

התעסוקה

בהייטק: מקורותיה

ואפשרויות הרחבתה

בנימין בנטל, דן פלד וסרגיי סומקין*

נייר מדיניות 2020.05 / יוני 2020



* בנימין בנטל הוא פרופסור אמריטוס בחוג לכלכלה באוניברסיטת חיפה וראש תחום המאקרו במרכז טאוב. דן פלד הוא פרופסור אמריטוס בחוג לכלכלה באוניברסיטת חיפה. ד"ר סרגיי סומקין הוא חוקר בכיר במכון אהרן למדיניות כלכלית.

מכון אהרן למדיניות כלכלית

על שם אהרן דוברת ז"ל

חזון מכון אהרן למדיניות כלכלית הוא לתמוך בצמיחה כלכלית ובחזק חברתי בישראל על ידי עיצוב אסטרטגיה והצעות לתוכניות מפורטות למדיניות כלכלית המבוססות על ידע בינלאומי מעודכן.

צמיחה כלכלית הנובעת מגידול בתעסוקה והעלאת הפריון לעובד היא היעד המרכזי של כל המשקים, ובכללם של המשק הישראלי. המדדים המרכזיים לצמיחה כלכלית בת-קיימא – התוצר לנפש, התעסוקה והפריון במשק – נמצאים עדיין ברמה נמוכה מזו המקובלת במדינות המובילות בעולם המפותח. חזון המכון הוא לערוך מחקרים כלכליים אשר יניבו הצעות הן לכלי מדיניות חדשניים והן לרפורמות במשק לקידום הצמיחה, התעסוקה והפריון. מטרת מחקרי המדיניות להשפיע על המדיניות המוניטרית והפיסקלית, תוך גיבוש תוכניות ארוכות טווח שתתמודדנה עם מכלול הבעיות הכלכליות והחברתיות ותתרומנה לצמצום פערים וחזוק החברה והכלכלה. כמו כן, מטרתם להשפיע על השיח המקצועי, לעורר דיון המבוסס על מידע אמין ועל מחקר כלכלי-חברתי ובסופו של דבר להקנות כלים שיתמכו בתוואי של צמיחה ובחוסן החברתי של ישראל.

היעד העיקרי של מכון אהרן למדיניות כלכלית בבית ספר טיומקין לכלכלה הוא בגיבוש אסטרטגיות מדיניות כלכליות אשר מזהות את נקודות החוזק והחולשה של הכלכלה בישראל. על בסיס זה נבנות רפורמות בנושאים רחביים, וכן מחקר המתמקד בענפים שונים כדי לבחון ולהמליץ על שימוש מושכל בכלי מדיניות וסדרי עדיפויות שיגרמו לגידול התעסוקה והפריון בכלל ענפי המשק. במסגרת זו ניתן דגש על חיזוק היתרונות היחסיים של ישראל בחדשנות טכנולוגית, וכן על העצמת ההתייעלות והחדשנות בענפים המסורתיים, ענפי השירותים והסקטור הציבורי. כל זאת נעשה על בסיס מחקרי מוצק והצבת יעדים כמותיים כדי להשיג את חזון המכון.

← דירקטוריון:

מר שלמה דוברת (יו"ר), פרופ' מרטין אייכנבאום, גב' יעל אנדורן, פרופ' צבי אקשטיין, גב' דיתה ברוניצקי, מר ארז ויגודמן, גב' ענת לוי, מר צבי לימון, פרופ' רפי מלניק, מר רונן ניר, מר רוני נפתלי, פרופ' דניאל צידון, מר יואל קרסו, ד"ר טלי רגב, גב' עפרה שטראוס, מר חיים שני.

← ראש המכון:

פרופ' צבי אקשטיין.

← ועדה מדעית:

פרופ' צבי אקשטיין (יו"ר), פרופ' מרטין אייכנבאום, פרופ' צבי הרקוביץ, פרופ' עומר מואב, פרופ' רפי מלניק, פרופ' דניאל צידון, ד"ר טלי רגב.

← פרטי התקשרות:

המרכז הבינתחומי הרצליה, ת.ד. 167 הרצליה 4610101

טלפון: 09-9602431

דוא"ל: aaron.economics@idc.ac.il

אתר: www.aiep.idc.ac.il

התעסוקה בהייטק: מקורותיה ואפשרויות הרחבתה

מחקר זה בוחן שינויים בסביבה הכלכלית אשר עשויים להגדיל את שיעור העובדים בסקטור טכנולוגיית העילית בישראל, המהווים כרגע כ-9% מעובדי המגזר העסקי, ל-12%. במידה שתפוקתם הממוצעת של עובדי ההייטק תמשיך להיות כפולה מזאת של עמיתיהם בשאר ענפי המשק, הגדלה זאת בשיעור המועסקים בהייטק תגדיל את התוצר העסקי ב-5% בקירוב ואת התוצר המקומי בכ-3%, וזאת בהנחה שמגזר ההייטק אכן יקלוט את העובדים הנוספים. בהתאם, במטרה לבחון מנגנונים שעשויים להגדיל את היקף התעסוקה בהייטק המחקר מתמקד במאפייני העובדים בענפי ההייטק ובשאר ענפי המשק בקבוצות גיל ובקבוצות אוכלוסייה שונות.

ניתוח מאפייני העובדים בענפי ההייטק והשוואתם למועסקים בענפים אחרים התבסס על קובץ נתונים של הלמ"ס הכולל משנת 1985–1978. בקובץ עולה כי 96% מהמועסקים בהייטק באים מהמגזר היהודי שאינו חרדי, שמשקלו באוכלוסייה הוא פחות מ-75%. בקרב המועסקים בהייטק, שיעור הגברים היהודים הלא-חרדים הוא 63%, כמעט כפול מזה של הנשים היהודיות הלא-חרדיות, 33%.

המחקר מעלה שתוספת של 40% בעשר השנים הבאות בשיעור בוגרי ה-STEM¹, מ-11% ל-16%, בקרב הדור הצעיר לבדה תעלה את שיעור המועסקים בהייטק ב-1.9 נקודות אחוז, כאשר רוב התוספת מגיע מקבוצת הגברים היהודים. תחזית לתוספת כזאת היא שמרנית יחסית לאור העובדה שהיעד הלאומי של העלאת מספר בוגרי STEM ב-40% צפוי להיות מושג תוך חמש שנים בלבד (2017–2022).

העלאת שיעור הנבחנים בבגרות במתמטיקה ברמה מוגברת של 5 יחידות בכ-20% תתבטא בהעלאת שיעור המועסקים בהייטק במגזר העסקי בתוספת של 0.7 נקודות אחוז. תוספת זאת נובעת ברובה הגדול מהמגזר היהודי באופן כמעט שוויוני בין גברים ונשים. המחקר מצא השפעה מוגבלת של העלאת פערי השכר בין תעסוקה בהייטק לתעסוקה בענפים אחרים ב-1,000 ש"ח לחודש (כ-10% מפערי השכר הממוצעים במדגם) על שיעור העובדים בהייטק. עם זאת, בגלל מגבלות נתונים סביר שממצאי המחקר אינם משקפים באופן מלא את השפעת השכר על שיעור הנבחנים בבגרות מדעית ברמה מוגברת ושיעור לומדי מקצועות ה-STEM. ממצאי המחקר מצביעים על האפקטיביות של מדיניות העלאת שיעור הנבחנים בחמש יחידות מתמטיקה ושיעור לומדי מקצועות ה-STEM בהעלאת שיעור המועסקים בהייטק ותומכים בחיזוקה. כמו כן המחקר מזהה את אוכלוסיות הנשים היהודיות, הערבים והחרדים כמקור פוטנציאלי להעלאה נוספת של התעסוקה בהייטק.

נייר זה נכתב לפני פרוץ משבר הקורונה, ואינו מכיל התייחסות להשפעותיו האפשריות על ענף ההייטק.

¹ מקצועות לימוד אקדמיים בתחום ה-STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) כוללים מתמטיקה, סטטיסטיקה ומדעי המחשב, הנדסה ואדריכלות, המדעים הפיזיקליים והמדעים הביולוגיים.

תוכן העניינים

5	1. סיכום ומסקנות
8	2. מגזר ההייטק בישראל
8	2.1 תפוקה ותעסוקה בענפי ההייטק
11	2.2 מאפייני כוח העבודה בענפי ההייטק לעומת ענפים אחרים
18	2.3 מגמות הכשרה בכוח העבודה
21	3. תרחישים להגדלת שיעור המועסקים בהייטק בעוד 10 שנים
23	4. מודל להגדלת המועסקים בהייטק
24	4.1 שלב הבחירה בלימודי STEM
25	4.2 יישום
26	4.3 שלב הבחירה בלימודים אקדמיים
27	4.3 תוצאות
27	4.3.1 משוואות השכר
28	4.3.2 הסתברויות התעסוקה המותנות בהייטק ובענפים אחרים
29	4.3.3 הסתברויות הבחירה בלימודי STEM
30	4.3.4 הסתברויות הבחירה בלימודים אקדמיים
31	4.3.5 הסתברות התעסוקה בהייטק
31	4.3.6 ניסויים
32	4.4 סיכום ודיון
34	נספח א: הנתונים עבור התרחישים להגדלת שיעור המועסקים בהייטק בעוד 10 שנים
37	נספח ב: תוצאות האמידה וטיב הניבוי
54	נספח ג: נבחנים ב-5 יחידות לימוד במתמטיקה

1. סיכום ומסקנות

מטרת המחקר היא לבחון שינויים בסביבה הכלכלית העשויים להגדיל את שיעור העובדים בסקטור טכנולוגיית העילית בישראל, המהווים כרגע כ-9% מבין עובדי המגזר העסקי, ל-12%. שאיפה זאת נובעת מהעובדה שתפוקתם הממוצעת של עובדי ההייטק כפולה מזאת של עמיתיהם בשאר ענפי המשק. במידה שגם העובדים הנוספים ישמרו על יתרון זה יגדל התוצר העסקי ב-5% בקירוב, והתוצר המקומי בכ-3%. הנחת העבודה היא שהגדלת התעסוקה בהייטק מוגבלת כרגע על ידי היצע עובדים מתאימים, והיא אינה חסומה בצד הביקוש. לפיכך התמקד הניתוח במחקר זה במאפייני העובדים בענפי ההייטק ובשאר ענפי המשק בקבוצות גיל ובקבוצות אוכלוסייה שונות ובתרחישי הכשרה חליפיים שונים, במטרה להבין מהיכן יכולה לנבוע תוספת מועסקים בהייטק ומה גודלה.

ניתוח מאפייני העובדים בענפי ההייטק והשוואתם למועסקים בענפים אחרים התבסס על קובץ נתונים של הלמ"ס על ילידי 1978–1985 הכולל משתני רקע דמוגרפיים, הכשרה והשכלה, תעסוקה ושכר. אנשים אלה היו בגילאים 30 עד 37 בשנת 2015, בה נאספו הנתונים שבקובץ. ניתוח הנתונים נעשה תוך הבחנה בין שש קבוצות אוכלוסייה – גברים ונשים יהודים לא-חרדים, גברים ונשים ערבים וגברים ונשים במגזר החרדי. מהנתונים עולה כי 96% מהמועסקים בהייטק (באוכלוסייה שבקובץ) באה מהמגזר היהודי שאינו חרדי, שמשקלו באוכלוסייה הוא פחות מ-80%. בקרב המועסקים בהייטק, שיעור הגברים היהודים הלא-חרדים הוא 63%, כמעט כפול מזה של הנשים היהודיות הלא-חרדיות, 33%.

המחקר התמקד בשלושה שינויים מהותיים: העלאת שיעור לומדי מקצועות STEM בכ-40%², העלאת מספר הנבחנים בחמש יחידות במתמטיקה והעלאת השכר במגזר ההייטק. בעוד ששני הצעדים הראשונים הם במידה רבה תלויי מדיניות, התפתחות השכר היא תוצאה של כוחות שוק. לצורך ניתוח התרחישים השונים אומצו דפוסי התעסוקה בכל אחת משש קבוצות האוכלוסייה מתוך הנתונים.

העלאת שיעורם של הלומדים מקצועות STEM נבחנה בשתי דרכים. בפרק 3 בוצעה סימולציה המושתתת על הערכה של השפעת תואר אקדמי במקצועות ה-STEM על סיכויי ההעסקה בתעשיית ההייטק. הסימולציה הבסיסית מניחה שדפוסי ההתנהגות בקרב עובדים ותיקים לא ישתנו גם בעוד עשר שנים, בעוד ששיעור בוגרי ה-STEM בקרב הדור הצעיר עולה מ-11% ל-16%. שינוי זה מייצר תוספת של 1.9 נקודות אחוז בשיעור מועסקי המגזר העסקי בענפי ההייטק בעוד עשר שנים. פרק 4 חוזר על התהליך במודל מורכב יותר המניח בחירה רציונלית בלימודים אקדמיים ובלומדי מקצועות ה-STEM. המודל מבוסס על דפוסי ההתנהגות הקיימים בקרב קבוצות האוכלוסייה היהודיות הלא-חרדיות והערביות של ילידי 1978–1985. במדגם זה שיעור המועסקים בהייטק במגזר העסקי עומד כבר עתה על 12%. לאור העובדה שהמדגם מייצג אוכלוסייה צעירה, יחסית, אין זה מפתיע שהתוצאות המתקבלות על פי הניתוח של פרק 4 קרובות מאוד לאלה של פרק 3. למשל, כאשר מתעלמים מתהליכי הבחירה הרציונלית שהמודל מתבסס עליהם ומניחים במקומם העלאה של 40% בבוגרי מקצועות ה-STEM בקרב בוגרי מערכת ההשכלה הגבוהה בקבוצת גיל 30–37, מתקבלת תוספת של 1.1 נקודות אחוז בשיעור עובדי ההייטק במגזר העסקי. במידה שהשפעת השכר הגבוה יותר בענפי ההייטק על החלטות הפרטים לבחור בלימודים אקדמיים מובאת אף היא בחשבון, שיעור התוספת של העובדים בקבוצת גיל 30–37 המועסקים בענפי ההייטק עולה לרמה של 1.4 נקודות אחוז. עלייה זאת נובעת בעיקרה מקבוצת האוכלוסייה היהודית, כאשר תרומתם של הגברים לתוספת גבוהה בהרבה מזו של הנשים.

² בהתאם לכוונה המוצהרת בתוכניות הממשלה, למשל החלטת ממשלה מס' 2292 מיום 15.1.2017.

הניסוי השני שהתבצע בעזרת המודל המורכב עסק בהעלאת שיעור הנבחנים בחמש יחידות מתמטיקה במעט יותר מ-20%.³ השפעתו של שינוי כזה על שיעור המועסקים בהייטק בקרב מועסקי המגזר העסקי תתבטא בתוספת של 0.7 נקודות אחוז. גם במקרה זה התרומה נובעת מקבוצת האוכלוסייה היהודית, אך החלוקה המגדרית בתוכה היא כמעט שוויונית.

לבסוף נבחנה ההשפעה הנובעת מתוספת של 1,000 ש"ח לפער השכר בין ענפי ההייטק לשאר ענפי המשק. המודל מעלה שלתוספת כזאת יש השפעה קטנה על שיעור העובדים בהייטק. ייתכן שהשפעה זו תתעצם אם תילקח בחשבון השפעת השכר כבר בשלב הבחירה של הרכב בחינות הבגרות, ואם תופרד השפעת השכר על הבחירה בלימודים אקדמיים מהבחירה במסלול הלימודים.

כאמור, התרחישים הנ"ל מתבססים על דפוסי ההתנהגות של קבוצות האוכלוסייה השונות. בקרב האוכלוסייה היהודית ניכר פער גדול בין שיעור ההעסקה של גברים ונשים בענף ההייטק, ביחס של 2:1. על פי אומדני המודל אין הבדלים מגדריים גדולים בהשפעה השולית של הרכב מקצועות הבגרות על הסתברות ההעסקה בהייטק, וגם לא על הסתברות הבחירה במקצועות ה-STEM. הפערים המגדריים נמצאים בעיקר בקבועים של משוואות הרגרסיה הן בהסתברות ההעסקה בהייטק והן בבחירת לימודי STEM, ומשקפים גם הם יחס של 2:1 בקירוב. המודל שנאמד אינו מאפשר לזהות את מקור הפערים המגדריים, אך יש לציין שפערים דומים בשני ההיבטים הללו מאפיינים גם את הנתונים במדינות אחרות.⁴

על פי המדגם של פרק 4 – כלומר בהנחה שאחרי תקופת הסתגלות יאפיינו נתוני המדגם על בני 30–37 מ-2015 את כל הגילאים בכוח העבודה – בהיעדר פערים מגדריים כאלה היה שיעור הנשים היהודיות המועסקות בהייטק דומה לזה של חבריהן הגברים, ובכך היה שיעור המועסקים במגזר העסקי בהייטק עולה בקירוב ב-5 נקודות אחוז ומגיע במדגם ל-17 אחוז! בתרחיש פחות קיצוני, תחת ההנחה של שיעורים קיימים של לימודי STEM בקרב נשים יהודיות לא-חרדיות לעומת גברים יהודים לא-חרדים (8% לעומת 17%), אילו היה שיעור ההשתלבות שלהן בהייטק משתווה לזה של הגברים – 47% אצל הגברים לעומת 30% אצל הנשים – היה שיעור המועסקות בהייטק מקרב הנשים במדגם עולה מ-9.1% ל-10.2%, ובהתאם היה שיעור המועסקים בהייטק עולה בכ-0.5 נקודות אחוז.

המודל מלמד כי בקבוצות הערביות החסמים הם קשים יותר. משוואות הרגרסיה של פרק 4 לגבי בחירת מקצועות STEM דומות למדי לאלה של האוכלוסייה היהודית. כישורי הבגרות בהיבט של המקצועות הרלוונטיים של הקבוצות הערביות אומנם נמוכים מאלה של הגברים היהודים, אך אינם שונים מאוד מאלה של הנשים היהודיות. עם זאת, בהינתן כישורי הבגרות, סיכויי ההעסקה בהייטק של גברים ערבים, ועוד יותר של נשים ערביות, נמוכים בהרבה מאלה של מקביליהם היהודים. תופעה בולטת נוספת היא התגובה השלילית של הבחירה בלימודים אקדמיים כתגובה לעלייה בתשואה ללימודים אלה שמשוואות הרגרסיה של קבוצות האוכלוסייה הערביות מצביעה עליה. תוצאות אלה מצביעות על קיומם של חסמים וכשלי שוק הדורשים העמקה ומחקר נוסף.

³ מגמת עלייה חדה בשיעור הנבחנים ב-5 יחידות בגרות במתמטיקה קיימת כבר מאז 2012, בעיקר במגזר היהודי הלא-חרדי, ראו נספח ג.

⁴ ראו למשל Goldin, C. (2014), "A Grand Gender Convergence: It's Last Chapter", *American Economic Review* 104(4), 1091–1119.

לסיכום, ניתן להעלות את הנקודות הבאות כהמלצות מדיניות הנובעות ממחקרנו במטרה להעלות את שיעור המועסקים בהייטק:

1. להעלות את שיעור הנבחנים בחמש יחידות מתמטיקה.

2. להעלות את שיעור לומדי מקצועות ה-STEM.

שני צעדים אלה נדונו כבר בהרחבה גם במחקרים אחרים.⁵ כפי שראינו לעיל, גם אם השפעתם חיובית – היא מדודה.

כדי להשפיע באופן עמוק על שיעור המועסקים בהייטק יש להפנות תשומת לב מחקרית ולהגדיר צעדי מדיניות שישנו את דפוסי ההתנהגות של הנשים היהודיות. בפרט, על מגזר ההייטק לבחון אם ההתאמות הבאות תגברנה את נטייתן של נשים לעבוד במגזר ההייטק:

- יצירת מסגרות עבודה עם שעות גמישות.
- הרחבת אפשרות העבודה מהבית.
- מציאת פתרונות לטיפול בילדים צעירים בסמוך למקום העבודה.⁶
- באשר לקבוצות הערביות, יש לבחון את מקורם של כשלי השוק. בפרט:
 - לבחון את האפליה הגלויה והסמויה של עובדים ערבים הקיימת במגזר ההייטק.
 - לקרב את מקומות העבודה למקומות המגורים של אוכלוסייה זאת.
- לבסוף, הכישורים הנמוכים ושיעור ההעסקה הנמוך בקרב המגזר החרדי אינו מתמקד רק במגזר ההייטק. יש צורך חיוני להגביר את לימודי הליבה, להעלות את שיעור הנבחנים בבחינות הברגרות, לשלב חרדים בלימודים אקדמיים ולמצוא דרכים להתאמת מקומות העבודה לצרכיה של אוכלוסייה זאת.

⁵ Zafar, B. (2013), "College Major Choice and the Gender Gap", *Journal of Human Resources* 48(3), ראו 545–595.

