



בינה מלאכותית ושוק העבודה הישראלי

מיכאל דבאוי, גיל אפשטיין, בני בנטל, אבי וייס
ואלכס וינרב

מרכז טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל

מרכז טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל נוסד ב-1982 ביוזמתם של הרברט מ' סינגר, הנרי טאוב וארגון הג'וינט האמריקאי. המרכז ממומן באמצעות קרן צמיתה שהוקמה על ידי קרן הנרי ומרלין טאוב, קרן הרברט ונל סינגר, ג'יין וג'ון קולמן, קרן משפחת קולקר-סקסון-הלוק, קרן משפחת מילטון א' ורוזלין ז' וולף וארגון הג'וינט האמריקאי. המרכז מקבל גם תמיכה שנתית נדיבה מתורמים פרטיים, מקרנות ומפדרציות יהודיות.

מרכז טאוב הוא מכון מחקר על-מפלגתי ובלתי תלוי העורך מחקרים איכותיים בנושאי חברה וכלכלה בישראל. המרכז מציג בפני מקבלי ההחלטות המובילים ובפני כלל הציבור בישראל תמונה רחבה המשלבת בין הממדים החברתיים והכלכליים בהתוויית מדיניות ציבורית. הצוות המקצועי של המרכז וצוותי המדיניות הבין-תחומיים, הכוללים חוקרים וחוקרות בולטים בתחומם באקדמיה ומומחים ומומחיות מובילים בתחומי המדיניות, עורכים מחקרים מבוססי נתונים בנושאים חברתיים-כלכליים מרכזיים שעל סדר היום במדינה. המרכז מציג ניתוחים אסטרטגיים לטווח ארוך וחלופות מדיניות בפני הציבור ובפני מקבלי ההחלטות על ידי כתבות בתקשורת, תוכנית פרסומים פעילה, כנסים ופעילויות אחרות בישראל ובחו"ל.

הפרסומים של מרכז טאוב הם על דעתם ועל אחריותם של מחבריהם בלבד. אין בהם כדי לחייב את המרכז, את חבר הנאמנים שלו, את עובדיו האחרים ואת התומכים בפעולותיו.

אנא צטטו מחקר זה כך:

Debowy, M., Epstein, G. S., Bental, B., Weinreb, A., & Weiss A. (2024), Artificial Intelligence and the Israeli Labor Market, The Taub Center for Social Policy Studies in Israel. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11237689>

כתובת המרכז: רחוב האר"י 15, ירושלים

טלפון: 02-567-1818

פקס: 02-567-1919

דואר אלקטרוני: info@taubcenter.org.il

אתר אינטרנט: www.taubcenter.org.il

בינה מלאכותית ושוק העבודה הישראלי

מיכאל דבאוי, גיל אפשטיין, בני בנטל, אבי וייס
ואלכס וינרב

מבוא

הבינה המלאכותית החלה לחלחל לכלכלה כבר בעשור הקודם, והדבר הביא להשפעות כלכליות ניכרות ביישומים שעבורם פותחו כלי בינה מלאכותית ספציפיים, כגון התאמת תוכן ופרסום, קמעונאות אינטרנטית, שירות לקוחות ומסחר בשוק ההון.¹ בשנתיים האחרונות התעצם השיח בנוגע לפוטנציאל הטכנולוגי של הבינה המלאכותית אף יותר בעקבות השקתם של כלים המבוססים על מודלי שפה גדולים (Large Language Models) כגון ChatGPT ו-Gemini. כלים אלו המחישו לציבור את הפוטנציאל הטמון בהם לבצע מקבצים מורכבים ורב-גוניים של מטלות – מטלות שהשלמתן בידי בני אנוש מצריכה זמן, מאמץ ומיומנות ניכרים, אך מבוצעות מיידית במהירות בכלי בינה מלאכותית. כלים אלו כבר נמצאים בשימוש נרחב במטלות כגון תרגום והגהה, עיצוב וגרפיקה, ותקשורת באמצעות מסרונים או דואר אלקטרוני – ומיושמים באופן מקיף פחות גם בתחומים כגון נהיגה, פיתוח תרופות ורדיולוגיה (Agrawal et al., 2019). השפעותיו של שינוי טכנולוגי זה על שוק העבודה נידונו בשיח הציבורי בישראל, ועלו בו תחזיות הנעות מאופטימיות זהירה (מנלה, 2023; סיביליה, 2023) לגישה מסויגת יותר (רפאל, 2023) – לצד תחזיות קודרות בהרבה בנוגע להשפעת הטכנולוגיה על המין האנושי מעבר לשוק העבודה (הררי, 2023; שוורץ אלטשולר ואחרים, 2022).

