול לימוד לתואר אחד המערב מספר תחומים	מסלולי לימוד משותפים לשתי פקולטות	מסלולי לימוד לתואר כפול	התואר
1 הנדסה ביו-רפואית ופיזיקה		הפקולטה להנדסה ביו-רפואית והפקולטה לפיזיקה כוללים את התחומים: הנדסה, מדעי החיים ורפואה ופיזיקה		מוסמך למדעים בהנדסה ביו-רפואית ובפיזיקה
2 הנדסה ביו-רפואית	הפקולטה להנדסה ביו-רפואית מקנה ידע בהנדסה, במדעי החיים וברפואה.			מוסמך למדעים בהנדסה ביו-רפואית
3 הנדסת ביוטכנולוגיה ומזון	הפקולטה להנדסת ביוטכנולוגיה ומזון: תוכנית הלימודים מבוססת על שלושה תחומים: מדעי החיים והביוטכנולוגיה, הנדסה ומדעי המזון			מוסמך למדעים בהנדסת ביוטכנולוגיה ומזון
4 הנדסת נתונים ומידע	הפקולטה להנדסת תעשייה וניהול: המקצוע הוא אינטרדיסציפלינרי ונשען על ידע בתחומים כמו: אופטימיזציה מתמטית וחישובית, סטטיסטיקה, מערכות מידע, תהליכים עסקיים וארגוניים, כלכלה ומדעי התנהגות.			

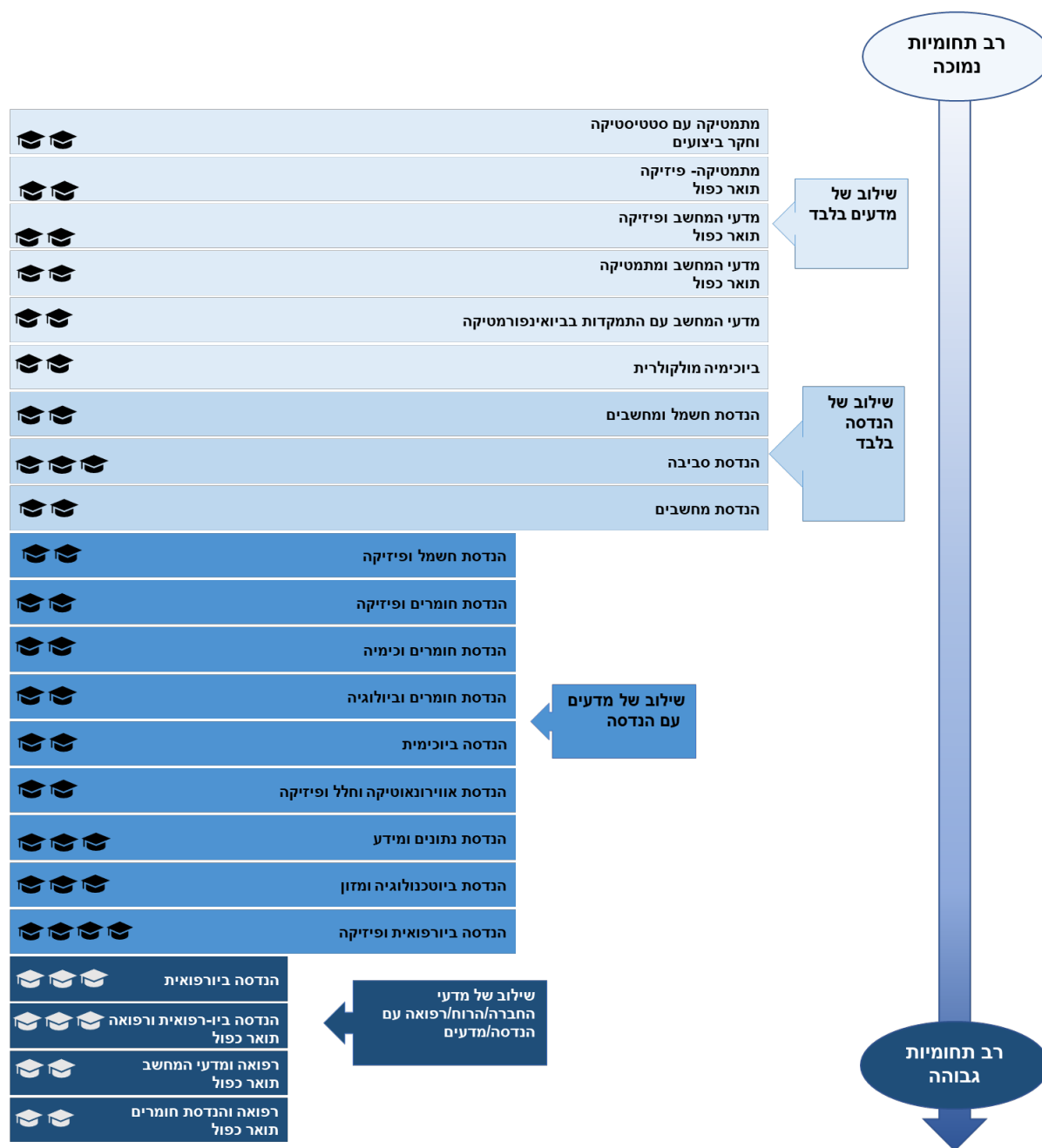
מסלולי הלימוד בטכניון	מסלול לימוד לתואר אחד המערב מספר תחומים	מסלולי לימוד משותפים לשתי פקולטות	מסלולי לימוד לתואר כפול	התואר
5	מתמטיקה עם סטטיסטיקה וחקר ביצועים	הפקולטה למתמטיקה. נלמדים מקצועות יסוד בסטטיסטיקה וחקר ביצועים, הניתנים בפקולטה להנדסת תעשייה וניהול		בוגר למדעים במתמטיקה עם סטטיסטיקה וחקר ביצועים
6	הנדסת סביבה	משותף ל-3 פקולטות: הנדסה אזרחית וסביבתית (פקולטת האם מטפלת בסטודנטים), הנדסה כימית והנדסת מזון וביוטכנולוגיה.		מוסמך למדעים בהנדסת סביבה
7	ביוכימיה מולקולרית	הפקולטה לכימיה והפקולטה לביולוגיה		בוגר למדעים בביוכימיה מולקולרית
8	הנדסת אווירונאוטיקה וחלל ופיזיקה	הפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל והפקולטה לפיזיקה		מוסמך למדעים בהנדסת אווירונאוטיקה וחלל ובפיזיקה.
9	הנדסה ביוכימית	הפקולטה להנדסה כימית והפקולטה לביולוגיה		מוסמך למדעים בהנדסה ביוכימית
10	הנדסת חומרים וביולוגיה	ביולוגיה והפקולטה למדע והנדסה של חומרים		לתואר מוסמך למדעים בהנדסת חומרים וביולוגיה
11	הנדסת חומרים וכימיה	הפקולטה לכימיה והפקולטה למדע והנדסה של חומרים		לתואר מוסמך למדעים בהנדסת חומרים וכימיה
12	הנדסת חומרים ופיזיקה	הפקולטה להנדסת חומרים והפקולטה לפיזיקה		לתואר מוסמך למדעים בהנדסת חומרים ופיזיקה
13	הנדסת מחשבים	הפקולטה להנדסת חשמל ומחשבים והפקולטה למדעי המחשב. הקבלה נקבעת ע"י שתי הפקולטות במשותף בסמסטר השני		מוסמך למדעים בהנדסת מחשבים
14	הנדסת חשמל ומחשבים	הנדסת חשמל והנדסת מחשבים		מוסמך למדעים בהנדסת חשמל ומחשבים
15	הנדסת חשמל ופיזיקה	הפקולטה להנדסת חשמל ומחשבים והפקולטה לפיזיקה		מוסמך למדעים בהנדסת חשמל ופיזיקה.
16	מדעי המחשב עם התמקדות בביואינפורמטיקה	תוכנית הלימודים מקנה ידע נרחב במגוון התחומים של מדעי המחשב וכן ידע בסיסי בביולוגיה מולקולרית ותאית, בהתמקדות בביולוגיה חישובית וכלי תוכנה ומערכות ביואינפורמטיקה		מסלול ארבע-שנתי לתואר מוסמך למדעים BSc בשיתוף עם הפקולטה לביולוגיה

מסלולי הלימוד בטכניון	מסלול לימוד לתואר אחד המערב מספר תחומים	מסלולי לימוד משותפים לשתי פקולטות	מסלולי לימוד לתואר כפול	התואר
		אחריות אקדמית ללימודים משותפת לפקולטה למדעי המחשב ולפקולטה לביולוגיה		
17	הנדסה ביו-רפואית ורפואה		הפקולטה להנדסה ביו-רפואית והפקולטה לרפואה	תואר כפול מוסמך למדעים (BSc) בהנדסה ביו-רפואית ובוגר למדעים (BSc) במדעי הרפואה.
18	מדעי המחשב ומתמטיקה		הפקולטה למדעי המחשב והפקולטה למתמטיקה	בוגר למדעים במדעי המחשב ובמתמטיקה BSc
19	מדעי המחשב ופיזיקה		הפקולטה למדעי המחשב והפקולטה לפיזיקה	מוסמך למדעים במדעי המחשב ובפיזיקה BSc
20	מתמטיקה-פיזיקה		הפקולטה למתמטיקה והפקולטה לפיזיקה	בוגר למדעים במתמטיקה-פיזיקה
21	רפואה והנדסת חומרים		הפקולטה לרפואה והפקולטה להנדסת חומרים	תואר כפול: מוסמך למדעים (BSc) בהנדסת חומרים ובוגר למדעים (BSc) במדעי הרפואה.
22	רפואה ומדעי המחשב		הפקולטה לרפואה והפקולטה למדעי המחשב	תואר כפול: בוגר למדעים במדעי הרפואה (BSc) ובוגר למדעים במדעי המחשב (BSc)

מידת הרב תחומיות של מסלולי הלימוד בטכניון

התרשים הבא מציג את מסלולי הלימוד לתואר ראשון בטכניון על פי מידת הרב תחומיות של התוכניות השונות, מתוכניות בעלות רב תחומיות נמוכה (שילוב רק של הנדסה או רק של מדעים), רב תחומיות בינונית (שילוב של הנדסה עם מדעים) עד לרב תחומיות גבוהה (מדעים עם הנדסה עם רפואה/מדעי הרוח והחברה). מספר הכובעים המופיע לצד כל תוכנית משקף את מספר התחומים המעורבים בתוכנית.

איור 5: מסלולי הלימוד לתואר ראשון בטכניון על פי מידת הרב תחומיות של התוכניות



מקור: עיבוד מוסד נאמן לנתוני התוכניות ופרטיותן כפי שמופן מתוך אתר הטכניון

המסלולים הבין-יחידתיים לתארים מתקדמים בטכניון

בתארים המתקדמים בטכניון פועלות תוכניות בין יחידתיות, שהן התארגנויות במסגרת בית הספר לתארים מתקדמים בטכניון. הן מבוססות על התאגדויות של מספר פקולטות. מדובר על לימודים לקראת תואר שני או שלישי שניתן ע"י הוועדה הביניחידתית שמאורגנת במסגרת בית הספר לתארים מתקדמים ולא ע"י פקולטה ספציפית.

טבלה 2 מציגה מיפוי של המסלולים הבין-תחומיים לתארים מתקדמים בטכניון והיא כוללת את שם התוכנית, איזה תארים מוענקים, מי הן היחידות השותפות בתוכנית הצורך שהוביל להקמת התוכנית ומה הם דרישות הלימוד. הנתונים לטבלה זו נלקחו מתוך האתר של בית הספר לתארים מתקדמים בטכניון⁹.

⁹ <https://graduate.technion.ac.il/heb-departments> אחזור המידע נכון לתאריך: 30/6/2021

עבור כל מסלול הכולל מספר תחומים מוקמת וועדה בין-יחידתית, על ידי דיקן ביה"ס לתארים מתקדמים. הוועדה מורכבת מנציגי היחידות המשתתפות, ומחברי סגל מיחידות אקדמיות שונות שאינן משתתפות בוועדה, לפי המלצת דיקן ביה"ס לתארים מתקדמים ובתיאום עם ראשי יחידות אלה. מתפקידי הוועדה וסמכויותיה הם: הכנת מתכונת לימודים כללית ומפורטת; המלצה על קבלה או דחייה של מועמד ופירוט התנאים לקבלה; קביעת תכנית לימודים ייחודית של כל סטודנט; אישור נושאי מחקר; המלצה על מינוי מנחים ויועצים; המלצה על מינוי בוחנים לבחינות-גמר ולבחינות מועמדות, בתיאום עם המנחה; המלצה לדיקן על הענקת מלגות ופרסים ועוד¹⁰.

¹⁰ ידוען למועמדים תשפ"א

טבלה 2: המסלולים הבין-יחידתיים לתארים מתקדמים בטכניון

שם התוכנית הבין-יחידתית	תואר	היחידות המשתתפות בתוכנית	הצורך שהוביל להקמת התוכנית	דרישות הלימוד
התוכנית הרב תחומית לתארים גבוהים בנו-מדעים וננו-טכנולוגיה היחידה האקדמית: Russell Berrie Nanotechnology Institute המדע הנוגע למערכות ננו-מטריות והטכנולוגיה הנגזרת ממנו משלבים ידע מתחומים שונים שבמסגרת האוניברסיטאית נלמדים ונחקרים בפקולטות שונות.	תואר שני-מגיסטר למדעים בנו-מדעים וננו-טכנולוגיה דוקטורט	הנדסת מכונות, הנדסת חשמל, הנדסה כימית, הנדסת ביוטכנולוגיה ומזון, פיסיקה, כימיה, ביולוגיה, רפואה, מדע והנדסה של חומרים, הנדסה ביו-רפואית, חינוך למדע וטכנולוגיה.	הטכניון רואה בפיתוח המחקר וההוראה בנו-טכנולוגיה וננו-מדעים עדיפות גבוהה ומשקיע משאבים ניכרים בקידום נושא זה. במרכז שהוקם נערכים שיתופי פעולה משמעותיים בין חוקרים מדיסציפלינות שונות בחקר ההיבטים המדעיים של התארגנות ופונקציונאליות במערכות טבעיות וסינתטיות בממדים ננו-מטריים, וביישום עקרונות אלו בפיתוח טכנולוגי. במכון נוצר גרעין מרוכז של מקצועות לימוד ומחקר לתזת מגיסטר, אשר מאפשר לאחד את הידע בתחומים השונים המרכיבים נושא זה, מדעי הטבע, וההנדסה.	התוכנית מיועדת לבעלי תואר ראשון באחד התחומים הבאים: הנדסת חומרים, הנדסת חשמל, הנדסה כימית, הנדסת ביוטכנולוגיה ומזון, הנדסה ביו-רפואית, הנדסת מכונות, כימיה, פיסיקה, ביולוגיה, רפואה, וכן בעלי תואר ראשון בתחומים אחרים, לפי החלטת הועדה.
הפקולטה להנדסה ביו רפואית היחידה האקדמית – הפקולטה להנדסה ביו-רפואית	מגיסטר למדעים בהנדסה ביו-רפואית (MSc) מגיסטר להנדסה בהנדסה ביו-רפואית (ME ללא תזה) דוקטור לפילוסופיה (PhD)	הפקולטה להנדסה ביו-רפואית היא יחידה רב-תחומית, בה עוסקים ביישום של שיטות הנדסיות וידע טכנולוגי בשטחי ההנדסה הביו-רפואית השונים.	הפקולטה להנדסה ביו-רפואית מציעה תכניות השתלמות לתואר מגיסטר ולתואר דוקטור, לסטודנטים המעוניינים לשלב שיטות מחקר, פיתוח ותכן הנדסיים, בכל תחומי ההנדסה ביו-רפואיים. המחלקה מציעה קורסים ושטחי מחקר רבים ועדכניים בתחומים עיוניים וניסויים. במחלקה מעבדות מתקדמות בתחום רחב של נושאים מתקדמים. תוכניות ההשתלמות מיועדות לבוגרי תואר ראשון/שני בפקולטות ההנדסיות, בפקולטות למדעים (מדעי המחשב, פיסיקה, מתמטיקה וכימיה) ולבוגרי פקולטות למדעי החיים (ביולוגיה ומדעי הרפואה) שהישיגהם בלימודי התואר הראשון/והשני גבוהים.	דרישות הלימוד: צבירה של 18 נקודות והגשת עבודת מחקר. על בוגרי הפקולטה להנדסה ביו-רפואית ללמוד לפחות מחצית מהנקודות, ועל בוגרי פקולטות אחרות ללמוד לפחות שני שלישים מהנקודות מהמקצועות הנלמדים בפקולטה.
התוכנית הבין-יחידתית לביוטכנולוגיה * לא צוינה היחידה האקדמית	תואר שני-מגיסטר למדעים בביוטכנולוגיה דוקטורט	הנדסה אזרחית, הנדסה כימית, הנדסת ביוטכנולוגיה ומזון, הנדסה חקלאית, כימיה, ביולוגיה, רפואה, הנדסה ביו-רפואית	בטכניון, על יחידותיו השונות, מתנהלת פעילות ענפה בביוטכנולוגיה. בכדי למסד פעילות זו הוקמה תכנית בין-יחידתית, שבמסגרתה ניתן להשתלם הן לקראת התואר "מגיסטר למדעים בביוטכנולוגיה" והן לקראת התואר "דוקטור לפילוסופיה". הלימודים ועבודות המחקר המתבצעים במסגרת תכנית זו משלבים היבטים שונים של מדעי החיים וההנדסה, יחד עם התמחות בשטח ספציפי.	דרישות הלימוד: 20 נקודות (לבוגרי תואר ראשון תלת-שנתי ידרשו השלמות שיתמקדו במיוחד בתחומי ההנדסה והטכנולוגיה) וכן כתיבה והגשת תיזה ועמידה בהצלחה בבחינה הסופית. עבודת המחקר תעשה באחת היחידות האקדמיות המשתתפות בתכנית. המחקר יעשה בנושא שילול היבטים הן מתחומי מדעי החיים והן מתחומי ההנדסה, ואשר יאושר על ידי הוועדה לביוטכנולוגיה.
התוכנית הבין-יחידתית לאנרגיה	תואר שני-מגיסטר למדעים בהנדסת מכונות, הנדסת חשמל,	הנדסה אזרחית וסביבתית, הנדסת מכונות, הנדסת חשמל,	בטכניון, על יחידותיו השונות, מתנהלת פעילות ענפה במחקר והנדסת אנרגיה. בכדי למסד פעילות זו הוקמה תכנית מחקרית בין-יחידתית באנרגיה. תוכנית	בנוסף למקצועות החובה של התוכנית על הסטודנט להשלים את יתרת הנקודות הנדרשות ע"י מקצועות בחירה מתוך המקצועות לתארים מתקדמים

שם התוכנית הבין-יחידתית	תואר	היחידות המשתתפות בתוכנית	הצורך שהוביל להקמת התוכנית	דרישות הלימוד
היחידה האקדמית: The Nancy and Stephen Grand Technion Energy Program תוכנית מחקר וחינוך רב-תחומית, המאחדת מומחים מרחבי העולם למציאת פתרונות לאתגרי אנרגיה עולמיים	אנרגיה/באנרגיה דוקטורט	הנדסה כימית, הנדסת ביוטכנולוגיה ומזון, הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, פיסיקה, כימיה, ביולוגיה, ארכיטקטורה ובינוי ערים, מדע והנדסה של חומרים, הנדסה ביו-רפואית.	מטריה זו מובילה מחקר רב-תחומי תוך שיתוף פעולה של טובי החוקרים והמדענים בדיסציפלינות השונות בטכניון ואף מחוצה לו – מחקר המתמקד בבעיות בסיסיות והנדסיות הנדרשות לקידומו של תחום האנרגיה בארץ ובעולם.	הקיימים בפקולטות השונות בהתאם לתוכנית הלימודים. סטודנט בעל תואר ראשון תלת שנתי מחויב גם להשלים לפחות 4 מקצועות מתוך מקצועות הבחירה הייעודיים לתוכנית, ומתוך מגוון מקצועות בחירה רלוונטיים הקיימים בפקולטות המשתתפות בתוכנית, אשר אושרו כמקצועות בחירה.
התוכנית הבין-יחידתית להנדסה ימית * לא צוינה היחידה האקדמית	במסלול עם תזה: מגיסטר למדעים בהנדסה ימית – MSc.M.E במסלול ללא תזה: מגיסטר להנדסה בהנדסה ימית – ME.M.E במסלול לדוקטורט: דוקטור לפילוסופיה	הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, ארכיטקטורה ובינוי ערים, הנדסה אזרחית וסביבתית, מדעי המחשב, הנדסת חשמל, הנדסת מכונות	התוכנית הבין-יחידתית להנדסה ימית מיועדת להכשיר סטודנטים בתחום ההנדסה של כל מוצר שמיועד לתפקד בסביבה ימית וגם להעניק השכלה בין תחומית בכל הקשור לניהול, לחקר ולשמירה של הסביבה הימית. זה כולל, בין השאר, את ההנדסה של כלי שיט על ותת ימיים, מבנים, התקנים, מערכות ומכשירים ימיים. מטרת התוכנית לקדם את הידע במדעי ההנדסה (כגון: הנדסה אזרחית, מכונות, חשמל, מחשבים, אדריכלות) בהיבטים של הנדסה ימית. הרשימה הבאה מציגה דוגמאות לנושאי מחקר מתאימים: רעיונות חדשים לניצול האוקיאנוס והים; תכנון המרחב הימי; ניהול מתכלל של אזורי חוף; הבטי תכן של כלי שיט, מבנים, התקנים ומכשירים ימיים; שיטות חישה ועיבוד נתונים ישימים להנדסה ימית; הידרודינאמיקה של הסביבה הימית וגופים בים; ועוד	דרישות הלימוד: בוגר תואר ארבע שנתי במקצועות ההנדסה במסלול מחקר/פרויקט יידרש ללמוד ולצבור לפחות 20 נקודות ממקצועות מתקדמים ולכתוב חיבור (תיזה) בהיקף 20 נק'. בוגר תואר ארבע שנתי במקצועות ההנדסה במסלול ללא תזה יידרש לצבור 40 נקודות ממקצועות מתקדמים. בוגרי מסלולים תלת שנתיים יידרשו ב-20 נקודות השלמה/קדם. בתקופת ההשלמות הסטודנט יהיה במעמד משלים. יתכנו דרישות השלמה נוספות בהתאם לרקע של המועמד. המנחים שייכים לפקולטות שונות כגון: מכונות, אזרחית, ארכיטקטורה ובינוי ערים, אווירונאוטיקה, מחשבים.
תוכנית הבין-יחידתית להנדסה עירונית * לא צוינה היחידה האקדמית	מגיסטר להנדסה עירונית- Master Urban Planning	הנדסה אזרחית וסביבתית, ארכיטקטורה ובינוי ערים	תחום ההנדסה העירונית בשוק המוניציפאלי של היום, דורש הבנה של מערכות משפטיות ומנהליות לא מעטות. קבלת ההחלטות לניהול העיר מעוגנת במספר רב של חוקים ויש בה "שחקנים" לא מעטים – הרשות המקומית על נבחריה ומחלקותיה, מוסדות התכנון הסטטוטוריים, משרדי ממשלה רבים, יזמים, עמותות וארגונים מקומיים וארציים וכמובן – השכנים לפרויקטים החדשים המוצעים והציבור המעוניין. על המהנדס העירוני מוטלת החובה לדעת כיצד להתייחס לזכויות המשפטיות במקרקעין, לדיני תכנון ובנייה, לדיני רשויות מקומיות ולמשפט מינהלי כללי. כמו כן, עליו לדעת כיצד לנהל את הצוות הגדול שבמחלקה, כיצד לתאם ולהשיג מטרות מול גורמים מנהליים	דרישות הלימוד: התוכנית היא בהיקף של 42 נקודות. בנוסף, כל סטודנט שיתקבל לתוכנית יצטרך להשלים מקצועות ליבה (קדם) במידה ולא למד אותם במסגרת לימודי התואר הראשון (11 נק') למהנדסים, 7.5 נק' לאדריכלים ו-16 נק' לאדריכלי נוף). מבין נושאי הלימוד: כלכלה עירונית, שיקום עירוני, תכנון חברתי, תכנון תשתית עירונית, הנדסת תעבורה מתקדמת, מיפוי ומדידה, היבטים בקדסטר מודרני, תסקירי השפעה על הסביבה, עקרונות התברואה של מים ושפכים, מערכות מידע גיאוגרפיות, ייזום ובדיקת כדאיות פרויקטים הנדסיים, היבטים משפטיים ומינהליים בתכנון, דיני

שם התוכנית הבין-יחידתית	תואר	היחידות המשתתפות בתוכנית	הצורך שהוביל להקמת התוכנית	דרישות הלימוד
			אחרים וכיצד לנהל סכסוכים עם יזמים, שכנים ועמותות אזרחיות.	שלטון מקומי למתכננים, סמינר מתקדם בהנדסה אורבנית.
התוכנית הבין-יחידתית להנדסת מערכות היחידה האקדמית: הפקולטה להנדסת אירונותיקה וחלל (התכנית נלמדת גם בתל-אביב)	מגיסטר להנדסה	הנדסת מכונות, הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, הנדסת תעשייה וניהול	הנדסת מערכות זוכה לאחרונה לתשומת לב הולכת וגוברת בעולם בכלל ובישראל בפרט. לאור פניות של גורמים בתעשייה, פיתח הטכניון תכנית אקדמית להכשרת מהנדסי מערכות במסגרת לימודי תואר מגיסטר להנדסה. התוכנית המוצעת תצייד את הסטודנט בידע ובכלים המקצועיים המגוונים הדרושים לפיתוח מערכות מורכבות מתקדמות.	דרישות הלימוד: בוגר התוכנית יידרש לצבור 40 נקודות מתקדמים, הכוללות קורסים בהיקף כולל של 34 נקודות לפחות, ופרויקט גמר בן 6 נקודות. במידת הצורך יידרשו השלמות.
התוכנית הבין-יחידתית להנדסת מערכות רכב * לא צוינה היחידה האקדמית התכנית מנהלת ע"י ועדה בין-יחידתית לתארים מתקדמים בתחום מגיסטר להנדסה בהנדסת מערכות רכב.	מגיסטר להנדסה בהנדסת מערכות רכב (ME)	הנדסת מכונות, הנדסה אזרחית וסביבתית	התוכנית מגיסטר להנדסה בהנדסת מערכות רכב (ME) נבנתה על מנת לענות על דרישת התעשייה בבוגרים בעלי מיומנות גבוהה בתחומים מתקדמים של פיתוח, תכן וייצור מערכות רכב ומכלולים לתעשיית הרכב העולמית ובתשתיות הלאומיות, כגון רכבות ואמצעי תעבורה מתקדמים. למרות שתעשייה זו נקשרת, באופן מסורתי ולאורך שנים, עם יצרני רכב וייצור המוני, בעשור האחרון היא עברה שינוי מהותי מאד ומחזורה המסחרי כעת נשלט ע"י יצרני מערכות ומרכיבי רכב בשיתוף עם חברות תכנון ויעוץ המתמחות בתחום ייעודי וצר שבו מרכיב ההון האנושי דומיננטי. בנוסף, כווני הפיתוח וההשקעות בתחום הנדסת מערכות רכב עוברים לאחרונה שינויים מהותיים, עקב ההתפתחות של מערכות תבוניות לתחבורה (ITS – Intelligent Transportation Systems), הגברת אמצעי בטחון הנסיעה ומיגון מערכות הרכב, שיקולי אנרגיה ואיכות סביבה.	התכנית מגיסטר להנדסה בהנדסת מערכות רכב (ME) כוללת מקצועות חובה ובחירה. מקצועות החובה מכסים יסודות של הנדסת רכב, מנועי שריפה פנימית, דינמיקת רכב, מערכות הנעה מתקדמות ואחרים. מקצועות הבחירה נבחרים ע"י הסטודנט בהתאם לעניין ולהתמחות האישיים מן הרשימה לפי הנושאים, למשל: זיהום אוויר, דינמיקת מערכות רכב, אמינות ובקרת איכות, הנדסת פני-שטח, הנדסת תחבורה, אנרגיה ומערכות הנעה ועוד. פרויקט הגמר הינו חלק בלתי נפרד מתכנית הלימודים ויבוצע בהנחייה אישית.
התוכנית הבין-יחידתית להנדסת פולימרים * לא צוינה היחידה האקדמית	מגיסטר למדעים (MSc) מגיסטר להנדסה (ME) PhD בהנדסת פולימרים	הנדסת מכונות, הנדסה כימית, הנדסת ביוטכנולוגיה ומזון, כימיה, הנדסת חומרים, הנדסה כימית, הנדסה ביו-רפואית	לאור התפתחות תעשיית הפלסטיקה בישראל, באה התכנית לענות על דרישה במגזרי השוק השונים למהנדסים ולמדענים בשטח הפולימרים והפלסטיקה. פעילות ההוראה והמחקר בהנדסה ובמדעי הפולימרים מפוזרת בטכניון בין מספר יחידות אקדמיות. המשך לימודים לתואר מגיסטר למדעים (MSc), מגיסטר להנדסה (ME) או PhD בהנדסת פולימרים, במסגרת תכנית בין-יחידתית, מאפשר הכשרת בוגרי יחידות אקדמיות שונות לעבודה, לפיתוח ולמחקר בייצור פולימרים, בהנדסת פולימרים ובעיבוד חומרים פלסטיים.	התכנית מבוססת על צבירת 40 נקודות. לימוד מקצועות בהיקף של 34 נקודות, לפחות 20 נקודות מרשימות מקצועות היסוד והבחירה (המקצועות בהנדסת פולימרים, מדעי הפולימרים וראולוגיה ותופעות מעבר) שמהן לפחות 10 נקודות מרשימת מקצועות היסוד ובנוסף עד 16 נקודות מרשימת המקצועות בניהול וכלכלה ואבטחת איכות ואמינות. הסטודנט גם חייב בהשלמת עבודת גמר, פרויקט או עבודה סמינריונית בהיקף של 6 נקודות.