⁶ דוח הון אנושי בתעשיית ההייטק (Start-up Nation Central ורשות החדשנות, 2019) מוצא שחיקה משמעותית בתעסוקת נשים בהייטק בגילים התואמים את בניית התא המשפחתי, ראו: <https://innovationisrael.org.il/sites/default/files/High%20Tech%20Human%20Capital%20Report%202019%20-%20Hebrew%20Version%204.pdf>

2. מגזר ההייטק בישראל:

המשק הישראלי מציג בפני העולם פרדוקס התפתחותי. בעוד שמגזר ההייטק בישראל מעסיק רק כ-9% מכוח העבודה במדינה – ענפי ההייטק אחרים לכ-18% מהתוצר העסקי במשק ולכ-40% מהיצוא. חברות בינלאומיות רבות מחזיקות כאן מרכזי פיתוח כדי ליהנות מאיכויות כוח העבודה הישראלי במקצועות STEM, ושיעור השקעות ההון-סיכון במיזמים ובחברות ישראליות הוא מהגבוהים בעולם. מנגד, פרוץ העבודה והשכר בענפי המשק האחרים נמוך, ומרבית כוח העבודה בישראל שאינה נמנית עם עובדי תעשיות ההייטק אינה נהנית מצמיחה ומציגה פרוץ עבודה והכנסות נמוכים. בפרק זה נציג את מאפייני תעשיית ההייטק ועובדיה בישראל, כדי להבין מה הם המקורות האפשריים להגדלת התעסוקה בתעשיית ההייטק ואילו תמורות נדרשות במאפייני העובדים מהמגזרים השונים כדי לשלבם בתעשייה זו.

2.1 תפוקה ותעסוקה בענפי ההייטק:

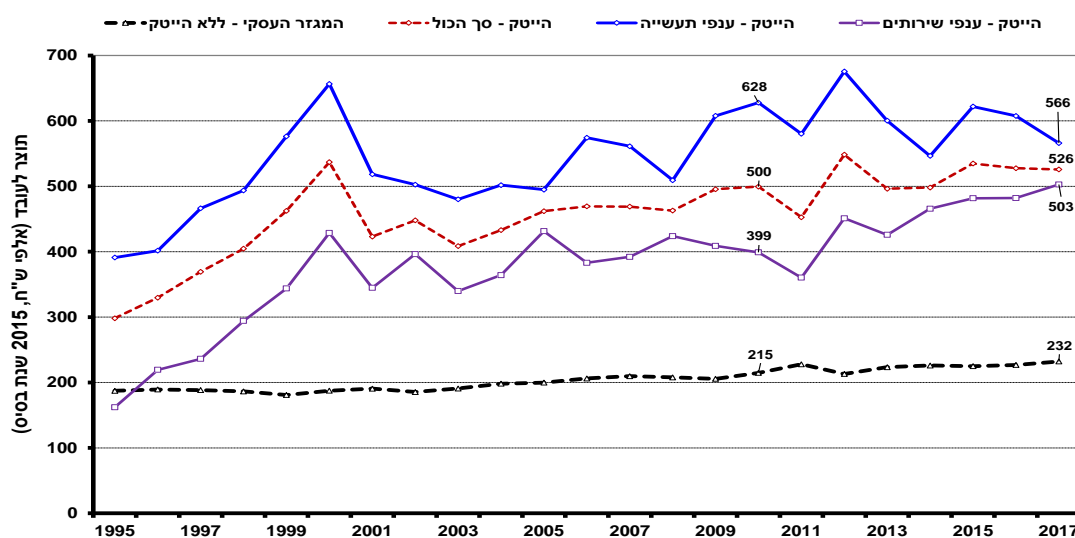
בשנת 2017 עמד התוצר העסקי לעובד ללא ענפי ההייטק על 232 אלפי ש"ח, בעוד שבענפי ההייטק היה נתון זה יותר מכפול, 526 אלפי ש"ח. נתוני השכר הממוצעים משקפים גם הם הבדלי פרוץ אלה, כאשר השכר החודשי הממוצע בסקטור העסקי ללא הייטק היה כ-9,060 ש"ח, בעוד שבענפי ההייטק השכר היה כ-22,230 ש"ח. למרות פערים ניכרים אלה, מאז 2007 כמעט לא השתנה משקל ההייטק בתוצר העסקי ועומד על כ-18%, ומשקלו בתעסוקה במגזר העסקי נותר כמעט קבוע ברמה של כ-9%. אזור 1 ממחיש את הפער ההולך וגדל בין הפרוץ בענפי ההייטק לבין הענפים האחרים במגזר העסקי.

⁷ לסקירה נוספת של מגזר ההייטק בישראל ראו Start-up Nation Central ורשות החדשנות (2019), "דוח הון אנושי בתעשיית ההייטק 2019",

<https://innovationisrael.org.il/sites/default/files/High%20Tech%20Human%20Capital%20Report%202019%20-%20Hebrew%20Version%204.pdf>

⁸ מגזר ההייטק מורכב מענפי התעשייה העילית וענפי שירותי עילית. ענפי התעשייה העילית כוללים: ענף 21 – ייצור תרופות קונבנציונליות ותרופות הומאופתיות (ענף 245 לפי סיווג 1993), ענף 26 – ייצור מחשבים, מכשור אלקטרוני ואופטי (ענפים 32, 33, 34 לפי סיווג 1993), וענף 303 – ייצור כלי טיס, חלליות וציוד נלווה (ענף 355 לפי סיווג 1993). ענפי שירותי העילית כוללים: ענף 62 – שירותי מחשוב (ענף 72 לפי סיווג 1993), ענף 631 – שירותי מידע (ענף 72 לפי סיווג 1993), וענף 72 – מחקר ופיתוח (ענף 73 לפי סיווג 1993).

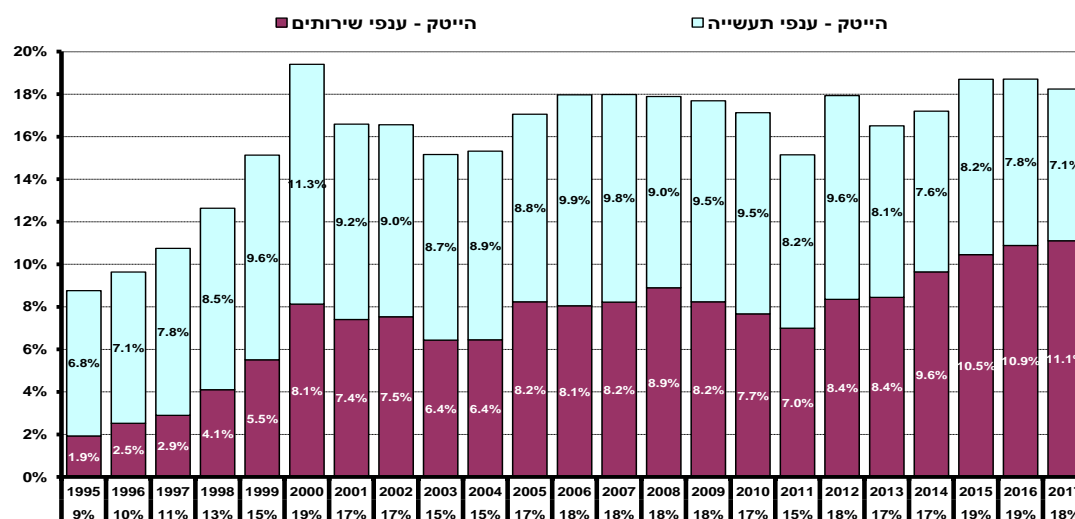
איור 1: תוצר לעובד בהייטק לעומת ענפים אחרים



מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

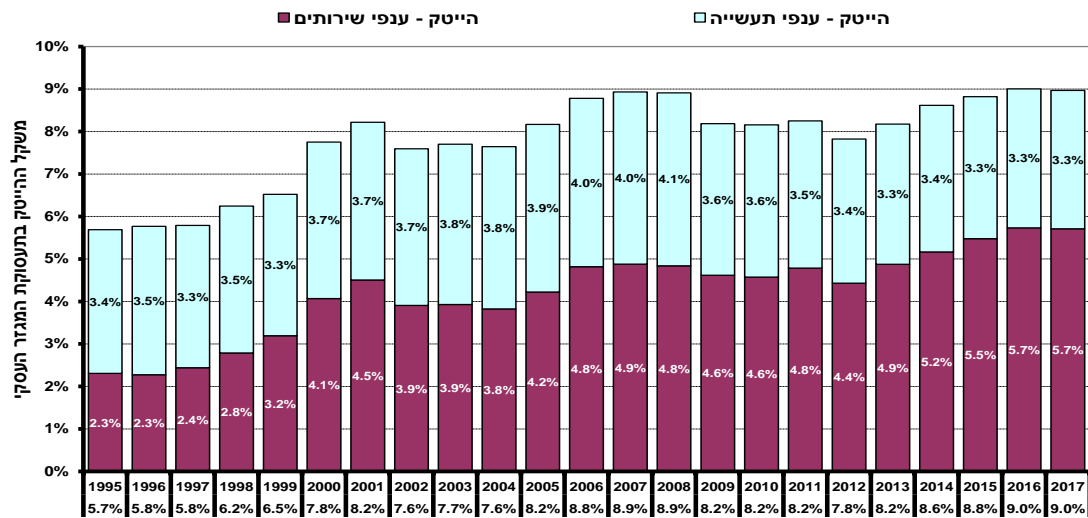
איורים 2 ו-3 מציגים את חלקם של ענפי ההייטק בתמ"ג העסקי ובתעסוקה בסקטור העסקי. איור 2 מצביע על התייצבות תפוקת ההייטק על כ-18% מהתמ"ג העסקי משך קרוב לשני עשורים, ובמקביל מצביע איור 3 על התייצבות התעסוקה בענפי ההייטק על כ-8%. בשני האיורים ניכרת עלייה של ענפי השירותים בהייטק על חשבון ענפי התעשייה.

איור 2: משקל ההייטק בתמ"ג העסקי



מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

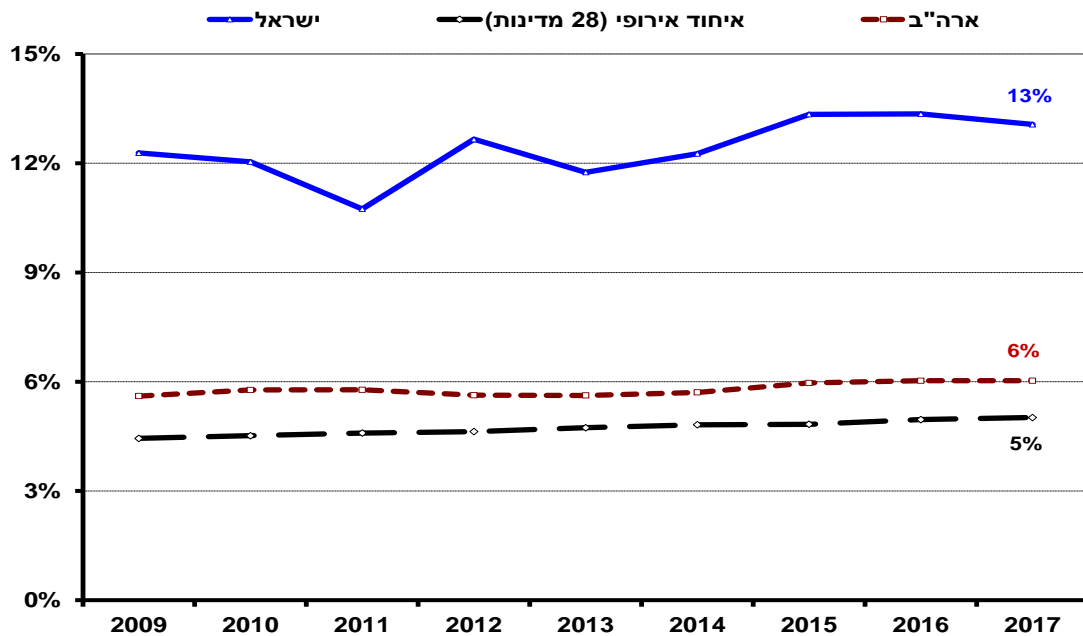
איור 3: משקל ההייטק בתעסוקת המגזר העסקי



מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

איור 4 מצביע על החשיבות הגבוהה של ענף ההייטק בישראל בהשוואה בינלאומית. במיוחד, משקל ההייטק בתמ"ג בישראל הוא הגבוה ב-OECD, ויותר מכפול מזה שבארצות הברית ובאיחוד האירופי.

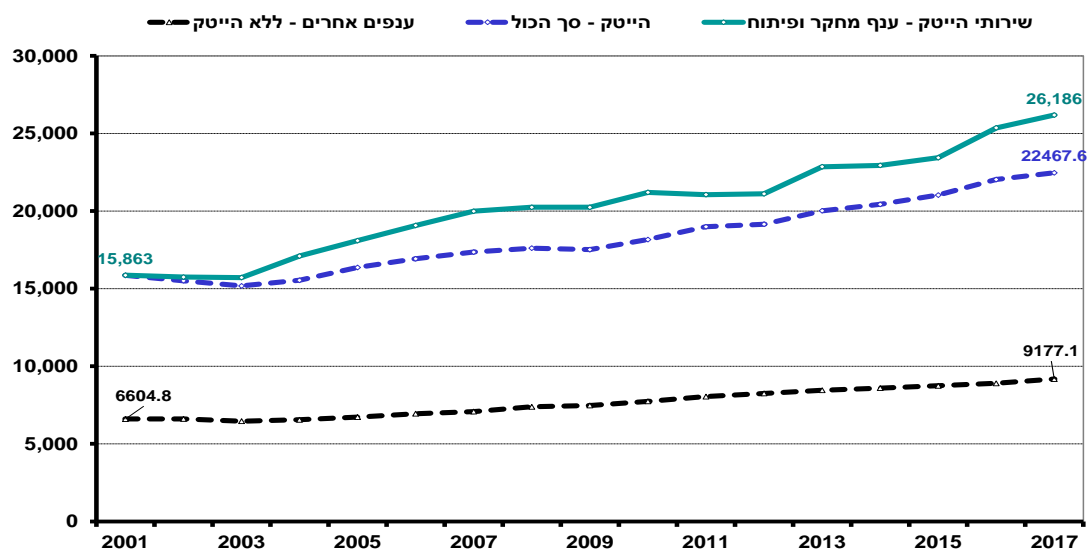
איור 4: משקל ההייטק בתמ"ג בישראל בהשוואה בינלאומית



מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, OECD, EU.

איור 5 מראה שהשכר בענפי ההייטק יותר מכפול מזה של יתר הענפים. הביקוש הגלובלי למוצרי ICT ומרכזי הפיתוח של חברות זרות בישראל מגדילים את פערי השכר. אפילו בתוך ענפי ההייטק האיור מצביע על עלייה גבוהה אף יותר של השכר בענף המחקר והפיתוח שאליה שייכים מרכזי הפיתוח של החברות הזרות.

איור 5: השכר בענפי ההייטק לעומת שאר הענפים



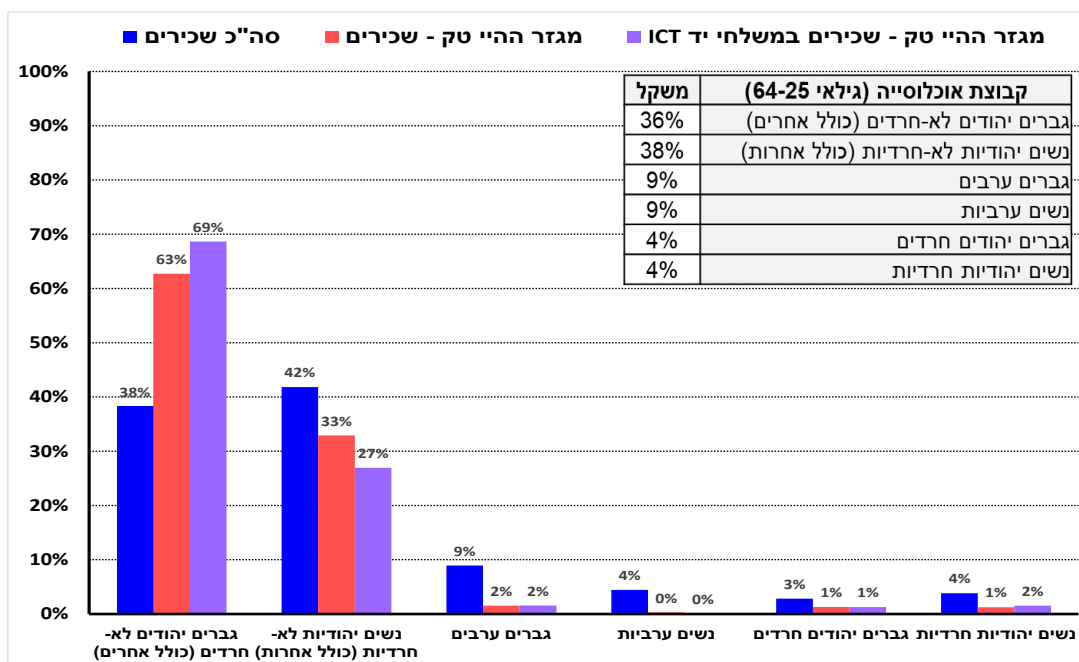
מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

2.2 מאפייני כוח העבודה בענפי ההייטק לעומת ענפים אחרים

סעיף זה מבוסס על נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה עבור ילידי השנים 1978–1985. הקובץ כולל נתונים על מאפייני הבגרות של הפרטים (מספר יחידות לימוד וציון במקצוע), הציונים במבחן הפסיכומטרי (לניגשים), מאפייני השכלה גבוהה שלהם (מקצוע לימוד, מוסד לימוד), נתוני שכר וענף כלכלי לפרטים ולהוריהם ונתונים דמוגרפיים (התעסוקה והשיוך לענף כלכלי הם לשנת 2015). גיל הפרטים בעת מדידת השכר בשנת 2015 נע בין 30–37.

כוח העבודה בישראל סווג לשש קבוצות אוכלוסייה – גברים ונשים במגזר היהודי הלא-חרדי, יהודי חרדי, וערבים. איור 6 מתווה את התפלגות גודל הקבוצות, שיעורי המועסקים בהן, שיעורי המועסקים בענפי ההייטק ובעלי משלחי יד בתחומי ה-ICT. כפי שנראה בבירור באיור קיים ייצוג חסר של נשים, חרדים וערבים בקרב המועסקים בענפי ההייטק. בפרט, כ-96% מעובדי ההייטק באים מהאוכלוסייה היהודית, המהווה כ-75% באוכלוסיית המדגם. בתוך הקבוצה היהודית, יחס התעסוקה בין גברים לנשים בהייטק הוא בקירוב 1:1, בניגוד חריף לשוויון בגודל הקבוצות.

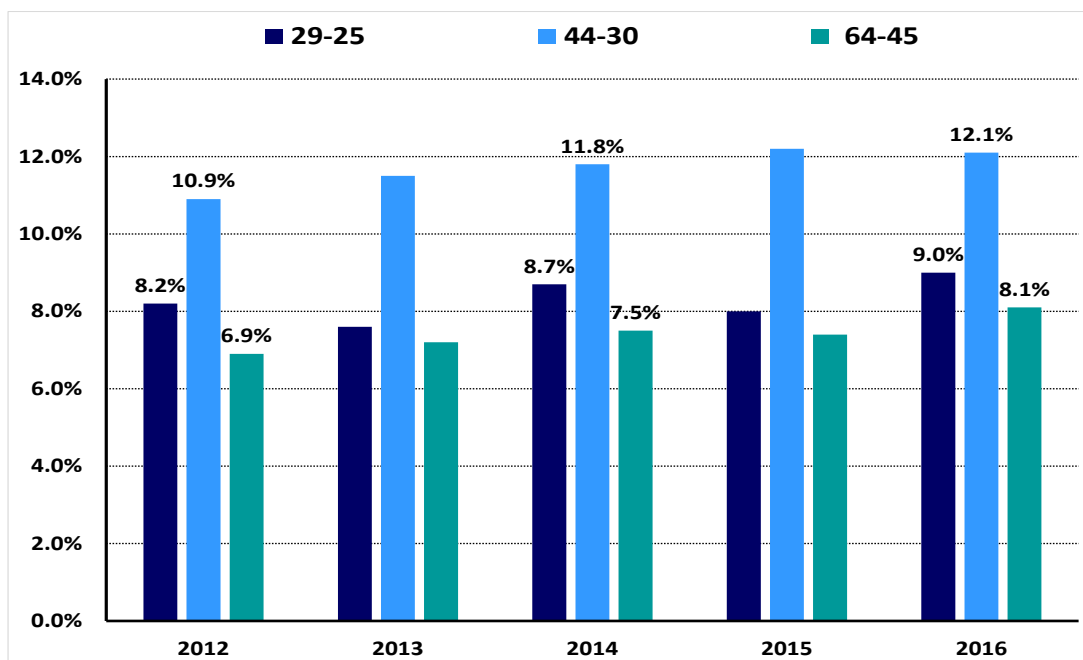
איור 6: התפלגות קבוצות האוכלוסייה ומאפייני תעסוקתן



מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, סקרי כוח אדם 2012-2016.

בדומה לממצאי מחקרים רבים שנעשו בעולם, התפלגות גילי המועסקים בהייטק בישראל נותנת משקל יתר לגילאים הצעירים (איור 7).