* מיכאל דבאוי, חוקר במרכז טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל ודוקטורנט במחלקה לכלכלה, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב. פרופ' גיל אפשטיין, חוקר ראשי במרכז טאוב; פרופסור לכלכלה ודיקן הפקולטה למדעי החברה, אוניברסיטת בר-אילן. פרופ' בנימין בנטל, חוקר ראשי וראש תוכנית מדיניות הכלכלה במרכז טאוב; פרופסור אמריטוס באוניברסיטת חיפה. פרופ' אבי וייס, נשיא מרכז טאוב; המחלקה לכלכלה, אוניברסיטת בר-אילן. פרופ' אלכס וינרב, ראש תחום הדמוגרפיה ומנהל המחקר, מרכז טאוב.

1 לניתוח ההשפעות הכלכליות של כלי בינה מלאכותית בעשור הקודם ראו: Agrawal et al., 2018; Bresnahan, 2019; Parteka & Kordalska, 2023.

התפתחות הבינה המלאכותית והשפעותיה על הכלכלה מעסיקות גופים לאומיים ובין-לאומיים חשובים.² בשנת 2022 פרסם הבית הלבן נייר המסכם חלק מהספרות המדעית העוסקת בבינה מלאכותית ובשוק העבודה ומציג המלצות מדיניות, בהן השקעה בהכשרות מקצועיות וסיוע בהסבה מקצועית לעובדים שיוחלפו בבינה מלאכותית; השקעה בבינה מלאכותית שתסייע לעובדים אנושיים על חשבון כזו שתחליף אותם; והגברת הרגולציה על בינה מלאכותית לשיפור הבטיחות והגנת הצרכן (The White House, 2022). גם הבנק המרכזי האירופי נדרש לאחרונה לנושא, וחוקריו ניסחו עמדה זהירה (בהתבסס על הספרות הקיימת): טרם ניתן לקבוע בוודאות מה תהיה השפעת הבינה המלאכותית על שוק העבודה, אם כי לפי שעה נראה שתעסוקה במקצועות החשופים אליה במיוחד דווקא גדלה באירופה בשנים האחרונות, בעוד השכר במקצועות אלו לא עלה (Albanesi et al., 2023).³

ארגון העבודה העולמי עסק גם הוא בהשפעתה הפוטנציאלית של הבינה המלאכותית על שוק העבודה. במחקר מטעם ארגון זה שהתמקד במודלי שפה גדולים, בחנו Gmyrek et al. (2023) כיצד GPT-4 מדרג את יכולות הבינה המלאכותית בביצוע מטלות שונות המרכיבות משלחי יד שונים. על בסיס דגימה חוזרת של ה"דעה" של הבינה המלאכותית על יכולותיה שלה (ושל בינות מלאכותיות אחרות) בביצוע מטלות שונות, גיבשו החוקרים לכל משלח יד ציון "חשיפה לבינה מלאכותית" (באופן דומה למדדי החשיפה שעליהם נפרט בהמשך). הציון ניתן לפי היקפן היחסי של מטלות שהבינה המלאכותית מתימרת לבצע מתוך כלל המטלות המרכיבות את משלח היד. החוקרים העריכו כי קבוצת מקצועות הפקידות היא היחידה שלה פוטנציאל אוטומציה מוחלט, ולמרבית משלחי היד האחרים נתח קטן או אפסי של מטלות שהבינה המלאכותית מסוגלת לבצע באיכות וביעילות אנושית לפחות. בהצמדת אומדני החשיפה של המקצועות השונים לנתוני תעסוקה עולמיים, טענו החוקרים כי שיעור העובדים בסיכון החלפה עומד על 0.4% בלבד משוקי העבודה במדינות מתפתחות ועל 5.5% במדינות מפותחות. בה בעת, שיעור העובדים שצפויים להרוויח מהבינה המלאכותית עומד על 10.4% ו-13.4% משוקי העבודה במדינות מתפתחות ומפותחות, בהתאמה.