שם התוכנית הבין-יחידתית	תואר	היחידות המשתתפות בתוכנית	הצורך שהוביל להקמת התוכנית	דרישות הלימוד
התוכנית הבין-יחידתית ללימודי מקרקעין * לא צוינה היחידה האקדמית	מגיסטר בלימודי מקרקעין- MRE	הנדסה אזרחית וסביבתית, ארכיטקטורה ובנינו ערים	ישראל היא מדינה בעלת צפיפות אוכלוסייה רבה, מחירי מקרקעין גבוהים, משטר מקרקעין ייחודי ומערכת מורכבת של דינים ומיסים החלים על מקרקעין. להחלטות בנושא מקרקעין השלכות כלכליות, סביבתיות וחברתיות מרחיקות לכת. בישראל, קיים צורך באנשי מקצוע מובהקים בתחום המקרקעין. העיסוק בתחום הנדל"ן טעון ידע רב-דיסציפלינארי מתחומי הכלכלה, ההנדסה, תכנון ערים, ומשפטים. מטרת התוכנית היא להכשיר אנשים לטווח הרחב של תעסוקה בתחום המקרקעין – יזמות, ניהול חברות בנייה, ניהול נכסים ודיור בחברות פרטיות או גופים ציבוריים, הערכת שווי מקרקעין, ומימון של פיתוח מקרקעין.	התוכנית הינה מובנית, מתפרסת על פני 4 סמסטרים וכוללת סמינר אישי מתקדם. מהנדסים או אדריכלים חייבים במינימום 40 נקודות לימוד; בעלי תארים 3 שנתיים חייבים במינימום 51 נקודות לימוד; בעלי תואר ראשון במשפטים חייבים במינימום 45 נקודות לימוד. נושאי הלימוד לדוגמא: מפיפוי ומדידה, כלכלה הנדסית בבניה, כלכלה למתכננים, סטטיסטיקה למתכננים, מבוא לתכנון ערים ואזורים, היבטים מתקדמים בקדסטר, מערכות מידע גיאוגרפי, ניהול פיננסי בחברת בניה, כלכלה עירונית ואזורית, יזום והפעלת פרויקטים, מדיניות קרקעית ויזם הפיתוח הפרטי, מבוא להיבטים משפטיים ומנהליים בתכנון, מיסוי מקרקעין, נושאים נבחרים בכלכלת מקרקעין, עקרונות בהערכת שווי מקרקעין, שמאות מקרקעין, סדנה בהערכת שווי מקרקעין, סמינר מתקדם בלימודי מקרקעין.
התוכנית הבין-יחידתית למגיסטר להנדסה * לא צוינה היחידה האקדמית	מגיסטר להנדסה ME – כללי (מסלול ללא תזה)	הנדסה אזרחית וסביבתית, הנדסת מכונות, הנדסה כימית, הנדסת ביוטכנולוגיה ומזון, הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, הנדסת תעשייה וניהול, ארכיטקטורה, מדע והנדסה של חומרים	מסלול זה הוא מסלול ללא תזה המוביל לתואר "מגיסטר להנדסה" ומיועד למהנדסים המעוניינים להרחיב את אופקיהם בנושאים רב-תחומיים. המאפיין את המסלול הוא המבחר הרב של הקורסים המוצעים למשתלם והמבוססים על מגוון מקצועות מתקדמים מכל היחידות בטכניון.	סטודנט בתכנית, בעל תואר ראשון 4 שנות מהטכניון או מאוניברסיטה מוכרת, יידרש לצבור 40 נקודות, כאשר כ-13 מתוכן יהיו בכיוון התמחות אחד סביב נושא ספציפי. כיווני ההתמחות העיקריים הם: הנדסת תעשייה וניחול (הנדסת ניהול מידע), הנדסת מכונות, הנדסה כימית, הנדסת ביוטכנולוגיה ומזון, הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, ארכיטקטורה (שימור), הנדסת חומרים, הנדסה אזרחית (מקרקעין), . המשתלם יבחר את כיוון ההתמחות בתיאום עם הוועדה הבין-יחידתית ל-ME כללי, אשר תאשר את תכנית ההשתלמות שהוצעה ע"י המשתלם. בנוסף ל-13 הנקודות בכיוון ההתמחות, ילמד המשתלם מקצוע מסוג סמינר/פרויקט בהיקף של 5- 6 נקודות, כמקובל במסלול ME פקולטי.
התוכנית הבין-יחידתית לרובוטיקה ומערכות אוטונומיות היחידה האקדמית Technion Autonomous Systems Program	מגיסטר למערכות אוטונומיות ורובוטיקה דוקטורט	הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, הנדסה אזרחית וסביבתית, הנדסה ביו- רפואית, הנדסת חשמל, מדעי המחשב, הנדסת מכונות, הנדסת תעשייה	מערכות אוטונומיות מהוות את אחד הצעדים הגדולים הבאים בהנדסה. מערכות אוטונומיות כוללת איחוד של מגוון רחב של חיישנים, מחשבים ואמצעי תקשורת שונים, ומהוות חלק נכבד בקדמת הטכנולוגיה ומשפיעות על כל שטחי ההנדסה. מערכות אלה מבצעות משימות, כולל תגובות, באופן דינמי לתנאים	דרישות הלימוד: בוגר תואר ארבע שנות ההנדסה במסלול מחקר/פרויקט יידרש ללימוד ולצבור לפחות 20 נקודות ממקצועות מתקדמים. בוגר תואר ארבע שנות במקצועות ההנדסה במסלול ללא תזה יידרש לצבור 40 נקודות ממקצועות

שם התוכנית הבין-יחידתית	תואר	היחידות המשתתפות בתוכנית	הצורך שהוביל להקמת התוכנית	דרישות הלימוד
		וניהול, רפואה, חינוך למדע וטכנולוגיה.	משתנים ואירועים לא צפויים המתרחשים בזמן אמת בעולם האמיתי. דוגמאות למערכות אוטונומיות כוללות כלי טייס, כלי תחבורה יבשתיים וימיים לא מאוישים, כליים ומערכות עזר רפואיות, ומערכות סוכנים עצמאיות בתחומים שונים. מטרת התכנית היא לרכז את מגוון היכולות בהוראה, במחקר ובפיתוח של מערכות אוטונומיות.	מתקדמים. יתכנו דרישות השלמה נוספות בהתאם לרקע של המועמד. כל סטודנט יצטרך ללמוד מקצועות מתוך שלוש רשימות שונות הכוללות קורסים מפקולטות שונות כגון: אזרחית, מדעי המחשב, מכונות ביו רפואה ועוד.
התוכנית הבין-יחידתית למתמטיקה שימושית היחידה האקדמית Applied Mathematics	מגיסטר ודוקטורט	הנדסה אזרחית וסביבתית, הנדסת מכונות, הנדסת חשמל, הנדסה כימית, הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, הנדסת תעשייה וניהול, מתמטיקה, פיסיקה, מדעי המחשב, הנדסה ביו-רפואית, הנדסת ביוטכנולוגיה ומזון, ביולוגיה, כימיה ורפואה.	הטכניון מקיים תוכנית ייחודית בארץ ובעולם ללימודים גבוהים (תואר שני ותואר שלישי) במתמטיקה יישומית במסגרת התוכנית הבין-יחידתית ללימודי מוסמכים. בתוכנית, המרוכזת בפקולטה למתמטיקה, משתתפות 11 פקולטות שונות מכל תחומי ההנדסה והמדעים. לכן ניתן להשתלם במגוון עצום של תחומי מחקר.	דרישות הלימוד: תכנית הלימודים כוללת מספר קורסי חובה, וקורסים נוספים שייבחרו בהתאם לנושא המחקר. בוגר תואר ראשון תלת-שנתי צריך לצבור 34 נקודות לימוד בקורסים ו-20 נק' בתזה. בוגר תואר ראשון ארבע שנתי צריך לצבור 18 נקודות לימוד בקורסים ו-20 נק' בתזה. תכנית הלימודים של כל משתלם נקבעת ע"י המנחה והוועדה ללימודי מוסמכים. כל הסטודנטים נדרשים לסכם הנחייה עם חבר סגל ולהגיש הצעת מחקר תוך שישה חודשים מתחילת הלימודים.
התוכנית הבין-יחידתית לתכנ ניהול הייצור * לא צוינה היחידה האקדמית	מגיסטר למדעים בתכן וניהול הייצור (MSc, ME)	הנדסת מכונות, הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, הנדסת תעשייה וניהול, מדע והנדסה של חומרים.		- הלימודים לקראת התואר ME יכללו מקצועות חובה ובחירה בהיקף של 35 נקודות, פרויקט גמר/עבודה סמינריונית בהיקף של 5 נקודות מעבר לרשימת מקצועות הבחירה בתכנית, ניתן, באישור המנחה, לקחת 2 מקצועות בחירה חלופיים ברמת מתקדמים מתוך תכנית הלימודים של הפקולטה להנדסת תעו"נ. - לימודים לקראת התואר MSc – מגיסטר למדעים בתכן וניהול הייצור יכללו 20 נקודות לימוד של מקצועות חובה ובחירה. כמו כן, על הסטודנט להגיש נושא מחקר ולצבור 12 נקודות מתוך מקצועות החובה/בחירה תוך שנתיים מתחילת הלימודים.
התוכנית הבין-יחידתית לאבטחת איכות ואמינות * לא צוינה היחידה האקדמית כרגע אין הרשמה לתכנית.	מגיסטר לאבטחת איכות ואמינות	הנדסת תעשייה וניהול, הנדסה אזרחית וסביבתית, הנדסת מכונות, הנדסת ביוטכנולוגיה ומזון, הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, רפואה, הנדסת חומרים.	תכנית הלימודים באבטחת איכות ואמינות מיועדת להכשיר "מובילי איכות" בתחומי מחקר ופיתוח, תעשיות היי-טק, הנדסת תוכנה, מערכות מידע ותקשורת, תעשיות מתוחכמות וארגוני שירות פרטיים וציבוריים. בתכנית חמישה נתיבים: אבטחת איכות ואמינות בהנדסה, מדידת מידע ועיבודו, ניהול איכות בסביבה הנדסית, אבטחת איכות מערכות מחשב, ניהול איכות	דרישות הלימוד: תכנית הלימודים לתואר מגיסטר כוללת קורסי חובה בהיקף של 16 נקודות ומקצועות נוספים מתוך כיווני-ההתמחות. ניתן למלא את הדרישות לתואר באחד מהנתיבים: לימודים בהיקף של 20 נקודות ומחקר/פרויקט, התואר המוענק: "מגיסטר למדעים באבטחת איכות ואמינות".

שם התוכנית הבין-יחידתית	תואר	היחידות המשתתפות בתוכנית	הצורך שהוביל להקמת התוכנית	דרישות הלימוד
			מערכות מידע ותקשוב. ההשתלמות בתכנית משלבת בתוכה נושאים מתקדמים בהנדסה וניהול.	לימודים בהיקף של 28 נקודות ועבודת גמר, התואר המוענק: "מגיסטר למדעים באבטחת איכות ואמינות".
				לימודים בהיקף של 40 נקודות כולל סמינר. התואר המוענק הינו "מגיסטר לאבטחת איכות ואמינות".

5.2 מיפוי של תוכניות רב תחומיות לתואר ראשון באוניברסיטת תל אביב

אוניברסיטת ת"א מציעה 136 תוכניות לימוד לתואר ראשון ב-13 תחומים שונים: תוכניות למצטיינים (14 תוכניות לימוד), מדעי החיים (6 תוכניות לימוד), מדעי הרוח (28), מדעי החברה (18), משפטים (תוכנית 1), רפואה ובריאות (10), מדעי המוח (5), חינוך (תוכנית אחת), עבודה סוציאלית (תוכנית אחת), מדעים מדויקים (23), הנדסה (12), אומנויות (9), ניהול וחשבונאות (2 תוכניות).

מיפוי 41 תוכניות לימוד רב תחומיות:

5 תוכניות רב תחומיות הכוללות בתואר אחד מספר תחומים כגון פכ"מ (פילוסופיה-כלכלה-מדע המדינה ומשפטים) או תואר אחד עם חטיבה בתחום אחר כגון: תכנית לימודים חד-חוגית בפיזיקה עם חטיבה במדעי הרוח.

20 תוכניות לימוד דו-חוגיות כגון: מסלול דו חוגי במסגרת החוגים פסיכולוגיה ומדעי המחשב. מסלולים אלה מקנים תואר אחד למשל B.Sc. במדעי המחשב דו חוגי עם פסיכולוגיה. דוגמא נוספת תואר ראשון בביולוגיה ובלשנות עם הדגש במדעי המוח- ביולוגיה (בפקולטה למדעי החיים) ובלשנות (בפקולטה למדעי הרוח). ניתנים מספר קורסים ייעודיים במדעי המוח. התוכנית מקנה תואר B.Sc. בביולוגיה דו חוגי עם בלשנות.

6 תארים כפולים כגון: תואר ראשון כפול במדע והנדסה של חומרים ובכימיה. המסלול מקנה B.Sc. במדע והנדסה של חומרים ו-B.Sc. בכימיה.

בטבלה הבאה מופו מסלולי הלימוד הרב תחומיים באוניברסיטת ת"א.

טבלה 3: מסלולי הלימוד המשלבים מספר פקולטות באוניברסיטת תל אביב

מסלולי הלימוד באוניברסיטת ת"א	מסלול לימוד לתואר אחד המערב מספר תחומים	מסלולי לימוד דו חוגי	מסלולי לימוד לתואר כפול	התואר	הערות
1. פסיכו-בלשנות מסלול דו חוגי במסגרת החוגים פסיכולוגיה ובלשנות		מסלול דו חוגי במסגרת החוגים פסיכולוגיה ובלשנות		B.A בפסיכולוגיה ובלשנות	לתכנית יתרונות חשובים על פני תואר דו חוגי רגיל - בפסיכולוגיה ובלשנות: 1. התוכנית מציעה קורסים שלא קיימים בתוכנית הדו חוגית הרגילה: קורס במבנה המוח (נוירואנטומיה) וסמינר ייעודי לסטודנטים של התכנית שיתמקד בנושאים פסיכו-בלשניים. 2. קורסי החובה בתכנית - יהיו בעלי אופי מחקרי המשלב את -שתי הדיסציפלינות יחד. 3. במסגרת התוכנית, יבצעו הסטודנטים פרוייקט מחקרי במעבדות בשני החוגים אשר עוסקות במחקר הקשור בהיבטים שונים של עיבוד שפה וקוגניציה. יועצים מבין חברי הסגל של שני החוגים ילוו את הסטודנטים במטרה לבנות עבורם תכנית לימודים שמתאימה לתחומי העניין שלהם.
2. לימודי פסיכולוגיה בצירוף פילוסופיה במסלול חקר התודעה והקוגניציה		מסלול דו חוגי במסגרת החוגים פסיכולוגיה ופילוסופיה		B.A בפילוסופיה ובפסיכולוגיה	ייחודה של התכנית פסיכולוגיה פילוסופיה עם דגש על תודעה: התוכנית מציעה לתלמידים קורסים ייעודיים שלא קיימים בתוכנית הדו חוגית הרגילה: בעיית התודעה - היבטים פילוסופיים ומדעיים, חידת התודעה - היבטים אפיסטמיים ואונטולוגיים, מושג הנפש בתקופתנו, קורסי בחירה יעודיים, סמינר מחלקתי בו יינתנו הרצאות ע"י המומחים בארץ בתחום התודעה התוכנית כוללת קורסים מהתואר השני בפסיכולוגיה קוגניטיבית, הקשורים לתודעה, חקר התודעה: התנהגות ומוח, פילוסופיה של תהליכים מנטליים, אינטגרציה סמנטית: כיצד מקודדים ונקשרים מושגים, חקר הקשב: התנהגות ומוח
3. ביולוגיה ופסיכולוגיה עם הדגש במדעי המוח		מסלול דו חוגי במסגרת החוגים פסיכולוגיה וביולוגיה		B.Sc בביולוגיה דו חוגי עם פסיכולוגיה	מטרת התוכנית לספק לסטודנטים הכשרה אקדמית בסיסית בפסיכולוגיה, בביולוגיה ובמדעי המוח ולהכשיר סטודנטים מצטיינים לקראת עריכת מחקרים בתחומים אלו ושילובם במחקר באקדמיה, בתעשייה ובהוראה אפשרויות התעסוקה לבוגרי בית הספר סגול למדעי המוח כוללות מגוון רחב של תחומים: השתלבות במוסדות להשכלה גבוהה ובמכוני מחקר, במקצועות הפארה-

מסלולי הלימוד באוניברסיטת ת"א	מסלול לימוד לתואר אחד המערב מספר תחומים	מסלולי לימוד דו חוגי	מסלולי לימוד לתואר כפול	התואר	הערות
					רפואיים, בתעשיות מבוססות-ביוטכנולוגיה וניירוביולוגיה (חברות תרופות, פיתוח ציוד ביו-רפואי לחקר המוח, תעשיית המזון), בתעשיות בעלות טכנולוגיות מתקדמות, במוסדות לרפואה, בתעשיות ביוטכנולוגיות, בחברות אלקטרוניקה ועוד. ההכשרה מתחום הפסיכולוגיה פותחת גם אפשרות לתעסוקה הכרוכה בעבודה עם בני אדם: ניהול משאבי אנוש, חינוך, פרסום ושיווק, עיתונות, ועוד. הסטודנטים בתוכנית יכולים להשתלב במחקרים בכל אחת מהמעבדות למדעי המוח בפקולטות השונות באוניברסיטה: מדעי החברה (פסיכולוגיה), מדעי החיים, רפואה, הנדסה, מדעים מדויקים, מדעי הרוח, ניהול וחינוך או בבתי החולים המסונפים לאוניברסיטה ולהיות שותפים לפריצת הדרך הבאה בתחום חקר המוח. בוגרי תכנית זו יוכלו להמשיך ללמוד במסלולים לתארים מתקדמים בבית הספר סגול למדעי המוח, בלימודי תואר שני במסגרת בית הספר למדעי הפסיכולוגיה (כולל פסיכולוגיה קלינית), בפקולטה למדעי החיים ובפקולטה לרפואה, וזאת בהתאם לתנאי הקבלה בכל אחד מהמסלולים.
4.	<u>תואר ראשון בפסיכולוגיה ומדעי המחשב עם הדגש במדעי המוח</u>	מסלול דו חוגי במסגרת החוגים פסיכולוגיה ומדעי המחשב		B.Sc. במדעי המחשב דו חוגי עם פסיכולוגיה	התכנית כוללת קורסים בסיסיים מתודולוגיים וקורסים מתקדמים בפסיכולוגיה בבית הספר למדעי הפסיכולוגיה - הפקולטה למדעי החברה ובמדעי המחשב בבית הספר למדעי המחשב - הפקולטה למדעים מדויקים. היקף הלימודים בתכנית: קורסים בפסיכולוגיה: 58 ש"ס, קורסים במדעי המחשב: 79 ש"ס, קורסים במדעי המוח: 18 ש"ס סה"כ שעות לתואר: 155 ש"ס בנוסף, ניתנים מספר קורסים ייעודיים במדעי המוח: ביולוגיה ופיזיולוגיה של התא, נירוביולוגיה, מבנה המוח, נירוביולוגיה מערכתית מעבדה לפיזיולוגיה וניירוביולוגיה וסמינר במדעי המוח. הסטודנטים מתנסים במחקר בשנת הלימודים השלישית במסגרת סדנה במדעי המחשב המתבצעת באחת מ-120 מעבדות המחקר במדעי המוח בפקולטות השונות באוניברסיטה (פסיכולוגיה, מדעי החיים, רפואה, הנדסה, מדעים מדויקים, מדעי הרוח, ניהול וחינוך) או בבתי החולים המסונפים.

מסלולי הלימוד באוניברסיטת ת"א	מסלול לימוד לתואר אחד המערב מספר תחומים	מסלולי לימוד דו חוגי	מסלולי לימוד לתואר כפול	התואר	הערות
5. מסלול יסודות תאורטיים לטיפול רגיש מגדר ותרבות בתכנית הדו-חוגית בפסיכולוגיה ובנשים ומגדר		מסלול דו חוגי במסגרת החוגים פסיכולוגיה ולימודי נשים ומגדר		B.A בפסיכולוגיה ובלמודי נשים ומגדר	טיפול רגיש מגדר הוא גישה בין-תחומית לטיפול שמשלבת בין ידע בתחום הפסיכולוגיה והפסיכותרפיה לגבי ההתפתחות הנורמלית והאבנורמלית של פרטים, לבין תובנות העולות מתאוריות פמיניסטיות שונות, הנלמדות בלימודי מגדר. המסלול המוצע בפסיכולוגיה ומגדר הינו חדשני ופורץ דרך בישראל ואין דומה לו במוסד אחר. הוא כולל קורסים ייעודיים לסטודנטיות/ים של המסלול. הקורסים יתמקדו בנושאים שבתפר שבין פסיכולוגיה ומגדר ובמסגרתם הסטודנטים ישמעו הרצאות חיצוניות, יציגו מחקרים שהם עצמם יפתחו, ויעסקו בהשפעות של מיקומי זהות מצטלבים (מגדר, גזע, מעמד, נטייה מינית) על הסובייקטיביות ועל המפגש הטיפולי.
6. תואר ראשון בכלכלה מסלול דו חוגי מתואם		דו חוגי מתואם: אופן לימוד זה משלב לימודים בבית-הספר לכלכלה עם לימודים בחוג נוסף.		B.A בכלכלה דו חוגי עם חוג נוסף מתואם	על התלמיד לעמוד בתכנית הלימודים הדו-חוגית של כל אחד מהחוגים שבחר, לפי תכנית מיוחדת שנבנתה על ידי בית-הספר לכלכלה והחוג הנוסף. במסגרת זו כלולים הצירופים האלה: כלכלה-מדעי המחשב, כלכלה-מתמטיקה, כלכלה-סטטיסטיקה, כלכלה-ניהול, כלכלה-חשבונאות, כלכלה-פסיכולוגיה, כלכלה-פסיכולוגיה במסלול כלכלה התנהגותית, ביצועים, כלכלה-סטטיסטיקה וחקר ביצועים במסלול מדעי המידע, כלכלה-מדעים דיגיטליים להייטק
7. תכנית לימודים משולבת: במשפטים (LL.B.) ובכלכלה		משפטים וכלכלה		LL.B במשפטים ובנוסף תעודת בוגר על השלמת לימודי חוג נוסף בביה"ס לכלכלה "בוגר אוניברסיטה" במסלול חוג לאחר תואר	תכנית זו מיועדת לתלמידי הפקולטה למשפטים באוניברסיטת תל-אביב המעוניינים לרכוש בנוסף ידע בכלכלה בהיקף של חוג אחד מתכנית דו-חוגית לתואר ראשון.
8. חקר חברה דיגיטלית במסגרת החוגים תקשורת וסוציולוגיה אנתרופולוגיה		מסלול דו חוגי במסגרת החוגים סוציולוגיה אנתרופולוגיה והחוג לתקשורת		B.A בסוציולוגיה אנתרופולוגיה דו חוגי עם תקשורת	המסלול מעניק יכולות אנליטיות הנדרשות לחוקרי החברה, התרבות והמדיה בעידן הדיגיטלי. השתתפות בסדנאות מעשיות בנושאים החמים בשוק ההי-טק: פיתוח יישומים, איפיון סביבת משתמש, ענף הביג-דאטה, אנתרופולוגיה דיגיטלית ועוד
9. תואר במשפטים (LL.B.) ומדע המדינה		שילוב של משפטים (LL.B.) ומדע המדינה		משפטים (LL.B.) BAי במדע המדינה	שילוב זה מיועד לקבוצה מצומצמת של תלמידים בעלי נתונים גבוהים, אשר יתקבלו לפקולטה למשפטים יהיו מעוניינים לרכוש גם השכלה ברמה של תואר ראשון

מסלולי הלימוד באוניברסיטת ת"א	מסלול לימוד לתואר אחד המערב מספר תחומים	מסלולי לימוד דו חוגי	מסלולי לימוד לתואר כפול	התואר	הערות
					במדע המדינה. הבוגרים יוכלו להמשיך בלימודים גבוהים בכל אחת משתי הדיסציפלינות בנפרד. הרחבת הלימודים בתחום מדע המדינה משלימה את ההשכלה המשפטית, מקנה כלים אנליטיים להבנה פוליטית של מוסדות ציבור ומאפשרת התמודדות טובה יותר בשדה המעשה. השילוב יתרום במיוחד לאלה המייעדים עצמם למשרות בכירות במינהל הציבורי, בחברות ממשלתיות, ובפעילות פוליטית ברמה הלאומית והמקומית, וכן לאלה המייעדים עצמם לקריירה אקדמית.
10.	מסלול מנהיגות ומשאבי אנוש - במסגרת לימודי תואר ראשון דו חוגי בלימודי עבודה ובסוציולוגיה ואנתרופולוגיה	מסלול משותף לחוג ללימודי עבודה ולחוג לסוציולוגיה ואנתרופולוגיה		B.A בסוציולוגיה ואנתרופולוגיה ובלימודי עבודה	המסלול יכשיר את התלמידים לתפקידי ניהול ומנהיגות במגזר החברתי-ציבורי, תוך פיתוח כושר אנליטי, יכולת חקירה ביקורתית ומתן כלים להתמודדות עם בעיות עומק מרכזיות המעסיקות את חוקרי החברה הישראלית בעידן הנוכחי
11.	פכ"מ-תואר ראשון בפילוסופיה, כלכלה ומדע המדינה	פילוסופיה-כלכלה-מדע המדינה-משפטים		B.A בתכנית פילוסופיה כלכלה ומדע המדינה (פכ"מ)	תכנית מצטיינים שמתמקדת בתחומי הידע הנוגעים לענייני מדינה ומשטר המטרה של תכנית פכ"מ היא להעניק ידע וכלי ניתוח בתחומי הידע הללו וכן הבנת הקשרים ביניהם באופן מעמיק. התכנית מיועדת לסטודנטים מצטיינים המעוניינים להמשיך במחקר בתחומים הללו, כמו גם לאלה המייעדים את עצמם לעבודה במשרות בכירות בשירות הציבורי.
12.	מסלול מדעי המידע Data Science במסגרת החוגים פסיכולוגיה דו חוגי וסטטיסטיקה	סטטיסטיקה וחקר ביצועים ופסיכולוגיה		B.Sc בפסיכולוגיה ובסטטיסטיקה וחקר ביצועים	התכנית לתואר ראשון בסטטיסטיקה וחקר ביצועים ובפסיכולוגיה, במסלול מדעי הנתונים, היא מסלול לימודים ייעודי לתואר ראשון שיקנה ידע בתחום הפסיכולוגיה והסטטיסטיקה בדגש על טכניקות מתקדמות לניתוח נתונים. התוכנית מבוססת על התוכנית הדו-חוגית בסטטיסטיקה וחקר ביצועים ובפסיכולוגיה, בשילוב קורסים ייעודיים למסלול. התוכנית צפויה לשפר את היכולת של הסטודנטים לבצע תפקידים המערבים ניתוח מתקדם של נתונים על התנהגות אנשים, כמו data analyst בחברות היי-טק העוסקות בהתנהגות אנושית, ובמקומות עבודה אחרים הזקוקים למומחים בניתוח נתונים אנושיים.