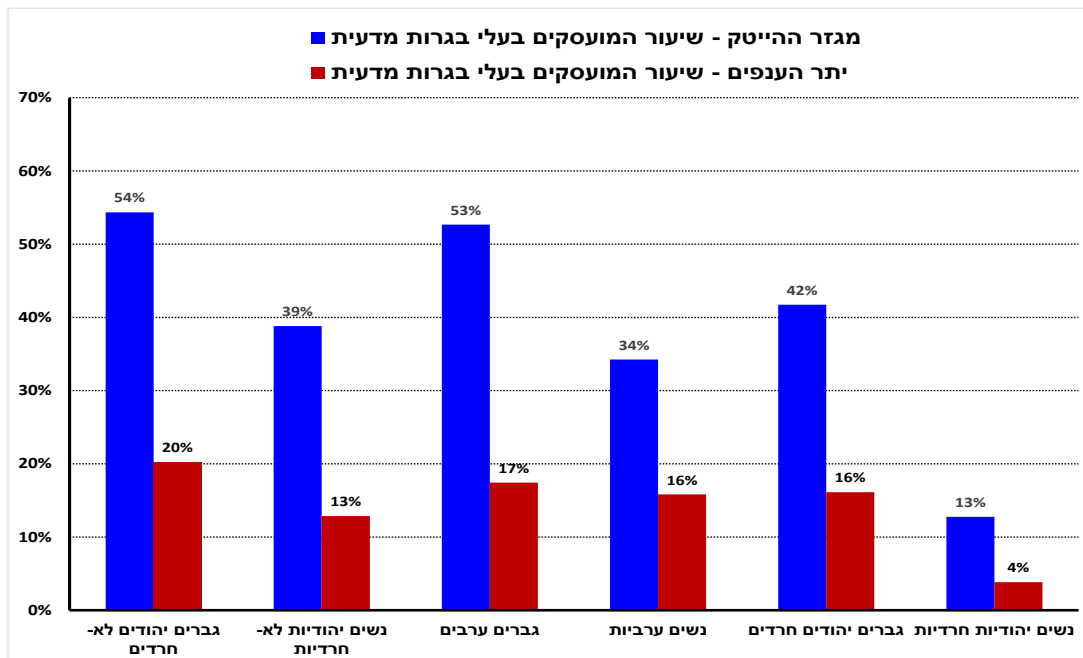
איור 7: שיעור המועסקים בהייטק לפי קבוצות גיל



מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, סקרי כוח אדם 2012-2016.

האיורים הבאים מתווים את ההכשרה המאפיינת את עובדי ההייטק. איור 8 מראה ששיעור בעלי בגרות מדעית בקרב המועסקים בענפי ההייטק בכל קבוצות האוכלוסייה הוא יותר מכפול בהשוואה לחלקם בקרב המועסקים בענפים אחרים.⁹

איור 8: שיעור המועסקים בעלי בגרות מדעית לפי ענף תעסוקה וקבוצות אוכלוסייה

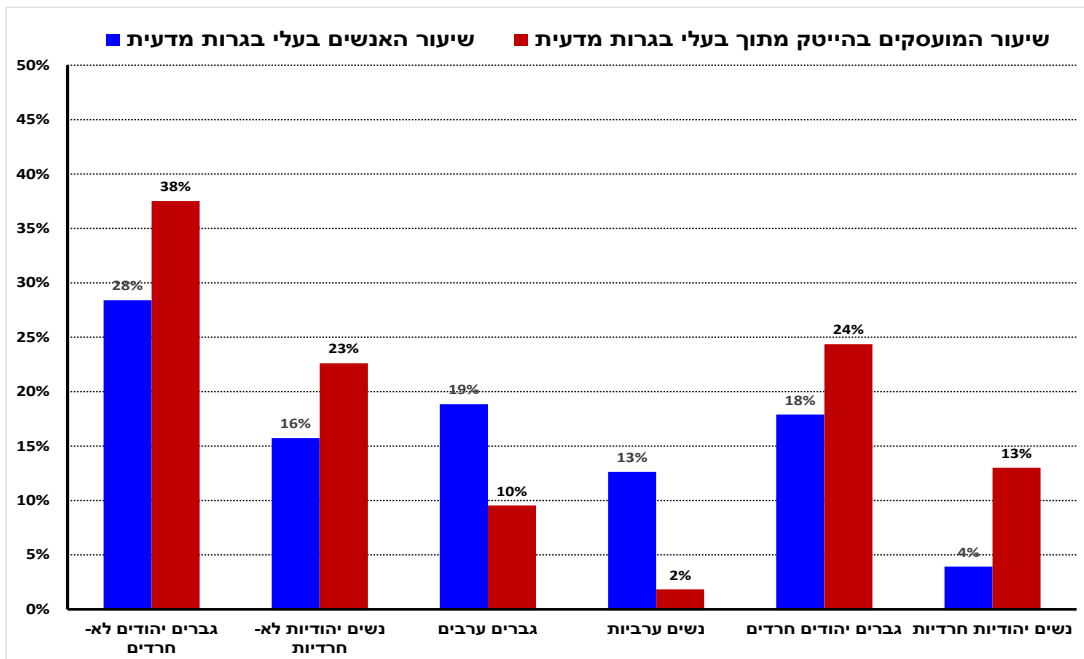


מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, קובץ ילידי 1978–1985.

עם זאת, איור 9 מצביע על כך שרובם של בעלי בגרות מדעית אינם מועסקים בענפי ההייטק. התופעה בולטת במיוחד בקרב הקבוצות הערביות, בהן שיעור המועסקים בהייטק מבין בעלי הבגרות המדעית נמוך משיעור בעלי בגרות כזאת באוכלוסייה.

⁹ "בגרות מדעית" כוללת את מי שנבחן ברמה של חמש יחידות לפחות באחד מהמקצועות מתמטיקה, פיזיקה ומדעי המחשב.

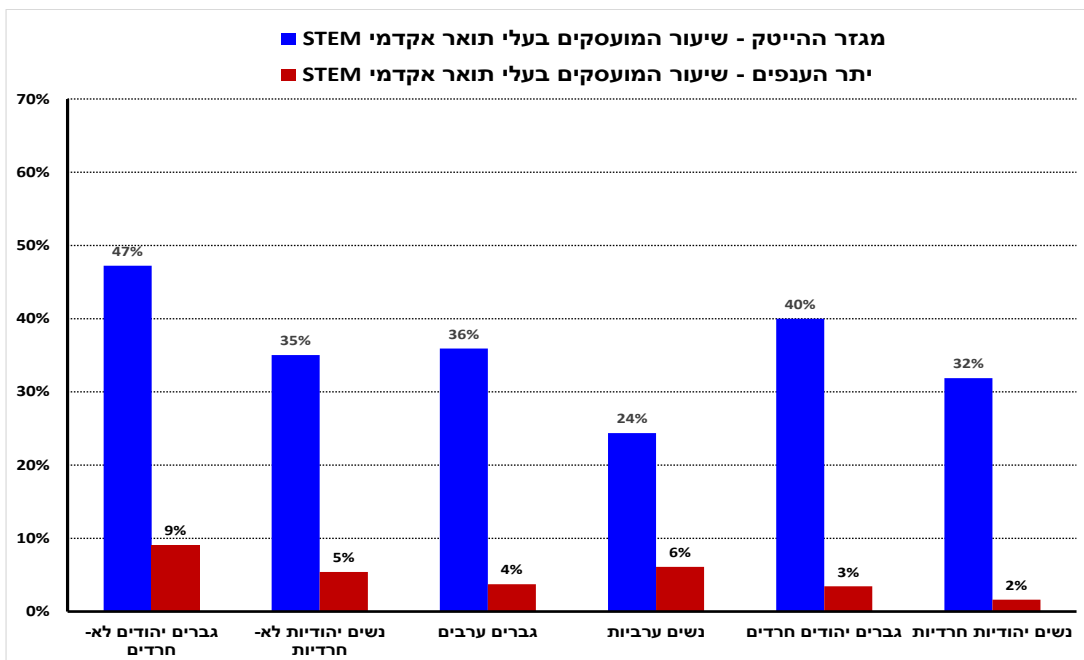
איור 9: שיעור בעלי בגרות מדעית ושיעור המועסקים בהייטק מתוך בעלי בגרות מדעית לפי קבוצות אוכלוסייה



מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, קובץ ילידי 1978–1985.

באופן לא מפתיע, ענפי ההייטק מעסיקים בעלי תואר STEM בשיעורים הגבוהים בהרבה מהענפים האחרים (איור 10). פערים אלה דומים בקרב כל קבוצות האוכלוסייה.

איור 10: שיעור המועסקים בעלי תואר אקדמי STEM לפי ענף תעסוקה וקבוצות אוכלוסייה

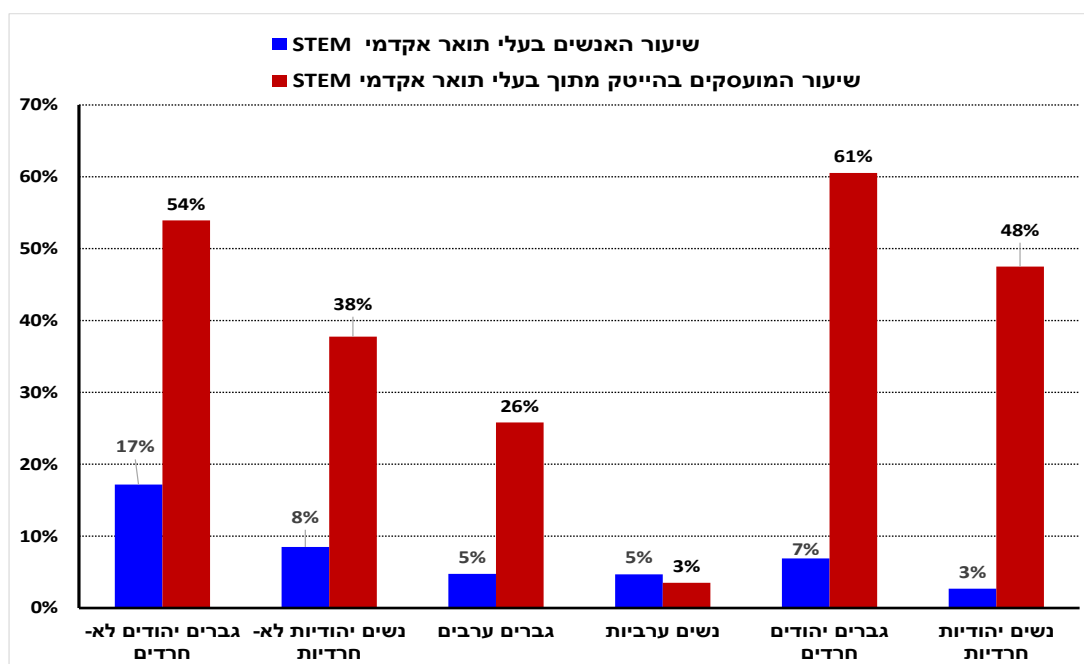


מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, קובץ ילידי 1978–1985.

איור 11 מציג את שיעור בעלי תואר STEM בקבוצות האוכלוסייה השונות, ואת סכויי התעסוקה שלהם בהייטק. שיעור בעלי תואר אקדמי בתחומי ההייטק בכלל המדגם של ילידי 1978–1985 הוא כ-12%, עם הבדלים ניכרים בין הקבוצות השונות. השיעור הגבוה ביותר נמצא בקרב גברים יהודים לא-חרדים (17%), ואחריו נשים יהודיות לא-חרדיות (8%), גברים יהודים חרדים (7%) וגברים ערבים (5%).

העובדה שבקרב יהודים לא-חרדים שיעור הנשים בעלות תואר STEM הוא פחות ממחצית שיעור הגברים בעלי הכשרה זו נפוצה בארצות רבות, ומהווה נושא למחקרים רבים. סביר שתופעה זו קשורה גם לפערי שכר מגדריים בהייטק, אך קשר זה אינו מצביע בהכרח על סיבתיות. ייתכן שתנאי העבודה בהייטק ודרישות זמני העבודה החריגים בענפים אלה מקטינים מלכתחילה את המוטיבציה של נשים ללמוד מקצועות STEM.

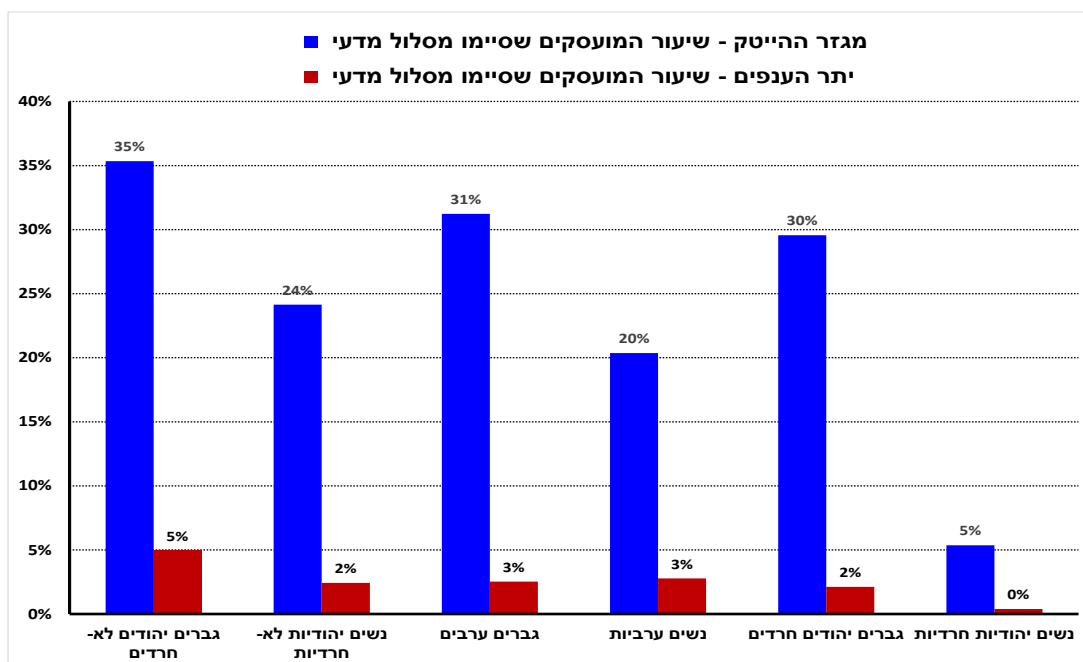
איור 11: שיעור בעלי תואר אקדמי STEM ושיעור המועסקים בהייטק מתוך בעלי תואר אקדמי STEM לפי קבוצות אוכלוסייה



מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, קובץ ילידי 1978–1985.

בניגוד לענפים אחרים, בענף ההייטק קיימת העדפה מהותית לעובדים שעברו מסלול לימודים מדעי הן בבית הספר התיכון והן באוניברסיטה – בגרות מדעית ותואר אקדמי STEM – בכל קבוצות האוכלוסייה שנבדקו. למשל, בקרב יהודים לא-חרדים המועסקים בהייטק, 35% הם בוגרי מסלול מדעי, לעומת 5% בלבד מקבוצת אוכלוסייה זו המועסקים בענפים אחרים שהם בוגרי מסלול זה (איור 12).

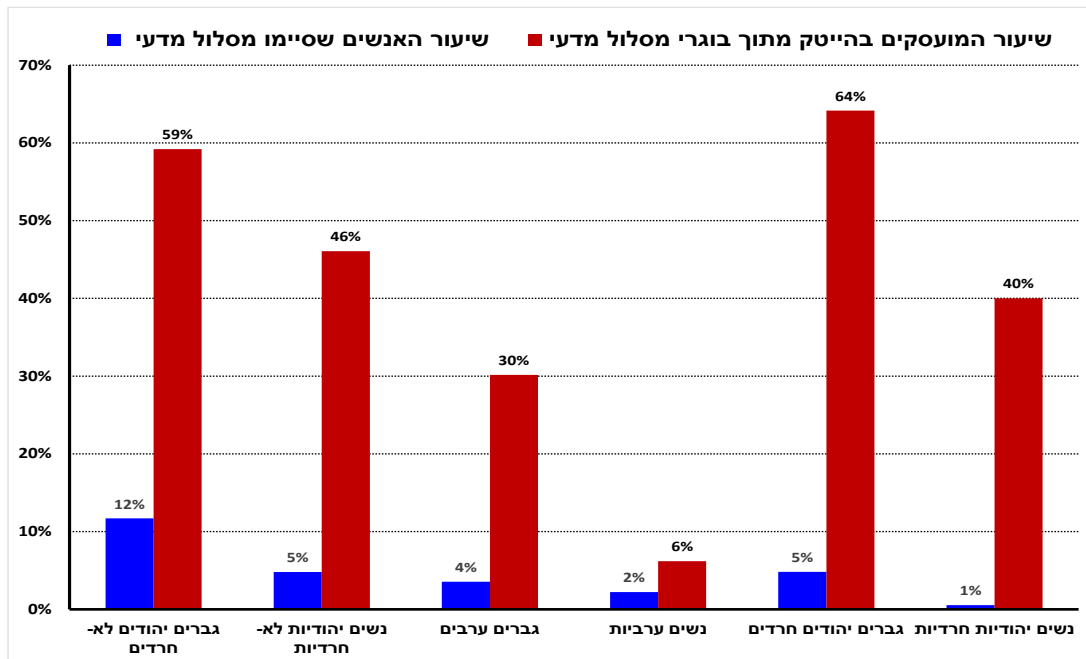
איור 12: שיעור המועסקים שסיימו מסלול מדעי לפי ענף תעסוקה וקבוצות אוכלוסייה



מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, קובץ ילידי 1978–1985.

איור 13 מציג את שיעור בוגרי המסלול המדעי בכל קבוצת אוכלוסייה. כך למשל, מקרב גברים יהודים לא-חרדים, רק ל-12% יש גם בגרות מדעית וגם תואר STEM (בעוד של-28% מהם יש בגרות מדעית, ול-17% מהם יש תואר STEM). מבעלי השילוב של בגרות מדעית ותואר STEM בקרב היהודים הלא-חרדים 59% מועסקים בהייטק. שיעור הנשים היהודיות הלא-חרדיות בוגרות מסלול מדעי הוא פחות ממחצית מזה של הגברים בקבוצת האוכלוסייה – רק 5%, וגם שיעור השתלבותן בתעסוקה בהייטק נמוך יותר – 45% לעומת 59%. שיעור בעלי בגרות מדעית בקרב הערבים נמוך עוד יותר, אך בולט במיוחד שיעור ההשתלבות הנמוך של בוגרי מסלול זה בהייטק, במיוחד נשים ערביות, בניגוד חריף לבוגרי מסלול זה בקרב היהודים (חרדים ולא-חרדים).

איור 13: שיעור בוגרי מסלול מדעי ושיעור המועסקים בהייטק מתוך בוגרי מסלול מדעי לפי קבוצות אוכלוסייה



מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, קובץ ילידי 1978–1985.

במדגם של ילידי 1978–1985, הסיכוי של גבר יהודי לא-חרדי עם תואר אקדמי STEM (עם או בלי בגרות מדעית) למצוא תעסוקה בהייטק הוא 54%, סיכוי הגבוה פי 4.3 מזה של גבר דומה ללא תואר STEM (כ-12%). לעומת הגברים, הסיכוי של אישה יהודית לא-חרדית בעלת תואר STEM למצוא תעסוקה בהייטק הוא רק 38%, אך סיכוי זה גבוה פי 5.8 מסיכוייה ללא תואר STEM (כ-7%). חרף היתרון הבולט של בעלי תואר STEM בתעסוקה בהייטק, מספר הגברים היהודים הלא-חרדים בעלי תואר STEM המועסקים בהייטק – 19.2 אלף – קטן יותר ממספר הגברים היהודים הלא-חרדים שאין להם תואר כזה ואשר מועסקים בהייטק – 21.5 אלף, וזאת בגלל השיעור הנמוך באוכלוסייה של בעלי תואר STEM. לוח 1 מסכם את שניתן ללמוד על סיכויי התעסוקה בהייטק מנתוני העובדים והעובדות היהודים הלא-חרדים בקבוצת גיל רחבה יותר של בני 25–64. שתי קבוצות אוכלוסייה אלו מהוות כ-96% מהמועסקים השכירים בהייטק (איור 6).

לוח 1: השפעת מסלול ההכשרה על השתלבות בהייטק, בני 25–64

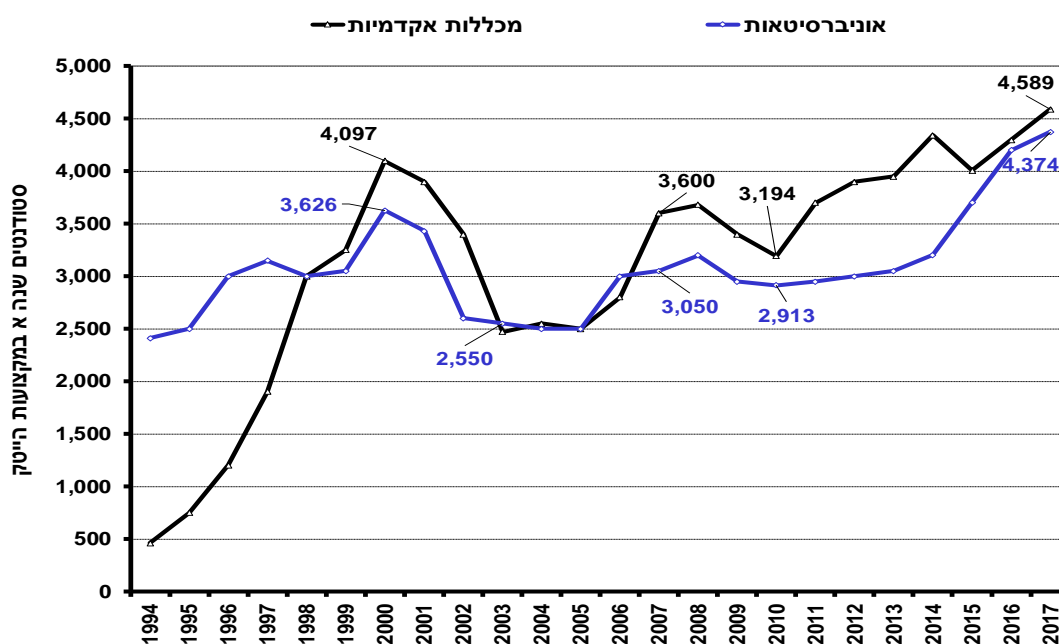
מועסקים בקבוצת גילים 25–64		השתלבות בהייטק	קבוצת אוכלוסייה
עם תעודת STEM	ללא תעודת STEM		
29%	7%	הסיכוי להיות מועסק בהייטק ¹⁰	גברים יהודים לא-חרדים
93,039	70,171	מועסקים בהייטק	
39%	29%	% ממגזר ההייטק	
16%	3%	הסיכוי להיות מועסק בהייטק	נשים יהודיות לא-חרדיות
26,681	40,768	מועסקים בהייטק	
11%	17%	% ממגזר ההייטק	

מקור: סקר PIAAC, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, פרסום 1674.