2 ההשפעות של הבינה המלאכותית על הכלכלה תורגשנה לא רק בתעסוקה או בשינויים במערכות החינוך והבריאות שמחנכים ושומרים על המועסקים. ההשפעות תורגשנה גם בשינויים גיאוגרפיים, אסטרטגיים הנובעים מהמלחמה הקרה החדשה שמתפתחת סביב הטכנולוגיה (Economist, 2024), כיוון ששתי המעצמות הצבאיות – ארצות הברית וסין – מגייסות בעלות ברית לצידן, ובצל מלחמת ישראל-עזה ואוקראינה-רוסיה דנות בכללים לניהול מנגנוני בינה מלאכותית בזמן מלחמה (Sanger, 2024).

3 הפורום הכלכלי העולמי (World Economic Forum) עסק בהשפעת הבינה המלאכותית על שוק העבודה כנושא מרכזי בוועידה שהתקיימה בינואר 2024. גם ועדת המשנה בנושא בינה מלאכותית וטכנולוגיות מתקדמות של הכנסת קיימה דיון שעסק בנושא זה בשיבתה ב-15 במאי, 2024.

על הגופים העוסקים בהשפעת הבינה המלאכותית על שוק העבודה נוסף ה-OECD, ובשנת 2023 חלק הארי של סקירת שוקי העבודה השנתית שלו התמקד בהשפעותיה של הבינה המלאכותית. חוקרי הארגון ציינו כי בעוד ישנם סימנים לאימוץ גובר והולך של כלי בינה מלאכותית בענפים שונים, טרם נצפתה השפעה ממשית של אימוץ זה על תעסוקה או שכר של בני אנוש (Green, 2023). זאת ועוד, בינואר-פברואר 2022 ערך הארגון סקר בקרב כ-5,000 עובדים וכ-2,000 עסקים שאימצו טכנולוגיות בינה מלאכותית בתחומי הייצור והפיננסים בכמה מדינות באירופה ובצפון אמריקה. בקרב העובדים עלה כי שימוש בכלי בינה מלאכותית נעשה בעיקר במטלות חזרתיות ומשמימות, וכך מעניק לעובד האנושי יותר אוטונומיה ושיקול דעת בניהול מטלות; רוב העובדים דיווחו שאימוץ הבינה המלאכותית הגדיל את שביעות רצונם מהעבודה (Green et al., 2023). ממצאים אלה עולים בקנה אחד עם סקרים אחרים שנערכו ברחבי העולם בקרב עובדים בעסקים שאימצו בינה מלאכותית, כגון (Ipsos (2018) ו-Yamamoto (2019). עם זאת, סקר ה-OECD מצא שהשפעות השינוי הטכנולוגי על בריאות הגוף והנפש לא היו זהות בקרב עובדים שונים: בעוד רוב מוחץ בקרב העובדים הגברים והעובדים בעלי תואר אקדמי דיווחו על שיפור בבטיחות הפיזית ובמצב הנפשי (הן בענף הייצור והן בפיננסים), בקרב נשים ועובדים ללא תואר מספר קטן יותר דיווח על שיפור (ובענף הפיננסים מיעוט מהעובדות הנשים או העובדים והעובדות ללא השכלה אקדמית דיווח על שיפור). יתר על כן, מעל 75% מהעובדים בכל אחד מהענפים דיווחו כי השימוש בבינה מלאכותית מגביר את קצב העבודה, השפעה שוודאי מטיבה עם הפיריון אך עלולה להוביל גם לשחיקה ותשישות מוגברת.