מסלולי הלימוד באוניברסיטת ת"א	מסלול לימוד לתואר אחד המערב מספר תחומים	מסלולי לימוד דו חוגי	מסלולי לימוד לתואר כפול	התואר	הערות
13. <u>מסלול דו חוגי במסגרת החוגים פסיכולוגיה וכלכלה - כלכלה התנהגותית</u>		פסיכולוגיה וכלכלה		B.A בפסיכולוגיה ובכלכלה	התכנית לתואר ראשון בכלכלה ופסיכולוגיה במסלול כלכלה התנהגותית היא מסלול לימודים ייעודי לתואר ראשון שיקנה ידע בתחום הפסיכולוגיה והכלכלה בדגש על כלכלה התנהגותית בהיבט מחקרי.
14. <u>מסלול דו חוגי במסגרת החוגים סטטיסטיקה וחקר ביצועים וכלכלה</u>		סטטיסטיקה וחקר ביצועים וכלכלה		B.Sc בסטטיסטיקה וחקר ביצועים ובכלכלה	מסלול מדעי המידע, במסגרת תואר ראשון דו חוגי בכלכלה, סטטיסטיקה וחקר ביצועים, יקנה ידע בתחום הכלכלה והסטטיסטיקה בדגש על נושא מדעי המידע.
15. <u>תואר ראשון בביולוגיה ובלשנות עם הדגש במדעי המוח</u>		ביולוגיה (בפקולטה למדעי החיים) ובלשנות (בפקולטה למדעי הרוח). ניתנים מספר קורסים ייעודיים במדעי המוח		B.Sc בביולוגיה דו חוגי עם בלשנות	התכנית כוללת קורסים בסיסיים וקורסים מתקדמים בביולוגיה (בפקולטה למדעי החיים) ובבלשנות (בפקולטה למדעי הרוח). בנוסף ניתנים מספר קורסים ייעודיים במדעי המוח הכוללים פיזיולוגיה של התא, נוירוביולוגיה, מבנה המוח, נוירוביולוגיה מערכתית, מעבדה לפיזיולוגיה ונוירוביולוגיה, נוירובלשנות, פסיכולשנות וסמינר במדעי המוח.
16. <u>תואר ראשון כפול בהנדסה ביו-רפואית ובביולוגיה עם הדגש במדעי המוח</u>		תואר כפול בהנדסה ביו-רפואית ובביולוגיה		B.Sc בהנדסה ביו-רפואית ו B.Sc בביולוגיה	הסטודנטים בתכנית התואר הכפול ישלימו את חובות הלימוד בשתי התוכניות במקביל בארבע וחצי שנים (9 סמסטרים) עם אפשרות לסיים בארבע שנים. בוגרי תכנית זו יוכלו להמשיך ללמוד במסלולים לתארים מתקדמים בבית הספר סגול למדעי המוח ובלומודי תואר שני במסגרת הפקולטה להנדסה, הפקולטה למדעי החיים ובפקולטה לרפואה, וזאת בהתאם לתנאי הקבלה בכל אחד מהם.
17. <u>תכנית לתארים "דוקטור לרפואה" (MD) בשילוב התואר "דוקטור לפילוסופיה" (PhD)</u>		תואר כפול "דוקטור לרפואה" (MD) בשילוב התואר "דוקטור לפילוסופיה" (PhD)		"דוקטור לרפואה" (MD) בשילוב התואר "דוקטור לפילוסופיה" (PhD)	תכנית מיועדת לסטודנטים מצטיינים, ומטרתה להכשיר רופאים בעלי כלים מתאימים להתפתח כרופאים חוקרים. התכנית מאפשרת קבלת תואר כפול" תואר MD ותואר PhD. ניתן להצטרף לתכנית בתום הלימודים הקדם קליניים.
18. <u>תואר ראשון במדעי החיים ומדעי הרפואה</u>		תכנית משולבת למדעי החיים ולמדעי הרפואה		B.Sc במדעי החיים ובמדעי הרפואה	מטרת התכנית הינה להכשיר בוגר בכל ידע מעמיק ומוצק במגנטונים ביולוגיים, תוך שימת דגש על ההיבטים הרפואיים ופיתוח היכולת לעסוק במחקר רפואי. הבוגרים יהוו, לאחר לימודיהם, את מאגר החוקרים בתחום הביו-

מסלולי הלימוד באוניברסיטת ת"א	מסלול לימוד לתואר אחד המערב מספר תחומים	מסלולי לימוד דו חוגי	מסלולי לימוד לתואר כפול	התואר	הערות
					רפואי באוניברסיטאות, במכוני המחקר, בבתי החולים ובתעשייה הרפואית.
19.	תואר ראשון במדעי החיים ומדעי המחשב עם התמחות בביואינפורמטיקה	תכנית משולבת מדעי המחשב עם התמחות בביואינפורמטיקה. תכנית לימודים דו-חוגית במדעי החיים ובמדעי המחשב עם מיקוד הבחירה במדעי החיים לקורסים המכונים יותר לביואינפורמטיקה.			מטרת התכנית היא הכשרת סטודנטים בעלי ידע בין תחומי ממוקד, שיוכלו להשתלב בחברות ביואינפורמטיקה וביוטכנולוגיה, חיזוק המחקר הבסיסי והיישומי באוניברסיטה ובתעשייה המשלבת מרכיבים של היי-טק לפיתוחים ברפואה בחקלאות ובמדעי החיים. התכנית מבוססת על תכנית לימודים דו-חוגית במדעי החיים ובמדעי המחשב עם מיקוד הבחירה במדעי החיים לקורסים המכונים יותר לביואינפורמטיקה.
20.	תואר ראשון לימודי הנדסת חשמל עם מדעי המחשב	הנדסת חשמל ומדעי המחשב		B.Sc תכנית משולבת בהנדסת חשמל ובמדעי המחשב	בארבע שנים שילוב שני תחומים מבוקשים: גם הנדסת חשמל, וגם מדעי המחשב. שילוב שני התחומים יעניק הכשרה ייחודית והבנה מעמיקה של מערכות מחשוב, גם על צד התוכנה שלהן וגם על צד החומרה. הכשרה זו תעניק ללומדים יתרון מרכזי בשוק העבודה, ותסייע להם להשתלב במשרות בכירות בחברות הייטק על התחומים הרבים שבהם הן עוסקות – תוכנה, רפואה, מחקר ועוד.
21.	תואר ראשון בהנדסת חשמל עם פיזיקה	תואר ראשון כפול בהנדסת חשמל ופיזיקה	B.Sc בהנדסת חשמל ו B.Sc בפיזיקה (תואר כפול)		התכנית ללימודי הנדסת חשמל ופיזיקה מופעלת במשותף על ידי המגמה להנדסת חשמל ואלקטרוניקה בפקולטה להנדסה, ובית הספר לפיזיקה בפקולטה למדעים מדויקים. החסכון בזמן מושג בעיקר ע"י ביטול קורסים חופפים וע"י הגדלה מסוימת בעומס הלימודים. במחלקה להנדסת חשמל ואלקטרוניקה מוצעים 11 מסלולי התמחות לבחירה: מחשבים, תקשורת, בקרה, עיבוד אותות, התקנים אלקטרוניים, אלקטרו-אופטיקה, אלקטרו-מגנטיות וקרינה, אנרגיה ואלקטרוניקת הספק, מסלול ביו-אלקטרוניקה ומסלול חומרים. בנוסף, יש מסלול בין תחומי המאפשר להתמחות בשרשרות מכוונות תחום. לדוגמא: שרשרת טכנולוגיות תקשורת ובה קורסים ממסלולי רישום, עיבוד אותות, אלקטרומגנטיות ואלקטרו-אופטיקה.
22.	תואר ראשון כפול בהנדסה מכנית ובמדעי כדור הארץ עם לימודי סביבה	תואר ראשון כפול בהנדסה מכנית ובמדעי כדור הארץ עם לימודי סביבה	B.Sc בהנדסה מכנית ו B.Sc במדעי כדור הארץ		שני בתי ספר משתי פקולטות באוניברסיטת תל אביב משתתפות בתכנית - בית הספר להנדסה מכנית, ובית הספר ללימודי סביבה ומדעי כדור הארץ על שם פורטר. מטרת תואר כפול זה היא להכשיר מומחים רב-תחומיים: מהנדסים שהם גם מדענים בנושאים הקשורים לכדור

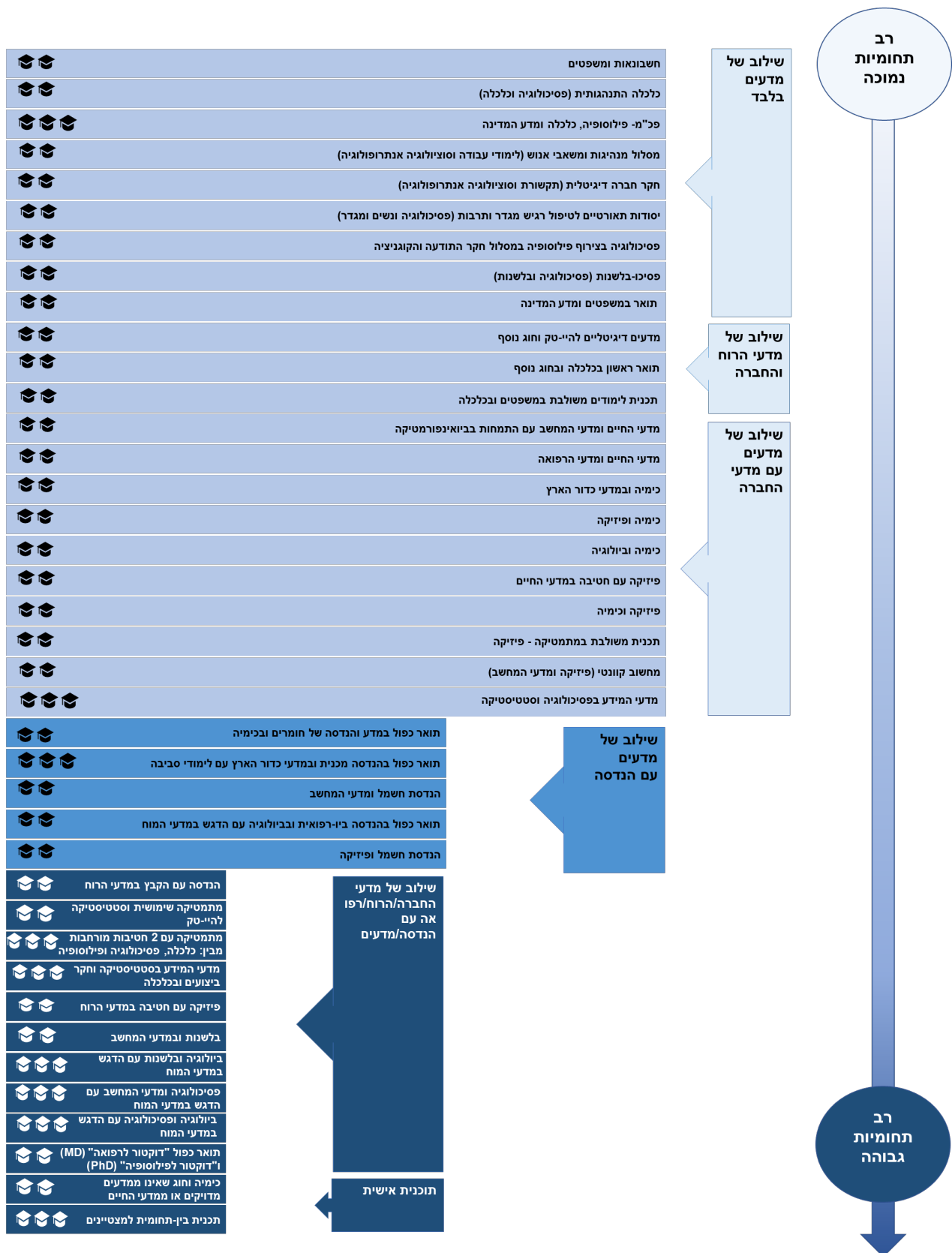
מסלולי הלימוד באוניברסיטת ת"א	מסלול לימוד לתואר אחד המערב מספר תחומים	מסלולי לימוד דו חוגי	מסלולי לימוד לתואר כפול	התואר	הערות
					הארץ ולניצול משאבי אנרגיה, וגם מומחים המודעים להיבטים הסביבתיים שבתחומים אלה.
23.	תואר ראשון בהנדסה עם הקבץ במדעי הרוח			תואר ראשון בהנדסה עם הקבץ במדעי הרוח	ידע בפילוסופיה, היסטוריה וספרות מאפשרים למהנדס לפרוץ את גבולותיו הקוגניטיביים, לפתח פרספקטיבות חדשות ולהוביל תהליכים טכנולוגיים בדרך של יזמות. המסלול ללימודי הנדסה עם הקבץ במדעי הרוח מיועד לסטודנטים מצטיינים, שבסיום לימודיהם יהוו את מנהיגי העתיד הטכנולוגיים של מדינת ישראל. התלמידים ילוו על ידי מנחה אישי מסגל הפקולטה ועל ידי נציגים מהחברות המובילות בתעשיית העילית במשק. המסלול יתפרש על פני 4 שנים ויכלול קורסים במגוון תחומים בהיקף כולל של 32 שעות. המסלול החדש ללימודי הנדסה עם הקבץ במדעי הרוח ייפתח במגמות למדע והנדסה של חומרים, הנדסת חשמל ואלקטרוניקה, הנדסה מכנית, הנדסת תעשייה וניהול והנדסה ביו-רפואית.
24.	מדעים דיגיטליים להיי-טק	דו חוגי -מדעים דיגיטליים להיי-טק בשילוב עם חוג נוסף		B.Sc מדעים דיגיטליים להיי-טק	לימודי מדעים דיגיטליים להיי-טק בשני מסלולים: 1. במסלול חוג לאחר תואר - מכל תחום שהוא למעט בוגרים מתחומי ההנדסה, המתמטיקה, הפיזיקה, הכימיה, סטטיסטיקה, מדעי המחשב ומדעי כדור הארץ. 2. במסלול דו - חוגי ניתן לשלב עם כל חוג למעט התחומים שמפורטים לעיל. התכנית החדשנית מעניקה לסטודנטים רקע מתמטי חזק יחד עם התמקדות במחשבים ובמערכות מידע, והיא מסתיימת בפרויקט באחת מהחברות במשק.
25.	תואר ראשון דו-חוגי מובנה בבלשנות ובמדעי המחשב	תואר ראשון דו-חוגי מובנה בבלשנות ובמדעי המחשב		B.Sc בבלשנות ובמדעי המחשב	בשל הקשר ההדוק בין הבלשנות החישובית לתחום המחשוב, ההתכנית לבלשנות חישובית באוניברסיטת תל אביב משלבת לימודי בלשנות יחד עם מדעי המחשב. התוכנית הדו-חוגית מואצת ביחס לתוכנית הרגילה בחוג, ומובילה את התלמיד במהירות לקורסים מתקדמים בבלשנות פורמלית. כבוגרי תואר ראשון בבלשנות חישובית, תחזיקו בידע שהוא מצרך מבוקש מאוד בכל ענפי ההייטק, וכן בכלי תקשורת ומדיה אחרים, בארגוני מחקר וכמובן גם באקדמיה.

מסלולי הלימוד באוניברסיטת ת"א	מסלול לימוד לתואר אחד המערב מספר תחומים	מסלולי לימוד דו חוגי	מסלולי לימוד לתואר כפול	התואר	הערות
26. תכנית בין-תחומית למצטיינים	תלמידי התכנית מרכיבים לעצמם תכנית לימודים אישית מכל חוגי האוניברסיטה. צוות התכנית מורכב מחמישה אנשי סגל בינתחומיים המלווים את תלמידי התכנית.			לומדים ישירות לתואר שני מבלי צורך לסיים את התואר הראשון	התכנית מיועדת לתלמידים בעלי עניין בנושא בין-תחומי ומטרתה לאפשר לתלמידים להתמודד עם שאלות בין-תחומיות, להתעמק בתחומי ידע שונים, לקשר ביניהם, ולהעמיק במתודולוגיות וגישות תיאורטיות של דיסציפלינות שונות. תלמידי התכנית מרכיבים לעצמם תכנית לימודים אישית מכל חוגי האוניברסיטה. צוות התכנית מורכב מחמישה אנשי סגל בינתחומיים המלווים את תלמידי התכנית. תלמידי התכנית הבין-תחומית לומדים ישירות לתואר שני מבלי צורך לסיים את התואר הראשון. משך הלימודים בתכנית הוא ארבע שנים/ וזכאות לפטור מלא משכר הלימוד.
27. תואר ראשון במתמטיקה עם שתי חטיבות מורחבות מבין: כלכלה, פסיכולוגיה ופילוסופיה		התכנית הדו-חוגית במתמטיקה עם חוג נוסף מפקולטה אחרת, כאשר במקום לימודים בחוג הנוסף, ילמד התלמיד שתי חטיבות מורחבות מתוך החוגים: כלכלה, פסיכולוגיה ופילוסופיה.			
28. מסלול מתמטיקה שימושית וסטטיסטיקה להיי-טק בתכנית הדו-חוגית במתמטיקה ובסטטיסטיקה וחקר-ביצועים		החוג למתמטיקה והחוג לסטטיסטיקה וחקר ביצועים		B.Sc במתמטיקה ובסטטיסטיקה וחקר ביצועים	בתוכנית ילמדו קורסי מתמטיקה וסטטיסטיקה ברמה הגבוהה ביותר קורסים חישוביים (חישוב מדעי, פרויקט במתמטיקה חישובית, חישוב סטטיסטי). קורסי תכנות ואלגוריתמיקה קורסים בלמידה סטטיסטית ולמידת מכונה. כל סטודנט יוכל להתעמק בתחומים המועדפים עליו ועם סיום התואר, ניתן יהיה להמשיך לתואר שני במתמטיקה שימושית ובסטטיסטיקה.
29. מסלול מחשוב קוונטי במסגרת התוכנית הדו-חוגית בפיזיקה ובמדעי המחשב		מסלול מחשוב קוונטי במסגרת התוכנית הדו-חוגית בפיזיקה ובמדעי המחשב		B.Sc במדעי המחשב ובפיזיקה	על המועמדים לעמוד בתנאי הקבלה של כל אחד מהחוגים בנפרד. המעוניינים להרשם יבחרו בתהליך הרישום, באותה עדיפות, את החוגים: מדעי המחשב דו חוגי במסלול מחשוב קוואנטי ופיזיקה דו חוגי במסלול מחשוב קוואנטי
30. תכנית משולבת במתמטיקה - פיזיקה		דו חוגי מתמטיקה ופיזיקה		B.Sc במתמטיקה ובפיזיקה	

מסלולי הלימוד באוניברסיטת ת"א	מסלול לימוד לתואר אחד המערב מספר תחומים	מסלולי לימוד דו חוגי	מסלולי לימוד לתואר כפול	התואר	הערות
31. <u>תכנית דו-חוגית בפיזיקה ובכימיה</u>		דו-חוגית בפיזיקה ובכימיה		B.Sc בפיזיקה ובכימיה	
32. <u>תכנית חד חוגית בפיזיקה עם חטיבה במדעי החיים</u>	חד חוגי בפיזיקה עם חטיבה במדעי החיים. ינתנו שני ציוני גמר			B.Sc בפיזיקה	התוכנית נועדה לתת מענה להתפתחות המואצת של מחקר פיזיקלי במערכות ביולוגיות מחד ולצורך ברעיונות ובכלים מתחום הפיזיקה במחקר במדעי החיים מאידך. התוכנית מיועדת לבעלי כישורים אנליטיים חזקים המתעניינים במדעי החיים. התוכנית מכילה את הדרישות העיקריות של שני החוגים, ועל כן היא דורשת מהתלמיד מאמץ ניכר. תואר ציוני הקורסים ישוקללו בכל חוג בנפרד, וינתנו שני ציוני גמר. תואר ראשון במסלול זה עם ממוצע ציונים מתאים מקנה לתלמיד זכות להמשיך לתואר שני בכל אחד משני החוגים ללא צורך בהשלמות.
33. <u>תכנית לימודים חד-חוגית בפיזיקה עם חטיבה במדעי הרוח</u>	חד חוגי בפיזיקה עם קורסים במדעי הרוח			B.Sc בפיזיקה	תוכנית זו מתמקדת בלימודי הפיזיקה ומשלבת קורסים במדעי הרוח. מטרת התוכנית להכשיר בוגר בעל תשתית ידע במתמטיקה ובפיזיקה, שמסוגל להשתלב בכל תחומי הפיזיקה, ויחד עם זאת רב-תחומי ובעל כישורי הבעה ורטוריקה כנדרש במדעי הרוח. התלמיד ירכוש את הכלים המתמטיים והפיזיקליים המשמשים את הפיזיקאי במקביל לכלים יחודיים למדעי הרוח. תלמידי התוכנית הזו יוכלו להמשיך ללמוד לתארים מתקדמים בפיזיקה ללא צורך בהשלמות.
34. <u>תואר ראשון בכימיה וביולוגיה</u>		דו חוגי כימיה וביולוגיה		B.Sc בכימיה וביולוגיה	
35. <u>תואר ראשון בכימיה ופיזיקה</u>		דו חוגי כימיה ופיזיקה		B.Sc בכימיה ופיזיקה	
36. <u>תואר ראשון כפול במדע והנדסה של חומרים ובכימיה</u>		תואר ראשון כפול במדע והנדסה של חומרים ובכימיה		B.Sc במדע והנדסה של חומרים ובכימיה	השנתיים הראשונות של התואר מתמקדות בקורסי כימיה, מתמטיקה ופיזיקה ובקורסי בסיס בהנדסה. בשנים השלישית והרביעית הדגש הוא על קורסים במדע והנדסה של חומרים ובכימיה. על-מנת לאפשר לבוגרים להשתלב בהצלחה גם במו"פ בתחומי הכימיה, הן באקדמיה והן בתעשייה, התוכנית כוללת את כל קורסי החובה (מתחום הכימיה) בתכנית הלימודים הרגילה בביה"ס לכימיה. הסמסטר התשיעי מוקדש לביצוע פרויקט גמר בהנחיית

מסלולי הלימוד באוניברסיטת ת"א	מסלול לימוד לתואר אחד המערב מספר תחומים	מסלולי לימוד דו חוגי	מסלולי לימוד לתואר כפול	התואר	הערות
					חברי סגל מהמחלקה למדע והנדסה של חומרים ו/או מביה"ס לכימיה. מטרת הפרויקט להעמיק את הידע בנושא המעניין את הסטודנט, לחשוף אותו לשיטות מחקר מתקדמות ו/או לתעשייה רלבנטית, ולתת לו כלים לחשיבה יצירתית, יזמות ועבודה עצמאית. אפשרי, ואפילו מומלץ, שיתוף פעולה עם התעשייה (כולל ביצוע הפרויקט בה, בהנחיה משותפת עם נציג מטעמה).
37.	תכנית לימודים דו-חוגית בכימיה ובחוג שאינו ממדעים או מדויקים או מדעי החיים	דו-חוגי בכימיה ובחוג שאינו ממדעים מדויקים או מדעי החיים		B.Sc בכימיה ובחוג נוסף שאינו ממדעים מדויקים או מדעי החיים	תכנית זו נועדה להקנות ידע בסיסי בכימיה במקביל ללימודים בפקולטות למדעי החברה, ניהול, רוח, או אמנויות. בוגרי תכנית זו שיהיו מעוניינים להמשיך לתואר מתקדם בכימיה ידרשו ללימודי השלמה.
38.	תואר ראשון בחשבונאות עם צרוף של משפטים	תואר במשפטים ותואר בחשבונאות במתכונת חוג לאחר תואר		תואר במשפטים (L.L.B) ולתואר בוגר אוניברסיטה (B.A) בחשבונאות במתכונת חוג לאחר תואר.	מיועד למספר מוגבל של תלמידים שזוהי שנת הלימודים הראשונה שלהם בשתי התכניות. המתקבלים למסלול קבלה מיוחד זה, יוכלו לסיים את לימודיהם במשפטים, בשלוש וחצי שנים. תלמידים אלו יהיו זכאים לפטור ממקצועות בחירה בפקולטה למשפטים על סמך לימודים בחוג לחשבונאות, בהתאם לתקנון הפקולטה למשפטים.
39.	תכנית לימודים דו-חוגית בכימיה ובמדעי כדור הארץ	דו חוגי כימיה ומדעי כדור הארץ		B.Sc בכימיה ובמדעי כדור הארץ	התכנית מיועדת לתלמידים המעוניינים בלימודי כימיה ויישומם בחקר כדור הארץ, האטמוספירה והחלל. התכנית מאפשרת המשך לימודים לתארים מתקדמים בכל אחד משני החוגים.