2.3 מגמות הכשרה בכוח העבודה

כפי שמומחש בסעיף 2.2, הכשרה אקדמית במקצועות STEM היא אחד מהמאפיינים העיקריים של המועסקים בענפי ההייטק. איור 14 מראה את המגמות בהרשמת סטודנטים למקצועות STEM באקדמיה בעשורים האחרונים. האיור מראה בבירור על עלייה משמעותית במספר הסטודנטים במקצועות STEM באוניברסיטאות ובמכללות, אם כי העלייה איננה מונוטונית. בין השנים 2012 ל-2017 עלה מספר הסטודנטים בקצב שנתי של כ-7% במוצע.

איור 14: סטודנטים בשנה א במקצועות STEM באוניברסיטאות ובמכללות אקדמיות

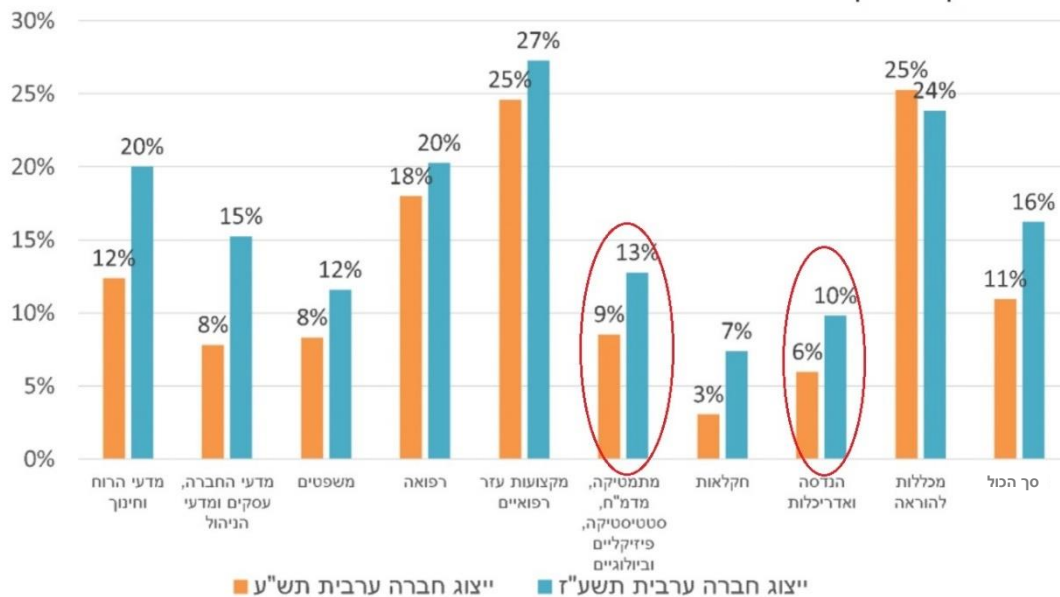


מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

¹⁰ כפי שצוין, בקרב גברים יהודים לא-חרדים ילידי 1978–1985, 12% מאלה שאין להם תעודת STEM מועסקים בהייטק (כ-21.5 אלף) לעומת 54% מאלה שיש להם תעודת STEM (כ-19.2 אלף).

בנוסף לעלייה הכללית ברוכשים תואר אקדמי במקצועות STEM, חלה גם עלייה, בחלקה דרמטית, בהשתתפות קבוצות אוכלוסייה מסוימות בלימודים אלה. למשל, שיעור הנשים בלימודי תואר ראשון בטכניון עלה מ-34% ל-37% בין השנים תש"ע לתשע"ח. באותה תקופה עלה שיעור הסטודנטים הערבים בטכניון מ-16% לכמעט 24%, כאשר מרבית גידול זה מקורו בנשים ערביות (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה). נתונים על מגמות רכישת השכלה גבוהה בקרב האוכלוסייה הערבית מצביעים על עלייה דרמטית בשיעור הסטודנטים מהמגזר הערבי בלימודי STEM (מוקפים בעיגול באיור 15).

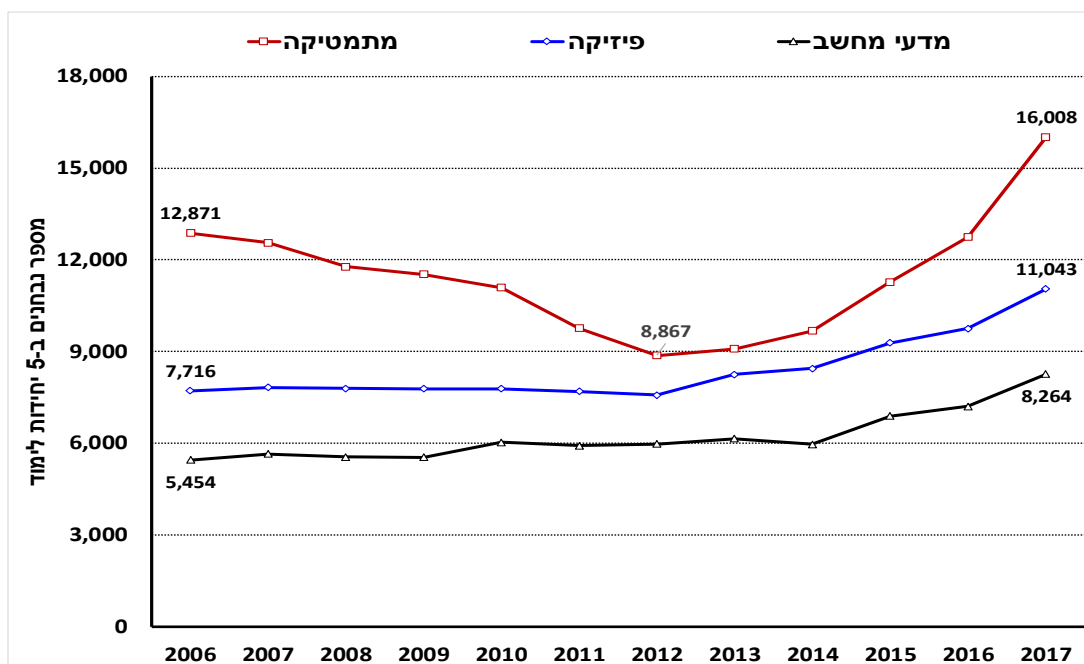
איור 15: שיעורי סטודנטים מהמגזר הערבי במקצועות שונים תש"ע-תשע"ז



מקור: ות"ת.

בגרות מדעית – בגרות עם לפחות מקצוע מדעי אחד ברמת 5 יחידות – מהווה גורם מדרבן לבחירה במסלול STEM בהשכלה גבוהה. מעניין לפיכך לבחון את המגמה של מספר המקבלים בגרות כזאת. משרד החינוך מפעיל זה כמה שנים תוכנית שייעודה הכפלת מספר בוגרי התיכון עם בגרות של 5 יחידות במתמטיקה. בשנים האחרונות חלה עלייה במספר התלמידים הזכאים לבגרות מדעית (איור 16), אם כי שיעורם נותר קבוע.

איור 16: נבחנים ברמת חמש יחידות לפי מקצוע



מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

3. תרחישים להגדלת שיעור המועסקים בהייטק בעוד 10 שנים¹¹

מגזר ההייטק בישראל נהנה בשנים האחרונות מכמה תמורות חיוביות, כגון עלייה בכישורי התלמידים הן במערכת החינוך והן במערכת ההשכלה הגבוהה, עלייה בביקושים למוצרי ICT,¹² ועלייה באטרקטיביות ההייטק בהשוואה ליתר ענפי הכלכלה אשר באה לידי ביטוי בעלייה בשיעור המועסקים בהייטק בכל קבוצות הגיל.

כך, כפי שמתווה באיור 16, בין השנים 2012–2017 חלה עלייה ניכרת של 81% במספר התלמידים הנבחרים ב-5 יחידות לימוד במתמטיקה. כתוצאה, שיעור הנבחרים האלה מכלל הניגשים למבחני בגרות עלה בכ-5 נקודות אחוז, מכ-9% בשנת 2012 לכ-15.5% בשנת 2018.¹³ גם במקצועות הלימוד פיזיקה ומדעי המחשב חלה עלייה ניכרת במספר התלמידים הנבחרים ב-5 יחידות לימוד, כאשר בין השנים 2012–2017 עלה מספר הנבחרים ב-5 יחידות לימוד בפיזיקה בכ-46%, ומספר הנבחרים ב-5 יחידות לימוד במדעי המחשב עלה בכ-38%.

בשנים 2012–2017 גדל מספר הסטודנטים בשנה א ב"מקצועות הייטק" בקצב שנתי של כ-7%, כאשר בשנים 2015–2017 גדל מספר הסטודנטים בשנה א ב"מקצועות הייטק" בקצב מהיר אף יותר, של כ-8%. בהנחה ששיעור הנשירה מלימודים אקדמיים של מקצועות STEM לא יגדל – קצב גידול זה תומך בהשגת היעד הממשלתי של גידול של 40% במספר הסטודנטים לתואר ראשון בהשכלה גבוהה במקצועות STEM בשנת 2022.¹⁴

בשנים 2012–2016 קצב הגידול השנתי בשיעור המועסקים בהייטק עומד על 2.3% בקבוצת גיל 25–29, 1.2% בקבוצת גיל 30–34, 3.5% בקבוצת גיל 35–44, 5.1% בקבוצת גיל 45–54 ו-2.5% בקבוצת גיל 55–64. בסעיף זה אנו עורכים שני תרחישים נוגדי מציאות לבחינת ההשפעה של התמורות שחלו במגזר ההייטק על שיעור המועסקים בהייטק בעוד 10 שנים.¹⁵

בתרחיש 1 אנו בוחנים את שיעור המועסקים בהייטק בעוד 10 שנים בהנחות הבאות:

- בעוד 10 שנים יהיה היחס בין שיעור המועסקים בהייטק בקבוצת גיל 25–29 (שכיום אינם נמצאים בשוק העבודה) לבין שיעור המועסקים בהייטק בקבוצת גיל 30–37 כמו בשנת 2016.¹⁶
- במהלך 10 השנים הבאות יעלה שיעור האקדמאים בוגרי מקצועות STEM בקרב פרטים שבשנת 2016 נמצאים בקבוצת גיל 20–29 ב-40%, מרמה של 11% בשנת 2016 לרמה של 16% כשיהיו בני 30–39.¹⁷
- שיעור המועסקים בהייטק שכיום נמצאים בקבוצת גיל 30–37, 38–54 יישאר קבוע במהלך 10 השנים הבאות.¹⁸

¹¹ לפירוט הנתונים ששימשו לעריכת התרחישים בפרק זה ראו נספח א.

¹² המונח "טכנולוגיות מידע ותקשורת" (ICT – Information and Communications Technology) מתייחס לשימושים בטכנולוגיה לשם קליטה, הצגה ושידור של מידע באופן אלקטרוני.

¹³ ראו נספח ג. העלייה בשיעור הנבחרים ב-5 יחידות מתמטיקה מאז שנת 2012 חלה הן בבתי ספר בפיקוח ממלכתי עברי, הן בבתי ספר בפיקוח ממלכתי דתי והן בבתי ספר בפיקוח ממלכתי ערבי.

¹⁴ החלטת הממשלה 2292 מיום 15.01.2017 בנושא "תכנית לאומית להגדלת כוח אדם לתעשיית ההייטק" קבעה שיש להשיג בשנים 2017–2022 יעד של גידול מצטבר של 40% במספר הסטודנטים לתואר ראשון בהשכלה גבוהה במקצועות STEM.

¹⁵ בשני התרחישים אנו מניחים: (1) בעשר שנים הבאות קצב הגידול של המועסקים בקבוצות גיל 25–29, 30–34, 35–39, 40–47 יהיה זהה לקצב שהיה בשנים 2012–2016, (2) שיעור הפרישה השנתי בקבוצת גיל 48–64 יעמוד על כ-1.7% (ראו דו"ח בנק ישראל 2018, איור ח'-12).

¹⁶ בשנת 2016 יחס זה עומד על 75%. הנחה זאת היא שמרנית, מכיוון ששיעור המועסקים בהייטק בקבוצת גיל זו עולה על פני זמן בקצב מהיר יותר, ראו לוח 6 בנספח א.

¹⁷ הנחה זו מתייחסת לקצב גידול מצטבר של 40% בשיעור בוגרי STEM בעשר שנים והיא שמרנית יחסית, מכיוון ששיעור הגידול המצטבר בבוגרי מקצועות STEM צפוי לעמוד על 40% ב-5 שנים בלבד.

¹⁸ הנחה זאת היא שמרנית, מכיוון ששיעור המועסקים בהייטק בכל קבוצת גיל עולה על פני זמן.

בתרחיש 2 אנו בוחנים את שיעור המועסקים בהייטק בשנת 2030 בהנחות הבאות:

- במהלך 10 השנים הבאות תימשך המגמה הנוכחית בקצב הגידול השנתי של שיעור המועסקים בהייטק בכל קבוצות הגיל.
 - מועסקים בקבוצת גיל 55–64 יצאו מכוח העבודה.
- לוח 2 מסכם את התוצאות.

לוח 2: תוצאות תרחישים 1 ו-2 – שיעור המועסקים בהייטק, 2016 ובעוד 10 שנים

קבוצת גיל	2016	קבוצת גיל	בעוד 10 שנים - תרחיש 1	בעוד 10 שנים - תרחיש 2
19–25	0.0%	29–25	10.4%	11.3%
24–20	0.0%	34–30	13.9% ¹⁹	13.2%
29–25	9.0%	39–35	13.9%	17.2%
37–30	12.0%	47–40	12.0%	16.9%
54–38	10.1%	64–48	10.1%	14.9%
64–55	8.0%	74–65	0.0%	0.0%
מועסקים בגילים 64–25	10.0%	מועסקים בגילים 64–25	11.9%	15.1%

תוצאות תרחיש 1

על פי הנחת התרחיש, כעבור 10 שנים כ-10.4% מבין העובדים הצעירים בקבוצת גיל 29–25 המצטרפים לשוק העבודה מועסקים בהייטק. שיעור המועסקים בהייטק בקבוצת הגיל 39–30 עולה לרמה של 13.9% כתוצאה מעלייה בשיעור האקדמאים בוגרי מקצועות ה-STEM. שיעור התעסוקה בהייטק של העובדים בקבוצות גיל 47–40 (12%) ו-64–48 (10.1%) נשמר כפי שהיה עשר שנים מוקדם יותר לגבי אותה קבוצת עובדים. קבוצת האוכלוסייה המבוגרת בגילים 64–55 פורשת. כתוצאה, שיעור המועסקים בהייטק עולה ב-1.9 נקודות אחוז, מ-10% ל-11.9%, והתוצר עולה ב-3.7 נקודות אחוז (0.37% בשנה).

תוצאות תרחיש 2

אם קצב הגידול השנתי בשיעור המועסקים בקבוצת גיל 29–25 (2.3%), 34–30 (1.2%), 39–35 (3.5%), 40–47 (3.5%) ו-64–48 (4%) יהיה דומה לקצב ששרר בשנים 2012–2016 והמועסקים המבוגרים, שהם בני 55–64 כיום, יפרשו משוק העבודה, שיעור המועסקים בהייטק יעלה ב-5 נקודות אחוז, מ-10% ל-15%, והתוצר יעלה ב-10 נקודות אחוז (1% בשנה).

¹⁹ שיעור המועסקים בהייטק עבור קבוצת גיל 39–30 מחושב לפי מקדמי הרגרסיה הליניארית:

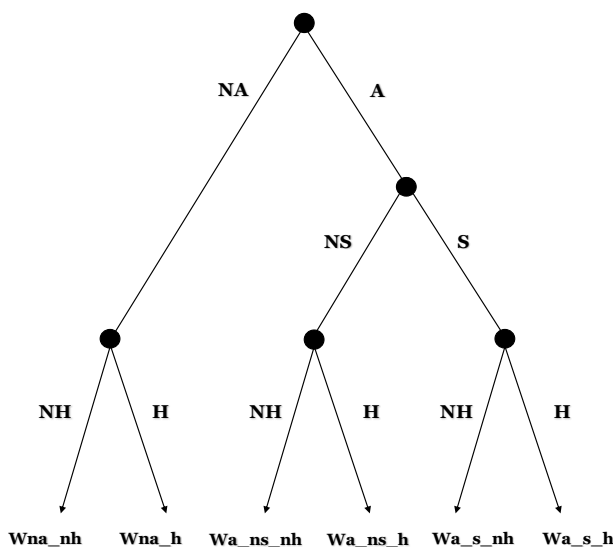
$$HighTech = 0.02 + 0.36Stem + 0.03Bagrut$$

המשתנה Hightech מקבל את הערך 1 אם הפרט מועסק במגזר ההייטק ו-0 אחרת, המשתנה Stem מקבל את הערך 1 אם הפרט הינו אקדמאי שלמד מקצוע לימוד בתחום STEM ואפס אחרת, והמשתנה Bagrut הוא משתנה בקרה למספר יחידות הבגרות של הפרט, על פי שיעור האקדמאים שלמדו מקצוע STEM (11%), וממוצע יחידות הבגרות המדעית (21.5).

4. מודל להגדלת המועסקים בהייטק

בפרק זה אנו בונים מודל בחירה רציונלית של מסלולי לימודים. מודל זה יאפשר לנו לבחון "תרחישים נוגדי מציאות" שבהם נשנה נתונים המאפיינים את הסביבה הכלכלית. המטרה המרכזית היא לבחון, בסופו של דבר, את השפעתם ההיפותטית של תרחישים אלה על שיעור המועסקים בענף ההייטק. המודל להלן מושתת על ההנחה שפרטים בוחרים מסלול לימודים על פי הערכותיהם לגבי התגמול הנובע מכל בחירה. אנו מניחים שהפרטים מסוגלים לאמוד התרחשויות עתידיות על סמך נתונים האישיים ברגע הבחירה, הכוללים במיוחד את נתוני הברגרות שלהם (כפי שיפורט בהמשך). בהקשר שלנו מדובר בשכר הצפוי להם בענפי משק שונים (הייטק ולא-הייטק) תוך התניה במסלול הלימודים שיבחרו. כדי לפשט את המודל אנו מניחים שלפרט אין שליטה בשכר שיכולם לו, וגם לא בסיכוייו להיקלט בכל אחד מאותם ענפים (כלומר, הסתברות התעסוקה בהייטק נקבעת על ידי "הטבע"). עם זאת, הוא (או היא) מסוגל להעריך סיכויים אלה בהתאם למסלול ההכשרה שבו יבחר ותכונותיו האישיות. בהתאם, באיור עץ ההחלטות מופיע בסופו של כל מסלול ההכשרה פיצול לתעסוקה בהייטק (H) או בענפי המשק האחרים (NH), כאשר כל ענף מאופיין בהסתברות התממשותו. כך, ההסתברות שפרט שלמד מקצועות STEM באקדמיה (S) ייקלט בתעסוקת הייטק היא $P_{A_S_H}$, וזאת של אקדמי שלא למד STEM (NS) להיקלט בהייטק היא $P_{A_{NS_H}}$. בדומה, ההסתברות של מי שלא בחר בלימודים אקדמיים (NA) להיקלט בענף ההייטק מסומנת ב- P_{NA_H} . תשלומי השכר הנלווים לכל אחד ממסלולי ההכשרה מסומנים ב- $W_{i_j_k}$, כאשר האינדקס הראשון, i , מסמל את מסלול הלימודים האקדמי ($i=A$) או לא-אקדמי ($i=NA$); האינדקס השני, j , מסמל את לימודי ה-STEM במידה שהדבר רלוונטי, כלומר אם $i=A$ האינדקס j יקבל את הערך S או NS בהתאמה לבחירה בלימודי STEM או לא; לבסוף, האינדקס k יקבל את הערך H עבור פרט העובד בהייטק, ו- NH אחרת.

איור 17: עץ ההחלטות של מסלולי לימוד ותעסוקה



בניגוד להשמה האקראית בענף הכלכלי שבו יועסק הפרט בסופו של דבר, אנו מניחים שהפרט מקבל שתי החלטות על פי כישוריו. עם סיום בית הספר התיכון הפרט מחליט אם לפנות ללימודים אקדמיים. במידה שהפרט בחר במסלול זה, ההחלטה השנייה היא האם לבחור בלימודי STEM. כאמור, הנחת היסוד שלנו היא שהמשתנה המכריע הקובע את החלטת הפרט בכל אחד משני השלבים הוא התגמול שיקבל עבור כל אחת מהאופציות העומדות לבחירה. עם זאת, ההחלטות מושפעות גם ממאפייני הפרט שאותם אנחנו, כחוקרים, איננו מסוגלים למדוד (כמו העדפות אישיות לתחום לימודים או עיסוק כזה או אחר). גורמים אלה נתפסים במודל האקונומטרי על ידי השגיאה האקראית המתווספת לכל משוואה. כמקובל בניתוח עצי החלטה מסוג זה, התרחיש "מגולגל" מהשלב השני לשלב הראשון. על פי הגיונה של השיטה, הפרט מעמיד את עצמו בכל מצב אפשרי בשלב השני (במקרה שלנו – לימודים אקדמיים) ושוקל את החלטתו המותנית בהגעה למצב זה, על פי המידע המצוי בפניו בשלב הראשון. הפרט מפנים את התגמול להחלטה ההיפותטית בשלב השני ועושה בו שימוש כדי להחליט לאיזה מסלול יפנה בשלב הראשון (לימודים אקדמיים או לא).