חוקרים ניסו לאמוד בעקיפין את ההשפעה הפוטנציאלית של הבינה המלאכותית על שוק העבודה באמצעות פיתוח מדדים שונים להשפעת הטכנולוגיה על משרות או תפקידים ספציפיים. כדי לקבל תמונה כללית על הסיכון או ההזדמנות לעובדות ולעובדים, הם ביקשו לסכום את המדדים הללו לפי התפלגות המשרות והתפקידים במדינה בענף או מגזר מסוימים. Felten et al. (2019) התבססו על מדד AI Occupational Impact (AI OI) שגיבשו, ומצאו כי עיקר ההשפעה של הטכנולוגיה בשנים האחרונות הייתה בקרב עובדים עם שכר גבוה, והיא תרמה לגידול צנוע (אם כי מובהק סטטיסטית) בשכר ללא השפעה מובהקת על התעסוקה. בנייר המשך מאביב 2023, עדכנו החוקרים את מדד החשיפה והראו כי התפתחויות של מודלי שפה הגדילו משמעותית את מידת החשיפה לבינה מלאכותית במשלחי יד שונים, לרבות אנשי חינוך והוראה, אנשי מכירות ועובדים בענף הפיננסים.

Webb (2020) בנה מדד מקביל, המתבסס על פטנטים רשומים בתחום הבינה המלאכותית. ממצאיו היו דומים לאלו של Felten et al. (2019), ועיקר החשיפה לבינה מלאכותית מרוכזת במקצועות עתירי ידע, ובייחוד במקצועות הטכנולוגיים. החוקר אף גרס במאמרו כי בהתבסס על דפוסים היסטוריים של אוטומציה, עליית הבינה המלאכותית צפויה לשחוק את השכר בקרב השכבות העליונות של העובדים, אם כי האחוזון העליון של העובדים לא צפוי להיפגע.

Acemoglu et al. (2022) השתמשו בשני המדדים הללו בניסיון להתחקות אחר מגמות בגיוס עובדים בארצות הברית בשנים 2010–2018. החוקרים התבססו על מאגר הנתונים של Burning Glass (המושגת על איסוף מודעות דרושים מהמרשלת ועיבודן), המאפשר לזהות מעסיקים המבקשים לגייס עובדים לפי ענף, מיקום גיאוגרפי ומצב תעסוקה. נמצא כי לאורך התקופה חלה עלייה חוצת ענפים בביקוש עובדים בעלי מיומנויות בתחום הבינה המלאכותית, גם בקרב עסקים שהקטינו את ביקושם לעובדים בעלי מיומנויות אחרות. בד בבד תועד שינוי בסוג המאפיינים והיכולות הנדרשים מעובדים בעסקים החשופים יותר לבינה מלאכותית. ואולם החוקרים לא מצאו ראיות להשפעה מצרפית של בינה מלאכותית על מקצועות או ענפים שלמים.

Pizzinelli et al. (2023) העמיקו בגישת המדדים, והוסיפו למדדי החשיפה את מדד ההשלֵמָתִיּוּת (complementarity). מדד זה אומד עד כמה בינה מלאכותית עשויה להוות גורם ייצור משלים שייעל וישפר את העבודה האנושית, כך שסביר שתסייע לעובדים יותר משתחליף אותם. החוקרים הצליבו את מדד ההשלמתיות שגיבשו עם מדדי חשיפה אחרים באופן המאפשר לאפיין משלחי יד הן על פי מידת החשיפה שלהם לבינה מלאכותית והן על פי הסיכון או ההזדמנות שחשיפה זו מעמידה לתעסוקת עובדות ועובדים. בחיבור מדדיהם לנתוני תעסוקה מארצות הברית, הממלכה המאוחדת, ברזיל, קולומביה, דרום אפריקה והודו, מצאו החוקרים כי גם בקרב קבוצות מקצועות בעלי חשיפה דומה יש שונות רבה בפוטנציאל ההשלמתיות. כך לדוגמה משלחי יד "נשיים" (כגון מורות, אחיות ועובדות סוציאליות) נוטים להיות בעלי פוטנציאל להרוויח מבינה מלאכותית יותר ממשלחי יד "גבריים" (כגון בעלי מלאכה ומפעילי מכונות). כמו כן, כאשר התמקדו החוקרים במקצועות שהם גם חשופים במיוחד לבינה מלאכותית וגם סובלים מסיכון החלפה גבוה (השלמתיות נמוכה), גילו כי שיעורם היחסי של אלו גבוה יותר במדינות מפותחות מאשר במדינות מתפתחות, אם כי גם שיעורם של מקצועות עתירי חשיפה ועתירי השלמתיות גבוה יותר במדינות אלה. החוקרים הסיקו אפוא כי מדינות מפותחות "מקוטבות" יותר בפוטנציאל ההשפעה של בינה מלאכותית על שוקי העבודה שלהן, כך שיש בהם נתח גדול יותר של עובדים שהבינה המלאכותית מאיימת להחליפם לצד נתח גדול יותר של עובדים שהבינה המלאכותית תגדיל את פריונם (ונתח העובדים שהבינה המלאכותית לא צפויה להשפיע עליהם כלל קטן יותר מאשר במדינות מתפתחות).