איור 6: מסלולי הלימוד לתואר ראשון באוניברסיטת תל אביב לפי מידת הרב תחומיות של התוכניות



5.3 מיפוי של תוכניות לימודים רב תחומיות לתואר ראשון אוניברסיטת בן גוריון

באתר המועמדים של אוניברסיטת בן גוריון בנגב מזמינים את הסטודנטים להרחיב אופקים ולפתח מיומנות חשיבה ויצירתיות באמצעות לימודים לתואר דו-מחלקתי, תואר כפול או לימודים רב-תחומיים במדעי הרוח, מדעי החברה, ניהול, מדעי הטבע ומדעי ההנדסה. השילוב יאפשר לרכוש את הכלים והיתרונות היחודיים של תואר כפול או משולב וגם ללמוד את מה שאוהבים במקביל. באתר מוצגות דוגמאות של סטודנטים שבחרו בשילוב תחומים יוצא דופן במיוחד, במסגרת לימודי התואר הראשון: סטודנטית במחלקה למדעי המחשב ובמחלקה להיסטוריה כללית, סטודנטית במחלקה למדעי המחשב ובמחלקה לבלשנות, סטודנט לרפואה ודוקטורנט במחלקה למחשבת ישראל, סטודנטית במחלקה למדעי כדור הארץ ובמחלקה ללימודי מזרח, סטודנטית במחלקה למדעי הקוגניציה והמוח ובמחלקה לאומנות ועוד.

אתר הלימודים באוניברסיטת בן גוריון מחולק לנושאים, כשישנן מחלקות שיכולות להיות רלוונטיות למספר נושאים.

להלן מפורטים הנושאים והתוכניות הרב תחומיות בכל נושא.

תוכנית לימודים לתואר אחד המערבת מספר תחומים:

- **הנדסה ביורפואית**

המחלקה להנדסה ביו-רפואית באוניברסיטת בן-גוריון בנגב, היא מיזם משותף של הפקולטות למדעי ההנדסה ולמדעי הבריאות, מכשירה מהנדסי ביורפואה בעלי ידע רחב בנושאים עכשוויים. 4 שנות לימוד. התואר המוענק: B.Sc. בהנדסה ביו-רפואית.

בוגרי המחלקה משתלבים בתעשייה המתפתחת של המכשור הרפואי, בבתי-חולים, במרפאות ובמחקר הרפואי. חלקם מובילים צוותי מחקר ופיתוח באוניברסיטאות ובחברות היי-טק, וחלקם עוסקים בפיתוח ובתפעול של מערכות הנדסיות בבתי-חולים.

- **הנדסת ביוטכנולוגיה**

ארבע שנות הלימוד לתואר מהנדס ביוטכנולוגיה מאפשרות לסטודנטים ללמוד שילוב ייחודי של קורסים בסיסיים במדעי ההנדסה, ביולוגיה, כימיה ופיזיקה ובהמשך, קורסים מתקדמים בהנדסת ביוטכנולוגיה הכוללים: הנדסה גנטית, ביוריאקטורים והפרדת חלבונים, תרבויות תאים, כמו גם אתיקה ומשפט בביוטכנולוגיה ומנהל עסקים. המחלקה מציעה 3 מגמות: רפואית, סביבה ואנרגיה, ננו וביוטכנולוגיה.

- **לימודים רב תחומיים מדעי הרוח החברה והטבע**

מחלקות הפקולטה למדעי הטבע: מדעי המחשב; מתמטיקה; כימיה; פיזיקה; מדעי החיים; מדעי כדור הארץ והסביבה (גאולוגיה). שילוב של תוכנית ראשית ממדעי הטבע וחטיבה מורחבת ממדעי הרוח והחברה: תצברו 92 נקודות זכות במחלקה ממדעי הטבע ו-28 נקודות זכות במחלקה ממדעי הרוח והחברה. התעודה בסוף היא תואר ראשון במחלקה הראשית (תואר בפקולטה למדעי הטבע).

את מדעי הקוגניציה והמוח ניתן לשלב גם כתוכנית ראשית עם חטיבה מורחבת במדעי הרוח והחברה או עם חטיבה מורחבת במדעי הטבע

- **מדעי המוח והקוגניציה**

תכנית התואר הראשון במדעי הקוגניציה והמוח (BSc) היא תכנית ייחודית המקנה השכלה ומיומנויות מחקר במדעי הקוגניציה והמוח בדגש על חמישה תחומי ליבה: פילוסופיה, חישבויות עצבית, פסיכולוגיה, מדעי העצב ובלשנות. בנוסף להשכלה הבינתחומית הרחבה, הלימודים כוללים התמחות עומק באחד מתחומי הליבה. סטודנטים מוזמנים ללמוד מדעי הקוגניציה והמוח באחת משתי תכניות:

תכנית ללימודים חד-מחלקתית- תואר ראשון (BSc) במדעי הקוגניציה והמוח בשילוב חטיבה ממדעי הטבע או מדעי הרוח והחברה.

תכנית ללימודים במסגרת דו-מחלקתית- תואר ראשון (BSc) במדעי הקוגניציה והמוח בשילוב עם מחלקות הפקולטה למדעי הרוח והחברה: פסיכולוגיה, פילוסופיה או ספרויות זרות במסלול בלשנות. בפקולטה למדעי הטבע: מתמטיקה.

תוכניות דו-מחלקתיות:

- **פסיכוביולוגיה**

התוכנית משותפת למחלקות מדעי החיים מהפקולטה למדעי הטבע והמחלקה לפסיכולוגיה מהפקולטה למדעי הרוח והחברה, והתואר שיוענק לבוגרי התוכנית הוא B.Sc. בפסיכוביולוגיה, הכולל את כל קורסי הליבה במדעי החיים ובפסיכולוגיה ואף מאפשר לבוגרים להמשיך לימודים מתקדמים בכל אחד מתחומים אלה. מטרת התוכנית היא לשלב בין שתי הדיסציפלינות כדי לאפשר לעוסקים בהיבטים השונים של ההתנהגות והבסיס הביולוגי שלה מבט מעמיק ורחב על מגוון התופעות הקשורות בה.

אפשרויות התעסוקה לבוגרי פסיכוביולוגיה כוללות את כל אפשרויות התעסוקה לבוגרי תואר ראשון בפסיכולוגיה (כולל המשך בפסיכולוגיה קלינית) או במדעי החיים וכן אפשרות להמשיך בתארים מתקדמים בכל אחד מהמחלקות

ובתחומי מדעי המוח השונים. בנוסף, הרקע המשלב ידע מעמיק במדעי החיים וההתנהגות פותח בפני הבוגרים אפשרות לתעסוקה בתעשיית התרופות והמכשור הרפואי (במיוחד אלה הקשורות במחלות פסיכיאטריות ונירולוגיות).

- **מדעי החיים ומדעי המחשב**

תוכנית תלת שנתית המאפשרת קבלת בסיס רחב בתכנות ואלגוריתמיקה לצד ידע רחב בגנטיקה, ביוכימיה וביולוגיה של התא ומתאימה במיוחד למי ששואף להתמקד בסוגיות ביולוגיות או רפואיות ולהתמודד איתן באמצעות שיטות חישוביות. התוכנית מאפשרת לבוגריה להמשיך לתואר שני בכל אחד מהתחומים ללא השלמות (מדעי החיים) או עם השלמות מועטות (מדעי המחשב). האופי הבין-תחומי של הביולוגיים החישוביים מעמיד אותם במוקד המחקר האקדמי והתעשייתי, בתחומים כגון: פענוח מחלות ופיתוח תרופות, עיבוד מידע רפואי ופיתוח תוכנות לשימוש הרפואה, קידוד אותות ומידע במוח, פיתוח והשבתת זני צמחים ובע"ח ועוד.

- **מדעי החיים וגיאוגרפיה ופיתוח סביבתי**

היכולת להבין את תפקוד הסביבה ולפתור בעיות המאיימות על המשך קיומנו, דורשת התייחסויות רב-תחומיות. מורכבות הטבע והשילוב של גורמים א-ביוטיים ובינטיים מחייבים הכשרה של דור תלמידים ומדענים שמכירים תחומים משלימים ויודעים לחבר, לחקור ולהציע פתרונות לבעיות סביבתיות. השילוב של שתי המחלקות מאפשר את הגדלת ההתמחות של בוגרי התכנית המוצעת למחקר מתקדם רב-תחומי. בוגרי התוכנית יכולים לשלב את הידע שרכשו לפיתוח כיווני מחקר מגוונים בתחום הסביבה, הן דרך המחלקה לגיאוגרפיה ופיתוח סביבתי והן דרך המחלקה למדעי החיים. בנוסף, הכשרה משולבת זו פותחת אפשרויות רבות להשתלבות הן במגזר הציבורי (מועצות אזוריות ומקומיות, משרדי ממשלה) והן במגזר הפרטי (חברות תכנון סביבתי-אקולוגי, תעשייה סביבתית), במקצועות של תכנון סביבתי, ייעוץ גיאוגרפי-אקולוגי, תסקירי השפעה על הסביבה, שמירת טבע ועוד.

- **מדעי החיים ומחלקות רוח וחברה**

מתוך שאיפה להציע תוכנית לימודים בין-תחומית וכדי להכשיר בוגרים בעלי ידע במדעי החיים ובמדעי הרוח/חברה מוצעת תוכנית לימודים משולבת לתואר ראשון.

- **ניהול ומדעי הטבע - תוכנית משולבת**

ניהול כחטיבה עם מחלקה ראשית בפקולטה למדעי הטבע- התוכנית במסלול זה מיועדת להעניק לבוגריה היכרות עם מדעי הניהול ועם תחום תוכן נוסף מאחת המחלקות בפקולטה למדעי הטבע.

תכנית הלימודים לתואר ראשון במסגרת דו מחלקתית מדעי החיים - ניהול. לבוגרי התכנית יוענק תואר B.Sc. במדעי החיים ו-B.A. בניהול.

התלמידים ירכשו כלים להתמודדות עם קבלת החלטות ניהוליות בעידן בו הניהול דורש הבנה וידע בתהליכים מגוונים: ארגוניים, פסיכולוגיים, טכנולוגיים וחוקיים. לימודי מדעי הניהול כוללים מקצועות מתחומי כלכלה, שיווק, מימון חשבונאות, פסיכולוגיה ועוד. במקביל ילמד התלמיד במחלקה מהפקולטה למדעי הטבע.

- **מתמטיקה ומדעי המחשב**

- **גיאוגרפיה בשילוב סטטיסטיקה וניתוח נתונים (גיאואינפורמטיקה)**

תכנית הלימודים במסלול הדו מחלקתי גאואינפורמטיקה וסטטיסטיקה* משלבת הכשרה אקדמית מעמיקה תוך שילוב המיומנויות הנדרשות לאנשי גאואינפורמטיקה ומדע הנתונים: סטטיסטיקה ושיטות מחקר, יישומי מחשב ושפות תכנות, הבנה תיאורטית של קשרים במרחב ובזמן בין משתנים ולימוד פתרון בעיות סביבתיות באמצעות גאואינפורמטיקה ומדעי הנתונים. הלימודים פותחים דלת למגוון משרות הן בתחום הגאואינפורמטיקה והן בתחום מדעי הנתונים.

- **מדעי החיים + מדעי המוח התואר שיוענק לבוגרי התוכנית הוא B.Sc. במדעי החיים.**

- **פיזיקה + מדעי המוח (במחלקה לפיזיקה)**

- **מתמטיקה + מדעי המוח (במחלקה למתמטיקה)-** אפשרויות תעסוקה: בוגרי התכנית יוכלו להמשיך בלימודים לתארים מתקדמים במדעי המוח ובמדעי הקוגניציה בארץ ובחו"ל ולהשתלב במחקר פורץ דרך במדעי המוח. בנוסף יוכלו להשתלב בתפקידים מרתקים בתעשיות עתירות ידע. פיתוח הטכנולוגיות בתחום צובר תאוצה בשנים האחרונות בארץ ובעולם וזוכה להשקעות ולעניין רב: תחום החישוב הקוגניטיבי, המנסה לדמות את תהליכי עיבוד המידע במוח; ותחום עיבוד מדדים קוגניטיביים ומוחיים לאפיון השפעה של טכנולוגיות שונות על המשתמשים.

תוכניות לתואר כפול

הנדסת חומרים ופיסיקה

התוכנית מעניקה לבוגריה תואר כפול B.Sc. בפיסיקה ו-B.Sc. בהנדסת חומרים. התוכנית נלמדת במסגרת המחלקה לפיסיקה והמחלקה להנדסת חומרים. בוגרי התוכנית יכולים להמשיך ללא השלמות לתואר השני והשלישי באחת משתי

המחלקות. במחקר החדשני יש ממשק גדל והולך בין פיסיקה להנדסת חומרים אשר בא לידי ביטוי גם בתעשיות מתקדמות, כגון תעשיות הננוטכנולוגיה ותעשיות אנרגיה מתקדמות.

הנדסת מכונות והנדסת חומרים - "ברקים-חומרים"

התוכנית המשולבת "ברקים-חומרים" מעניקה לבוגריה שני תארים בשני מקצועות מבוקשים B.Sc.: בהנדסת מכונות ו-B.Sc. בהנדסת חומרים. התוכנית היא בת ארבע וחצי שנים. הסטודנטים המצטיינים שיתקבלו לתוכנית יזכו לעזרה, ליווי והנחיה אישית מתואמת מהמחלקות להנדסת מכונות ולהנדסת חומרים, מרגע קבלתם ועד סיום הלימודים. בוגרי התוכנית יכולים להירשם בפנקס המהנדסים וכמו כן באפשרותם להמשיך ללא השלמות לתואר השני והשלישי במחלקה להנדסת מכונות או במחלקה להנדסת חומרים לפי בחירתם.

הנדסת חשמל ומחשבים ומתמטיקה

התוכנית מיועדת להכשיר סטודנטים בשני התחומים. לבוגרי התוכנית יוענק תואר כפול: בוגר B.Sc. - בהנדסת חשמל ומחשבים ובוגר B.Sc. במתמטיקה. לפיכך, בוגרי התוכנית יוכלו להמשיך ללא השלמות לתואר שני במחלקה להנדסת חשמל ומחשבים או במחלקה למתמטיקה. לסטודנטים יותאם מנחה אישי שילווה אותם מקבלתם לתוכנית לכל אורך הלימודים. הסטודנטים ישתייכו לשתי המחלקות, כך שבכל שלב של לימודים לתואר ראשון יוכלו לפרוש מהתוכנית ולהמשיך לתואר יחיד לבחירתם תוך השלמת החובות הרגילות.

הנדסת תעשייה וניהול ומתמטיקה

התוכנית מעניקה תואר ראשון במתמטיקה ותואר מוסמך בהנדסה תעשייה וניהול. מטרת התוכנית היא למזג הכשרה מדעית עם הכשרה טכנולוגית ולהכשיר כוח אדם מיומן שיהיה מסוגל להשתלב במחקר ופיתוח של מערכות מורכבות בין באקדמיה ובין בענפי המשק השונים - בתעשיית הטכנולוגיה העילית (היי-טק), במערכות ציבוריות, ובחברות עסקיות.

הנדסת מכונות ומתמטיקה

בוגרי המחלקה הם בעלי כלים רבי עצמה להתמצאות מהירה בשטחים חדשים שחלקם טרם נחזו ובעלי יכולות ניתוח והתמודדות עם בעיות המתעוררות בהם. חלקם ממשיכים ללימודים מתקדמים ולקריירה אקדמית וחלקם בוחרים לצאת לשוק הציבורי או הפרטי שבהם ביקוש רב לבוגרי תואר במתמטיקה, בעיקר בחברות היי-טק ובתחום הפיננסי. **פיסיקה ומדעי המחשב** - בוגרי המחלקה הם מהמבוקשים ביותר בתעשיות עתירות הידע, במשרד הביטחון, בקמ"ג, בממ"ג וברפא"ל. הם מצליחים לא רק בתחומי האלקטרו-אופטיקה, אלא גם בפיתוח אלגוריתמים, בפיסיקה רפואית, במחקרים בביו-לוגיה מולקולארית ועוד. כמו כן ניתן להמשיך בכיוון ההוראה והמחקר במסגרת האוניברסיטה ובתי-הספר.

פיסיקה ומדעי המוח

פיסיקה ומתמטיקה

פיסיקה והנדסת חשמל ומחשבים

פיסיקה והנדסת מכונות

הנדסה כימית וכימיה בדגש ננוטכנולוגיה כימית - המסלול מעניק תואר ראשון בכימיה ותואר ראשון בהנדסה כימית – שני תארים ראשונים נפרדים. מטרת התוכנית למזג הכשרה מדעית עם הכשרה טכנולוגית ולהכין כח אדם מיומן שיהיה מסוגל להשתלב במחקר, פיתוח וייצור מערכות ממוזערות כולל בתעשיית ההיי-טק ובמחקר המשולב בה. במשך הלימודים מלווים הסטודנטים באופן צמוד ע"י צוות משתי המחלקות השותפות במסלול זה. אחוז ניכר מבין בוגרי המחלקה מצוי כיום בעמדות מפתח בתעשייה, מכוני מחקר ובאקדמיה בארץ ובעולם.

גאולוגיה ומדעי החיים - בנוסף לקורסי היסוד משתי המחלקות הנלמדים במסגרת התואר הכפול, התוכנית מקנה ידע נרחב וייחודי במגוון נושאים סביבתיים אקטואליים. בוגרי המחלקה משתלבים בכל תחומי התעשייה והעשייה בארץ ובעולם, במעבדות, בחקלאות ימית, בחברות ביוטכנולוגיה, במחקר אקולוגי וסביבתי ובמחקר ביולוגי במסגרות מגוונות. לימודים בתוכנית נמשכים 4 שנים אקדמיות.

מדעי המחשב וכימיה

מדעי המחשב והנדסת חשמל ומחשבים

מדעי המחשב וגאולוגיה ומדעי הסביבה

מדעי המחשב ומתמטיקה - משך הלימודים הוא 3 שנים. פיתוח החשיבה המופשטת, המודגש בלימודי המתמטיקה, מעניק לבוגרי התכנית כלים לפתרון בעיות מורכבות ולהשתלבות בסביבות של מחקר ופיתוח בתעשייה וגם באקדמיה.

השילוב של מתמטיקה עם מדעי המחשב מהווה יתרון בשוק העבודה ובתעשייה בתחומים כגון אלגוריתמיקה, הבטחת מידע וקריפטוגרפיה, עיבוד תמונה ווידאו ועוד, מאחר שהוא מעניק ידע נרחב בשני התחומים.

בוגרי המחלקה הם מהמבוקשים בשוק העבודה ומשולבים בבתי תכנה רבים הודות לקשרים ההדוקים הקיימים בין המחלקה ובין התעשייה. כמו כן רבים מבוגרי המחלקה ממשיכים לתואר שני ושלישי בארץ ובעולם.

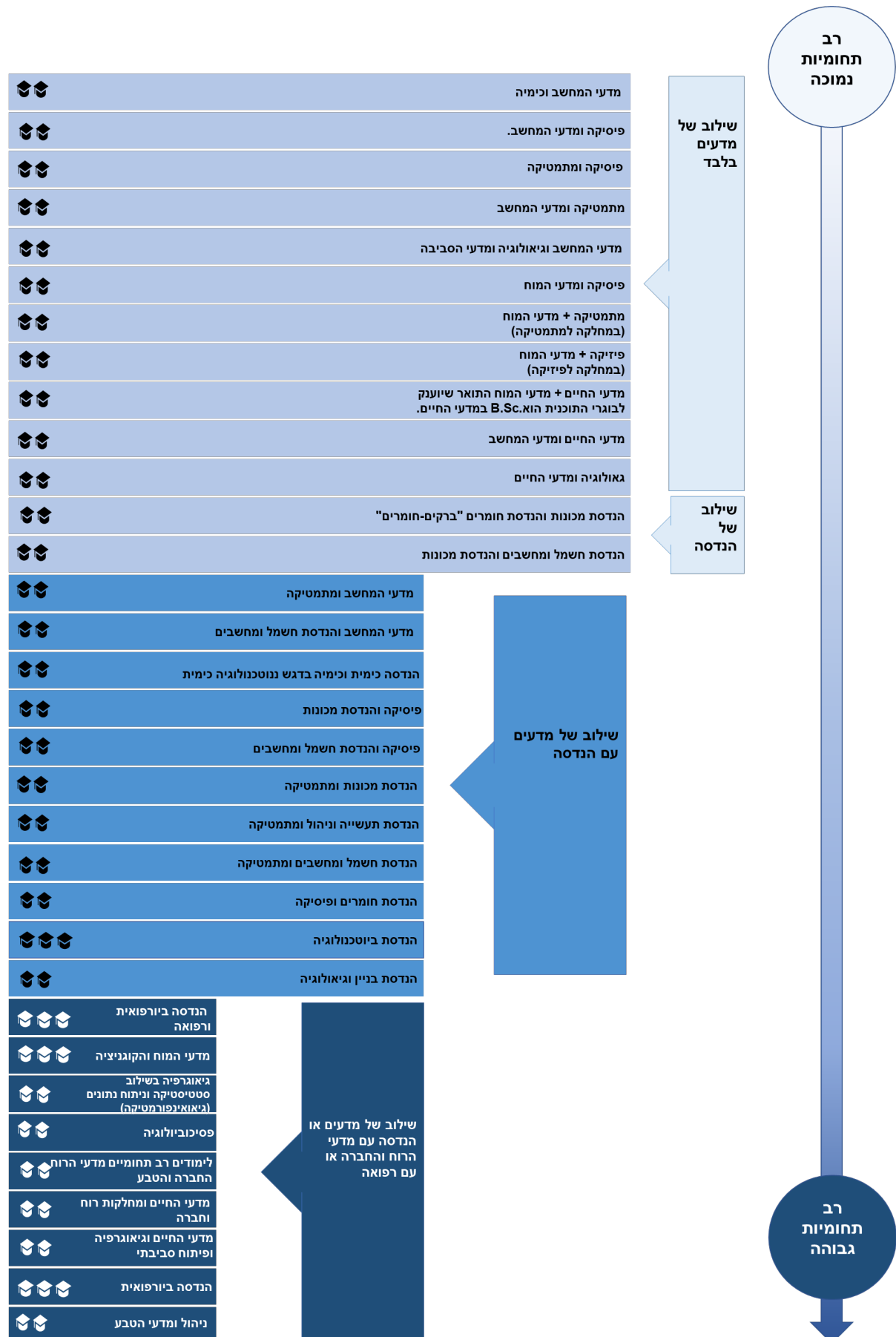
הנדסת בניין וגיאולוגיה- המחלקה למדעי הגיאולוגיה והסביבה והמחלקה להנדסת בניין משלבות כוחות ומציעות תכנית לימודים ייחודית לתואר ראשון (B.Sc) כפול בהנדסת בניין ובגאולוגיה.

הנדסת חשמל ומחשבים והנדסת מכונות

הנדסה ביו-רפואית ורפואה

מסלול לימודים חדש זה, מהבודדים הקיימים בארץ, משותף למחלקה להנדסה ביו-רפואית ובית הספר לרפואה בפקולטה למדעי הבריאות ומיועד למספר מצומצם של סטודנטים מצטיינים המעוניינים לשלב לימודי הנדסה ורפואה. המסלול מקנה תואר משולב בהנדסה ביו-רפואית (מוסמך B.Sc וברפואה M.D) זאת לאחר 9 שנות לימוד בלבד במקום 11 שנים. ייעודו הינו הכשרות טובי הרופאים – מהנדסים בעלי ידע מעמיק הן בהנדסה והן ברפואה, אשר יוכלו לשלב ידע ויכולת רב תחומית לאבחון, טיפול וניטור תוך שימוש בטכנולוגיה עילית מתקדמת. בוגרי המסלול יובילו מחקרים ויפתחו יישומים הנדסיים לרווחת חיי החולים.

איור 7: מסלולי הלימוד לתואר ראשון באוניברסיטת בן גוריון בנגב לפי מידת הרב תחומיות של התוכניות



5.4 סיכום מיפוי של תוכניות לימודים רב תחומיות לתואר ראשון במוסדות האקדמיים

לסיכום חלק המיפוי ערכנו השוואה בין תוכניות הלימוד הרב תחומיות לתואר ראשון בשלושת המוסדות האקדמיים:

בטכניון - בטכניון המבנה הפקולטי החד תחומי נשמר ברובו וקיימת מעט מאוד רב תחומיות גבוהה (4 תוכניות) שהוכנסה בשילוב עם לימודי רפואה. רב תחומיות בתואר ראשון ניתנת בעיקר בתוכניות לימודים דו מחלקתיות. רוב המסלולים הרב תחומיים בטכניון הינם בעלי רב תחומיות נמוכה ובינונית.

באוניברסיטת תל אביב - באוניברסיטת ת"א יש את המספר הרב ביותר של תוכניות לימוד רב תחומיות בין המוסדות האקדמיים שבחנו (39 תוכניות) וכן את המספר הרב ביותר של תוכניות לימוד בעלות רב תחומיות גבוהה- הנושא של שילוב מדעים והנדסה עם מדעי הרוח והחברה מקבל ביטוי בתוכניות הלימוד. רוב התוכניות הרב תחומיות הן דו מחלקתיות.

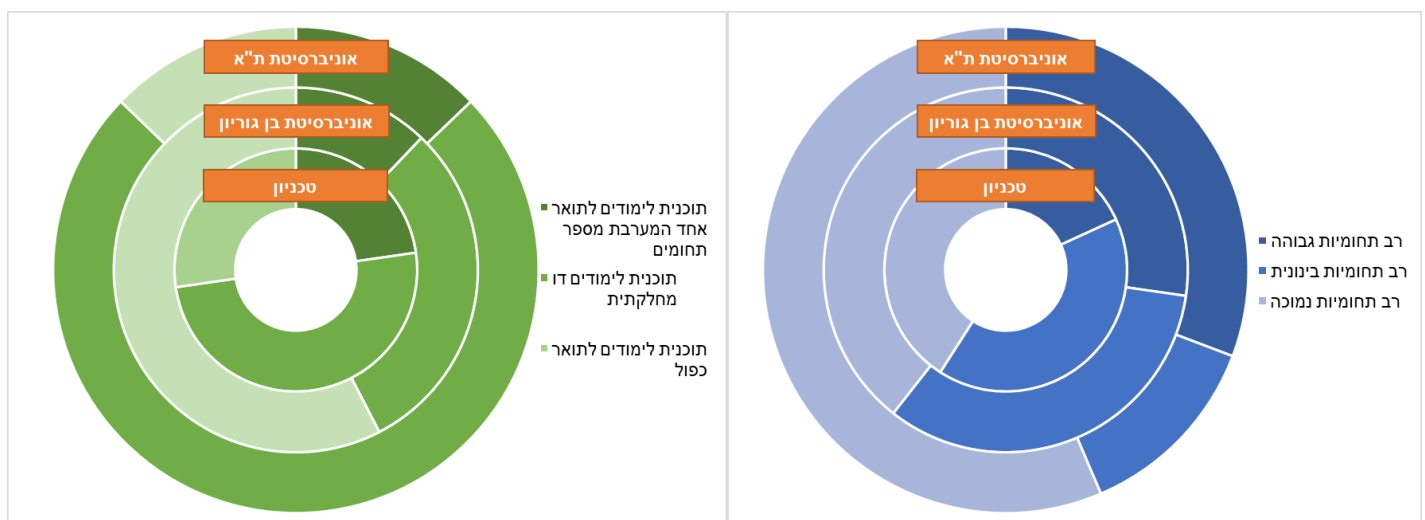
באוניברסיטת בן גוריון – רוב התוכניות בעלות רב תחומיות בינונית ולרוב הלימודים בתוכניות הרב תחומיות הן לתואר כפול.