4.1 שלב הבחירה בלימודי STEM

בשלב זה הפרט כבר בחר לפנות ללימודים אקדמיים אך טרם החליט באיזה משני המסלולים לבחור – מקצועות STEM או מקצועות אקדמיים אחרים. אנו מניחים שפרט שרכש "סל בגרויות" h יקבל בסופו של כל מסלול לימודים שכר $W_{A,j,k}^h$, התלוי במסלול שבו בחר $j=S, NS$ ובסקטור ההעסקה $k=H, NH$, כמו גם בגורמים אקראיים אישיים שערכם יתברר עם הגעתו של הפרט לשוק העבודה.²⁰ בנוסף, אנו מניחים שהפרט מסוגל לחשב את תוחלת השכר הצפוי $E(W_{A,j,k}^h)$. התועלת מבחירת כל מסלול לימודים תלויה רק בתוחלת ההכנסה הצפויה לפרט בסופו.

כיוון שבשלב הבחירה במסלול לימודים הפרט אינו יודע בוודאות היכן יועסק בסופו של דבר, אנו מניחים שעבור כל מסלול של הכשרה הוא מחשב את התועלת הנובעת מאותו מסלול. תועלת זאת נובעת מתוחלת התועלות הצפויות לפרט כתוצאה מבחירתו במסלול ה-STEM. בנוסף קיים גורם אקראי המייצג העדפות אישיות למסלול ה-STEM שתתבררנה לפרט בעת קבלת ההחלטה לגבי מסלול הלימודים, אך אינן נצפות על ידנו, $\epsilon_{A,S}^h$. מכאן מתקבלת התועלת:

$$(1) \quad U_{A,S}^h = \alpha_{A,S} + \beta [P_{A,S,H}^h E(W_{A,S,H}^h) + (1 - P_{A,S,H}^h) E(W_{A,S,NH}^h)] + \epsilon_{A,S}^h$$

כאשר $\alpha_{A,S}$ הוא קבוע המאפיין (עבור כל הפרטים) את התועלת האינהרנטית הגלומה בבחירת מסלול STEM, β הוא מקדם התועלת הנובעת מהשכר (גם הוא משותף לכל הפרטים) ו- $\epsilon_{A,S}^h$ משקף את כל הגורמים המשפיעים על תועלת הפרט בבחירת אותו מסלול. כיוון שנשתמש בהמשך במודל הסתברות ליניארי (Linear Probability Model) אנו מניחים שהגורמים $\epsilon_{A,S}^h$ מפולגים באופן בלתי תלוי על פני הפרטים ועל פני המסלולים השונים על פי ההתפלגות הנורמלית הסטנדרטית.

²⁰ h מקבל 8 ערכים אפשריים בהתאם לסוג הבגרות שיש לפרט: ללא בגרות מדעית (פרט שלא למד 5 יחידות מתמטיקה, פיזיקה או מדעי המחשב); 5 יחידות מתמטיקה; 5 יחידות פיזיקה; 5 יחידות מ"מ (מדעי המחשב); 5 יחידות מתמטיקה ו-5 יחידות פיזיקה; 5 יחידות מתמטיקה ו-5 יחידות מ"מ; 5 יחידות פיזיקה ו-5 יחידות מ"מ; 5 יחידות מתמטיקה ו-5 יחידות פיזיקה ו-5 יחידות מ"מ.

על פי הנחתנו, בבואו להחליט אם לבחור במסלול לימודי ה-STEM, הפרט משווה את התועלת הנ"ל לתועלת שיפיק אם יבחר במסלול לימודים אקדמי אחר:

$$(2) \quad U_{A_{NS}}^h = \alpha_{A_{NS}} + \beta [P_{A_{NS}H}^h E(W_{A_{NS}H}^h) + (1 - P_{A_{NS}H}^h) E(W_{A_{NS}NH}^h)] + \epsilon_{A_{NS}}^h$$

לצורך ההשוואה אנו מתגברים את התועלת שהפרט בעל סל הבגרויות h מפיק מהכנסתו בגורמים העשויים לסייע לו להעריך את סיכויי הצלחתו בלימודי ה-STEM. נייצג גורמים אלה ב- x^h ונניח שהפרט h יבחר במסלול ה-STEM אם ורק אם:

$$(3) \quad U_{A_S}^h + \gamma x^h \geq U_{A_{NS}}^h$$

כלומר:

$$(4) \quad [\alpha_{A_S} + \beta [P_{A_S H}^h E(W_{A_S H}^h) + (1 - P_{A_S H}^h) E(W_{A_S NH}^h)] + \gamma x^h] - [\alpha_{A_{NS}} + \beta [P_{A_{NS} H}^h E(W_{A_{NS} H}^h) + (1 - P_{A_{NS} H}^h) E(W_{A_{NS} NH}^h)]] \geq \epsilon_{A_{NS}}^h - \epsilon_{A_S}^h$$

לצורך האמידה, אנחנו אוספים את כל האיברים הקשורים בקבועים ומסמנים את התוצאה ב- α . בדומה, נסמן את הפרש גורמי ההעדפה הבלתי נצפים על ידנו ב- ϵ^h . לבסוף, נאסוף את תוחלות התשלומים הצפויים לפרט בכל אחד ממסלולי הלימודים:

$$(5) \quad E(W_{A_S}^h) = P_{A_S H}^h E(W_{A_S H}^h) + (1 - P_{A_S H}^h) E(W_{A_S NH}^h)$$

$$(6) \quad E(W_{A_{NS}}^h) = P_{A_{NS} H}^h E(W_{A_{NS} H}^h) + (1 - P_{A_{NS} H}^h) E(W_{A_{NS} NH}^h)$$

בהתאם לפישוט סימונים זה, הפרט יבחר ללמוד במסלול ה-STEM באקדמיה אם ורק אם:

$$(7) \quad \alpha + \beta [E(W_{A_S}^h) - E(W_{A_{NS}}^h)] + \gamma x^h \geq \epsilon^h$$

ב"מודל הסתברות ליניארית" (Linear Probability Model), המקדמים α , β ו- γ נאמדים במשוואות רגרסיה, כאשר המשתנה התלוי הוא 1 אם הפרט בחר בלימודי STEM ו-0 אחרת. בהתאם, המודל מאפשר לחזות את ההסתברות שפרט עם סל בגרויות מסוים יבחר במסלול ה-STEM.

4.2 יישום

בשלב ההחלטה השני אנו זקוקים לאומדנים של הסתברויות התעסוקה בהיטק של פרטים שלמדו STEM ושל אלה שלמדו מקצועות אקדמיים אחרים. בנוסף אנו זקוקים לאומדנים של השכר הצפוי לעובדים בכל אחת מארבע האפשרויות: אקדמאים שלמדו STEM ומועסקים בהיטק, אקדמאים שלמדו STEM אך אינם מועסקים בהיטק, ובדומה לגבי חבריהם שלמדו מקצועות אקדמיים אחרים. לצורך חישוב האומדנים השתמשנו בקובץ הנתונים של הלמ"ס על ילידי 1978–1985. פרק זה מנתח את הנתונים תוך הבחנה בין ארבע קבוצות אוכלוסייה – גברים ונשים יהודים לא-חרדים וגברים ונשים ערבים. המגזר החרדי לא נותח עקב מיעוט תצפיות. כל פרט במדגם אופיין על פי הרכב הבגרויות שעשה במערכת החינוך באמצעות משתני דמה שקיבלו כל אחד ערך של 1, בהתאמה, במידה שנבחרן בהיקף של 5 יחידות במתמטיקה, פיזיקה, מדעי המחשב ואנגלית, ו-0 אחרת.

משתנים אלה (בנוסף לקבוע) שימשו כמשתנים מסבירים בגרסיות הסתברות ליניאריות שבהן המשתנה המוסבר קיבל את הערך 1 עבור מי שעבד בהייטק, ו-0 אחרת (ראו נספח ב.2). גרסיות אלה הורצו בנפרד עבור אקדמאים בוגרי STEM ועבור בוגרי המקצועות האקדמיים האחרים. התוצאה מאפשרת את חיזוי הסתברות התעסוקה בהייטק לכל פרט על פי אפיון הבגרות שלו ומסלול הלימודים האקדמי שבו בחר. משוואות השכר טופלו באופן דומה (ראו נספח ב.1). עבור כל אחת מארבע קבוצות התעסוקה²¹ נאמדה השפעתם של משתני הדמה הנ"ל, כמו גם גיל הפרט (בנוסף לקבוע) על לוג השכר החודשי בשנת 2015. גם כאן תוצאת האמידה מאפשרת חיזוי של (לוג) השכר בסופו של כל מסלול על פי מאפייני הפרט. בהתאם לתהליך הנ"ל חושב, עבור כל פרט ואפיוניו, הגודל $E(W_{A_NS}^h) - E(W_{A_S}^h)$, כאשר השכר התקבל כ"אנטי לוג" של תוצאת אומדן משוואת השכר. גודל זה – ההפרש בין תוחלת השכר של אקדמאי שלמד מקצוע STEM לתוחלת השכר של אקדמאי שלמד מקצוע אקדמי אחר – שימש בגרסיית הבחירה של לימודי ה-STEM עבור אותו חלק מאוכלוסיית המחקר שפנה ללימודים אקדמיים. בנוסף להפרש בשכר הצפוי, כל פרט מאופיין על ידי כישוריו, המדודים על ידי הרכב הבגרות שלו כמתואר לעיל. שני משתנים אלה משמשים כגורמים ה"מסבירים" את בחירת הפרט ללמוד מקצועות STEM (כלומר, ערך של 1 בצד שמאל) או לא (0) בהתאמה). תוצאות האמידה מספקות את ערכי $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$ המאפשרים את חישוב ההסתברות שפרט בעל אפיוני בגרות נתונים שנמצא במסלול האקדמי יבחר במסלול ה-STEM. הסתברות זאת מסומנת ב- $\hat{P}_{A_S}^h$, והיא תשמש אותנו בהמשך.

4.3 שלב הבחירה בלימודים אקדמיים

בראש עץ ההחלטות מחליט כל פרט, על פי נתוני הבגרות שלו, האם לפנות ללימודים אקדמיים. החלטה זאת תתקבל בהתאם להפרשי התועלות הנובעים מתוחלות השכר במסלול האקדמי ובמסלול שוק העבודה הישיר. בשלב זה, התועלת הנובעת מכניסה מיידית לשוק העבודה מחושבת בדומה לתהליכים שתוארו לעיל. בהתאם אנו מקבלים:

$$(8) \quad U_{NA}^h = \theta_{NA} + \delta [P_{NA_H}^h E(W_{NA_H}^h) + (1 - P_{NA_H}^h) E(W_{NA_NH}^h)] + \mu_{NA}^h$$

כאשר הפרט בוחר את תוחלת השכר שיקבל במסלול האקדמי, עליו להעריך עבור עצמו את ההסתברות $\hat{P}_{A_S}^h$ שבה יבחר במסלול ה-STEM וכתוצאה יקבל את תוחלת השכר $E(W_{A_S}^h)$. אם יבחר במסלול האקדמי האלטרנטיבי יהיה שכרו, בתוחלת, $E(W_{A_NS}^h)$. בהתאם, התועלת שהוא מפיק אם יבחר במסלול האקדמי היא:

$$(9) \quad U_A^h = \theta_A + \delta [\hat{P}_{A_S}^h E(W_{A_S}^h) + (1 - \hat{P}_{A_S}^h) E(W_{A_NS}^h)] + \mu_A^h$$

כאשר אנו מניחים שגורמי התועלת μ ידועים לפרט אך אינם נצפים על ידנו. אנו מניחים שגורמים אלה שאובים מתוך התפלגות נורמלית סטנדרטית ואינם תלויים על פני הפרטים, וגם לא בגורמי התועלת ε . גם במקרה זה הפרט בוחר במסלול האקדמי אם ורק אם:

$$(10) \quad U_A^h \geq U_{NA}^h$$

²¹ ארבע קבוצות התעסוקה של אקדמאים הן: אקדמאי שלמד מקצוע STEM ומועסק בהייטק, אקדמאי שלמד מקצוע STEM ומועסק בענפים אחרים, אקדמאי שלמד מקצוע אקדמי לא STEM ומועסק בהייטק, אקדמאי שלמד מקצוע אקדמי לא STEM ומועסק בענפים אחרים.

בדומה לסימונים דלעיל, נגדיר :

$$(11) \quad E(W_A^h) = \hat{P}_{A_S}^h E(W_{A_S}^h) + (1 - \hat{P}_{A_S}^h) E(W_{A_{NS}}^h)$$

$$(12) \quad E(W_{NA}^h) = P_{NA_H}^h E(W_{NA_H}^h) + (1 - P_{NA_H}^h) E(W_{NA_{NH}}^h)$$

בהתאם, הפרט בוחר במסלול הלימודים האקדמי אם ורק אם :

$$(13) \quad \theta + \delta[E(W_A^h) - E(W_{NA}^h)] \geq \mu$$

כאשר $\theta = \theta_A - \theta_{NA}$, $\mu = \mu_A - \mu_{NA}$

4.3 תוצאות

4.3.1 משוואות השכר

המקדמים

בנספח ב.1 בלוחות 10–15 אנו מדווחים את מקדמי משתני הדמה המייצגים בגרות בהיקף של 5 יחידות במקצועות המרכזיים (מתמטיקה, פיזיקה, מדעי המחשב ואנגלית) במשוואות השכר השונות. יש לפרש את המקדמים כתוספת (באחוזים) לשכרו של פרט כאשר הוא בעל בגרות של 5 יחידות במקצוע המתאים. כך, לפי לוח 10 למשל, שכרו של גבר יהודי שלמד **מסלול STEM העובד בהייטק** ולו בגרות בהיקף של 5 יחידות במדעי המחשב, גבוה ב-11 אחוזים משכרו של גבר מקביל החסר בגרות זאת. אצל נשים יהודיות הפער הוא גבוה עוד יותר, בהיקף של 14 אחוזים. גברים ערבים במסלול זה זוכים גם הם לפרמיה של קרוב ל-11 אחוזים, כאשר נשים ערביות מעלות את שכרן ב-36 אחוזים (!) אם יש להן 5 יחידות בגרות במדעי המחשב. ההחזרים לחמש יחידות בגרות במתמטיקה ופיזיקה של נשים אלה גבוהים גם הם, אבל אינם מובהקים מבחינה סטטיסטית.

כאשר פונים לשכרם של אלה שלמדו **מסלול ה-STEM אך אינם עובדים בענף ההייטק**, התשוואות ללימודי 5 יחידות במקצועות הבגרות יורדות. במפתיע אף נמצאת תשואה שלילית ללימודי המתמטיקה בקרב גברים יהודים, אם כי ברמת מובהקות שולית. ייתכן שהעובדה שגברים אלה לא פנו להייטק למרות כישוריהם המתאימים, לכאורה, יוצרת בכך איתות שלילי בשוק העבודה. בקבוצות היהודיות יש עדיין תשואה של 7 אחוזים למדעי המחשב, בעוד שהגברים הערבים אינם נהנים כלל מתוספות שכר בגין הבגרות שלהם. נשים ערביות מפוצות עבור 5 יחידות מתמטיקה. בניגוד, גברים ונשים בקבוצה היהודית **שלא למדו STEM המועסקים בהייטק** זוכים לתשוואות גבוהות מאוד עבור לימודי הבגרות. בולטת העובדה שבקבוצה זאת 5 יחידות מתמטיקה הן אלה המזכות בפרמיות הגבוהות ביותר, של 5 אחוזים עבור הגברים וקרוב ל-18 אחוזים עבור הנשים. לעומת זאת, עבור קבוצות האוכלוסייה הערביות התשוואות אינן מובהקות באופן סטטיסטי. באופן מפתיע, התמונה משתנה מאוד כאשר פונים לאלה **שלא בחרו במסלול ה-STEM בלימודיהם האקדמיים ואינם עובדים בענף ההייטק**. כאן התשוואות לבגרויות המוגברות גדולה ומובהקת לגבי כל קבוצות האוכלוסייה. בולטת במיוחד התשואה הגבוהה ל-5 יחידות במתמטיקה ליהודיות ולערבים בשני המגדרים. נשים ערביות גם מפוצות בצורה משמעותית (10 אחוזים) עבור לימודי אנגלית מוגברים. תמונה דומה מאוד מתקבלת גם לעובדי **ההייטק שלא למדו לימודים אקדמיים**, פרט לערביות שכלל אינן מפוצות עבור בגרויות מוגברות (כאן יש לזכור שהמדגם של נשים כאלה קטן מאוד). התמונה לגבי **העובדים הלא-אקדמיים בענפי המשק שאינם הייטק** היא מפתיעה. גברים יהודים "נענשים" כאשר יש להם בגרויות מוגברות (חוץ ממדעי המחשב), אולי שוב עקב האיתות שגברים אלה משגרים עקב הסתירה, לכאורה, בין

כישוריהם לבין מסלול הלימודים שבו בחרו.²² בניגוד, נשים יהודיות, ובמיוחד שתי קבוצות האוכלוסייה הערביות, מתוגמלים בצורה ניכרת (עבור 5 יחידות מתמטיקה הגברים הערבים זוכים בתוספת של 14 אחוזים; הנשים הערביות אף זוכות לפרמיה של 38 אחוזים, כאשר בפיזיקה הפרמיות עומדות על 17 ו-20 אחוזים, בהתאמה).

טיב הניבוי

איור 18 בנספח 5 מדווח על ניבוי המודל לגבי שכרו של פרט אופייני בכל אחד מצירופי הבגרויות המוגברות שגילו 33 שנים, ועל ממוצע השכר בפועל במדגם של כל הפרטים שלהם צירוף הבגרויות המקביל. כדי להתמקד במקצועות המדעיים קיבענו את תרומת הבגרות המוגברת באנגלית על פי שיעור הנבחנים ברמה זאת בכל אחת מקבוצות האוכלוסייה (44 אחוזים בקרב שתי הקבוצות היהודיות, 8 ו-9 אחוזים בקרב נבחנים ונבחנות במגזר הערבי). ככלל, ניתן לראות שהשכר המנובא על ידי המודל נמוך באופן עקבי מהשכר בפועל (בהיקף ממוצע של כ-20%). התופעה נובעת מהעובדה שהשכר נאמד ברגרסיות לוגריתמיות והחיזוי עבור טרנספורמציה הופכית. בגלל הקעירות של הפונקציה הלוגריתמית מתקבל אומדן חסר שהולך וגדל ככל שהשונות ברמות השכר בנתונים גבוהה יותר. עם זאת, נראה שחיזוי המודל עוקבים בדרך כלל היטב אחרי סולם השכר בפועל. עובדה זאת משרתת אותנו היטב בהמשך, שכן המודל תלוי בהפרשי השכר הרלוונטיים ולא ברמת השכר המוחלטת.

4.3.2 הסתברויות התעסוקה המותנות בהייטק ובענפים אחרים

המקדמים

בנספח 2 בלוחות 16–18 אנו מדווחים על תוצאות משוואות הרגרסיה החוזות את הסתברויות התעסוקה בהייטק של בוגרי מסלול STEM, אקדמאים אחרים ואלה שאינם אקדמאים עבור ארבע קבוצות האוכלוסייה. המקדמים מייצגים את העלייה בהסתברות ההעסקה (מדודה בנקודות אחוז) למי שנבחן בחמש יחידות בגרות במקצועות המדעיים (מתמטיקה, פיזיקה, מדעי המחשב) ובאנגלית. כפי שניתן לראות, פרט לנשים ערביות המקצוע שתרומתו היא הגבוהה ביותר לסיכוי ההעסקה בהייטק לגבי בוגרי STEM הוא מדעי המחשב. סיכוייהם של גברים יהודים עולים ב-0.11 נקודות אחוז. נשים יהודיות בעלות חמש יחידות בגרות במדעי המחשב מעלות את הסתברות העסקתן בהייטק ביותר מ-0.12 נקודות אחוז, וגברים ערבים אפילו ב-0.15 נקודות. לגבי נשים ערביות המקצוע המשמעותי ביותר הוא אנגלית, ובו חמש יחידות הלימוד מעלות את הסתברות ההעסקה של בוגרות STEM בקרוב ל-0.08 נקודות אחוז. כל אחד מהמקצועות האחרים מוסיף כ-0.07 נקודות אחוז להסתברות העסקתם של בוגרי STEM יהודים בענף ההייטק, וכ-0.08 נקודות אחוז כאשר מדובר בנשים יהודיות. מקצוע האנגלית הוא בעל חשיבות דומה לזאת של מדעי המחשב בקרב גברים ערבים ובקרב הנשים הערביות. בנוסף, המקצועות המדעיים מעלים את הסתברות ההעסקה בהייטק בכ-0.02 נקודות אחוז. לימוד פיזיקה ומדעי המחשב ברמה של חמש יחידות חשוב במיוחד להעלאת סיכוייהם של אקדמאים יהודים שלא למדו מקצועות STEM להיקלט בהייטק (עלייה של כ-0.06 נקודות אחוז). המקצוע הבא המשפיע על קבוצה זאת הוא אנגלית (כ-0.04 נקודות אחוז), ובמפתיע ללימוד של מתמטיקה ברמה של חמש יחידות השפעה קטנה יותר (0.02 נקודות אחוז). השפעת מקצוע זה על סיכוייהן של אקדמאיות יהודיות שלא למדו STEM להיקלט בהייטק דומה, וגם עבורן לכל אחד מהמקצועות האחרים השפעה גבוהה יותר (קרוב ל-0.04 נקודות אחוז). בקרב הקבוצות האקדמאיות הערביות שלא למדו STEM,

²² אין לנו מידע הקשור לשירות הצבאי כך שאיננו יכולים לבחון האם יש בקבוצה זאת רבים שלא שירתו או הסובלים מליקוי כזה או אחר.