הספרות המדעית בתחום עוד בתחילת דרכה, אך מדדי החשיפה של Webb (2020) ושל Felten et al. (2023) ומדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023) מעמידים כלים – גם אם ראשוניים – לנסות לבחון ולמפות את הפוטנציאל של הבינה המלאכותית בשוק העבודה. להלן נציג פירוט מעט מעמיק יותר של מדדים אלו ושל השימוש בהם לחקר שוק העבודה הישראלי, תוך התבססות על נתונים מסקרי כוח אדם של הלמ"ס. תחילה נדון במדדי החשיפה ולאחר מכן נשלב את מדד ההשלמתיות.

מדדי חשיפה לבינה מלאכותית: רקע

בינתה של בינה מלאכותית נמדדת לרוב ביכולתה להשלים מטלה מסוימת או קבוצה של מטלות. בינות מלאכותיות בנות ימינו מסוגלות לבצע מטלות שונות בהצלחה שוות ערך לזו של בן אנוש מיומן ואף יותר – לרוב במהירות גדולה לאין שיעור. המונח "חשיפה לבינה מלאכותית" בוחן את היקף היכולות של בינה מלאכותית התואמות קבוצת מטלות המאפיינת משלח יד מסוים, ומכאן לפוטנציאל של בינה מלאכותית לייעל ולשפר את ביצועי העובד האנושי – או להחליף אותו. המדדים שנציג להלן אדישים להבחנה בין פוטנציאל השיפור (השלמתיות) לפוטנציאל ההחלפה; בהמשך נצליב אותם עם מדד נוסף המביא בחשבון את ההבחנה הזאת.

אנו כאמור נעזרים בשני מדדי חשיפה לבינה מלאכותית שפיתחו חוקרים בשנים האחרונות, וששימשו במאמרים שהוזכרו לעיל ובעבודות אחרות. את המדד הראשון פיתח Webb (2020), והוא אומד את מידת החשיפה באמצעות סריקת כותרי פטנטים בתחום הבינה המלאכותית והצלבתם עם מטלות אופייניות למשלחי יד שונים על בסיס צמדי מילים משותפים (פועל-שם עצם), כגון "clean-surface" או "drive-vehicle". המדד נותן למקצועות ציון חשיפה לפי מספר הפטנטים המשוך לכל אחת מהמטלות האופייניות לו (תוך התחשבות במשקלה של כל מטלה במקצוע). את המדד השני פיתחו Felten et al. (2023), והוא אומד את מידת החשיפה באמצעות הצלבת יכולותיה של הבינה המלאכותית (שנגזרות מנתוני תוכנית AI Progress Measurement של ה-Electronic Frontier Foundation) עם מטלות המשויות למשלחי יד שונים (חלק אחרון זה זהה לאופן בנייתו של המדד הראשון).⁴ ההבדלים בבניית המדדים – פטנטים רשומים הנוגעים למטלות מאוד מסוימות אצל Webb (2020) לעומת התרשמות מיכולות כלליות אצל Felten et al. (2023) – מביאים לכך שבהכרח אין הם מודדים את אותו הדבר. המדד של Webb (2020) – שממילא טרם עודכן להכללת מודלי השפה בני זמננו – מודד בעיקר כלים