טבלה 4: השוואה בין תוכניות הלימוד בטכניון, באוניברסיטת ת"א ובאוניברסיטת בן גוריון

אוניברסיטת בן גוריון	אוניברסיטת ת"א	טכניון	
33	39	22	סה"כ תוכניות רב תחומיות
9	12	4	רב תחומיות גבוהה
11	5	9	רב תחומיות בינונית
13	22	9	רב תחומיות נמוכה
4	5	5	תוכנית לימודים לתואר אחד המערבת מספר תחומים
10	29	11	תוכנית לימודים דו מחלקתית
19	5	6	תוכנית לימודים לתואר כפול

* בשל ההגדרות המשתנות לרב תחומיות מספר התוכניות שנכלל בטבלה משקף את הנתונים על פי ההגדרות שנקבעו לעבודה זו מתוך מקורות גלויים של אתרי המוסדות האקדמיים שנכללו בעבודה.

איור 8: השוואה בין תוכניות הלימוד בטכניון, באוניברסיטת ת"א ובאוניברסיטת בן גוריון



5.5 אפיון צרכים לתחומי ידע חדשים בהם נדרשת השלמה במנגנונים השונים של לימודים רב תחומיים לתואר ראשון ולתארים מתקדמים ולימוד לאורך החיים

במסגרת העבודה שנעשתה במוסד שמואל נאמן בנושא: תחזיות לצרכי כח אדם מדעי וטכנולוגיה (גץ ואחרים, 2020) נבחרו 10 תחומים וטכנולוגיות גנריות שהוגדרו בעולם כתחומים וטכנולוגיות מפציעות (עתידיות), ומתוכן גובשה רשימה רלוונטית למדינת ישראל.

הקריטריונים לבחירת התחומים והטכנולוגיות הגנריות בעלי חשיבות למדינת ישראל היו בין היתר: קיומו של ידע אקדמי בתחום, היכולת של התעשייה הישראלית לקלוט את הטכנולוגיה, היכולת למימוש הפוטנציאל וקיומו של צורך לאומי.

רשימת התחומים שזוהו:

1. אגרוטק וחקלאות מדייקת
2. רפואה מדייקת וגנומיקה
3. ערים חכמות
4. מקורות מזון אלטרנטיביים
5. תקשורת לוויינים
6. שילוב רב תחומי ביולוגיה, תוכנה והנדסה לעולם הרפואה (Bio-Convergence)

רשימת הטכנולוגיות הגנריות שזוהו:

7. פוטוניקה ופוטוניקה אינטגרטיבית
8. הדפסה תלת-ממדית של חומרים מתקדמים, טכנולוגיות ויישומים
9. אגירת אנרגיה
10. בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה

במסגרת העבודה להכנת הדוח נסקרה ספרות עדכנית ונערכו ראיונות, אשר מתוכם ניתן היה לגבש את הצרכים בתחומי הידע השונים. על בסיס הנתונים שבדוח גובשה הטבלה שלהלן שמיועדת למיפוי ראשוני של השלמות ידע, שנדרשות מבוגרי אקדמיה מתחומים מקצועיים שונים, כדי להכשירם ולסגור פערים הנדרשים עבור ההון האנושי בתעשיות המפציעות.

מן הראוי להדגיש שהתחומים והטכנולוגיות המפציעות הם באופיים רב תחומיים ומבוססים במידה רבה על אינטגרציה של טכנולוגיות. ההכשרה האקדמית המקובלת, במיוחד בתואר ראשון, הנה בעיקרה דיסציפלינרית ובמקרה הטוב יש בה מרכיב משני רב תחומי. על כן, כדי לענות על הצרכים של ההון האנושי בתחומים המפציעים, יש צורך בהרחבה והעמקה, במסגרות מתאימות. אלה יכולות להיות הרחבת הרב תחומיות במסגרת תואר ראשון או בתארים מתקדמים רלוונטיים או הרחבות והעמקות במסגרת של לימודים לאורך החיים, שאותם צריכים להתאים לצרכים משתנים ולתחומים המפציעים.

הדגש בטבלה הוא על הטור השלישי שיכול להוות את הבסיס למיפוי הצרכים בלימודים רב תחומיים לתואר ראשון ולתארים מתקדמים שיש בהם מרכיבים רב תחומיים וכן גם לימודי המשך.

טבלה 5: מיפוי עשרת התחומים ו/או הטכנולוגיות לפי פקולטות רלבנטיות וההשלמות הנדרשות בטכניון

תחומים	תואר בסיסי רלוונטי	השלמות נדרשות
1. אגרוטק וחקלאות מדייקת	הנדסת מחשבים ומדעי מחשב, הנדסת חשמל, הנדסת מכונות, בוגרי מדעי החיים/חקלאות	לייצר תוכניות אקדמיות לבוגרי הנדסה מחד ולבוגרי מדעי החיים מאידך, לתואר שני ושלישי, שאליו יגיעו אנשים שיש להם תואר הנדסי או מדעי, ויוכשרו לנושא בין-דיסציפלינרי. בוגרי הנדסה בתחומי מחשבים, חשמל, מכונות (נדרשות השלמות בתחומי מדעי החיים או בוגרי מדעי החיים/חקלאות עם השלמות בנושאי הנדסה. התוכנית צריכה להיות צמודה לפקולטה או לתוכנית כמו מערכות אוטונומיות או הנדסת מערכת. להכשיר את העוסקים בתחום במדעי הנתונים, באוריינות דיגיטלית, בתהליכים כלכליים וחברתיים, בניהול פרויקטים ובינה מלאכותית.
2. רפואה מדייקת וגנומיקה	הנדסה ומדעי המחשב, רפואה, מדעי הרפואה, הנדסה ביו-רפואית, גנטיקה, ביולוגיה, ביוטכנולוגיה, הנדסת פרמצבטיקה – תרופות, גנומיקה וביואינפורמטיקה.	- כיום נדרשת הכשרה רבה לאחר העסקת העובדים העובדת On-the-job training – השלמות ידע בתחומים מגוונים, בתלות במקצוע היסודי: ידע חישובי, אוריינות דיגיטלית, ביולוגי, פיסיקאלי, ביוכימי, כימי, פרמקולוגי, וידע ספציפי בתחומים כגון: פרוטיאומיקה, טרנסקריפטומיקה, ומטבולומיקה. - בניית תוכניות הכשרה לרופאים, העשרה בתחומי הרפואה המותאמת אישית. קביעת מדיניות שתאפשר לרופאים לפנות זמן ולקבל משאבים על מנת לעסוק במחקר בסוגיות של רפואה מותאמת אישית בבתי החולים
3. ערים חכמות	בארכיטקטורה ובינוי ערים, הנדסה אזרחית, הנדסת מערכות.	יש צורך בפתיחת תוכניות מולטי-דיסציפלינריות או הכשרות משלימות בנושא ערים חכמות. ההכשרה הנדרשת לתחום יכולה להתקיים בפקולטות לתכנון ערים, הנדסה אזרחית, תעשייה וניהול או מנהל עסקים והיא צריכה לכלול: קיימות ותכנון, מדיניות ציבורית, יזמות וחדשנות, אוריינות דיגיטלית.
4. מקורות מזון אלטרנטיביים	הנדסת מזון וביוטכנולוגיה. מדעי המזון, חקלאות, הנדסה כימית, ביולוגיה	- הכשרה של תארים מתקדמים או השלמות ב LLL בכל המשרות בתחומי הנדסת מזון, ביולוגים, מהנדסים בי-ו-רפואיים, הנדסת רקמות, ביוטכנולוגיה ומזון, צמחים, ביולוגיה, כימיה, ואולי אף הנדסת מכונות - עם התמחות בתחום טכנולוגי לדוגמה מכונות לחלבון אלטרנטיבי. ההכשרה משתנה בהתאם לתחום הטכנולוגיה. - הכשרות מעמיקות בחלבונים אלטרנטיביים- עיבוד חלבונים, פונקציונליות של חלבונים. - הכשרה חשובה הן למומחי פרמנטציה והן לחברות פיתוח זני צמחים היא העמקה בחלופות בשר, בצרכים של התעשייה.
5. תקשורת לוויינים	הנדסת אוירונטיקה וחלל, הנדסת חשמל, מדעי המחשב והנדסת מחשבים, פיזיקה	הכשרה בתחומים של תקשורת אופטית (Machine Learning, Artificial Intelligence, Deep Learning), לאופטימיזציה של התקשורת הלוויינית ועוד התמחויות בהנדסת מערכת, מערכות חומרה, תקשורת ספרתית, תדרי רדיו (RF) והנדסת רכיבים. לרוב לא ניתן לגייס מועמדים עם ניסיון בתחום הלווייניות ועל כן נדרשת השלמה והדרכה בחברות.
6. שילוב רב תחומי ביולוגיה, תוכנה והנדסה לעולם הרפואה Bio-convergence	הנדסה ביו-רפואית, רפואה, מדעי החיים, ביולוגיה, כימיה	בלימודי ביולוגיה צריך לכלול כלים מתמטיים וחישוביים ברמה גבוהה, כמו כן יש ללמד שילוב של טכנולוגיה, בפרט רובוטיקה בביצוע ותכנון ניסויים. תחומי הפיתוח צריך להכשיר אנשים עם רקע פיזיקאלי או הנדסת חשמל, עם ראייה מולטי דיסציפלינרית.

טכנולוגיות	פקולטות רלבנטיות	השלמות נדרשות
7. פוטוניקה ופוטוניקה אינטגרטיבית	פיזיקה, הנדסת חשמל הנדסת מכונות	- חסרה הכשרה מולטי-דיסציפלינרית – מהנדסי מכונות לא מספיק מכירים הנדסת חומרים והנדסת אופטיקה, מהנדסי אלקט' לא מספיק מכירים שיקולי חום, מהנדסי תוכנה מגיעים עם הבנה בסיסית בתשתית העיבוד (אלקט') וכו. - בקבלה לעבודה מתקיימת בחברות הכשרה של הנדסת מערכת והנדסת תהליכים בעולמות של רכיבים אופטיים
8. הדפסה תלת-ממדית של חומרים מתקדמים-טכנולוגיות ויישומים	הנדסת תוכנה הנדסת חומרים הנדסת פלסטיקה הנדסת אלקטרוניקה הנדסת מכונות כימיה עיצוב	תחומי השלמות: עיצוב, הנדסת חומרים, אנליזת חוזק בעיצוב תעשייתי, אנליזת זרימה, ניהול מוצר, אוריינות דיגטאלית, אבטחת איכות. כיום, רוב ההכשרה הנדרשת לתחום מתבצעת בחברות – On-the-job training
9. אגירת אנרגיה	הנדסת חומרים כימיה הנדסת מכונות הנדסת חשמל איכות הסביבה משאבי טבע הערה: הקורסים שניתנים במוסדות האקדמיים הם בעיקר באלקטרוכימיה, מקורות כוח ומדע חומרים נותנים את ההכשרה הבסיסית הנדרשת לתחום	לכל טכנולוגיה של אגירת אנרגיה דרושה הכשרה שונה: - לאגירת אנרגיה חשמלית (BESS) דרושה הכשרה במערכות כוח תלת פאזיות במתח נמוך, בינוני וגבוה (שנאים, ממירים, הגנות, חישובי כבלים ורשת), מערכות זרם ישר במתחים עד VDC1500 (מצברים) ואלקטרו כימיה. - בטכנולוגיות אגירה אחרות כגון תרמו-סולארי נדרשת הכשרה בהנדסת חומרים ותרמו דינמיקה, אנרגיה גרביטציונית – אנרגיה שאובה, אנרגיה קינטית (גלגלי תנופה), אנרגיית לחץ (אוויר דחוס).
10. בינה מלאכותית, מדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה	הנדסת חשמל מערכות מידע הנדסת תעשייה וניהול מדעי המחשב הערה: התמחות ברובוטיקה/מערכות אוטונומיות נפוץ בעיקר בפקולטות להנדסת מכונות, הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, הנדסת חשמל	השלמות התחומים מגוונים בתלות במקום היסוד שנלמד: מערכות מידע/מדעי הנתונים; בינה מלאכותית/ למידת מכונה/מע' נבונות/מע' מבוזרות; ביו-אינפורמטיקה/ קוגניציה/פסיכולוגיה בדגש לימודי מידע; אוריינות והנדסה דיגטאלית, מסלול משולב מע' נבונות/לומדות ומדעי המידע; רובוטיקה/מע' אוטונומיות

במסגרת העבודה נשלח שאלון¹¹, שכלל 6 שאלות, לכ-90 מנהלי חברות שמשתתפים בפורום לחינוך מהנדסים¹². בפורום משתתפים בעלי עניין ממגזרים שונים - אוניברסיטאות, מכללות, גופי ממשל ורגולטורים, תעשיית טכנולוגיה עילית, תעשייה מסורתית, מהנדסים צעירים וסטודנטים. רשימת המשתתפים בשאלון, נשענה על רשימת חברי הפורום, וכללה את נציגי התעשייה מהרבדים השונים: תעשייה עילית, תעשייה מעורבת עילית, תעשייה מעורבת מסורתית ותעשייה מסורתית ממגוון תחומים. בנוסף, על מנת להגדיל את ההיענות, צוות החוקרים שלח את השאלון למנהלי/ות חברות נוספים על בסיס הכרות אישית.

להלן שש השאלות כפי שהופיעו בשאלון:

1. האם תעדיפו לגייס לארגון עובד בעל ידע רחב שסיים לימודים בתוכנית המשלבת רב תחומיות או עובד בעל ידע עמוק יותר בתחום אחד שלמד בתוכנית חד חוגית (צינו באם תעדיפו בוגרי תואר ראשון או תארים מתקדמים)? פרטי/ מדוע
2. האם קיים פער בידע, במיומנויות ובצורך בהכשרה נוספת של עובדים שגייסתם לארגון, שלמדו בתוכנית חד תחומית לעומת עובדים שלמדו בתוכנית משלבת רב תחומיות?
3. איזה נושאים רב תחומיים היית מעוניין/ת שיילמדו במהלך הלימודים לתואר ראשון, אשר עשויים לסייע לך בקליטת הבוגרים/ות בתפקידים השונים? האם יש הבדלים בנושאים הרב תחומיים שיש ללמד עבור תפקידים שונים בארגון שלך?
4. האם הארגון שלך משקיע בלימודים לאורך החיים של המועסקים בו (למשל ע"י הקמת מסגרות לימוד בתוך הארגון, מימון של השתלמויות חוץ מפעילויות לעובדים ו/או לימודים על חשבון שעות העבודה)? פרטי/י.
5. באיזה היקף שעות עבודה לחודש הארגון מוכן לעודד את העובדים שלו להשתתף בתכניות לימודים לאורך החיים?
6. איזה פעילויות נוספות היית רוצה לראות בכיוון של 'למידה לאורך החיים' בתחומי הידע והמיומנויות של העובדים האקדמאים בארגון?

6.1 תאור העונים לשאלון

המענה לשאלון התקבל מ-26 מנהלי/ות חברות.

גודל החברות: 1-50 עובדים (23%, 6 משיבים), 51-150 עובדים (23%, 6 משיבים), מעל 150 עובדים (54%, 14 משיבים).

תפקיד בחברה: מנכ"ל (14), יו"ר (2), סמנכ"ל מו"פ, Industrial emeritus, נשיא, מנהל חדשנות וטכנולוגיות (2), מנהל מו"פ של קבוצת חברות, ראש מנהל, מהנדס מערכת ראשי, משנה מנכ"ל לתפעול - בפרישה לגמלאות, מנהל פיתוח.

תחומי החברות של המשיבים¹³ לשאלון שויכו לשלוש קטגוריות:

1. **תשתיות, אנרגיה וסביבה (20%, 5 משיבים):** תכנון מערכות אנרגיה (מיזוג אויר וקרור), אנרגיה חלופית, הנדסת מבנים ומערכות סינון וטיפול במים, כימיה פרמצבטית, תעשייה מסורתית מתכת.
2. **תעשייה מסורתית (24%, 6 משיבים):** מזון, ציפויים אצילים על גבי מתכות ופולימרים, ליטוש אלקטרוכימי, הגנות נגד קורוזיה, ייצור חלקים מכאניים זעירים, קידום וחיזוק תעשיות ומתכת.
3. **הייטק (56%, 14 משיבים):** תוכנה ואלגוריתמיקה, פתרונות IT, (אוטומציה, בקרה, IOT, רובוטיקה, ראייה ממוחשבת), אלקטרוניקה, הנדסת חשמל, הנדסת מערכת, ציוד רפואי, רפואה דיגיטלית, לימוד מכונה ובינה מלאכותית, ורפואה, שירותי ההנדסה הרב תחומיים לפיתוח מערכות מורכבות, יעוץ ותעשייה בטחונות.

אחד המשיבים לשאלון לא ציין את החברה בה הוא עובד.

¹¹ השאלון כלל שני נושאים והיה משותף לשני צוותי מחקר במוסד נאמן. לצוות המחקר בנושא 'מיפוי' בחינת צרכים וקביעת מדיניות להכשרות רב-תחומיות בישראל ולצוות המחקר בנושא 'תוכניות לימודים לאורך החיים'.

¹² הפורום לחינוך מהנדסים הוקם ביוזמה של מוסד שמואל נאמן במטרה לבחון מחדש את החינוך של מהנדסים במוסדות האקדמיים בישראל ולהכשיר דור צעיר של מהנדסים בעלי יכולות לקידום חדשנות בתעשייה עתירת הטכנולוגיה והמסורתית, ורתימת החזית המדעית למטרות אלה.

¹³ מתוך 25 משיבים. אחד העונים לא ציין את תחום החברה ולא את שמה.

6.2 תוצאות השאלון

6.2.1 טבלת ניתוח מסכמת לשאלון

להלן טבלת ניתוח מסכמת לשאלון ובהמשך יוצג עיבוד מורחב שנעשה לתשובות לשש השאלות שנשאלו בשאלון בחלוקה לפי שלושת התחומים אליהן משתייכות החברות.

טבלה 6: טבלה מסכמת לשאלון

הייטק (14 משיבים)	תעשייה מסורתית (6 משיבים)	תשתיות, אנרגיה וסביבה (5 משיבים)	לגייס עובדים בעלי ידע רחב שלמדו בתוכנית רב תחומית או עובדים בעלי ידע עמוק שלמדו בתוכנית חד חוגית?
המשיבים התחלקו לכאלה שהביעו העדפה לגייס עובדים שלמדו לימודים רב תחומיים בשל ניסיון רחב, יכולת לימוד עצמי, כישורים, ידע רחב במספר דיסציפלינות, ואחרים שהביעו העדפה לגייס מהנדסים בעלי ידע עמוק בתחום אחד. ארגונים תעשייתיים בדרך כלל צריכים את שני סוגי האנשים. ככל שהתפקיד מתקרב ללקוח ולהשפעה עסקית הצורך לידע רחבי גדל. וככל שהאדם רחוק מהלקוח, הארגון צריך מומחיות ספציפית. בנוסף, מנהלי פרויקטים ומנהלי מחלקות חייבים ידע רחב שיאפשר להם הבנת דיסציפלינות שונות, לחבר בין טכנולוגיות שונות ועם הצורך בשוק, יצור והשפעה על התרומה הפיננסית.	המשיבים התחלקו לכאלה שהביעו העדפה לגייס עובדים שלמדו לימודים רב תחומיים בשל ראייה רב מערכתית וזוויות חשיבה נוספות ואחרים שהעדיפו לגייס עובדים בעלי ידע עמוק בתחום אחד, ההעדפה תלויה בתפקיד.	המשיבים התחלקו לכאלה שהביעו העדפה לגייס עובדים שלמדו לימודים רב תחומיים ואחרים שהעדיפו עובדים בעלי ידע עמוק בתחום אחד	
רוב המשיבים השיבו שמספיק תואר ראשון. העדפה לבוגרי תארים מתקדמים היא לתפקידי מחקר, אלגוריתמיקה, תואר שני שמרחיב ידע	תואר ראשון תואר שני יתרון בעיקר לתחומים ספציפיים בהם נדרשת מומחיות	תואר ראשון	לגייס עובדים בעלי תואר ראשון או תארים מתקדמים?
רוב העובדים שמגויסים להייטק הם בוגרי תוכניות חד תחומיות. נדרשת הכשרה בארגון. במיוחד בתחומי VLSI, תמיד יש צורך להכשיר את העובדים. הם מגיעים עם ידע בתחום אבל חוסר ידע רלוונטי לכלים ולתהליכים האמיתיים שיש בתעשייה. במקרים מסוימים נדרשות השלמות במתמטיקה, סטטיסטיקה ועיבוד תמונה לבוגרי מדעי המחשב.	המשיבים התייחסו בעיקר לפער בידע ובמיומנויות שאיתו מגיעים העובדים מהאקדמיה ופחות להבדלים בין תוכנית חד חוגית לרב תחומית. יש פער בידע מכיוון שאין קורס באוניברסיטה או מכללה שמכשיר בדיוק לתפקיד ולאופי הארגון, יש צורך בידע צר ועמוק לתחומים מקצועיים – גם שם נדרשת הכשרה ארגונית. ידע רחב ובינתחומי לתפקידי ניהול ותפקידי רחב.	חסרים עובדים בעלי מיומנויות, כישורי למידה ובעלי ניסיון ופחות חשוב אם התוכנית רב או חד תחומית	האם קיים פער בידע, במיומנויות ובצורך בהכשרה נוספת בין עובדים שלמדו בתוכנית רב תחומית לכאלה שלמדו בתוכנית חד תחומית?
- ידע במדעי החיים למתכנתים, פיזיולוגיה וגם אבטחת איכות, הנדסת מערכת ורגולציה - קורסי בסיס בנושאי בינה מלאכותית ורובוטיקה. - מתמטיקה/סטטיסטיקה למפתחים שעוסקים ב Data science או אלגוריתמיקה ועיבוד תמונה - הנדסת מערכת, תעשייה חכמה	- תרבות ארגונית וניהול - ניהול פרויקטים, סטטיסטיקה - כימיה - מטלורגיה - מיומנויות שסיעו להתמודד עם אתגרים חדשים, סביבה מורכבת, ביקורת, התמדה - כלים יישומיים	- חיזוק תחומים המשלבים אלקטרומכניקה. - כישורים רכים/ מיומנויות חיוניות כגון: עבודת צוות, יכולת התנסחות בכתב ובע"פ, יכולת הצגת נושא, חיפוש מידע והבנה בתחומים קרובים.	נושאים רב תחומיים שחשוב שלמדו בתואר ראשון

- הנדסת מיזוג אויר (קירור, איירודינמיקה, הידראוליקה, מבנה מפוחים ומשאבות).		- חשמל למדעי המחשב ולהפך - פיתוח עסקי - ניהול פרויקטים - יכולות ניהול - LLL	
- השתלמויות חוץ מפעילות, כנסים שנתיים, הרצאות ספקים. - לימודים בתוך החברה, הכשרת סטודנטים. - תוכנית קריירה שבונה מנהל לכל עובד	- ארגונים שמשקיעים בהכשרות פנימיות ו/או חיצוניות, מסלולי התפתחות אישית, לימודים לאורך החיים וארגונים אחרים שבהם קיימת פחות השקעה בנושא	- רוב המשיבים ענו שקיימות בארגון שלהם הכשרות פנים וחוץ ארגוניות. היו שהשיבו שזה נעשה באופן מוגבל.	השקעת הארגון בלימודים לאורך החיים
- עד שעה בשבוע (2) - 1-5 שעות בשבוע (3)	- 1-5 שעות בשבוע (6)	- 1-5 שעות בשבוע (9) - 5-8 שעות בשבוע (6)	שעות עבודה שהארגון מוכן שהעובדים ילמדו
- להפנים למהנדס הצעיר שאסור לו להפסיק ללמוד. האקדמיה מספקת את הבסיס השאר תלוי בו וברצון שלו להתקדם. - השתלמויות על חידושים בתחום המקצועי: קרור, איירודינמיקה, הידראוליקה, מבנה מפוחים ומשאבות. - התנסות בעבודה בפירמות אחרות או אצל קולגות בתחומים דומים	- התמקצעות בתחומם ובמקצועות משיקים - ניהול פרויקטים - וסטטיסטיקה פרקטית. - השקעה בתרבות ארגונית של למידה והתפתחות כדרך חיים - חדשנות, יצירתיות ויזמות. - הכשרה פיננסית. - עדכון בשינויים בעולם- - רובוטיקה ופיריון, תעשייה 4.0. איכות הסביבה ועוד	- הרצאות, סדנאות, קורסים, כנסים, יועצים, השתלמויות פנימיות וחיצוניות, מסלול ללימודי המשך באקדמיה לתואר, קורסים מקוונים. - בתכנים: הבנה עסקית, נושאים טכנולוגיים, ניהול צוות, מגמות בשוק, שפות פיתוח, תהליכי עבודה חדשניים ועוד.	איזה פעילויות נוספות היית רוצה לראות בכיוון של 'למידה לאורך החיים'?

6.2.1 הייטק (14 משיבים לשאלון)

1. האם תעדיפו לגייס לארגון עובד בעל ידע רחב שסיים לימודים בתוכנית המשלבת רב תחומיות או עובד בעל ידע עמוק יותר בתחום אחד שלמד בתוכנית חד חוגית (צינון באם תעדיפו בוגרי תואר ראשון או תארים מתקדמים)?

רוב המשיבים השיבו שמספיק תואר ראשון:

- אם זה לתפקיד מפתח תוכנה, אעדיף אדם בעל ידע רחב יותר ואולי פחות עמוק, לא חשוב אם יש תואר רלוונטי או בכלל.
- אני מעדיף בעלי תואר ראשון ושיצאו לתואר שני אחרי ניסיון בתעשייה.
- בוגר תואר ראשון. תארים מתקדמים יותר לא מקנים יתרון בתכנון מערכות חשמל.
- תואר ראשון במקצועות ההנדסה. חלק קטן מהם עדיף שיהיו עם תואר מתקדם בתחומם או ניסיון רב שנים.
- ברוב המקצועות (תוכנה, חומרה, מכאניקה, אווירונאוטיקה) נדרש תואר ראשון. מיעוטם דורש תארים מתקדמים יותר.