למקצועות הברורות המוגברים כמעט אין השפעה של סיכויי ההעסקה בהייטק. יוצא מכלל זה הוא לימוד חמש יחידות מדעי מחשב של גברים ערבים, המוסיף 0.02 נקודות אחוז לסיכויי העסקתם בהייטק. לבסוף, לימוד חמש יחידות במקצועות המדעיים ובאנגלית מעלה את סיכוייהם של בוגרי תיכון חסרי השכלה אקדמית לעבוד בענף ההייטק, פרט לקבוצות הערביות (שעבורן רק לימודי האנגלית ברמה גבוהה משפרים במעט את הסיכוי). בולטת העובדה שגם בקבוצה זאת המקצוע המשמעותי ביותר הוא מדעי המחשב (יותר מ-0.14 נקודות אחוז לגברים יהודים, 0.09 לנשים יהודיות ו-0.05 לגברים ערבים). גם כאן למתמטיקה ברמה של 5 יחידות השפעה גבוהה פחות ברמה של 0.02–0.03 נקודות אחוז נוספות לסיכויי ההעסקה בהייטק.

טיב הניבו

איור 19 בנספח 5 מתווה את אומדני התעסוקה הממוצעים בענפי ההייטק החזויים עבור קבוצות האוכלוסייה השונות, תוך התנייתם בהרכב הברוריות בהשוואה לנתונים בפועל. כפי שהאיור מראה, המודל חוזה בדרך כלל מעט בחסר את הסתברות ההעסקה בהייטק של הקבוצות היהודיות, אך ככלל ההתאמה היא משיעית רצון למרות רמת ההסבר הנמוכה במיוחד של רגרסיות אלה. בקרב קבוצת הגברים הערבים ניכרת סטייה גדולה יותר של המודל ביחס לנתונים. נראה שהמודל מחמיץ מאפיינים חשובים המשפיעים בפרט על סיכויי ההעסקה של הערבים בהייטק. הסטייה גדולה במיוחד בקרב קבוצת האקדמאים שלמדו חמש יחידות מדעי המחשב בצירוף לחמש יחידות מתמטיקה או חמש יחידות פיזיקה. בהקשר זה יש לציין את מיעוט הפרטים בצירופי בגרות אלה (עובדה הגורמת לקו הרגרסיה "להתעלם" מפרטים אלה). תופעה דומה נצפית גם בקרב נשים ערביות בוגרות STEM. מיעוט התצפיות בולט במיוחד בקבוצת האקדמאיות הערביות שלא למדו STEM, או אלה שלא רכשו כל השכלה גבוהה.

4.3.3 הסתברויות הבחירה בלימודי STEM

המקדמים

כאמור לעיל, על פי הנחת המודל, הפרט שכבר החליט על פנייה למסלול של לימודים אקדמיים בוחר אם ללמוד מקצועות STEM או מקצועות לימוד אחרים. החלטה זאת תלויה בהפרש השכר הצפוי בכל אחד מהמסלולים, כמו גם בכישורי הפרט המיוצגים על ידי הרכב הברוריות המדעיות שלו. לוח 19 בנספח 3 מדווח על התוצאות, כאשר המקדם של הפרש תוחלות השכר מצביע על השינוי (בנקודות אחוז) בסיכוי לבחור את מסלול ה-STEM עבור שינוי בסך 1,000 ש"ח בהפרש בין תוחלת השכר במסלול ה-STEM לתוחלת השכר במסלול האקדמי האחר. בהתאם, על פי התוצאות, העלאת ההפרש בין שתי התוחלות ב-1,000 ש"ח מעלה את הסיכוי שגבר יהודי יבחר במסלול ה-STEM ב-0.024 נקודות אחוז, וב-0.01 נקודות אחוז כאשר מדובר באישה יהודיה. המודל לא מצא השפעה מובהקת של משנתה זה על סיכוי בחירת מסלול ה-STEM לגבי גברים ערבים, אך נשים ערביות מגיבות בעוצמה גבוהה, יחסית, עם העלאת הסיכוי לבחור במסלול ה-STEM ב-0.054 נקודות אחוז. באשר להרכב הברוריות אנו מוצאים השפעה מובהקת על הסיכוי לבחור במסלול ה-STEM עבור כל קבוצות האוכלוסייה, פרט לנשים הערביות. ללימודי הפיזיקה ברמה מוגברת התרומה המשמעותית ביותר להעלאת סיכויי הבחירה במסלול ה-STEM (תוספת של 0.24 נקודות אחוז לגברים יהודים, 0.19 לנשים יהודיות, 0.16 לגברים ערבים). סיכוייהן של נשים ערביות שיש להן חמש יחידות מתמטיקה ללמוד במסלול ה-STEM עולים ב-0.10 נקודות אחוז.

טיב הניבוי

איור 20 בנספח ב.5 מתווה את הניבוי של המודל של סיכוי הבחירה בלימודי STEM בהשוואה לנתונים. כפי שניתן לראות, המודל מדייק כאשר מדובר בקבוצת הגברים היהודים והנשים היהודיות. בקרב הגברים הערבים חוזרת התופעה של אומדן החסר של סיכוייהם של אלה שלמדו צירוף של חמש יחידות מדעי המחשב עם מתמטיקה או עם פיזיקה. בקרב הנשים הערביות ניבוי החסר מתמקד בקבוצה שלמדה חמש יחידות פיזיקה ובזאת שלמדה בנוסף גם חמש יחידות מדעי המחשב. גם במקרה זה מדובר בצירופים ששייכותם נמוכה.

4.3.4 הסתברויות הבחירה בלימודים אקדמיים

המקדמים

על פי הנחת המודל, הבחירה בשלב זה מונעת רק על ידי ההפרש בתוחלת השכר, על פי הרכב הבגרות שלו או שלה, הצפויה לפרט בסופו של המסלול האקדמי לעומת תוחלת השכר הצפויה בהעדר לימודים אקדמיים. לוח 20 בנספח ב.4, המדווח על תוצאות הרגרסיה, מצביע על העלאת הסיכוי ללימודים אקדמיים הנובעת מתוספת של 1,000 ש"ח בהפרש תוחלות השכר של 0.18 נקודות אחוז לגברים יהודים, וקרוב ל-0.19 נקודות אחוז לנשים יהודיות. בולטת העובדה שהמקדם על הפרשי השכר בשתי קבוצות האוכלוסייה הערביות הוא שלילי ומובהק, כך שהעלאת פער השכר בין המסלול האקדמי ללא-אקדמי מורידה את סיכוי הבחירה במסלול האקדמי ב-0.04 נקודות אחוז לגברים ערבים, ואף ב-0.12 נקודות אחוז לנשים ערביות. ייתכן שתוצאות מפתיעות אלה לגבי האוכלוסייה הערבית מרמזות על אפקט הרתעה הכרוך בעליית השכר של עובדים אקדמאים, במיוחד לגבי נשים. בפרט, ייתכן שאוכלוסייה זאת מפרשת עלייה בשכר כאיתות על עלייה בדרישות מקום העבודה האקדמי, ואולי גם על ירידה בסיכוי למצוא מקום עבודה כזה, ובכך נוצרת רתיעה מבחירה במסלול הלימודים האקדמי.

טיב הניבוי

בשלב ההחלטה על הלימודים האקדמיים אנו מבחינים בנספח ב.5 איור 21 שהמודל אומדן בחסר את הסתברות הבחירה במסלול האקדמי לגבי אותם פרטים שיש להם חמש יחידות בגרות לפחות באחד מהמקצועות המדעיים. באשר לקבוצות האוכלוסייה היהודיות הדבר נכון במיוחד לגבי אלה שיש להם או להן חמש יחידות רק באחד מהמקצועות המדעיים או בשילוב של שניים מהם. בקבוצות הערביות ההטיה בולטת לגבי כל מי שלמדה חמש יחידות בגרות לפחות באחד מהמקצועות המדעיים. תוצאה זאת נובעת מכך שאוכלוסיית אלה שאין להם כל מקצוע מדעי ברמה של חמש יחידות בגרות מהווה מעל 70 אחוזים בקרב הגברים היהודים ומעל 80 אחוזים בקבוצות האוכלוסייה האחרות. בהתאם, תת-קבוצות הנותרות בקרב אלה שנבחנו לפחות במקצוע מדעי אחד ברמה מוגברת קטנות במיוחד.

4.3.5 הסתברות התעסוקה בהייטק

כדי לחשב את סיכויי ההעסקה בהייטק של פרט h בעל אפיוני בגרות נתונים, P_H^h , אנו מבצעים את החישוב הבא:

$$(14) \quad P_H^h = P_A^h [P_{A_S}^h P_{A_S H}^h + (1 - P_{A_S}^h) P_{A_{NS H}}^h] + (1 - P_A^h) P_{NA_H}^h$$

החישוב משקלל את סיכויי של הפרט להגיע לתעסוקת הייטק מתוך מסלול לימודים אקדמיים ב-STEM ומתוך לימודים אקדמיים אחרים בהסתברות שילמד לימודים אקדמיים, ומוסיף לכך את סיכויי להגיע לתעסוקת הייטק בהעדר לימודים אקדמיים תוך שקלולם בהסתברות שיבחר שלא לרכוש השכלה גבוהה. את החישוב ניתן לבצע הן על סמך ההסתברויות החזויות על ידי המודל והן על סמך אלה הנלקחות מהנתונים בפועל. לבסוף, כדי למצוא מהי ההסתברות שפרט המשתייך לקבוצת אוכלוסייה מסוימת יועסק בהייטק, P_H , אנו מחשבים:

$$(15) \quad P_H = \sum_{h \in N} \omega^h P_H^h$$

כאשר N מסמל את אוסף האפשרויות של מצרפי הבגרות (כאמור 8 אפשרויות) ו- ω^h הוא חלקה היחסי של הקבוצה בעלת האפיון h בתוך קבוצת האוכלוסייה.

איור 22 בנספח 5. מסכם את הממצאים. כפי שניתן לראות, למרות אומדני החסר של המודל בהערכת סיכוייהם של בעלי תעודות בגרות הכוללים מקצועות מדעיים ברמה מוגברת להיות מועסקים בענף ההייטק, האומדנים לגבי שיעור המועסקים בענף זה מתוך כל אחת מקבוצות האוכלוסייה מדויקים. כנאמר לעיל, התוצאה נובעת מכך שבעלי הבגרויות המוגברות מהווים חלק קטן יחסית בכל קבוצות האוכלוסייה.

לבסוף, שקלול ההסתברויות P_H על פני ארבע קבוצות האוכלוסייה על פי משקלן במדגם מאפשר את חישוב התעסוקה בענף ההייטק. **התוצאה המתקבלת היא 11.8 אחוזים לפי המודל לעומת 12.0 אחוזים בנתונים.**

4.3.6 ניסויים

אנו משתמשים במודל כדי לבחון את ההשפעה האפשרית של שינויים שונים בנתוני היסוד על שיעור ההעסקה בהייטק. כאשר הדבר אפשרי אנו משווים את חיזוי המודל לאלה המתקבלים על ידי הפעלת השינוי באופן ישיר בנתונים.

השינויים שאנו בוחנים הם:

1. **העלאת השכר בענף ההייטק ב-1,000 ש"ח**, הן לגבי בוגרי המערכת האקדמית על שני ענפיה והן לגבי עובדי ההייטק הלא-אקדמיים. ניסוי זה ניתן לביצוע רק על פי חיזוי המודל.
2. בהתאם לכוונות להעלות את שיעור הלומדים מקצועות STEM באקדמיה, **העלאת ההסתברויות ללימודים אלה בקרב אלה הפונים ללימודים אקדמיים ב-40% יחסית להסתברות הקיימת**. ניסוי זה בוצע הן במודל והן ישירות בנתונים. באשר למודל, יש לשינוי שתי השפעות: האחת היא זאת הישירה (המקבילה לזאת המתקבלת על ידי חישוב ישיר מהנתונים) והאחרת היא עקיפה. ההשפעה העקיפה נובעת מהעלאת הסתברות ההעסקה בהייטק כתוצאה מעלייה בהסתברות לימודי ה-STEM. זאת מעלה את תוחלת השכר של בוגרי המערכת האקדמית לעומת חבריהם שאינם פונים להשכלה הגבוהה, ובכך (לפחות בקבוצות היהודיות) גם את שיעור אלה הפונים ללימודים אקדמיים (שמתוכם שיעור גבוה יותר פונה ללימודי ה-STEM). אנו מדווחים בהמשך על ההשפעה הישירה והתוספת שהמודל חוזה עקב ההשפעה העקיפה.

3. העלאת שיעור בעלי הבגרות ברמה של חמש יחידות בגרות במתמטיקה. כאן בחרנו להניח ש-20 אחוזים מקרב אלה שיש להם ארבע יחידות בגרות במתמטיקה ללא כל מקצוע מדעי אחר ברמה מוגברת ייבחנו ברמה של חמש יחידות בגרות במתמטיקה. בנוסף, מקרב אלה שיש להם לפחות מקצוע מדעי אחד ברמה של חמש יחידות אך חסרי בגרות בחמש יחידות במתמטיקה העברנו 50 אחוזים לקבוצה המתאימה שבה מוגבר גם מקצוע המתמטיקה. ניסוי זה ניתן לביצוע הן במודל והן בנתונים באופן ישיר. השינויים (בנקודות אחוז) הנובעים מהניסויים הני"ל בשיעור המועסקים בענפי ההייטק מדווחים בלוח 3.

לוח 3: נתוני מוצא ותוספת התעסוקה בנקודות אחוז בהייטק כתוצאה משינויים מבניים

מקור התוצאות	גברים יהודים	נשים יהודיות	גברים ערבים	נשים ערביות	סה"כ
משקל הקבוצה במדגם	39.5%	44.5%	6.9%	9.1%	100%
הסתברות העסקה בהייטק	0.195	0.087	0.031	0.006	0.118
נתונים	0.196	0.091	0.034	0.007	0.120
תוספת שכר הייטק	0.003	0.001	0.000	-0.005	0.001
העלאת שיעור לומדי STEM	0.027	0.008	0.002	0.000	0.014
מודל ללא השפעת שכר	0.020	0.007	0.002	0.000	0.011
נתונים	0.024	0.009	0.004	0.000	0.014
תוספת נבחני 5 יח' מתמטיקה	0.010	0.006	0.003	-0.006	0.007
נתונים	0.009	0.008	0.005	-0.007	0.007

4.4 סיכום ודין

נחזור ונדגיש את העובדה שהמדגם ששימש לאומדני המודל מתייחס לקבוצת העובדים הצעירים בענף ההייטק. בהתאם יש לפרש את הממצאים כתחזית של "מצב מתמיד", שבו שינוי בשיעור המועסקים בהייטק בקבוצה הצעירה יישמר גם כאשר עובדים אלה יזדקנו וצעירים חדשים (הדומים לקודמיהם) יתפסו את מקומם. מכאן גם נובע הדמיון בין תוצאות פרק זה לאלה של פרק 3.

לוח 3 לעיל מצביע על הדמיון בין חיזויי המודל לבין אלה המתקבלים ישירות מהנתונים, עובדה המגבירה את אמוננו בתוצאות המודל באשר לאפקט השכר על החלטות הפרטים. אפקט זה נמדד ישירות ונמצא שהשפעתו על שיעור המועסקים בהייטק אינה משמעותית מאוד. עם זאת, קיים אפקט תוספתי (של 0.003 נקודות אחוז) הנובע מההשפעה העקיפה של העלאת שיעור לומדי ה-STEM על תוחלת השכר הנובעת מהעלאת סיכוי התעסוקה בהייטק. עם תוספת זאת חיזוי המודל מזדהה עם התוצאה המתקבלת ישירות מהנתונים, ולפיהם תתקבל תוספת של 1.4 נקודות אחוז בשיעור המועסקים בהייטק במגזר העסקי, כאשר רוב התוספת (כנקודת אחוז) נובעת מאוכלוסיית הגברים היהודים. מקור נוסף לתוספת מועסקים בהייטק בשיעור של 0.7 נקודות אחוז נובע מהעלאת שיעור הנבחנים בחמש יחידות מתמטיקה. במקרה זה תרומתם של הגברים היהודים לתוספת דומה לזאת של הנשים היהודיות (כ-0.4 ו-0.3 נקודות אחוז, בהתאמה). בהתאם, שילובם של שני מהלכים אלה יכול להעלות את שיעור התעסוקה בהייטק במגזר העסקי בכשתי נקודות אחוז.

הניסויים הנ"ל הניחו שדפוסי ההתנהגות של פלחי האוכלוסייה השונים יישארו על כנם. לוח 3 מצביע על ההבדל הגדול בדפוסים אלה בין נשים יהודיות לגברים יהודים מחד גיסא, ובין הקבוצות הערביות לאלה היהודיות מאידך גיסא. בפרט בולטת ההשפעה השלילית של העלאת שיעור הנבחנות הערביות בחמש יחידות מתמטיקה על העסקתן בענף ההייטק. תוצאה זאת משקפת את העובדה ששיעור הנשים הערביות המועסקות בהייטק מקרב אלה בעלות צירופים של מקצועות מדעיים ברמה מוגברת הכוללים מתמטיקה נמוכים מאלה של החסרות כל בגרות מדעית ברמה מוגברת. קרוב לוודאי שהמועסקות בהייטק מקבוצות הברורות השונות הן בעלות משלחי יד שונים מאוד. בכל מקרה, תופעה זאת משקפת בעיה עמוקה הקשורה לדפוסי ההעסקה של גברים ונשים מהמגזר הערבי בענף ההייטק.

המודל שנאמד בחלק זה של המחקר משקף את אופי הנתונים שעמדו לרשותנו, ומתאפיין בפשטותו ובהנחות היסוד המקילות שלו. במיוחד, עקב מבנה עץ ההחלטות במודל אין באפשרותנו להפריד בין השפעת פערי השכר על הבחירה במסלול לימודים אקדמיים לבין השפעת השכר על הבחירה בנתיב לימודי ה-STEM. קושי זה נובע מההנחה שהפרט המחליט יודע כבר בסיום לימודיו התיכוניים את כל הדרוש כדי לקבוע את מסלול לימודיו בהמשך. לכן, אין לפרט כל סיבה לסטות מהנתיב שבו בחר מראש עם סיום בחינות הברורות. למעשה, פרט המחליט לפנות למסלול האקדמי מחליט באותה נקודת זמן גם אם לבחור בנתיב ה-STEM, כאשר כל המידע הקשור לשכר הצפוי בסופו של כל נתיב הכשרה נלקח בחשבון בהחלטה משולבת זאת. במודל משוכלל יותר, עץ ההחלטות הוא דינמי לא רק להלכה אלא גם למעשה וכולל שלבי החלטה נפרדים לשלב הלימודים ולשלב הבחירה בתחום הלימודים. במודל כזה מתגלה מידע בשלב בחירת המסלול שאליה לא היה הפרט חשוף בשלב הקודם, למשל על שכר העבודה. במידה שמידע זה חשוף גם לחוקר ניתן לבדוק את השפעתו של השכר על בחירת נתיב הלימודים בנפרד מהבחירה במסלול הלימודים האקדמי.

בהרחבה נוספת של המודל ניתן להקדים את קבלת ההחלטות לשלב שבו נער או נערה בוחרים בסל מקצועות הברורות (שאותו לקחנו כנתון במודל שלנו). סביר שבשלב זה התלמידים חשופים במידה רבה להשפעת ההורים והמערכת המוסדית שבה הם נמצאים, כך שהכללתו עשויה להוסיף נדבכים נוספים למכשירים שניתן להפעיל כדי להגביר את העניין במקצועות המדעיים ובכך את פוטנציאל המועמדים לעבודה במגזר ההייטק.

לבסוף, שילובם של ציוני ה-PIAAC בקובץ הנתונים שעליו התבסס המחקר הנוכחי פותח כיוון מחקרי נוסף. לאור העובדה שעבודות קודמות מצאו שציוני PIAAC גבוהים קשורים קשר הדוק לסיכויי תעסוקה בתעשיית ההייטק, רצוי להרחיב את המחקר כדי לבחון כיצד כישוריהם של הפרטים קשורים לציוני ה-PIAAC שלהם. מחקר כזה יכול לחדד את זיהוי הכיוון שבו רצוי להגביר את המאמץ החינוכי.

נספח א: הנתונים עבור התרחישים להגדלת שיעור המועסקים בהייטק בעוד 10 שנים

לוח 4: שכירים מועסקים לפי קבוצת גיל

קצב הגידול השנתי בשיעור המועסקים	2016	2015	2014	2013	2012	קבוצת גיל
0.3%	390,064	391,196	384,689	376,192	385,674	29–25
1.7%	407,989	398,595	400,002	386,026	381,949	34–30
3.3%	769,650	753,568	728,178	701,640	674,699	44–35
2.7%	559,235	545,598	529,174	513,806	501,782	54–45
2.9%	428,477	421,727	413,283	400,816	382,635	64–55
2.4%	2,555,415	2,510,684	2,455,326	2,378,480	2,326,739	סה"כ מועסקים בגילים 64–25

מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, סקרי כוח אדם.

לוח 5: שכירים מועסקים לפי קבוצת גיל, 2016

2016	קבוצת גיל
390,064	29–25
646,776	37–30
1,090,098	54–38
428,477	64–55
2,555,415	סה"כ מועסקים בגילים 64–25

מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, סקר כוח אדם, סקר PIAAC.

לוח 6: שיעור המועסקים בהייטק לפי קבוצת גיל

קצב הגידול השנתי בשיעור המועסקים בהייטק	2016	2015	2014	2013	2012	קבוצת גיל
2.3%	9.0%	8.0%	8.7%	7.6%	8.2%	29–25
1.2%	11.8%	11.5%	10.9%	11.4%	11.2%	34–30
3.5%	12.2%	12.6%	12.2%	11.6%	10.6%	44–35
5.1%	8.1%	7.8%	7.8%	7.2%	6.7%	54–45
2.5%	8.0%	7.0%	7.2%	7.1%	7.2%	64–55
3.0%	10.0%	9.7%	9.7%	9.2%	8.9%	סה"כ בגילים 64–25

מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, סקרי כוח אדם.

לוח 7: שיעור המועסקים בהייטק לפי קבוצת גיל, 2016

2016	קבוצת גיל
9.0%	29–25
12.0%	37–30
11.0%	54–38
8.0%	64–55
10.0%	סה"כ מועסקים בגילים 64–25

מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, סקר כוח אדם, סקר PIAAC.

לוח 8: תוצאות תרחיש 1

שנת 2016

מועסקים בהייטק	שיעור המועסקים בהייטק	מועסקים	קבוצת גיל
34,959	9.0%	390,064	29–25
77,613	12.0%	646,776	37–30
109,842	10.1%	1,090,098	54–38
34,147	8.0%	428,477	64–55
256,561	10.0%	2,555,415	מועסקים בגילים 64–25

בעוד 10 שנים

מועסקים בהייטק	שיעור המועסקים בהייטק	מועסקים	קבוצת גיל
35,962	10.4%	401,259	29–25
66,874	²³ 13.9%	481,123	34–30
80,791	13.9%	581,254	39–35
101,773	12.0%	848,109	47–40
92,559	10.1%	918,577	64–48
377,960	11.9%	3,230,322	מועסקים בגילים 64–25

²³ שיעור המועסקים בהייטק עבור קבוצת גיל 30–39 מחושב לפי מקדמי הרגרסיה הליניארית: $HighTech = 0.02 + 0.36Stem + 0.03Bagrut$, כאשר המשתנה Hightech מקבל את הערך 1 אם הפרט מועסק במגזר ההייטק ו-0 אחרת, המשתנה Stem מקבל את הערך 1 אם הפרט הינו אקדמאי שלמד מקצוע לימוד בתחום STEM ואפס אחרת, והמשתנה Bagrut הוא משתנה בקרה למספר יחידות הבגרות של הפרט, על פי שיעור האקדמאים שלמדו מקצוע STEM (11%), וממוצע יחידות הבגרות המדעית (21.5).

לוח 9: תוצאות תרחיש 2

שנת 2016

קבוצת גיל	מועסקים	שיעור המועסקים בהייטק	מועסקים בהייטק
29–25	390,064	9.0%	34,959
37–30	646,776	12.0%	77,613
54–38	1,090,098	10.1%	109,842
64–55	428,477	8.0%	34,147
מועסקים בגילים 64–25	2,555,415	10.0%	256,561

בעוד 10 שנים

קבוצת גיל	מועסקים	קצב גידול שנתי של שיעור המועסקים בהייטק	שיעור המועסקים בהייטק	מועסקים בהייטק
29–25	401,259	2.3%	11.3%	45,246
34–30	481,123	1.2%	13.2%	63,525
39–35	581,254	3.5%	17.2%	99,907
47–40	848,109	3.5%	16.9%	143,348
64–48	918,577	4.0%	14.9%	137,010
מועסקים בגילים 64–25	3,230,322	4.2%	15.1%	489,035

נספח ב: תוצאות האמידה וטיב הניבוי

נספח ב.1: אומדני משוואות השכר

$$\ln W = \beta_0 + \beta_1 \text{math}_5 + \beta_2 \text{physic}_5 + \beta_3 \text{compt}_5 + \beta_4 \text{englsh}_5 + \beta_5 \text{Age} + \varepsilon$$

מקרא למשתנים:

math_5 - משתנה דמי, מקבל את הערך 1 אם הפרט למד 5 יחידות מתמטיקה.

physic_5 - משתנה דמי, מקבל את הערך 1 אם הפרט למד 5 יחידות פיזיקה.

compt_5 - משתנה דמי, מקבל את הערך 1 אם הפרט למד 5 יחידות מדעי המחשב.

englsh_5 - משתנה דמי, מקבל את הערך 1 אם הפרט למד 5 יחידות אנגלית.

Age - גיל הפרט.

_cons - חותך המשוואה.

N - מספר התצפיות.

R² - מדד טיב ההתאמה.

לוח 10: אומדן משוואות השכר – אקדמאים, בעלי תואר STEM, מועסקים בהייטק – W_{A_S_H}

נשים ערביות	גברים ערבים	נשים יהודיות לא-חרדיות	גברים יהודים לא-חרדים	
0.358	0.099*	0.085***	0.091***	math_5
0.142	0.002	0.102***	0.061***	physic_5
0.358**	0.106**	0.143***	0.111***	compt_5
0.016	0.079**	0.041**	0.046***	englsh_5
0.004	0.050***	0.058***	0.044***	Age
8.809***	7.879***	7.412***	8.039***	_cons
79	444	7524	19235	N
0.159	0.097	0.084	0.093	R ²

*** מובהקות ברמה של 1% או פחות. ** מובהקות ברמה של 1%–5%. * מובהקות ברמה של 5%–10%.

לוח 11: אומדן משוואות השכר – אקדמאים, בעלי תואר STEM, שאינם מועסקים בהייטק – $W_{A_S_NH}$

נשים ערביות	גברים ערבים	נשים יהודיות לא-חרדיות	גברים יהודים לא-חרדים	
0.085***	0.060	0.050***	-0.033*	math_5
0.060*	0.041	-0.017	0.009	physic_5
-0.003	-0.028	0.074***	0.073***	compt_5
0.030	-0.011	-0.015	-0.108***	english_5
0.052***	0.040***	0.052***	0.069***	Age
7.104***	7.859***	7.252***	6.969***	_cons
2039	1113	9701	11677	N
0.057	0.028	0.030	0.046	R ²

לוח 12: אומדן משוואות השכר – אקדמאים, בעלי תואר לא STEM, מועסקים בהייטק – $W_{A_NS_H}$

נשים ערביות	גברים ערבים	נשים יהודיות לא-חרדיות	גברים יהודים לא-חרדים	
0.312	0.144	0.176***	0.153***	math_5
-0.143	0.318	0.133***	0.080***	physic_5
0.082	0.035	0.142***	0.107***	compt_5
0.089	0.112	0.111***	0.068***	english_5
-0.011	0.048*	0.056***	0.067***	Age
9.202***	7.620***	7.314***	7.138***	_cons
58	81	9039	7656	N
0.106	0.173	0.123	0.132	R ²

לוח 13: אומדן משוואות השכר – אקדמאים, בעלי תואר לא STEM, שאינם מועסקים בהייטק –

$W_{A_NS_NH}$

נשים ערביות	גברים ערבים	נשים יהודיות לא-חרדיות	גברים יהודים לא-חרדים	
0.157***	0.157***	0.150***	0.057***	math_5
0.062***	0.036*	0.067***	0.059***	physic_5
0.075***	0.056**	0.082***	0.075***	compt_5
0.103***	0.060***	0.046***	0.015**	english_5
0.050***	0.028***	0.040***	0.063***	Age
7.181***	8.255***	7.598***	7.078***	_cons
11908	4691	90177	42137	N
0.060	0.050	0.036	0.055	R ²

לוח 14: אומדן משוואות השכר – לא-אקדמאים, מועסקים בהייטק – W_{NA_H}

נשים ערביות	גברים ערבים	נשים יהודיות לא-חרדיות	גברים יהודים לא-חרדים	
0.038	0.127**	0.105***	0.068***	math_5
0.047	0.139***	0.125***	0.087***	physic_5
0.144	0.145**	0.248***	0.182***	compt_5
0.439	0.148***	0.184***	0.100***	english_5
-0.015	0.032***	0.045***	0.049***	Age
8.971***	8.046***	7.415***	7.619***	_cons
187	711	4919	13840	N
0.082	0.112	0.093	0.099	R ²

לוח 15: אומדן משוואות השכר – לא-אקדמאים, שאינם מועסקים בהייטק – W_{NA_NH}

נשים ערביות	גברים ערבים	נשים יהודיות לא-חרדיות	גברים יהודים לא-חרדים	
0.380***	0.144***	0.065***	-0.093***	math_5
0.202***	0.168***	0.040	-0.034**	physic_5
0.205***	0.093***	0.084***	0.036**	compt_5
0.238***	0.073***	0.072***	-0.061***	english_5
0.024***	0.016***	0.031***	0.047***	Age
7.318***	8.309***	7.568***	7.385***	_cons
19344	24140	79199	75272	N
0.027	0.022	0.013	0.027	R ²

נספח ב.2: אומדני הסתברויות התעסוקה המותנות בהייטק

$$P_H = \gamma_0 + \gamma_1 math_5 + \gamma_2 physic_5 + \gamma_3 compt_5 + \gamma_4 englsh_5 + v$$

מקרא למשתנים:

כמו בנספח ב.1.

לוח 16: אומדני הסתברויות התעסוקה בהייטק – אקדמאים, בעלי תואר STEM – P_{A_S_H}

נשים ערביות	גברים ערבים	נשים יהודיות לא-חרדיות	גברים יהודים לא-חרדים	
0.018*	0.057**	0.088***	0.040***	math_5
0.021**	0.027	0.076***	0.045***	physic_5
0.026**	0.151***	0.125***	0.112***	compt_5
0.076***	0.149***	0.081***	0.042***	englsh_5
0.002	0.132***	0.228***	0.425***	_cons
2259	1720	19950	35765	N
0.056	0.074	0.051	0.028	R ²

לוח 17: אומדני הסתברויות התעסוקה בהייטק – אקדמאים, בעלי תואר לא STEM – P_{A_NS_H}

נשים ערביות	גברים ערבים	נשים יהודיות לא-חרדיות	גברים יהודים לא-חרדים	
0.004*	-0.004	0.023***	0.022***	math_5
0.003*	0.010	0.039***	0.063***	physic_5
-0.001	0.022***	0.036***	0.064***	compt_5
0.003**	0.007	0.038***	0.040***	englsh_5
0.002***	0.010***	0.051***	0.082***	_cons
12768	5162	114284	58238	N
0.002	0.005	0.011	0.024	R ²

לוח 18: אומדני הסתברויות התעסוקה בהייטק – לא-אקדמאים – P_{NA_H}

נשים ערביות	גברים ערבים	נשים יהודיות לא-חרדיות	גברים יהודים לא-חרדים	
0.002	0.024***	0.034***	0.021***	math_5
-0.002	0.019***	0.046***	0.088***	physic_5
0.005	0.050***	0.088***	0.145***	compt_5
0.010***	0.022***	0.029***	0.050***	english_5
0.005***	0.019***	0.038***	0.090***	_cons
33175	29313	103709	114310	N
0.001	0.012	0.011	0.037	R ²

נספח ב.3: אומדן הסתברות הבחירה בלימודי STEM

$$P_{A_S} = \gamma_0 + \gamma_1 math_5 + \gamma_2 physic_5 + \gamma_3 compt_5 + \gamma_4(E(W_{A_S}) - E(W_{A_{NS}})) + u$$

מקרא למשתנים:

$E(W_{A_S}) - E(W_{A_{NS}})$ – ההפרש בין השכר הצפוי במסלול של לימודים אקדמיים במקצועות STEM לבין המסלול של לימודים אקדמיים במקצועות אחרים.
יתר המשתנים כמו בנספח ב.1.

לוח 19: אומדן הסתברות הבחירה בלימודי STEM – אקדמאים – P_{A_S}

נשים ערביות	גברים ערבים	נשים יהודיות לא-חרדיות	גברים יהודים לא-חרדים	
***0.104	***0.122	***0.188	***0.139	math_5
***0.055	***0.161	***0.194	***0.241	physic_5
***0.041	***0.085	***0.126	***0.123	compt_5
***0.057	0.016	***0.010	***0.024	$E(W_{A_S}) - E(W_{A_{NS}})$
***0.119	***0.115	***0.077	***0.187	_cons
15027	6882	131234	94003	N
0.038	0.003	0.014	0.144	R ²

נספח ב.4: אומדן הסתברות הבחירה בלימודים אקדמיים

$$P_A = \alpha_0 + \alpha_1(E(W_A) - E(W_{NA})) + u$$

מקרא למשתנים:

$E(W_A) - E(W_{NA})$ - ההפרש בין השכר הצפוי במסלול של לימודים אקדמיים לבין השכר הצפוי בהעדר

לימודים אקדמיים.

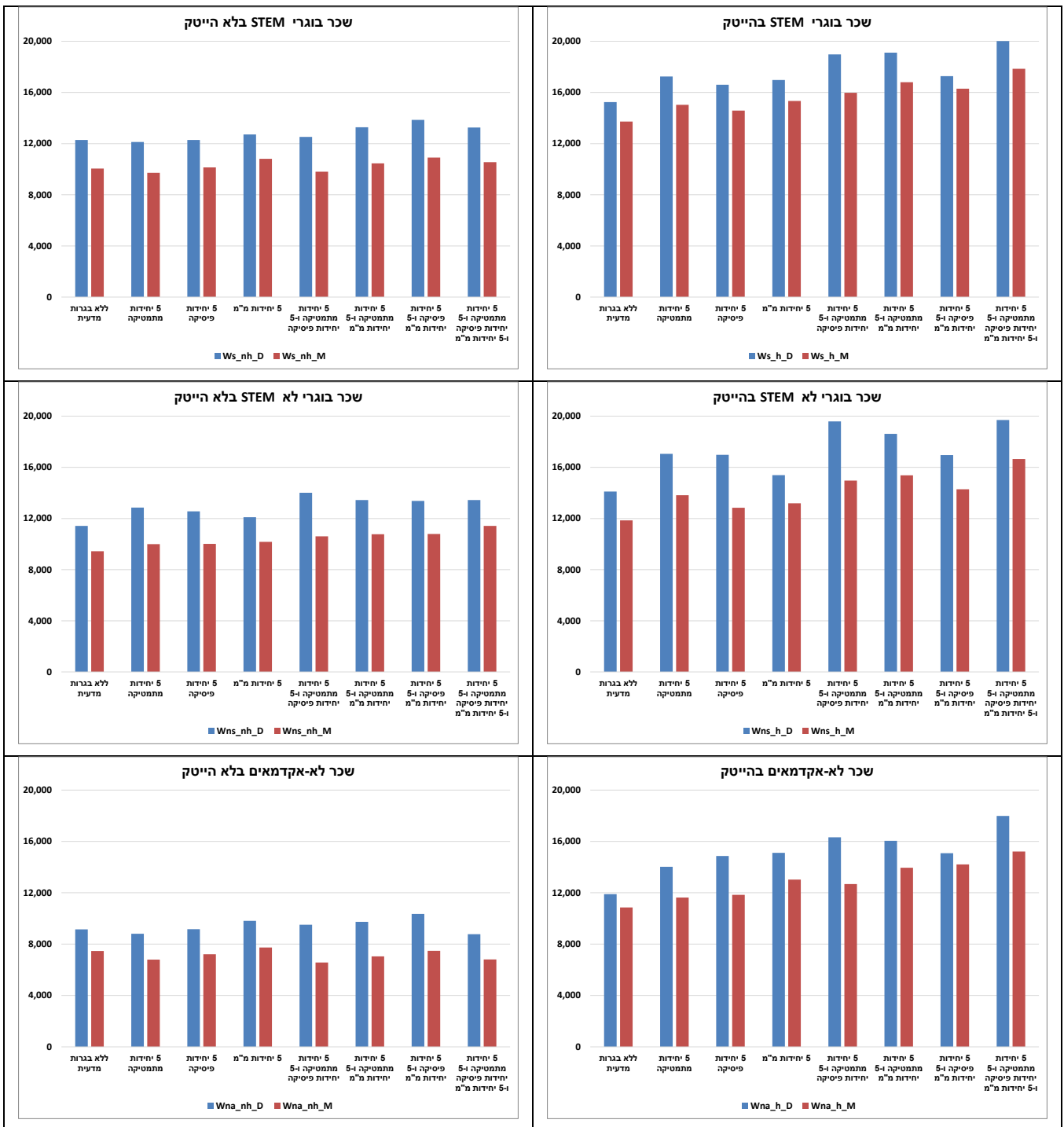
יתר המשתנים כמו בנספח ב.1.

לוח 20: אומדן הסתברות הבחירה בלימודים אקדמיים – בוגרי מערכת החינוך – P_A

נשים ערביות	גברים ערבים	נשים יהודיות לא-חרדיות	גברים יהודים לא-חרדים	
***-0.117	***-0.039	***0.188	***0.180	$E(W_A) - E(W_{NA})$
***0.706	***0.304	***0.122	***-0.060	_cons
48202	36195	234943	208313	N
80.03	030.0	410.0	440.1	R ²

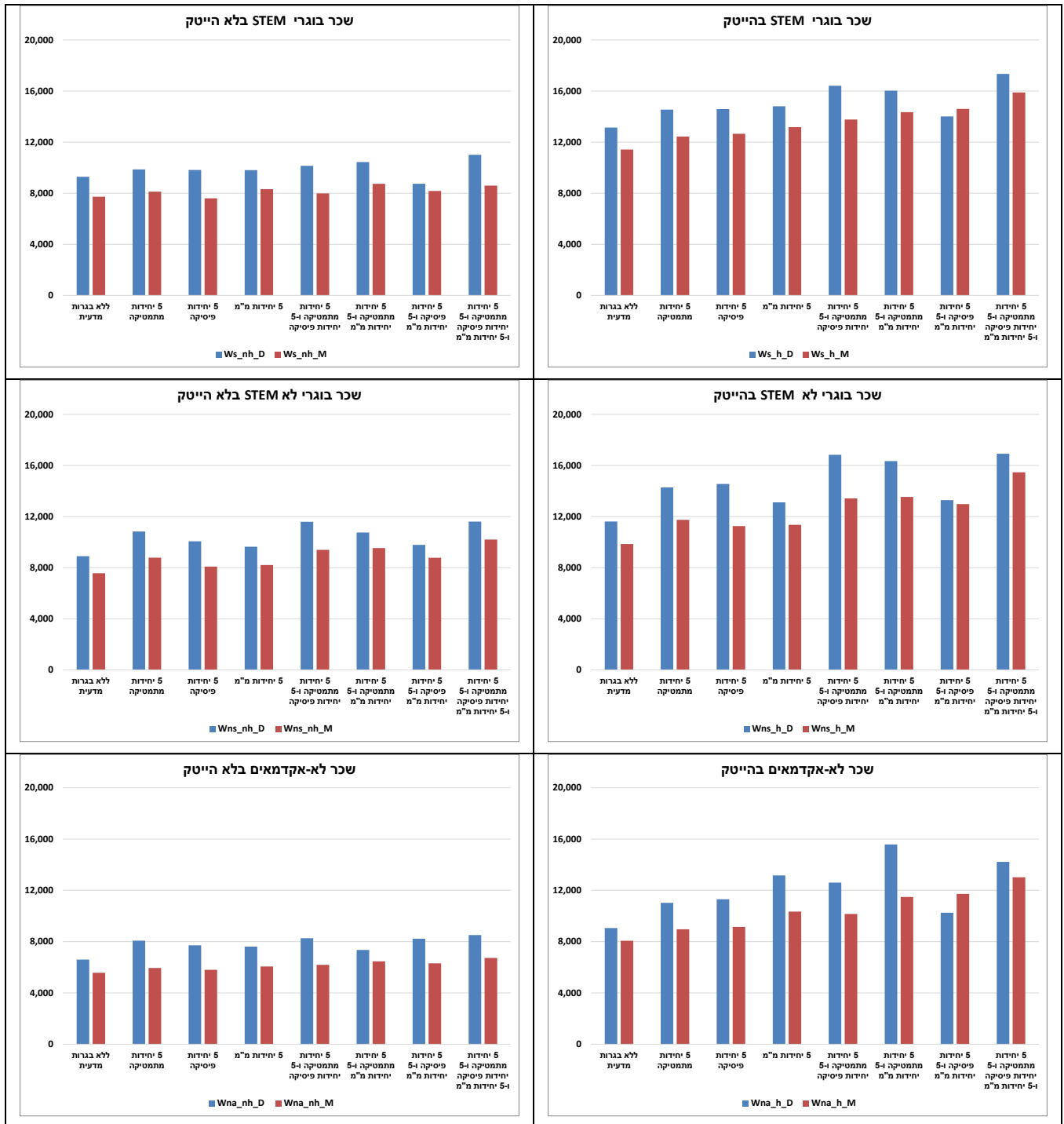
איור 18: טיב הניבוי של השכר (ראו סעיף 4.3.1)