משיבים שהביעו העדפה לבוגרי תארים מתקדמים לתפקידי מחקר, אלגוריתמיקה, תואר שני שמרחיב ידע:

- אם זה לתפקיד מחקר, אעדיף תואר מתקדם ומישהו מומחה בתחום.
- בתחום תוכנה ואלגוריתמיקה- אעדיף בוגרי תואר שני מקצועי, דווקא בתחום שמרחיב את הידע (לא נושאים כלליים כמו מנהל עסקים), למשל מפתח תוכנה עם תואר שני במדעי המחשב או בתת דיספלינה למשל מתמטיקה.
- ישנם מספר תפקידים שדורשים ידע רחב כמו מהנדסי מערכת. גם כאן הייתי מעדיף בוגר תואר ראשון בהנדסה ותואר שני בתחום רחב יותר.
- העדפה לבוגרי תארים מתקדמים. M.Sc.

העדפה לרב תחומיות:

- תפקידים המיועדים לעובדים בעלי רקע נרחב, בעיקר בתחום של הנדסת מערכת, ניהול מוצר, שיווק.

- העדפה לעובדים בעלי ידע מולטי דיסיפלינארי, מגיעים עם ניסיון בתחומים שונים שגוזרים התמודדות עם בעיות שונות וניסיון רחב יותר.
- מעדיף עובדים בעלי ידע רחב ורב תחומי, משתי סיבות: 1. בד"כ אנשים בעלי ידע רחב ורב תחומי הם בעלי יכולת טובה יותר ללימוד עצמי, כלומר בעלי כישורים טובים יותר. 2. מרבית המוצרים ומרבית פעילויות הפיתוח היום מבוססים על כמה דיסציפלינות טכנולוגיות ולא על דיסציפלינה בודדת. עובד בעל ידע רחב בדיסציפלינות טכנולוגיות שונות.
- רב תחומי זה חשוב מאד! אבל חייב גם עומק טכני בתחום רלוונטי.
- מעדיף לגייס עובד מתכנית רב-תחומית היות שבחברה עובדים בהרבה דיסציפלינות, תוכנה, חומרה, מכאניקה, הנדסת מערכת, הנדסת חומרים. יש צורך בעובדים בעלי ראייה רחבה שיוודעים כאשר צריך לצלול לפרטים. לדוגמה: תכנת שכותב תוכנה טוב ואפשר להמשיך אתו לרמת התמקצעות טובה יותר, אבל כאשר ידברו "חומרה" לידו, יבין על מה מדובר.

העדפה לעובד בעל ידע עמוק יותר בתחום אחד :

- רוב התפקידים בחברה הם של מהנדסים עם ידע עמוק בתחום אחד. יש מספר קטן של תפקידים המיועדים לעובדים בעלי רקע נרחב, בעיקר בתחום של הנדסת מערכת, ניהול מוצר, שיווק. רוב העובדים נדרשים לידע עמוק בתחומם.
- לא בטוח שבוגר "טרי" מביא איתו את הניסיון שאני מחפש גם אם למד בתוכנית רב תחומית, ולא בטוח שעדיף להשקיע את השעות בשלב הלימודים בתחומים נוספים על חשבון העמקה בתחום הראשי.
- עובד בעל ידע עמוק בהנדסת חשמל.

תלוי בתפקיד:

- תלוי תפקיד- למהנדס בנושאים פרקטיים (תוכנה, חומרה, מכאניקה, אווירונאוטיקה) מעדיף תכנית חד חוגית. מהנדסים בנושאי תפעול, ייצור, מערכת, ניהול תכנית - מעדיף יותר תארים ורב חוגי, כי הראייה צריכה להיות היכרות ורחבה מעבר לתחום צר אחד.
- תלוי בתפקיד - יהיו מקרים שנדרוש ידע עמוק רק לתחום הדרוש (תפקידים טכניים יותר), ויהיו כאלו עם ידע רחב יותר (תפקיד ניהול וכיוב').
- ארגונים תעשייתיים בדרך כלל צריכים את שני סוגי האנשים. ככל שהתפקיד מתקרב ללקוח ולהשפעה עסקית הצורך לידע רוחבי גדל. וככל שהאדם רחוק מהלקוח, הארגון צריך מומחיות ספציפית. בנוסף, מנהלי פרויקטים ומנהלי מחלקות חייבים ידע רחב שיאפשר להם הבנת דיסציפלינות שונות ולחבר בין טכנולוגיות שונות ועם הצורך בשוק, יצור והשפעה על התרומה הפיננסית.

2. האם קיים פער בידע, במיומנויות ובצורך בהכשרה נוספת של עובדים שגייסתם לארגון, שלמדו בתוכנית חד תחומית לעומת עובדים שלמדו בתוכנית שמשלבת רב תחומיות?

רוב העובדים הם בוגרי תוכניות חד תחומיות. נדרשת הכשרה בארגון.

- מרבית המהנדסים שמגויסים לארגון הם בוגרי תכנית חד תחומית מרכזית ועיקר הידע הקשור לתחומים טכנולוגיים נוספים, נבע מנטיות והתעניינות אישית.
- מנהל שכתב "עוד לא פגשתי עובדים שלמדו רב-תחומי, תמיד זה מאד מקצועי ומאד ממוקד. היחידים שלמדו משהו "רב" תחומי הם בוגרי תעשייה וניהול ואצלם הידע רוחבי מאד כלומר, הם לא יכולים להיות תכנתים, אנשי חומרה, אנשי מכאניקה ולכן מטפלים אך ורק בנושאי בקרה תקציבית בחברה".
- הסיכוי שנקלוט מישהו שלמד בתוכנית רב תחומית לעסוק בהנדסה, מחקר או פיתוח קטן ביותר. רק בוגר תואר ראשון או תואר מתקדם בתוכנית חד-תחומית.
- במיוחד בתחומי VLSI, תמיד יש צורך להכשיר את העובדים. הם מגיעים עם ידע בתחום אבל חוסר ידע רלוונטי לכלים ולתהליכים האמיתיים שיש בתעשייה. בתחומי תוכנה הם באים מבוסלים יותר טוב מכיוון שאין הרבה הבדל בכלים ובשיטות.
- פער הידע יכול להיות קיים בעיקר מול תחומים שלא נלמדו בתכנית החד תחומית.
- כן, במקרים מסויימים נדרשו השלמות במתמטיקה/סטטיסטיקה ועיבוד תמונה לבוגרי מדעי המחשב.
- יש יתרון ברור לעובדים שהתנסו באופן משמעותי בתעשייה בזמן הלימודים שלהם.
- העובדים מקבלים הכשרה בחברה ומתחילים ממצב בסיסי שווה, בוגרי טכניון, באר-שבע וכו' מובילים ביכולתם.

- קיים פער, אבל לצרכים שלנו זה נכון. יחד עם זאת, אנו מקפידים להעמיק את הידע של העובד החד תחומי לרוב רק לתחומי העיסוק שלו עם עדכונים קלים לגבי התחומים הרחבים יותר בסביבת עבודתו.
- לא קיים פער ידע ביניהם. את כלל העובדים החדשים נדרש להכשיר.

3. איזה נושאים רב תחומיים היית מעוניין/ת שילמדו במהלך הלימודים לתואר ראשון, אשר עשויים לסייע לך בקליטת הבוגרים/ות בתפקידים השונים? האם יש הבדלים בנושאים הרב תחומיים שיש ללמד עבור תפקידים שונים בארגון שלך?

- שהלימודים ישלבו תחומים שונים לגמרי. למשל אנחנו מגייסים מתכנתים, הייתי שמח לקבל חברה שילמדו כתחום נוסף, מקצועות ממדעי החיים.
- אנו חברה רפואית, היה טוב אם למהנדסים היה רקע שקשור למערכות ביולוגיות, אותות ביולוגיים, פיזיולוגיה וכדומה. ובנוסף, אבטחת איכות, הנדסת מערכת ורגולציה.
- קורסי בסיס בנושאים כגון בינה מלאכותית, רובוטיקה. לא הייתי משקיעה בלימוד מיומנויות רכות. עדיין לא מצאתי שהקורסים הללו תורמים.
- שמדעי המחשב ילמדו חשמל ולהפך. חשמל - לא רק תאוריה - שיגעו וילחימו ויתכננו בורדים. מדעי המחשב שיעשו הרבה פרוייקטים אמיתיים בשיתוף עם אחרים. עבודת צוות טכנית חשוב שתילמד.
- שכולם ילמדו AI פרקטי. מדעי מחשב + מבואות להנדסת חשמל כולל תכן לוגי + מבואות מכאניקה כולל שרטוטי CAD+ העברה מפיתוח לייצור + מבוא להנדסת מערכת ולניהול טכני.
- הנדסת מערכת או אפילו מבוא להנדסת מערכות הכולל בתוכו גם שילוב נושאים של תעשייה חכמה 4.0
- לתת למהנדסי תוכנה רקע טוב בחומרה ולהיפך, כנ"ל מהנדסי מכונות. המטרה היא להרחיב את היריעה של הידע. שיכירו מושגים בסיסיים.
- מתמטיקה/סטטיסטיקה למפתחים שמתעסקים ב Data science או אלגוריתמיקה ועיבוד תמונה למפתחים שעוסקים בראיה ממוחשבת. לשאר המפתחים מספיקה ההכשרה הבסיסית במדעי המחשב.
- קורס בנושא של פיתוח עסקי, שמביא משמעות של לוחות זמנים, צרכי שוק, פרמטרים שמספיעים על יכולת חברה לצמוח, הבדלים בנושאים הללו בין חברות הזנק לחברות שמובילות שוק, ועוד.
- עקרונות ניהול פרוייקטים, בקרה תקציבית, לוחות זמנים וכו', עקרונות תכנון ובצוע פרוייקט בכל הדיסציפלינות בדגש והרחבה לחשמל. כמו כן קצת נושאים רכים כמו עבודת צוות, הצגת נושא, חשיבה עסקית ויזמית וכו'. חלק נכבד מהמהנדסים והאקדמאים מגיעים להובלת פרוייקטים וקבוצות (ניהול משימה, פרוייקט, קבוצה, מחלקה). בכדי להצליח צריך שיהיה להם רקע בנושאים: ניהול אנשים, יכולת קבלה ועבודה עם אנשים מרקע שונה (יהודים, ערבים, נשים גברים...), יכולת הבנת דיסציפלינות טכנולוגיות שונות (אלקטרוניקה, תוכנה, מכניקה, AI, UX, ייצור), יכולת הבנת הלקוח ותחרותיות.
- נושאים הקשורים לשפות פיתוח, יכולות אפיון תהליכים ויכולות ניהול: ניהול ייצור, כספים כלכלה ועוד... כמו כן נושאי הנדסת מכונות, חידושים טכנולוגיים, נושאי איכות המוצרים והסביבה.
- המפתח הינו הכשרה רצופה ומגוונת לאחר סיום הלימודים ולאורך הקריירה המקצועית, LLL.

4. האם הארגון שלך משקיע בלימודים לאורך החיים של המועסקים בו (למשל ע"י הקמת מסגרות לימוד בתוך הארגון, מימון של השתלמויות חוץ מפעילויות לעובדים ו/או לימודים על חשבון שעות העבודה)?

- מקצים לעובדים זמן שבועי להתמקצעות אישית, עדיין בתחומי התכנות.
- הכשרות ברמות עומק שונות. מקורסים של יום או מספר שעות ועד הכשרות של חודשים ויותר.
- באופן מוגבל. מרבית הלמידה של העובדים נעשית באופן עצמי באמצעות הדרכות מקוונות של יצרני הטכנולוגיות השונות מרחבי העולם. בנוסף, הלמידה נעשית באמצעות שיתוף ידע בין חברי הצוות.
- קורסים פנימיים כל הזמן ועידוד יציאה ללימודי המשך ומיקרו תארים.
- מעבר להשתתפות בשכר לימוד לתואר II אין פעילות רלוונטית בארגון.
- השתלמויות והדרכות פנים וחוץ ארגוניות.
- כן, עיקר ההכשרה נעשה על בסיס צורך בפרויקטים, הקצאת זמן ללמידה מקוונת על חשבון שעות העבודה.
- כן ולא- כן כי הארגון מפרגן לעובד לקחת אילו קורסים שירצה ולא מכיון שזה לא נעשה לפי איזו תכנית אסטרטגית, יש צורך לעשות עוד עבודה בנושאי אסטרטגיית למידה.

- כן. בוודאי. גם בתוך הארגון וגם מחוצה לו. חוסר הכשרה מתמדת היא נסיגה אחורה.
- מנהיגים שיעורי עזר בתוך הארגון להעשרת הידע של העובדים בכל הרמות ולעיתים גם שולחים אותם להשתלמויות מקצועיות בתחומי העיסוק שלהם מחוץ לארגון.
- משקיעים גם בקורסים והשתלמויות פנימיות וגם שולחים ללימודי המשך לתואר שני ולהשתלמויות. "בימים אלה אני מעביר את תקציר הקורס לאופטימיזציה אותו אתן בסמסטר הבא ללימודי המשך בטכניון לשלושה מחזורים של מהנדסים מתחומים מגוונים, בחברה".

5. באיזה היקף שעות עבודה לחודש הארגון מוכן לעודד את העובדים שלו להשתתף בתכניות לימודים לאורך החיים?

- 1-5 שעות בשבוע (9)
- 5-8 שעות בשבוע (6)

6. איזה פעילויות נוספות היית רוצה לראות בכיוון של 'למידה לאורך החיים' בתחומי הידע והמיומנויות של העובדים האקדמאים בארגון?

- הרצאות של מרצה חוץ
- **הבנה עסקית.** יש לתת למהנדסים כלים להבין את הסביבה העסקית בה הם פועלים. מנהל עסקים למשל למהנדסים.
- **VLSI. AI. MBA.**
- סדנאות, קורסים, הרצאות
- לימוד והדרכה בנושאים טכנולוגיים שוטפים. חניכת מתכנתים צעירים. ניהול מקצועי של צוותי תכנון
- כנסים ושימוש ביועצים
- **מגמות בשוק** - טכנולוגיות, עסקיות, שיווקיות וכדומה; חדשנות בתחום טכנולוגיות ייצור; אמצעי שיווק חדשים מדיות דיגיטליות; אמצעי פיתוח חדשים - תוכנות פיתוח בעיקר.
- **ניהול עובדים** והכלת השונה; ניהול פרויקטים; הבנת המגמות בשוק; יכולת הבנה וקומניקציה עם אנשי טכנולוגיה ורגולציה; הבנה עסקית (ערך ללקוח, השווקים השונים...); שליטה טובה באנגלית; הבנת דרישות הרגולציה; שיטות פיתוח; איכות; פיתוח הרגלים שמעודדים חדשנות כמו DIVERSITY ולא לפחד מכשלון.
- השתלמות בנושאי הליבה של הארגון, **שפות פיתוח, תהליכי עבודה חדשניים** ועוד
- העשרה ספציפית וכללית: הרצאות בתחומי המפעל או מחוצה לו בנושאים מגוונים כלליים (חידושים במדע באקטואליה ועוד) ובנושאים ספציפיים לתחומי העיסוק של הארגון.
- קורסים והשתלמויות פנימיות וחיצוניות, לרבות מסלולים ללימודי המשך באקדמיה לתארים.
- Online courses

6.2.2 תשתיות, אנרגיה וסביבה (5 משיבים לשאלון)

1. האם תעדיפו לגייס לארגון עובד בעל ידע רחב שסיים לימודים בתוכנית המשלבת רב תחומיות או עובד בעל ידע עמוק יותר בתחום אחד שלמד בתוכנית חד חוגית (ציינו באם תעדיפו בוגרי תואר ראשון או תארים מתקדמים)

- **היתה הסכמה בין המשיבים לשאלה שתואר ראשון בהנדסה מספק.** נאמר ש"תואר שני זה בונס". בתחומי התשתיות, הבינוי, האנרגיה והסביבה לתארים מתקדמים בד"כ אין יתרון. ההעדפה היא לתואר ראשון עם ניסיון יותר מאשר לבעלי תואר מתקדם ללא ניסיון.
- **חלק מהעונים ענו שיעדיפו לגייס לארגון עובד בעל ידע רחב שסיים לימודים בתוכנית המשלבת רב תחומיות:**
 - רב תחומיות (לדוגמה חשמל ואנרגיה ומחשוב) מהווה יתרון מכיוון שמרבית המערכות בתחום האנרגיה ומיזוג אוויר כוללות שילוב של תחומים שונים - בעיקר אלקטרומכניים ואחרים.
 - לתפקידי ניהול מתאימים עובדים שיש להם ידע רחב יותר והבנה ביותר תחומים. לא מחפשים מומחים בתחום מסוים ולכן ההעדפה היא לגייס עובדים שלמדו בתכנית משולבת רב-תחומית.
- **מספר משיבים ציינו שיעדיפו לגייס עובד שסיים מסלול חד חוגי:**
 - בתחום קונסטרוקציות, עדיף חד-חוגי. מי שלמד דו-חוגי חסר ידע כיוון שלא למד את כל המקצועות הרלוונטיים לעבודתו.

- מעדיף מהנדס שלמד במסלול חד חוגי והתמקצע בו.
 - רוב מקצועות ההנדסה דורשים העמקה דיסציפלינרית כבסיס כדי להיות אפקטיביים לדוגמא בחשמל והנדסת מכונות. לרב תחומיות מתייחסים בעיקר לניסיון בעבודה לתפקידי המשך.
- 2. האם קיים פער בידע, במיומנויות ובצורך בהכשרה נוספת של עובדים שגייסתם לארגון, שלמדו בתוכנית חד תחומית לעומת עובדים שלמדו בתוכנית שמשלבת רב תחומיות?**

- **מהתשובות עולה שבתחום התשתיות חסרים עובדים בעלי מיומנויות, כישורי למידה ובעלי ניסיון והיתה פחות התייחסות לפער בידע הנלמד בין רב תחומי לחד תחומי:**
 - עד היום לא יכולנו לקלוט עובדים שלמדו בתוכנית רב תחומית. בתחום הנדסת מכונות קיימים אמנם מוסדות המלמדים מכטרוניקה (אלקטרוניקה ומכונות) אולם בוגרים אלה נקלטים במהירות בתעשיית ההייטק ולא בתעשיות הקלאסיות. מכיוון שהאקדמיה כיום אינה נותנת מענה מספק לתחום הספציפי של מיזוג אוויר נדרשת הכשרה ארוכה פנים ארגונית.
 - קיים פער במיומנות. יתכן שזה בא על חשבון ידע, אבל ידע ניתן לרכוש.
 - החשוב זה היכולת ללמוד ולחקור עצמאית היות ובכל מקום עבודה הידע הנדרש שונה.
 - הכישורים הללו יותר קשורים לאופי המסגרת האקדמית ופחות לתוכנית הספציפית.
- 3. איזה נושאים רב תחומיים היית מעוניין/ת שילמדו במהלך הלימודים לתואר ראשון, אשר עשויים לסייע לך בקליטת הבוגרים/ות בתפקידים השונים? האם יש הבדלים בנושאים הרב תחומיים שיש ללמד עבור תפקידים שונים בארגון שלך?**

- לכאורה בוגרי הנדסת מכונות לומדים קורסים מעטים בתחום חשמל (זרם חזק) ובקרה. חיזוק של תחומים המשלבים אלקטרומכניקה יכול לסייע.
 - עובד נדרש לכישורים רבים/ מיומנויות חיוניות כגון: עבודת צוות, יכולת התנסחות בכתב ובע"פ, יכולת הצגת נושא, חיפוש מידע והבנה בתחומים קרובים.
 - הנדסת מיזוג אוויר (קירור, אוירודינמיקה, הידראוליקה, מבנה מפוחים ומשאבות).
- 4. האם הארגון שלך משקיע בלימודים לאורך החיים של המועסקים בו (למשל ע"י הקמת מסגרות לימוד בתוך הארגון, מימון של השתלמויות חוץ מפעילויות לעובדים ו/או לימודים על חשבון שעות העבודה)?**
- שולחים את העובדים להשתלמויות חוץ מפעילויות בעיקר של הארגון המקצועי - אגודת מהנדסי מיזוג האוויר וכנסים שנתיים. כמו כן מסתייעים בהרצאות של ספקי/סוכנים ויבואני ציוד מהתחום.
 - משקיעים בלימוד בתוך החברה, כולל בהכשרת סטודנטים, שרובם נשארים לעבוד בחברה.
 - קיימים קורסים על חשבון שעות העבודה.
 - דוגלים במודל אשר מדגיש לימוד לאורך כל החיים בארגון. תוכנית קריירה שבונה המנהל הישיר לכל עובד.
- 5. באיזה היקף שעות עבודה לחודש הארגון מוכן לעודד את העובדים שלו להשתתף בתכניות לימודים לאורך החיים?**
- עד שעה בשבוע (2)
 - 1-5 שעות בשבוע (3)

- 6. איזה פעילויות נוספות היית רוצה לראות בכיוון של 'למידה לאורך החיים' בתחומי הידע והמיומנויות של העובדים האקדמאים בארגון?**

- המטרה העיקרית היא להפנים למהנדס הצעיר שאסור לו להפסיק ללמוד. האקדמיה מספקת לו רק את הבסיס. השאר תלוי בו וברצון שלו להתקדם.
- השתלמויות על חידושים בתחום המקצועי: קירור, אוירודינמיקה, הידראוליקה, מבנה מפוחים ומשאבות.
- התנסות בעבודה מחוץ למשרד, בפירמות אחרות או אצל קולגות בתחומים דומים יכולה להיות מעניינת ומועילה.

6.2.3 תעשייה מסורתית (6 משיבים לשאלון)

- 1. האם תעדיפו לגייס לארגון עובד בעל ידע רחב שסיים לימודים בתוכנית המשלבת רב תחומיות או עובד בעל ידע עמוק יותר בתחום אחד שלמד בתוכנית חד חוגית (ציינו באם תעדיפו בוגרי תואר ראשון או תארים מתקדמים)?**

המשיבים לשאלה מנהלים בארגונים המשתייכים לתעשייה המסורתית, הסכימו שתואר ראשון מספק. תואר שני מהווה יתרון בעיקר לתחומים ספציפיים בהם נדרשת מומחיות:

- בוגרי תואר ראשון עדיפים בגלל שתחום ההתמקצעות פחות מגובש וניתן לכוון אותו לצרכי החברה הספציפיים. את התואר השני ניתן ללמוד במקביל לעבודה ולשלב עם תחומי העניין וההתמחות הנדרשים הן לעובד והן לחברה.
- תואר שני - כמובן יתרון ותלוי גם בניסיון. הנחת היסוד היא שמי שיש לו תואר ראשון ובטח שני ממוסד ידוע, יש לו יכולת ללמוד ולנו יש יכולת ללמד, ההשמה בעיקר מתייחסת להתאמה בין: כישורים, יכולות ואופי הארגון/תפקיד בארגון.
- בתחומים ספציפיים ההעדפה היא למומחה עם תואר מתקדם. לניהול יצור או עובדי מו"פ נסתפק בתואר ראשון, רחב ככל האפשר, שיכלול גם השכלה פיננסית וכלים בסיסיים לניהול.

המשיבים התחלקו לכאלה שהביעו העדפה ללימודים רב תחומיים בשל ראייה רב מערכתית, זווית חשיבה נוספות ואחרים שהעדיפו ידע עמוק בתחום אחד, ההעדפה תלויה בתפקיד.

העדפת לימודים רב תחומיים:

- חשוב שיוכשרו מעבר להכשרתם כמהנדסי מכונות, מזון וכימיה גם בתחומים משיקים כגון: כלכלה, ניהול, מערכות מידע וגם בתחומים רכים - מש"א, מנהיגות וכיו"ב.
- לתפקידי מו"פ ולתפקידי ניהול שנפתחים למועמדים חיצוניים (כאלה שלא מקודמים מתוך סגל העובדים) קיימת העדפה לבוגרי תואר שני עם ידע רחב או בוגרי תוכניות רב-תחומיות.
- נעדיף עובד בעל ידע רחב רב תחומי בשל הרצון לראיה מערכתית.
- למעט אם מדובר על משימה ספציפית הדורשת מומחיות מיוחדת, אעדיף עובד בעל כישורים רב תחומיים. ממילא תידרש העמקה ולימוד של הצרכים הספציפיים של תחום העיסוק/החברה וידע רחב יכול לתת זווית חשיבה נוספות.

העדפה לידע עמוק בתחום אחד:

- לרוב התפקידים ה"קלאסיים" (הנדסה, ייצור) ההעדפה היא הנדסאים/לבורנטים, או בוגרי תואר ראשון עם ידע עמוק בתחומי התפקיד.
- תלוי בתפקיד - יש תפקידים בהם עדיף עובד בעל ידע עמוק וספציפי - למשל גז, מיזוג אוויר ויש תפקידים בעיקר ניהול בהם עדיף רב תחומי.
- גם וגם. עובד עם תארים מתקדמים בעל תחום ספציפי ועובדים עם ידע רחב בתארים פחות מתקדמים. בכל מקרה עובד עובר תהליך הכשרה ספציפי לתחום. בפרמאצבטיקה עושים הכשרות ולוקח שנים עד שעובד הוא תפוקתי.

2. האם קיים פער בידע, במיומנויות ובצורך בהכשרה נוספת של עובדים שגייסתם לארגון, שלמדו בתוכנית חד תחומית לעומת עובדים שלמדו בתוכנית שמשלבת רב תחומיות?

המשיבים התייחסו בעיקר לפער בידע שאיתו מגיעים העובדים מהאקדמיה לתעשייה ופחות להבדלים בין תוכנית חד חוגית לרב תחומית.

- בד"כ האנשים משלימים ידע תוך כדי עבודתם, במיוחד אלו בעלי שאיפות וסקרנות.
- לא ניכרים פערי ידע. כן ניכרים פערי גישה ורוחב ראייה אצל עובדים שלמדו בתוכנית חד תחומית.
- אין פער כזה, משום שהלימוד המרכזי הנדרש מעובד שנקלט בחברה הוא בעיקר הצרכים הספציפיים של החברה. לידע התאורטי שנרכש בלימודים יש ערך מוגבל בלבד, שלדעתי חשוב פחות מסקרנות ויכולת הלימוד של האדם. אעדיף תמיד מישהו שניחן בתכונות אלה ואם מסלול הלימוד שלמד בו עודד אותו לכך - זה בהחלט יתרון.
- רוב המהנדסים שאנו קולטים באים עם ידע חד תחומי. לצערי מהמכללות מגיעים גם עם ידע דל. תמיד יש פער, אנו בתעשייה הפרצבטית מקבלים עובדים בעלי תואר ראשון שבקושי מכירים "את השפה", יש תהליך הכשרה ארוך, רק לאחר שנה העובד יותר אפקטיבי ולוקח שנים רבות לייצר מובילים של תחומים מסויימים כמו ניהול יצור.
- יש פער בידע כיוון שאין קורס באוניברסיטה או במכללה המכשיר בדיוק לתפקיד ולאופי הארגון, ידע צר ועמוק לתחומים מקצועיים - גם שם נדרשת הכשרה ארגונית. ידע רחב ובינתחומי לתפקידי ניהול ותפקידי רחב.

3. איזה נושאים רב תחומיים היית מעוניין/ת שיילמדו במהלך הלימודים לתואר ראשון, אשר עשויים לסייע לך בקליטת הבוגרים/ות בתפקידים השונים? האם יש הבדלים בנושאים הרב תחומיים שיש ללמד עבור תפקידים שונים בארגון שלך?

- נושאים הקשורים לתרבות אירגונית וניהול אנשים - העצמת עובדים, עבודת צוות, ניהול ללא סמכות, מנהיגות משתפת ונושאים הקשורים לתהליכים ארגוניים.
- ניהול פרויקטים (מצומצם, לא ברמה של מהנדסי תע"נ), סטטיסטיקה פרקטית (ובייחוד ניתוח נתונים, ותכן-ניסויים DoE מבוסס סטטיסטיקה). ספציפית לארגון שלנו: כימיה בסיסית, מטלורגיה בסיסית.
- האוניברסיטה לא צריכה להקנות לבוגריה ניסיון מעשי. ניסיון כזה הוא ספציפי מאוד וכולל לא רק אלמנטים מקצועיים אלא גם אלמנטים תרבותיים וחברתיים שניתן לרכוש רק במקום העבודה. גם אם יתנסו במקום מסויים, זה יקנה להם היכרות ספציפית בלבד שאולי תהיה שונה מאוד ואפילו תפריע למקום אחר. חשוב להקנות לבוגרים רקע תאורטי וידע בו יוכלו להשתמש במקום העבודה אבל גם את המיומנויות הנדרשות על מנת להתמודד עם אתגר חדש, סביבה מורכבת, ביקורת, התמדה והתנהגויות שיסייעו להם להשתלב ולהצליח בהמשך.
- לצערי פחות ופחות בוחרים בתעשייה מסורתית. קרנה של הכימיה הפרמצבטית יורד בארץ ואנו מקבלים פחות אנשים ורמתם נמוכה יותר. נראה כי כולם שואפים להיטק שלוקחת את הטובים.
- לתת להם כלים יישומיים, היום האקדמיה יותר מודעת לכך, ניסיון, ידע תיאורטי אקדמי וידע אקדמי יישומי רחב ככל שניתן.

4. האם הארגון שלך משקיע בלימודים לאורך החיים של המועסקים בו (למשל ע"י הקמת מסגרות לימוד בתוך הארגון, מימון של השתלמויות חוץ מפעילויות לעובדים ו/או לימודים על חשבון שעות העבודה)?

יש ארגונים שמשקיעים בהכשרות פנימיות ו/או חיצוניות, מסלולי התפתחות אישית, לימודים לאורך החיים ואילו בארגונים אחרים הנושא פחות מפותח

- בהחלט. הן בהכשרות פנימיות והן לימודים לתואר ראשון ושני.
- מעט מאוד. יש מעט הכשרות on-the-job. מנסה לעודד הליכת עובדים לכנסים מקצועיים. אין עידוד אקטיבי של ההנהלה.
- הארגון מנסה לפתח ולשפר את תהליכי העבודה ואת המיומנויות של העובדים דרך עידוד של מסלולי התפתחות אישית (לימודים, קורסים וכו') במימון חלקי של הארגון, קורסים והשתלמויות פנימיות, מסלולי פיתוח מנהלים, צוותי שיפור ועוד. לא מעט מזה הוא בעל ערך ספציפי לצרכי החברה וקשה לשכפול במקומות אחרים כאשר הערך העקיף לעובדים הוא בהתפתחות האישית הנובעת מהשתתפות באתגר.
- כל הזמן. הכשרות מיקצועיות של תכנון, הבטחת איכות, כימיה והדרכות ניהוליות. עובד מודרך לאורך כל שנותיו בארגון, מלימודים מיקצועיים, הכשרה מאד ספציפית בתחום, הבטחת איכות וכישורי ניהול. הזמן תמיד על חשבון העבודה ורוב הקורסים ממונים על ידי מקום העבודה כולל השתתפות בלימודי משפטים ותארים בניהול.
- בעיקר מימון השתלמויות חוץ מפעילויות.
- בהחלט, גם תארים ראשונים, שניים, לימודי תעודה והכשרות פנימיות. על חשבון העבודה, ומול התחייבות העובדים לעבודה - שנה עד שנתיים.

5. באיזה היקף שעות עבודה לחודש הארגון מוכן לעודד את העובדים שלו להשתתף בתכניות לימודים לאורך החיים?

- 1-5 שעות בשבוע (6)

6. איזה פעילויות נוספות היית רוצה לראות בכיוון של 'למידה לאורך החיים' בתחומי הידע והמיומנויות של העובדים האקדמאים בארגון?

- העמקה מקצועית פרקטית בתחומי עשייתם. הרחבה מקצועית פרקטית במקצועות משיקים. תוספת ידע במקצועות הנדסיים כלליים (ניהול פרויקטים וסטטיסטיקה פראקטית).
- לא בטוח שעיקר ההשקעה הארגונית צריכה להיות מכוונת לעובדים האקדמאים. עובדים כאלה מטבע הדברים ניחנים בכישורי למידה שהשימוש בהם תלוי בעיקר במוטיבציה הפנימית שלהם. תחומי ההתמחות והעניין של עובדים כאלה גם בתוך ארגון ספציפי שונים מאוד וקשה למצוא מכנה משותף

שיתאים לרבים. השקעה בתרבות ארגונית של למידה והתפתחות כדרך חיים, בין אם לעובדים אקדמאים ובין אם לעובדים אחרים, תגרום למוטיבציה ועידוד שמשמעותיים להמשך התפתחות והתמקצעות של כלל עובדי החברה.

- חדשנות, יצירתיות - אנו בתעשייה שמרנית ונכנסים לקבעון גם בגלל רגולציה. חדשנות ויזמות - התעשייה שלנו תקועה בשנות ה-40-60 מבחינת חדשנות.
- הכשרה פיננסית, לפחות להבין את מטרות העסק ומונחים בסיסיים כמו תזרים, הוצאות ומימון.
- עדכון בשינויים בעולם. בכל התחומים הרלוונטיים למקצוע ובכלל כאזרח ועובד מודרני תחומים מקצועיים - למשל רובוטיקה ופריז, תעשייה 4.0. איכות הסביבה - השפעות ואנרגיה ירוקה. עולם התעסוקה בימים אילו והתמורות החלות בו - מבחינה ניהולית והנעת עובדים והבנת העובדים. כלים אינטרנטיים והבנה על עולם מערכות המידע וחשיבותם - סייבר, ענן, מהירויות, 5G.

6.3 סיכום לשאלון

למנהלים בתעשייה נחוצים בעיקר עובדים בעלי ידע עמוק בתחום אחד ולכן, ההעדפה שלהם היא על פי רוב לגייס עובדים בעלי תואר ראשון, שלמדו בתוכנית חד תחומית. יש תפקידים שבהם יש צורך בעובדים שלמדו לימודים רב תחומיים בעיקר לתפקידי מו"פ או להמשך מסלול ההתפתחות של העובדים. תואר שני מהווה יתרון בעיקר לתחומים ספציפיים בהם נדרשת מומחיות.

התעשייה עדיין נשענת ברובה על עובדים שמגיעים מתוכניות חד תחומיות ולכן קשה למנהלים להתייחס להעדפה או לפערי ידע בין תוכניות חד תחומיות לרב תחומיות. הצורך ברב תחומיות עלה כאשר המנהלים התבקשו לפרט מקצועות שחשוב שיכללו בלימודי תואר ראשון.

במענה לשאלון מפורטות הפעילויות שהמנהלים ציינו שהיו רוצים לראות במסגרת הלימודים הרב תחומיים לתואר ראשון:

לכל המגזרים:

- נושאים הקשורים לתרבות ארגונית וניהול אנשים - העצמת עובדים, עבודת צוות, ניהול ללא סמכות, מנהיגות משתפת ונושאים הקשורים לתהליכים ארגוניים.
- קורס בנושא פיתוח עסקי- עקרונות ניהול פרויקטים, בקרה תקציבית, לוחות זמנים, עבודת צוות, הצגת נושא, חשיבה עסקית ויזמית וכו.
- סטטיסטיקה פרקטית (ובייחוד ניתוח נתונים, ותכן-ניסויים DoE מבוסס סטטיסטיקה).

להייטק:

- מקצועות ממדעי החיים, רקע שקשור למערכות ביולוגיות, אותות ביולוגיים, פיזיולוגיה וכדומה.
- אבטחת איכות, הנדסת מערכת ורגולציה.
- בינה מלאכותית, AI פרקטי ורובוטיקה.
- מדעי מחשב + מבואות להנדסת חשמל כולל תכן לוגי - לא רק תאוריה - שיגעו וילחימו ויתכננו בורדים.
- + מבואות מכאניקה כולל שרטוטי CAD
- העברה מפיתוח לייצור + מבוא להנדסת מערכת וניהול טכני הכולל בתוכו גם שילוב נושאים של תעשייה חכמה 4.0
- מתמטיקה/סטטיסטיקה למפתחים שמתעסקים ב Data science או אלגוריתמיקה ועיבוד תמונה למפתחים שעוסקים בראיה ממוחשבת. לשאר המפתחים מספיקה הכשרה בסיסית במדעי המחשב.
- נושאים הקשורים לשפות פיתוח, יכולות אפיון תהליכים
- נושאי הנדסת מכונות, חידושים טכנולוגיים, נושאי איכות המוצרים והסביבה.

לתעשייה מסורתית:

- כימיה בסיסית, מטלורגיה בסיסית.

תשתיות, אנרגיה וסביבה:

- בוגרי הנדסת מכונות לומדים קורסים מעטים בתחום חשמל (זרם חזק) ובקרה. יש צורך בחיזוק של תחומים המשלבים אלקטרומכניקה.
- הנדסת מיזוג אויר (קירור, אוירודינמיקה, הידראוליקה, מבנה מפוחים ומשאבות).

רוב הארגונים מוכנים לעודד את העובדים שלהם להשתתף בתכניות לימודים לאורך החיים בהיקף של 5-8 שעות שבועיות, בהיטק מספר השעות שהארגון מוכן להשקיע בכך רב יותר. הלימודים ניתנים לעובדים באמצעות הכשרות פנימיות ו/או חיצוניות, מסלולי התפתחות אישית ועוד. יש ארגונים שבהם קיימת פחות השקעה בנושא.

7. ראיונות

נערכו מספר ראיונות שמטרתם היתה להרחיב את ההבנה לגבי תוכניות הלימוד הרב תחומיות. הראיונות שהתקיימו:

1. פרופ' פרופ' ארנון בנטור- עמית מחקר בכיר במוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית, בטכניון. בשנים האחרונות פרופ' בנטור מוביל מהלכים בתחום חינוך מהנדסים, ובהם הקמת בית הספר הבינלאומי בטכניון, פיתוח תוכניות לשילוב חרדים בטכניון. במסגרת מוסד נאמן, פרופ' בנטור מוביל פרויקטים בתחום מדיניות לאומית, ובהם חינוך מהנדסים וקשרי אקדמיה-תעשייה והקים ומוביל את הפורום לחינוך מהנדסים במאה ה-21.
 2. ד"ר ליאת מעוז – יועצת הנשיא לתכנון אסטרטגי בעבר היתה יועצת במל"ג – לשכת הנשיא בטכניון.
 3. פרופ' דן גבעולי- דיקן ביה"ס לתארים מתקדמים ע"ש ג'ייקובס בטכניון.
 4. ד"ר גילה מולכו- אחראית תכנית מדעי נתונים בטכניון.
 5. עודד רוז- מנכ"ל לשכת המסחר ישראל-אמריקה.
- סיכום הראיונות מופיע בנספח לעבודה זו.

בנוסף, במהלך העבודה נעשו נסיונות רבים לראיין גורמים שונים במל"ג ובות"ת על מנת להכניס לעבודה זו את המדיניות שלהם לאישור הכשרות רב תחומיות במוסדות האקדמיים.

פנינו אל ד"ר נעמי בק - סמנכ"ל אסטרטגיה ובינלאומיות. ד"ר בק הפנתה אותנו אל מיכל נוימן - מ"מ מנכ"ל מל"ג/ות"ת. שלחנו מספר מיילים בבקשה לראיין – עד לכתיבת דוח זה לא קיבלנו מענה.

ערכנו ראיון עם ד"ר ליאת מעוז שכיום מכהנת כיועצת הנשיא לתכנון אסטרטגי בלשכת הנשיא בטכניון. בעבר ליאת מילאה מספר תפקידים במל"ג-ות"ת (ראש היחידה לפרויקטים, סמנכ"לית בינלאומיות ועוד).

נושאים מרכזיים שעלו בראיונות:

- בראיון עם פרופ' ארנון בנטור קיבלנו סקירה של הפעילות שמוביל ארנון בנושא הכשרות מהנדסים ולימוד לאורך החיים שעוסקים גם הם בנושא הכשרות רב תחומיות ולכן הוחלט לשלב את הפעילות של שתי קבוצות המחקר במוסד נאמן דבר שהוביל להעברת ידע, הפצת שאלון מחקר משותף ודיונים משותפים לקידום הנושאים.
- בראיון עם ד"ר ליאת מעוז קיבלנו סקירה של הנושאים הנוגעים בהכשרות רב תחומיות בהם עוסקים במל"ג ובות"ת. הפעילות לקידום מיקרו תארים במוסדות האקדמיים ונושא ההכשרות הרב תחומיות בטכניון.
- בראיון עם פרופ' דן גבעולי קיבלנו סקירה לגבי התוכניות הבין יחידתיות לתארים מתקדמים בטכניון. היתרונות והחסרונות בשילוב של פקולטות רבות השותפות לכל תוכנית.
- הראיון עם פרופ' עודד רוז סיפק מידע לגבי פרויקט המיקרו תארים- שתי אוניברסיטאות בסימסטר אביב קיימו את תוכנית המיקרו תארים. בטכניון נקרא קדם מגיסטר ובאוניברסיטת ת"א מיקרו-מאסטר בפקולטה להנדסה. התעשייה מאוד רוצה את המיקרו-תארים. תואר ממוקד שמתאים לעובדים שמעוניינים ללמוד. עובד יכול לעשות מיקרו שיוכר לו להמשך לימודים לתואר שני. כרגע זה קורה בשטח אך לא מוכר ע"י המל"ג.
- הראיון עם גילה מולכו נתן תמונה של תוכנית רב תחומית לתואר ראשון במדעי הנתונים. בפקולטה נלמדים שלושה מקצועות עיקריים – תעו"נ, מערכות מידע והנדסת נתונים ומידע. כולם מקצועות מולטידיסציפלינריים. מתקיים שת"פ עם צה"ל ועם התעשייה. מהר מאוד התברר שתחום מדעי הנתונים אינו תוכנית בתוך מדעי המחשב אלא תחום בפני עצמו.

8.1 סיכום

1. למנהלים בתעשייה נחוצים בעיקר עובדים בעלי ידע עמוק בתחום אחד ולכן, ההעדפה שלהם היא על פי רוב לגייס עובדים בעלי תואר ראשון, שלמדו בתוכנית חד תחומית. יש תפקידים שבהם יש צורך בעובדים שלמדו לימודים רב תחומיים בעיקר לתפקידי מו"פ או להמשך מסלול ההתפתחות של העובדים. תואר שני מהווה יתרון בעיקר לתחומים ספציפיים בהם נדרשת מומחיות או למשרות מחקר.
2. מנהלים בתעשייה ציינו את ההרחבות שהיו רוצים לראות במסגרת התואר הראשון.

הנושאים שצריכים להינתן לכל התחומים:

- נושאים הקשורים לתרבות ארגונית וניהול אנשים - העצמת עובדים, עבודת צוות, ניהול ללא סמכות, מנהיגות משתפת ונושאים הקשורים לתהליכים ארגוניים.
- קורס בנושא פיתוח עסקי- עקרונות ניהול פרויקטים, בקרה תקציבית, לוחות זמנים, עבודת צוות, הצגת נושא, חשיבה עסקית ויזמית וכו.
- סטטיסטיקה פרקטית (ובייחוד ניתוח נתונים, ותכן-ניסויים DoE מבוסס סטטיסטיקה).

להייטק:

- מקצועות ממדעי החיים, רקע שקשור למערכות ביולוגיות, אותות ביולוגיים, פיזיולוגיה וכדומה.
- אבטחת איכות, הנדסת מערכת ורגולציה.
- בינה מלאכותית, AI פרקטי ורובוטיקה.
- מדעי מחשב + מבואות להנדסת חשמל כולל תכן לוגי - לא רק תאוריה - שיגעו וילחימו ויתכננו בורדים.
- + מבואות מכאניקה כולל שרטוטי CAD
- העברה מפיתוח לייצור + מבוא להנדסת מערכת ולניהול טכני הכולל בתוכו גם שילוב נושאים של תעשייה חכמה 4.0
- מתמטיקה/סטטיסטיקה למפתחים שמתעסקים ב Data science או אלגוריתמיקה ועיבוד תמונה למפתחים שעוסקים בראיה ממוחשבת. לשאר המפתחים מספיקה הכשרה בסיסית במדעי המחשב.
- נושאים הקשורים לשפות פיתוח, יכולות אפיון תהליכים
- נושאי הנדסת מכונות, חידושים טכנולוגיים, נושאי איכות המוצרים והסביבה.

לתעשייה מסורתית:

- כימיה בסיסית, מטלורגיה בסיסית.

תשתיות אנרגיה וסביבה:

- בוגרי הנדסת מכונות לומדים קורסים מעטים בתחום חשמל (זרם חזק) ובקרה. יש צורך בחיזוק של תחומים המשלבים אלקטרומכניקה.
- הנדסת מיזוג אויר (קירור, אירודינמיקה, הידראוליקה, מבנה מפוחים ומשאבות).

3. בחינת תמונת המצב של ההכשרות הרב תחומיות לתואר ראשון בשלושה מוסדות אקדמיים: בטכניון, באוניברסיטת ת"א ובאוניברסיטת בן גוריון בנגב העלתה:

- **שבטכניון** המבנה הפקולטי החד תחומי נשמר ברובו וקיימת מעט מאוד רב תחומיות גבוהה (4 תוכניות) שהוכנסה בשילוב עם לימודי רפואה. רב תחומיות בתואר ראשון ניתנת בעיקר בתוכניות לימודים דו מחלקתיות. רוב המסלולים הרב תחומיים בטכניון הינם בעלי רב תחומיות נמוכה ובינונית.
- **באוניברסיטת תל אביב** יש את המספר הרב ביותר של תוכניות לימוד רב תחומיות בין המוסדות האקדמיים שבחנו (39 תוכניות) וכן את המספר הרב ביותר של תוכניות לימוד בעלות רב תחומיות גבוהה- הנושא של שילוב מדעים והנדסה עם מדעי הרוח והחברה מקבל ביטוי בתוכניות הלימוד. רוב התוכניות הרב תחומיות הן דו מחלקתיות.
- **באוניברסיטת בן גוריון בנגב** רוב התוכניות בעלות רב תחומיות בינונית ולרוב הלימודים בתוכניות הרב תחומיות הן לתואר כפול.

בטכניון, נעשה מיפוי נוסף של ההכשרות הרב תחומיות לתארים מתקדמים שהראה שבתארים המתקדמים ניתנות תוכניות לימוד רב תחומיות רבות במסגרת בית הספר לתארים מתקדמים. התוכניות ומבוססות על התאגדויות של מספר פקולטות, המעניקות תואר אחד המשלב למספר תחומים.

בנוסף, לגבי עשרה תחומים וטכנולוגיות מפציעות שזוהה במסגרת העבודה שבוצעה בשלבים קודמים של המחקר, נבחנו מהן השלמות הידע, שנדרשות במהלך התואר הראשון, כדי להכשירם ועל מנת לסגור פערים הנדרשים עבור ההון האנושי בתעשיות המפציעות.

8.2 המלצות

1. תוכניות הלימודים לתואר ראשון צריכות להישאר במתכונת שמאפשרת העמקה בתחום אחד או שניים ולכלול הרחבה של תשתיות בסיסיות. יש הרחבות שנחוץ שיכללו בכל תוכניות הלימודים לתואר ראשון כגון אוריינות דיגיטלית (שפות תכנות, AI, Big data) והרחבות שצריכות להינתן בהתאם לתחומים הספציפיים. נושאים אלה צריכים להיבחן בחשיבה אסטרטגית על תוכנית הלימודים שתעשה ע"י כל אחת מהפקולטות.
2. נושאים רב תחומיים צריכים לרוב להילמד במסגרת לימודי המשך של עובדים, אם במסגרת תואר שני, מיקרו תארים, קורסים באקדמיה ועוד.
- העברת נושאים מסוימים שנלמדים במסגרת התואר הראשון ללימודי המשך LLL יכולה לאפשר הכנסת תכנים שנחוץ שילמדו במסגרת התואר הראשון.
3. יש להרחיב את המחקר הנוכחי בכל האפיקים שנחקרו וזאת על מנת למפות את המצב הקיים מבחינת הכשרות רב תחומיות במוסדות אקדמיים נוספים, מיפוי לימודים רב תחומיים לתארים מתקדמים בנוסף, יש לבחון את נושא לימודי התשתיות הבסיסיות בבתי הספר התיכוניים כהכנה ללימודים האקדמיים.
- בנוסף, כדאי להרחיב את אוכלוסיית המחקר שהשיבה על השאלון כך שתכלול מנהלים בתעשייה בתחומים נוספים וכן את מגוון המרואיינים על אלה שנכללו בעבודה הנוכחית.
4. לגבי טכנולוגיות מפציעות- כדאי להמשיך לבחון ולקדם את החסרים שעולה שקיימים בהכשרות מפציעות. הנושא נבדק בעבודה הנוכחית רק לגבי הטכניון.
5. ממצאי העבודה הנוכחית יכולים לתרום לקובעי מדיניות ולועדות המולמו"פ והמלצותיה יכולים להיות מקודמים במסגרתן.

9. נספחים : סיכומי ראיונות

9.1 סיכום ראיון עם פרופ' ארנון בנטור – עמית מחקר בכיר במוסד שמואל נאמן

תאריך: 15.6.21

פרופ' בנטור מציע שנערוך מיפוי של התוכניות הרב תחומיות השונות לתואר ראשון ולתארים מתקדמים.

המיפוי צריך להתייחס לדרגות שונות של רב תחומיות:

- בין דיסציפלינות קרובות
- בין דיסציפלינות הנדסיות
- בין דיסציפלינות הנדסיות קרובות
- בין דיסציפלינות מדעיות קרובות (כדוגמת כימיה וביולוגיה)
- בין דיסציפלינות רחוקות כמו מדע והנדסה
- בין דיסציפלינות של מדע והנדסה בשילוב עם מדעי הרוח והחברה- קיים באוניברסיטת ת"א (למשל מדעים דיגיטליים עם מדעי הרוח והחברה מסלול של 5 שנים).

פרופ' בנטור עוסק בשאלה האם צריך במקצועות היסוד לתת הרחבה רב תחומית בנושאים כגון: מדעי הרוח והחברה או של digital engineering על מנת שיהיו בסיס להרחבה בעתיד. זו סוגיה שאיננה מטופלת.

בלימודים שהם רב תחומיים צריך דיסציפלינה אחת מרכזית שנלמדת ביסודיות וצריך לתת הכשרה ולהרחיב מעבר לתחום הנלמד במקצועות נוספים. נשאלת השאלה האם היכולת להרחיב צריכה להיות במסגרת דיסציפלינת היסוד או צריכה להינתן בתחומים האחרים. למשל כאשר מישהו לומד ביולוגיה ומעוניין להמשיך לביואינפורמטיקה כבר בתואר בביולוגיה צריך לתת הכשרה במקצועות יסוד בנושאים דיגיטליים. יש צורך ליצור איזון בין התחומים.

פרופ' בנטור ממליץ לראיין:

- את הדיקן לתוכניות בין יחידתיות לתארים מתקדמים בטכניון. לשאול איזה חסמים יש לקידום תוכניות רב תחומיות?
- לבצע ראיונות עם מספר בוגרים של התוכניות הבין-יחידתיות (האם התכנית נתנה להם יתרון?)
- לבדוק מה קיים בחו"ל

לבדוק עם התעשייה. יכול להשתנות מתעשייה לתעשייה- מציע להשתמש בסיווג הלמ"ס: שרותי הייטק (רוצים מניסיון בוגרי מדעי המחשב), תעשיות הייטק (מייצרות ולכן פחות מדעי המחשב ויותר צורך במהנדסי חשמל, מכונות, חומרים, תעו"נ) ותעשיות מעורבות.

(האם ההכשרה בתוכניות האלה עונה על צרכי התעשייה? האם עובדים אצלם בוגרים של התכניות?). לפי פרופ' בנטור התעשייה משדרת מסר כפול- מצד אחד מעוניינת בבוגרים עם זמן הכשרה קטן או ללא צורך בהכשרה, מצד שני – עוד 5 שנים התחום יכול לרדת ואז לא יהיה לבוגרים האלה ביקוש בתעשייה.

מה הפוטנציאל לשיתופי פעולה בין אוניברסיטאות? אוניברסיטת ת"א לא צריכה היות שלומדים בה את כל המגוון.

פרופ' בנטור מציע לרכז מאמצים:

במיפוי של תוכניות רב תחומיות בארץ ובחו"ל- למפות עפ"י תחומים קרובים עד רחוקים מבחינת התוכן. מה ניתן להסיק מהמיפוי? איפה יש התאמות ומה חסר? על מנת שנוכל להצביע על 4-5 תחומים שזיהינו שבהם צריך להעמיק.

לבצע מספר ראיונות בתעשייה- לתת פרופילים של הכשרת בוגרים במסלולים רב תחומיים ולשאול האם יש יתרון ללימודים רב תחומיים או שמספיק הרחבת לימודי יסוד על מנת שמומחים מתחומים שונים ידעו לדבר אחד עם השני? האם צריך לשנות את לימודי היסוד בצורה משמעותית כדי לאפשר את הרב תחומיות?

לבצע מספר ראיונות עם בוגרים של תוכניות רב תחומיות ולשאול האם היה קל/קשה בלימודים? איך התעשייה מתייחסת להכשרה שקבלו?

9.2 סיכום ראיון עם ד"ר ליאת מעוז – יועצת הנשיא לתכנון אסטרטגי – לשכת הנשיא בטכניון

תאריך הראיון: 4/7/2021

משתתפות: ד"ר ליאת מעוז, ד"ר דפנה גץ, ורד גלעד, ציפי בוכניק

האם למל"ג יש מדיניות בנושא של תוכניות לימוד מולטידיסציפלינריות באקדמיה?

לדברי ליאת, עד לפני שלוש שנים בהם היא הייתה במל"ג היא לא זוכרת שהיה דיון בצורך ברב תחומיות בהכשרה. לדברי ליאת היא לא מכירה מדיניות רחבה בנושא אך יש דברים נקודתיים. דיון לפי נושאים ספציפיים למשל הכשרה להייטק – עלה צורך בעובדי הייטק נוספים – הקימו ועדה גדולה במסגרת ות"ת. חלק מההמלצות היו להוסיף תוכנית לימודים קצרה (חצי תואר) – בוגרי תואר ראשון, למשל בכלכלה או משפטים, יוכלו לקחת 60 נקודות בנושאים שונים הקשורים להייטק (כשליש תואר) וזה יקנה להם את האפשרות לעבוד בענפי היייטק. לא ניתן להעניק רק את החצי התואר בהייטק. מי שיש לו תואר ראשון יוכל לקבל עוד תחום למשל – משפטים והייטק. לדוגמה בת"א יש מסלולים לחוג לאחר תואר¹⁴.