גברים יהודים לא-חרדים



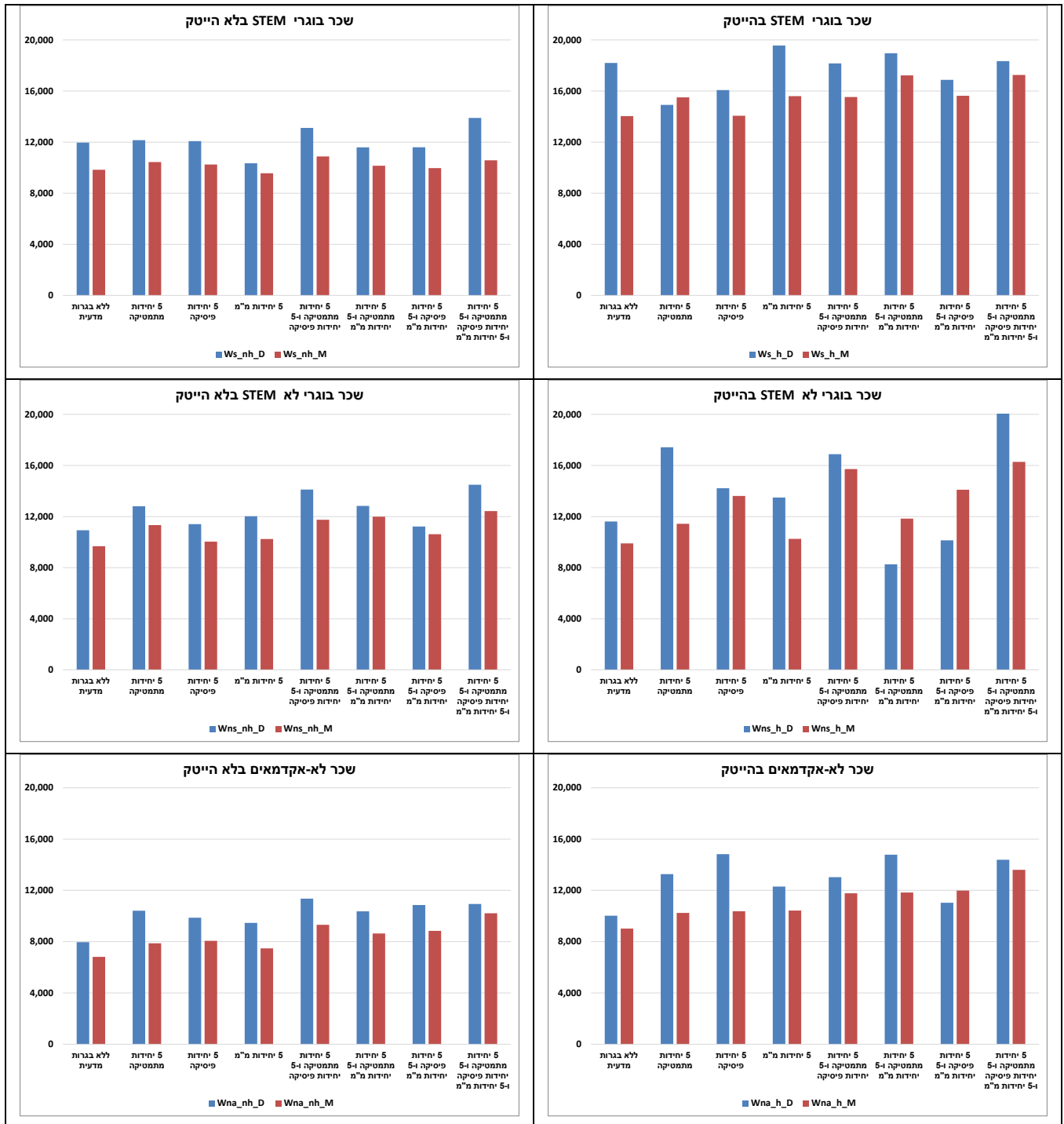
D - סדרה מבוססת נתונים, M - סדרה מבוססת מודל.

נשים יהודיות לא-חרדיות



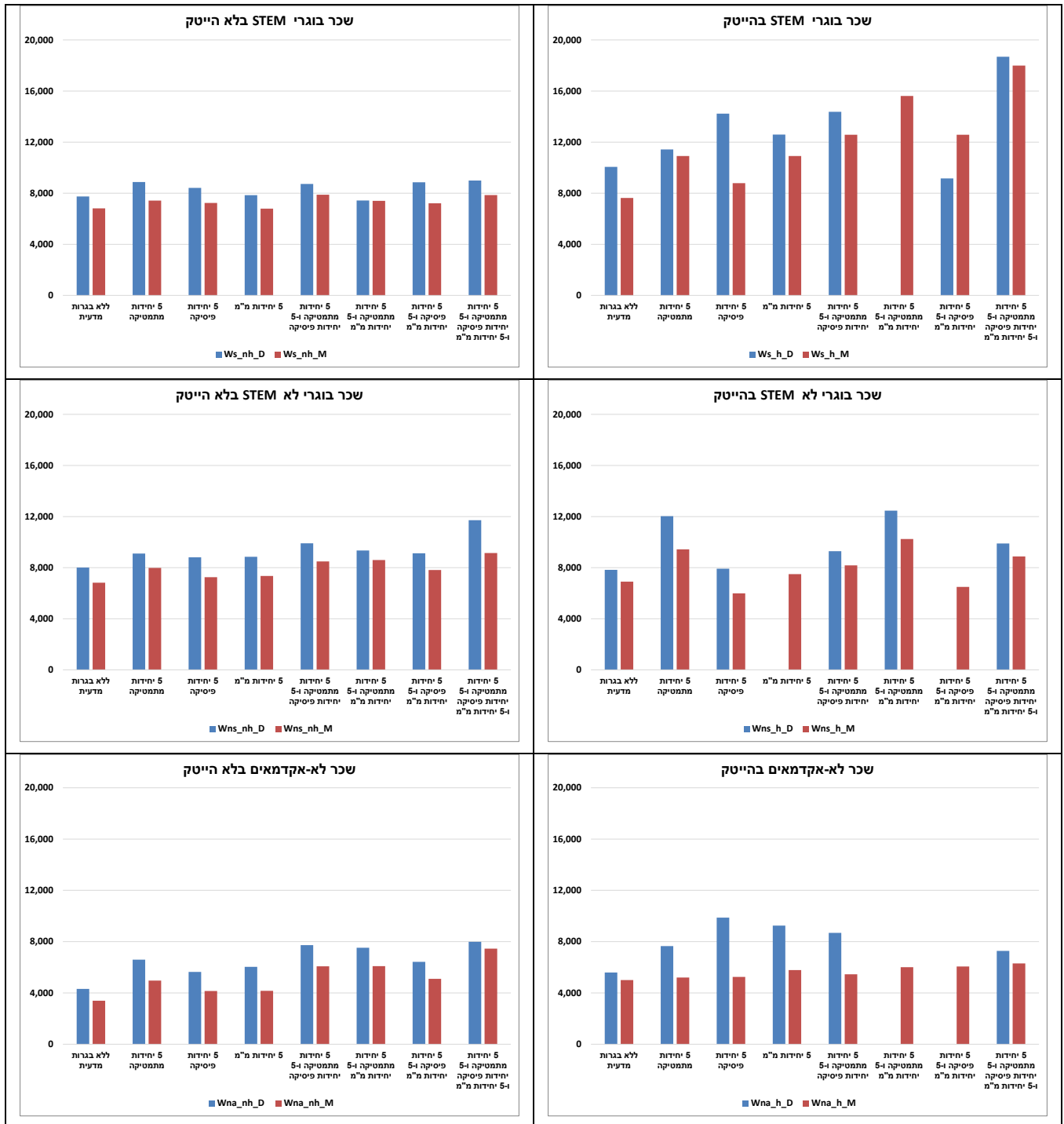
D - סדרה מבוססת נתונים, M - סדרה מבוססת מודל.

גבולים ערבים



D - סדרה מבוססת נתונים, M - סדרה מבוססת מודל.

נשים ערביות



D - סדרה מבוססת נתונים, M - סדרה מבוססת מודל.

איור 19: טיב הניבוי של הסתברויות התעסוקה הממוצעות בהייטק של אקדמאים בוגרי STEM,

אקדמאים אחרים ואלה שאינם אקדמאים (ראו סעיף 4.3.2)

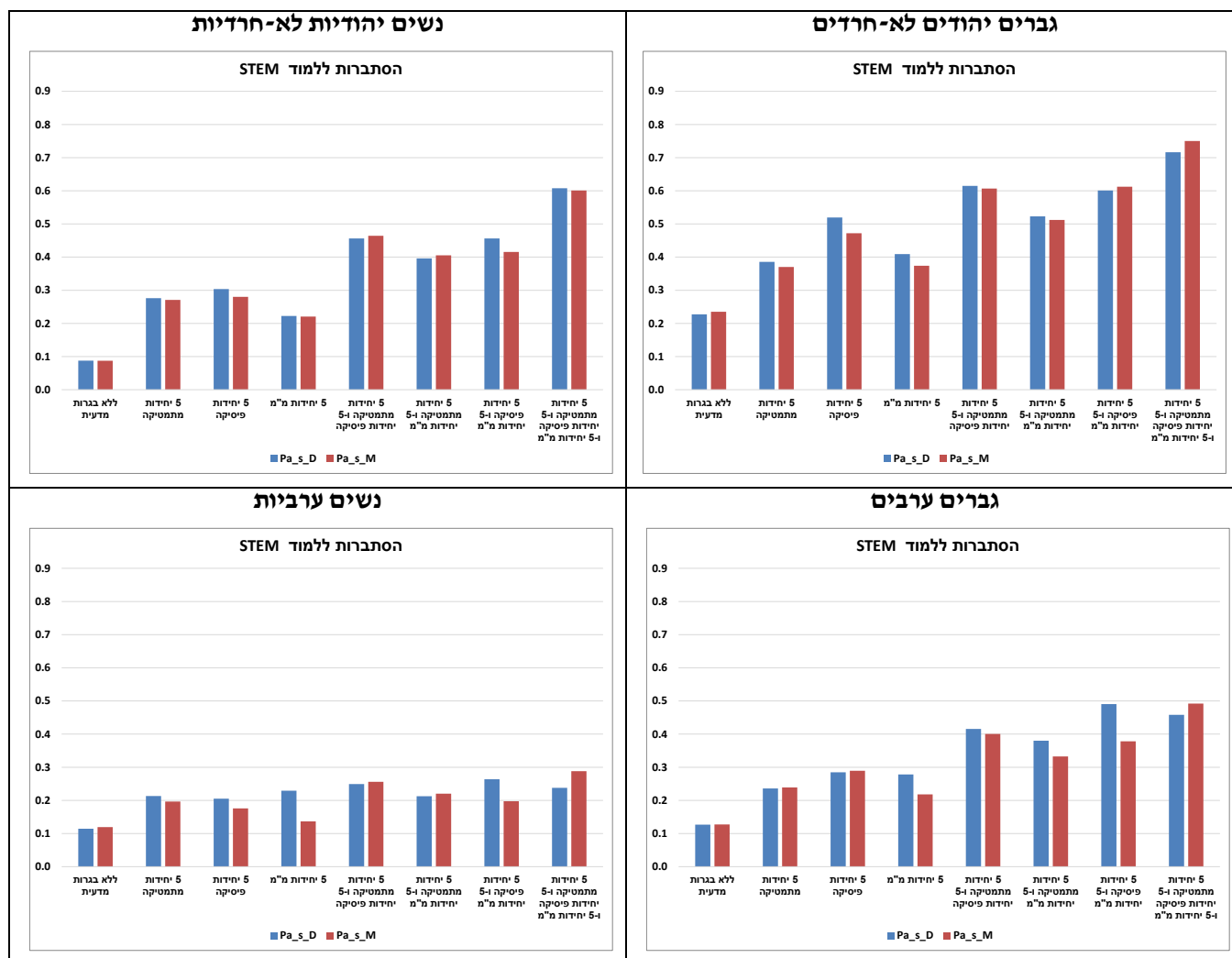


D - סדרה מבוססת נתונים, M - סדרה מבוססת מודל.



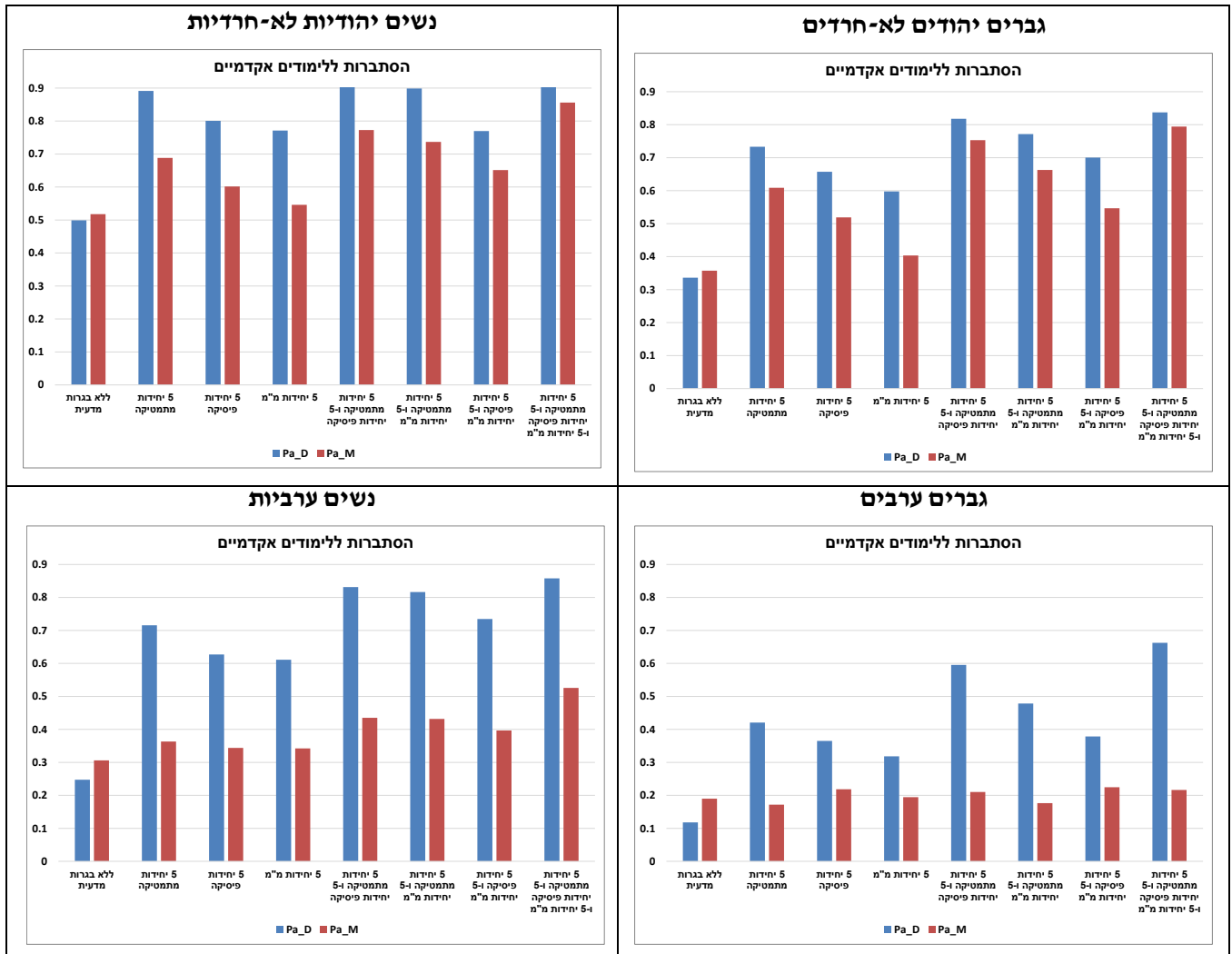
D - סדרה מבוססת נתונים, M - סדרה מבוססת מודל.

איור 20: טיב הניבוי של הסתברויות הבחירה בלימודי STEM (ראו סעיף 4.3.3)



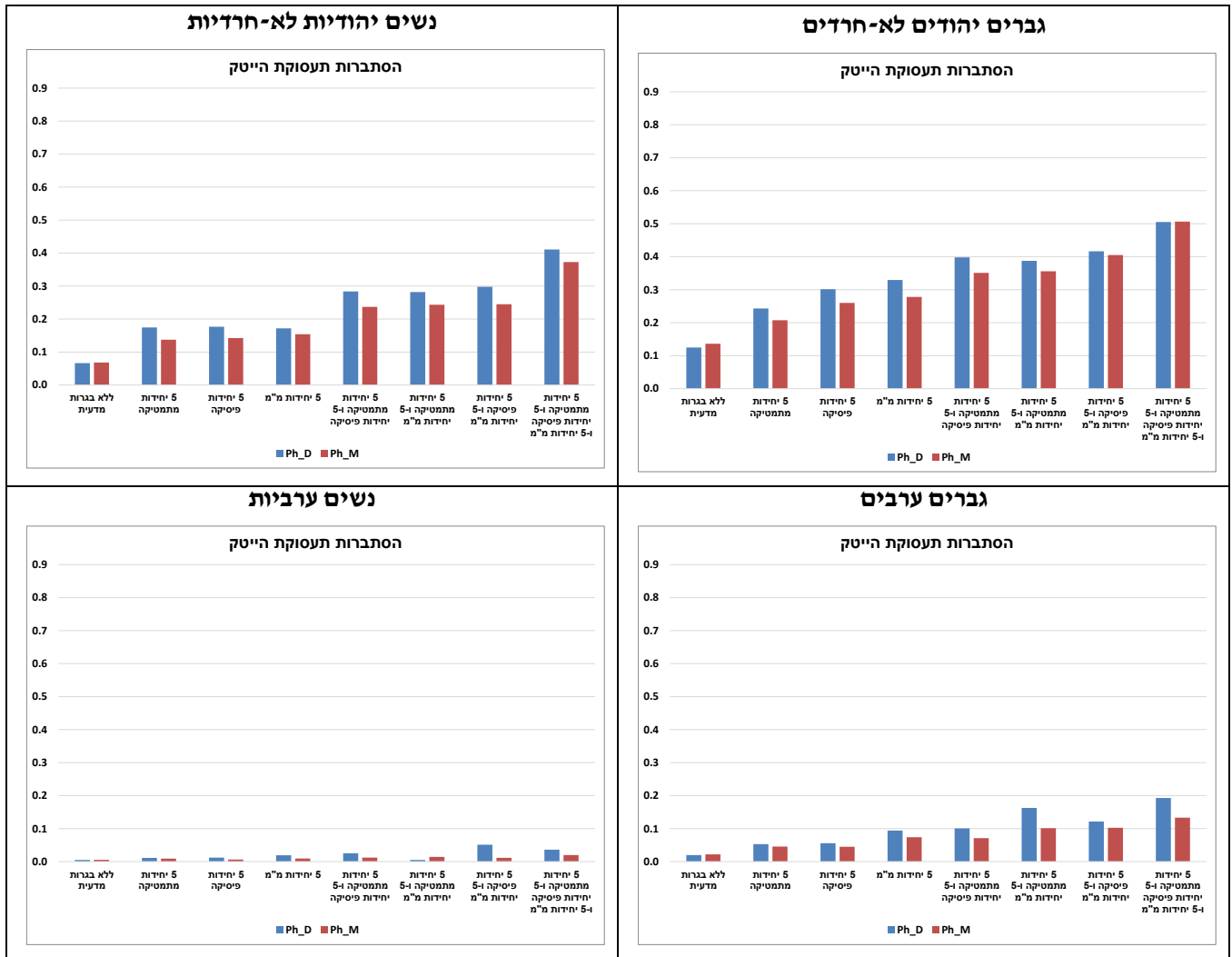
D - סדרה מבוססת נתונים, M - סדרה מבוססת מודל.

איור 21: טיב הניבוי של הסתברויות הבחירה בלימודים אקדמיים (ראו סעיף 4.3.4)



D - סדרה מבוססת נתונים, M - סדרה מבוססת מודל.

איור 22: טיב הניבוי של הסתברויות התעסוקה הממוצעות בהייטק (ראו סעיף 4.3.5)



D - סדרה מבוססת נתונים, M - סדרה מבוססת מודל.

נספח ג: נבחנים ב-5 יחידות לימוד במתמטיקה

לוח 21: שיעור הלומדים 5 יחידות מתמטיקה

שיעור הלומדים 5 יחידות מתמטיקה	קבוצת אוכלוסייה
19%	גברים יהודים לא-חרדים
21%	נשים יהודיות לא-חרדיות
13%	גברים ערבים
10%	נשים ערביות

מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, קובץ ילידי 1978-1985.

לוח 22: שיעור הנבחנים ב-5 יחידות לימוד מתמטיקה מתוך כלל הלומדים בי"ב, לפי סוג פיקוח

2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	פיקוח
		15.2%	13.6%	12.5%	11.6%	11.7%	12.6%	13.6%	14.4%	14.7%	15.1%	15.7%	ממלכתי עברי
		12.5%	10.7%	9.5%	9.5%	9.3%	10.4%	11.7%	12.5%	13.0%	13.5%	14.2%	ממלכתי דתי
		6.7%	6.4%	5.7%	5.5%	5.6%	6.5%	8.0%	9.3%	9.5%	10.4%	10.9%	ממלכתי ערבי
15.5%	14.3%	11.4%	10.4%	9.5%	9%	9%	10%	11%	12%	12%	13.7%	14.4%	סה"כ

מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, הודעה לתקשורת "מגמות במתמטיקה ובמדעים בחטיבה העליונה", וגם

<https://shkifut.education.gov.il/national/educationPicture>