דבר נוסף שות"ת מל"ג מאוד קידמו הם מרכזי היזמות – תוכנית גדולה עם השקעה גדולה של המל"ג. בהתחלה זכו 3 מאגדים לאחר מכן גויסו תקציבים נוספים ואושרו מרכזים נוספים ונפתחו מרכזי יזמות והגידרו אותם בצורה רחבה מאוד כדי לייצר רב תחומיות, כישורים רבים ולהעשיר את הסטודנטים בנושאים הקשורים ליזמות¹⁵.

דוגמה נוספת היא למשל קידום מדעי הרוח, קוונטים ומדעי הנתונים – יצאו דוחות שמבקשים לייצור הכשרה רחבה יותר לסטודנטים. לדוגמה הייתה ועדה של מדעי הנתונים שבראשה עמד יאיר בנימיני ועוד ועדה של תל"ם ושל האקדמיה והמליצו לשנות את רמת ההכשרה וגם להעניק אוריינות דיגיטלית בסיסית ואז בדרך כלל ות"ת מפרסמת קול קורא ומי שמעוניין ניגש לקול קורא ויכול לקבל תקציבים.

אשכולות – ות"ת פרסם קול קורא – משלב בין הצעות לקדם לימודים דיגיטליים להצעות לקדם מסגרות לימוד שיהפכו להיות בסוף מיקרו-תואר או תואר מקוצר לבין הצורך ליצור רב תחומיות. יצאו עם קול קורא שבו ביקשו מהאוניברסיטאות להציע אשכולות של קורסים – 2-3-6 קורסים סביב תמה מסוימת והמיומן ניתן על ידי ות"ת בתנאי שיש להם רכיב דיגיטלי (מוקד, היברידי, תואר ראשון או שני) – ותת משתמשת במיומן כדי ליצור אשכולות כאלה. הרעיון שניתן יהיה לקבל הכשרה בתמות מסוימות ולהרחיב את הידע וליצור ידע רב תחומי. מל"ג לא הגדירו איך ישתמשו באשכולות האלה. הרעיון הוא שכשהיו אשכולות משמעותיים סביב תחום מסוים הם יוכלו לשמש גם כתחליף לקורסי העשרה וגם יוכלו להפוך למין הכשרת "מיינור" בתחום נוסף לסטודנטים או מיני תואר.

למשל, באוניברסיטת תל אביב לקחו את כל התארים השניים ופירקו אותם למודולים וניתן להציע גם לאנשים מתחומים אחרים וגם להכשרות המשך לאנשים בתעשייה. (תוכניות שנקראות גם קדם מגיסטר/מיקרו מאסטר).

לימודי העשרה – להציע לסטודנטים למידה משולבת התנסות – חלק מנקודות הזכות בתואר – יחידות של התנסות (תעשייה, מגזר שלישי וכד').

בדרך כלל מל"ג לא מתערבת במה שהמוסדות האקדמיים מציעים – משאירה למוסדות לקבוע כיווני המשך ללימודים, תארים חדשים וסוג ההכשרה. פעמים רבות צרכי הסטודנטים ודרישות המשק מכתבים תוכניות ועדכון לימודים.

ות"ת מתערבת כאשר תוכניות רדודות מדי – לדוגמה "מדעי המים" – היתה ביקורת שזאת לא דיסציפלינה – אוסף קורסים שלא באמת צריכים להיות מוגדרים כתואר. במקרים כאלה המל"ג כן מחליט – אבל זה מאוד מינורי.

¹⁴ בעלי תואר "בוגר אוניברסיטה" או "מוסמך אוניברסיטה" בציון 80 ומעלה בדיסציפלינה שאינה ביולוגיה, יוכלו ללמוד ביולוגיה כחוג לימודים אחד נוסף במסגרת התכנית הדו-חוגית. תכנית הלימודים כוללת 80 ש"ס (פרוט ראה בתכנית הלימודים של המסלול לביולוגיה עם חוג נוסף). עם סיום לימודיו יקבל התלמיד תעודה המאשרת שהתלמיד השלים את כל חובותיו האקדמיים בביולוגיה כחוג אחר מתכנית דו-חוגית לתואר ראשון. תעודה זו מקנה זכות להמשיך בלימודי התואר "מוסמך אוניברסיטה" בביולוגיה (כפוף לתנאי הקבלה). <https://lifesci.tau.ac.il/yedion/biology-post-ba>

¹⁵ מרכזי יזמות וחדשנות במוסדות להשכלה גבוהה – קול קורא של המל"ג

מרכז חדשנות ויזמות בטכניון

מרכז היזמות באוניברסיטת תל אביב

בדרך כלל יש לאוניברסיטאות "אוטונומיה אקדמית" – לא צריך אישור מל"ג לתוכניות חדשות. מה שלא בגדר האוטונומיה כן דורש אישור מהמל"ג.

ליאת ממליצה שנראיין את עודד רבינוביץ – משנה בכיר לנשיא הטכניון; וחוסם חייאק – דיקן לימודי הסמכה.

בעבר המל"ג עבד במתווה רב שנתי של חמש שנים זה השתנה והיום המל"ג כבר לא עובדים כך.

האם קיימות תוכניות רב תחומיות שהם בשיתוף בין אוניברסיטאות ?

בעבר הייתה תוכנית של מל"ג בשיתוף עם יד הנדיב לייצר תוכנית במדעי הרוח בין אוניברסיטאות – זה לא הצליח – לא היו מספיק נרשמים – זה מייצג. לדברי ליאת היא לא מכירה תוכניות רב-תחומיות בין אוניברסיטאות לתואר.

האם יש שיתוף פעולה עם התעשייה?

שואלים את התעשייה באופן סדור מה הם צריכים וכן מכניסים את זה לקורסים.

אינטל פנו לטכניון במסגרת LLL בבקשה להכשרות בנושא בינה מלאכותית ולמידת מכונה ובעקבות הפניה הוקם פיילוט- מסלול קדם מגיסטר שמכשיר בנושאים אלה. זה קרה גם בתל אביב

יש פורום שלם שעוסק בתחומים אלה – ליאת ממליצה לפנות לעודד רוז – ראש לשכת מסחר ישראל אמריקה. בפורום משתתפות תעשיות שונות כולל מנכ"ל אינטל – יניב גרטמן. הם בנו תוכנית של צרכי התעשייה מהאקדמיה. למשל הצורך בהכשרות בחלקי תארים ב- AI- הוקמה ועדה שבראשה ישבה אורנה ברי וגם ליאת הייתה שותפה בוועדה. נכתב מסמך שכלל מה הם צרכי התעשייה, איזה פרופילים של תפקידים ואיזה הכשרות נדרשות. בות"ת יש אגף שנקרא תכנון – הם היו אמורים להסתכל על צרכי המשק גם כמותית וגם איכותנית ולתת המלצות ותמריצים ות"תים. יש דברים נקודתיים שעלו אבל היום זה לא נעשה. ופניות כאלה באות מבחוץ – משרד הבריאות משרד הכלכלה. כשזה מגיע מבחוץ זה מטופל.

עודד רוז יוכל לשלוח את הדוח של בינה מלאכותית אבל כדאי לראיין אותו.

המעורבות של מל"ג גדולה יותר במכללות מאשר באוניברסיטאות.

הטיפול ברב תחומיות בטכניון

הטכניון מעוניין לתת תואר ייחודי. הרעיון של הטכניון באסטרטגית השווק הוא למצוא את הייחוד בתארים שרק הטכניון יכול להעניק. הטכניון מתמקד בסטודנטים שעתידיים להיות השכבה המובילה במשק.

לאסטרטגיה הזאת יש השלכות על ההכשרות ועל תוכניות הלימוד והחינוך. הטכניון רוצה להציע יותר תוכניות בין-תחומיות ותארים כפולים.

לדוגמה התואר של ה-MD PHD – תואר שמכשיר רופאים לא רק לטיפול אלא גם בתחומי ההנדסה כך שיוכלו לעשות דברים ייחודיים. תחומים שמשלבים מדע עם הנדסה, שילוב של הנדסה עם רפואה וכד'

גם בתואר הראשון רוצים אלמנטים נוספים מעבר לעומק מקצועי אלא גם הקונטקסט שהם יפעלו בו. שתהיה להם הכשרה בנושאים שיעזרו להם לקבל החלטות בתפקידים בכירים שהם יגיעו אליהם – הם ידעו לקבל אותם מתוך ידע כלכלי, אתי חברתי ועוד. ולכן רוצים שכל בוגר יקבל ידע בתחומים האלה. בונים אשכולות שתהיה בהם גם הכשרה של מדעי הרוח והחברה, אתיקה, היסטוריה, הנדסה, סביבה, אוריינות דיגיטלית ועוד. המטרה שלבוגר תהיה הבנה בסיסית של העולם בו הולך לעבוד.

דבר מהותי נוסף הטכניון הגדיר 3-4 חזיתות שהוא הולך לפעול בהם בעשור הקרוב: בריאות האדם – פועלת כבר כשנה, קיימות ואנרגיה בת קיימא ותעשייה דיגיטלית.

הרעיון הוא לשלב את כל הפקולטות בחשיבה על פיתוח אתגרי המאה ה-21. המטרה שיוכנו תוכניות בין תחומיות שמתמקדות באתגר ולא רק בדיסציפלינות.

9.3 סיכום ראיון עם פרופ' דן גבעולי- דיקן ביה"ס לתארים מתקדמים ע"ש ג'ייקובס בטכניון.

בעבר כל פקולטה הסכימה לקבל לתואר שני רק את בוגרי הפקולטה שלה לתואר ראשון ומועמדים מפקולטות אחרות נדרשו להרבה מאוד קורסי השלמה מתואר ראשון ולא יכלו לקבל מלגות בתקופת ההשלמות.

התוכניות הבין-יחידתיות פתרו את הסוגיה הזו מעצם הגדרתן הסטודנט לא צריך להגיע מתואר ראשון בדיסיפלינה מסוימת, היות שתחומי התוכניות הם אינטר-דיסיפלינאריים, ולכן ניתן להתקבל אליהן כמעט מכל רקע.

בנוסף, יש תקנה שסטודנט שעשה תואר ראשון תלת שנתי "מדעי" ורוצה תואר שני בפקולטה הנדסית, צריך הרבה מאוד השלמות. התוכניות הבין יחידתיות פותרות סוגיה זו. השתייכות לתוכנית כזו פותרת מהשלמות, היות שהן מוגדרות כתוכניות מדעיות ולא הנדסיות, מבחינת התקנות.

סיבות נוספות שהובילו להקמת התוכניות הבין-יחידתיות: נושאים חמים כמו ננו, אנרגיה, שהיו מטופלים בפקולטות אבל היתה תחושה שצריך לשים עליהם דגש ובנוסף, המדינה ותורמים היו מוכנים לתת מנוף לגיוס כספים.

למשל בתוכנית האנרגיה, התחילו עם תקציב גדול שאפשר לתת מלגות. משרד האנרגיה תמך. בתוכנית הננו היתה תמיכה של שמעון פרס שגייס כספים ותרומה של ראסל ברי.

ההתחלה של תוכנית נוצרת כשהנהלת הטכניון וביה"ס לתארים מתקדמים מדברים על צורך. יש בז באויר והרבה גרנטים. היום הנושא Deep learning במדעי המחשב. יש כל פעם נושא מדובר בעולם והטכניון מעוניין למנף, היות שיש תחרות עם אוניברסיטאות בארץ ובעולם.

קיימים מתחים בין הפקולטות לתוכניות, שכן הפקולטות מרגישות שלוקחים להם סטודנטים מעולים.

סטודנטים מעדיפים לפעמים תוכנית בין תחומית על לימודים בפקולטה, היות שבתוכניות היו יותר כספים למלגות ורצו להיות פחות כבולים לפקולטה אחת.

התקציבים הסתיימו ולכן מכאן ואילך מה שיקבע זה אטרקטיביות המחקר הבין-תחומי.

לתוכניות הבין-יחידתיות אין חברי סגל. כל חבר סגל משויך לפקולטה. מחקר בין תחומי יתאפשר לסטודנט שהמנחה שלו מבצע מחקרים כאלה. וזה קיים גם בפקולטות.

היתרונות של התוכניות הבין-תחומיות, שהן מאפשרות גמישות רבה יותר מבחינת לקיחת קורסים וכדו'.

9.4 סיכום ראיון עם עודד רוז- מנכ"ל לשכת המסחר ישראל-אמריקה

תאריך הראיון: 14/7/2021

משתתפות: עודד רוז, ד"ר דפנה גץ, ורד גלעד, ציפי בוכניק

לשכת מסחר ישראל-אמריקה הינה גוף פרטי הכולל כ-250 חברות שמהוות יחד כשליש מהכלכלה הישראלית.

פרויקט מיקרו-תארים צמח מפעילות שהחלה לפני 3 שנים שהסתכלה על איך יראה עולם העבודה העתידי לאור כניסת טכנולוגיות חדשות כגון AI, רובוטיקה ואוטומציה שהחברות מביאות ושגורמות לשינויים דרמטיים בעולם העבודה. כ-30% מסוגי העבודות שמדובר שיעלמו ב-10-15 השנים הבאות וכ-50% נוספות שישתנו ואיך החברות צריכות להתחיל להתכונן לזה?

בתחילה החל פרויקט של כ-10 החברות המובילות במשק: אינטל, גוגל, מיקרוסופט ועוד. כ-80 מתנדבים אליהם הצטרפו משרד העבודה, משרד החינוך, כלכלה, אוצר, מל"ג, ות"ת, ראש אכ"א, ג'וינט, קרן רש"י ועוד. עסקו ב-4 תחומים: כישורים ומיומנויות- כיום קורות חיים נותנים רקע לימודים ועבודה ולא על כישורים ומיומנויות וניסו לשנות את זה. 2. פלטפורמות להכשרה- איך לייצר פלטפורמות נוחות שאפשר להגיע אליהן מכל מקום להכשרות. 3. מודל עבודה גמיש- בעיקר מבחינת מספר עבודות מהנדס שרוצה למשל ללמד בתיכון. פיתחו מודל שמאפשר את זה. רווח לעובד במיצוי העצמי שלו ושמירת רמת שכר. 4. למידה כדרך חיים- פנו לד"ר אורנה ברי שהובילה קבוצה שכללה חברות שעוסקות ב-AI שבו רצו לעשות פיילוט. בחברות יש דרישה עצומה לכ"א שחסר בתחום הזה. יצא דו"ח בנושא מיקרו-תארים.

ממשיכים לעסוק בתפר שבין האקדמיה לתעשייה. יש קבוצה של אנשים בכירים מהתעשייה ומהאקדמיה שמסתכלת על הצורך הדחוף להנדסי VLSI.

שתי אוניברסיטאות בסימסטר אביב קיימו את תוכנית המיקרו תארים. בטכניון זה נקרא קדם מגיסטר ובאוניברסיטת ת"א זה נקרא מיקרו-מאסטר בפקולטה להנדסה. לקחו את המודל והשיקו 2-3 תוכניות בהנדסה.

התעשייה מאוד רוצה את המיקרו-תארים. רמה גבוהה של המרצים הטובים באוניברסיטאות והתואר ממוקד ומתאים לעובדים שמעוניינים ללמוד. עובד יכול לעשות 5 קורסים לעשות מיקרו תואר. אח"כ יוכל להמשיך לתואר שני ולימודי התואר השני יוכרו כחלק מימנו. כרגע זה קורה בשטח אך לא מוכר ע"י המל"ג.

הרעיון הוא הצורך הגדול של התעשייה ספציפית ב-AI אבל נכון לתחומים נוספים כמו סייבר ו-VLSI. מנהלים רוצים לקחת מהנדסים ולהכשיר אותם במיקרו תואר שמאפשר גם למידה מרחוק וגם מותאם יותר לעובדים כי לא יוכלו לעזוב לשנתיים לימודים.

בארה"ב יש תוצאות קורה בכמה אוניברסיטאות מובילות כבר כמה שנים. הדעות חלוקות וקשה להשוות לארץ.

עודד עצמו למד בתוכנית הבין תחומית לפני 30 שנה. שם האמינו שהידע מתפתח על התפר שבין תחומים. זה נכון בחלק מהמקרים. הבסיס נלקח מכמה תחומים אבל כולם עשו עבודה בתואר שני ושלישי שהייתה בין תחומית והתבססה על הרקע שנלמד בקורסים בשנתיים הראשונות. הבסיס היה יותר מתחום אחד והעבודה אח"כ הייתה בין תחומית.

בסיום מיקרו תואר מקבלים תעודה של סיום קדם מגיסטר. באוניברסיטאות אומרים שזה יוכר להמשך תואר שני מלא.

עודד אומר שאין סיבה שמהנדס לא ילמד קורסים ברפואה או רופא שלמד מחשבים והנדסה ואז להבין מה הבעיות של התחום. בינה מלאכותית מאפשרת להבין מה הבעיה ואיך הנתונים מסודרים ויכולים לעזור. המקור לנתונים שונה אבל אתה צריך להבין את הדומיין אם הנתונים מספיק ממפים את הבעיה.

נתנו דוגמא איך יראו התכנים במיקרו תואר. הציעו 3 סוגי תכנים במיקרו תואר ב-AI. לדעתו של עודד רז צריך את המיקרו-תארים. הוא מאמין שזה התחלה של גל. הדו"ח יצא, שתי אוניברסיטאות התחילו וזה נשלח לשאר נשיאי האוניברסיטאות.

כל הנושא של למידה כדרך חיים חייבת לדעתו להיות על סדר היום של הממשלה. אם לא נשכיל לעשות זאת אנשים ישארו מאחור. צריכה להיות סביבה שמעודדת ללמוד. שחברות ששולחות עובדים ללמוד יקבלו תמריצים, שהעובדים יקבלו תמריצים.

מימצאי הוועדה במיקרו-תארים מופיעים בדוח "גיבוש תשתית לתוכנית פעולה לקידום יישום מודלים של מיקרו-תארים בישראל" (בנטור ואחרים, 2020).¹⁶

9.5 סיכום ראיון עם ד"ר גילה מולכו- אחראית תכנית מדעי נתונים בטכניון

תאריך הראיון: 1/8/2021

משתתפות: ד"ר גילה מולכו, ד"ר דפנה גץ, ורד גלעד, ציפי בוכניק

בפקולטה להנדסת תעשייה וניהול 54 חברי סגל שחוקרים בתחומים מגוונים כמו סטטיסטיקה, אופטימיזציה, מתמטיקה, פסיכולוגיה, מדעי המחשב – כולם תחת קורת גג של הפקולטה להנדסת תעשייה וניהול. נוצרים חיבורים כי זו פקולטה מולטי-דיספלינרית.

בתחילת התוכנית לקחו דוקטורנטים שילמדו Data science שעשו דברים חדשניים פורצי דרך ומתוך המחקר שלהם הבשילה ההבנה מה צריך ללמד, שאפשרה ללמד מאסטר במדעי הנתונים.

מעל 10 שנים היו דוקטורנטים ומסטרנטים ב-Data science (DS) ולאט לאט נקלטו חברי סגל מהתחום. כדי להקים תוכנית שתכשיר מהנדסי נתונים ומידע (DS) יש צורך בסטטיסטיקה, אופטימיזציה, צריך לספק הכל inhouse ולומר ש-DS הוא מקצוע ואפשר להכשיר מהנדס בתחום. צריך מוחות חריפים – מתמטיקה ברמה גבוהה, תכנות ברמה גבוהה, איך משכנעים אנשים לבוא ללמוד מקצוע שלא מכירים. זה מצריך מאבקים להכניס לתודעה – מי שעובד בתעשייה שמע את ה-BUZZ אבל זה לא מוכר באקדמיה – היו מאבקים – להכניס לתודעה, לבנות תוכניות לימוד/סילבוסים, לקבל אישור מהמל"ג.

זה התחיל לפני שבע שנים. קודם כל לקחנו שלושה סטודנטים מוכשרים (דור 0) ו"הרצנו" עליהם תוכנית של DS – וזה היה "וואו" גם מהתעשייה קיבלנו פידבק שזה נכון למה שצריך, שזה לא תחום בתוך מדעי המחשב אלא

¹⁶ בנטור, א., זונגשיין, א., פורטונה, ג., דיין, ת. (2020). גיבוש תשתית לתוכנית פעולה לקידום יישום מודלים של מיקרו-תארים בישראל. מוסד שמזאל נאמן למחקרי מדיניות לאומית.

מקצוע שעומד בפני עצמו. היינו צריכים לחזק מתמטיקות ותכנות. הסטודנטים שסיימו קיבלו תואר בתעו"נ עם תעודה מהדיקן של ניתוח נתונים ומידע.

היינו מהראשונים שהצליחו לצאת עם תוכנית כזאת וזה בזכות הגיוון שיש בתעו"נ כמו סטטיסטיקה, חקר ביצועים, תכנות ועוד.

למה מדעי המחשב לא עשו את זה קודם? כי אין להם את המגוון שיש לנו אופטימיזציה וכו'.

תוכניות בין פקולטות הן פחות טובות. המסלול המשותף בין תעו"נ ומדעי המחשב התרסק כי כל פקולטה הדגישה קורסים מסויימים - הסטודנט באמצע לא מקבל את התוכנית האופטימלית.

זו דלת להיכנס לפקולטות שקשה להיכנס אליהן "מקדימה" - מערכות מידע מת וכרגע עלה DS - הכל מובנה במקום אחד.

אחרי שפתחו תואר ראשון היה ברור שצריך תואר שני ב-DS. פנו מלא מכל התחומים בתואר ראשון. יש הבדל בין תואר ראשון במכונות ותואר שני בהנדסת מכונות עם כלים של DS מאשר רק תואר שני ב-DS. בארכיטקטורה יש הרבה מידע ושימוש ב-DS בכל אחד מהמקצועות. זה שונה בין לקחת כלים של-DS לשימוש בתחום אותו לומדים לבין להפוך ל-DS ולהתמחות בהנדסת חשמל/מדעי המחשב - צריכים השלמה של קורסי חובה.

בלימודי חוץ יש קורס של DS - זה סוג של הסבה מקצועית ME לא MSC עם תזה. זה מיועד עם סיימת מדמ"ח/הנדסת חשמל ואת הרוצה קורסים להשלמת ידע ב-DS - זה משלים ידע חסר.

חייל שסיים 8200 ללא תואר מצליח בתור מתכנת DS. כדי לעבוד כמהנדס DS אתה חייב מתמטיקה ואופטימיזציה ברמה גבוהה.

בפקולטה נלמדים 3 מקצועות עיקריים - תעו"נ, מערכות מידע והנדסת נתונים ומידע. כולם מקצועות מולטידיסציפלינריים שאתה חייב את הבסיס של מתמטיקה - לומדים עם פקולטה למתמטיקה, תכנות לומדים עם מדעי המחשב. שפת התכנות העיקרית היא פייטון - מבוסס על machine learning.

יש שיתוף פעולה גדול עם צה"ל, קיבלנו אישור לתוכנית "אליקים" - תואר ראשון ושני ב-4 וחצי שנים ומיד היו לנו שמונה עתודאים.

הסטודנטים הראשונים שהיו עתודאים התגייסו לצבא והם מאוד מבוקשים.

הצבא יודע לכמת את הבעיה - לקחת מישהו ולהכשיר אותו להיות DS זה לא כמו הסטודנטים הרגילים לתואר ראשון ש-4 שנים "לשים" DS.

תוכנית נוספת היא תוכנית ברקת - סיימו בבית ספר תואר ראשון על פי רוב במתמטיקה שימושית ובאים לעשות תואר שני ב-DS.

היום בבתי הספר התיכוניים יש מגמת ניתוח נתונים - תלמידים שיכלו להיות מצוינים לתוכנית "אליקים" או עתודה אבל לא מלמדים אותם תכנות - בטענה שאז הם "גונבים" תלמידים ממחשבים. מה שקורה זה שמגיעים תלמידים מהמגמה ולא יודעים לתכנת.

קשר עם התעשייה - יצאנו לפרויקט עם מיקרוסופט להגדיר איך נותנים לסטודנטים פלטפורמה לעבוד בענן.

נתונים על התוכנית:

- במחזור הראשון התחלנו עם 25 סטודנטים מתוכם 10 עתודאים
- במחזור השני 40 סטודנטים מתוכם 20 עתודאים
- במחזור השלישי 75 סטודנטים מתוכם 40 עתודאים
- במחזור הרביעי 95 סטודנטים
- ובקורונה פתחנו עם 160 סטודנטים.

בתחילת התוכנית המכשול הראשון היה להעביר אותה בתוך הטכניון, היינו צריכים להסביר שאנחנו לא באים לאיים על מדעי המחשב. עשינו עבודה לא קטנה בשני הצדדים עד שהצלחנו להעביר את המהלך.

גם מול הצבא ומול המל"ג להסביר מה זה המקצוע DS, להסביר שיש הבדל בין מחקר (תואר שני ושלישי) לבין מהנדס DS - המון מפגשים - זה לא היה טריוויאלי - שמענו הרבה "לא".

המחזור הראשון שסיים - 10 מהם בצבא, חלק ממשיכים לתואר שני במקביל לעבודה

זה תהליך טבעי שקורה – בתעשייה אמרו "תביאו תביאו" אבל כשהבוגרים שלחו קורות חיים – במשאבי אנוש לא ידעו לאן לשייך אותם – זאת בעיה. אנחנו עדיין עובדים על זה.

אנחנו רוצים לעשות קורס שהוא בסיס כדי לדעת מה היכולות של התחום, כדי שידעו לדבר את השפה ויהיו חשופים – ניתוח נתונים ויכולת בסיסית בתחום היא רלוונטית לכל הפקולטות

הקורסים הבסיסיים ב-DS מאוד יקרים כ-14,000 דולר לקורס.

הנדסת תע"נ בטכניון שונה מהלימודים במכללות. במכללות הרמה היא אחרת – מהנדס שיוצא מהטכניון לא ניתן להשוואה למהנדס שיוצא ממכללה.

תנאי הקבלה לתוכנית עלה מסכם של 83 לסכם של 88 – משהו השתנה בפקולטה.

סטודנט שמגיע לומד שנה שכבת רקע + שכבה ל-DS – מדמ"ח, מתמטיקה, הנדסת מכונות תע"נ – יש הרבה כפילות בין הפקולטות. לגבי מקצועות מולטידיספלינריים זה בעייתי הסטודנט לא יודע מה הוא יהיה – אומרים לו יהיה לכם "סל גדול" שתוכלו לעשות הרבה דברים וכל מיני כלים שאיתם תוכלו לעשות מה שתמצאו – זה מתאים לאופי מסוים – לאנשים שיודעים לבחור מקצוע.

מדע וטכנולוגיה



מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית

טל. 04-8292329 | פקס. 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 3200003
w.neaman.org.il