4 ההצלבה בין היכולות למטלות היא רב-ממדית, כך שיכולות שונות משויכות למטלות שונות במשקלים שונים. בגרסאות האחרונות של המדד, משקולות אלו נאמדו על בסיס סקר מרובה משתתפים המבטא במידת מה את "חוכמת ההמונים" בנוגע לביצועי בינה מלאכותית.

צרי מיקוד ורלוונטי במיוחד למשלחי יד המושפעים מבינה מלאכותית זמן מה (כגון התאמת תוכן ופרסום, קמעונאות אינטרנטית, שירות לקוחות) וכן מערכות אוטונומיות ייעודיות להפעלת כלים פיזיים ומתקנים שונים. לעומת זאת, המדד של Felten et al. (2023) מתבסס על יכולותיה המצרפיות של הבינה המלאכותית כקטגוריה, ועל כן מודד גם את הפוטנציאל של כלים רב-תכליתיים כגון מודלי שפה גדולים ומערכות לניתוח מידע חזותי. עקב הבדלים אלו המדדים לא בהכרח מעניקים ציון דומה למקצועות דומים (לוח נ'1 בנספח), וכפי שנראה בהמשך, הם אף סותרים זה את זה באופן משמעותי בתחומים מסוימים.

המדדים מעניקים ציון חשיפה של בינה מלאכותית למשלחי יד על בסיס סיווג O*NET⁵; כדי להצליב מדדים אלו עם סיווג משלחי היד של סקר כוח אדם של הלמ"ס (בסיווג ISCO), השתמשנו בטבלת ההמרה של ה-Bureau of Labor Statistics⁶. משלח יד ברמת הפירוט הנדרשת דווח עבור כ-85% מהעובדות והעובדים (בהיקף של 10 שעות שבועיות לפחות) מבין המשיבים לסקר כוח אדם בין ינואר 2018 לדצמבר 2023, והם המדגם שעל פיו אנו מאפיינים את שוק העבודה הישראלי בעבודה זו. למדדי החשיפה הגולמיים (לבינה מלאכותית) אין משמעות כמותית ברורה. עם זאת אפשר ללמוד על החשיפה היחסית של כל משלח יד לטכנולוגיית הבינה המלאכותית. לצורך זה תוקנו מדדי החשיפה של משלחי היד באמצעות הפחתת מדד החשיפה הממוצע של כל משלחי היד במדגם מכל אחד מהם וחלוקת ההפרש בסטיית התקן של מדדי החשיפה במדגם. לפיכך, ממוצע מדדי החשיפה המתוקנים הוא אפס, וסטיית התקן שלהם היא אחד (להרחבה ראו בנספח, "התאמת מדדי החשיפה לנתוני סקר כוח אדם ותקנונם למדגם"). בהתאם, כל משלח יד שלו מיוחס מדד מתוקן חיובי חשוף לטכנולוגיית הבינה המלאכותית יותר מהממוצע, וכל משלח יד בעל מדד מתוקן שלילי אמנם חשוף במידת מה לטכנולוגיה זאת אך פחות מהממוצע.

5 סיווג NET*O (Occupational Information Network) מתבסס על מאגר נתונים שהוקם בחסות משרד העבודה האמריקאי ומטרתו לתאר מקצועות ותפקידים שונים בצורה מפורטת, מדויקת ובת-השוואה. הסיווג כולל פירוט של מטלות שונות המרכיבות כל משלח יד (לרבות משקלה היחסי של כל מטלה) ומאפיינים נוספים שעל בסיסם ניתן להשוות משלחי יד שונים (כגון "עד כמה העבודה כוללת חשיפה לאיתני הטבע", "כמה אחריות נלקחת על בריאותם של בני אדם אחרים", "כמה דיבור מול קהל נכלל בעבודה" וכדומה).

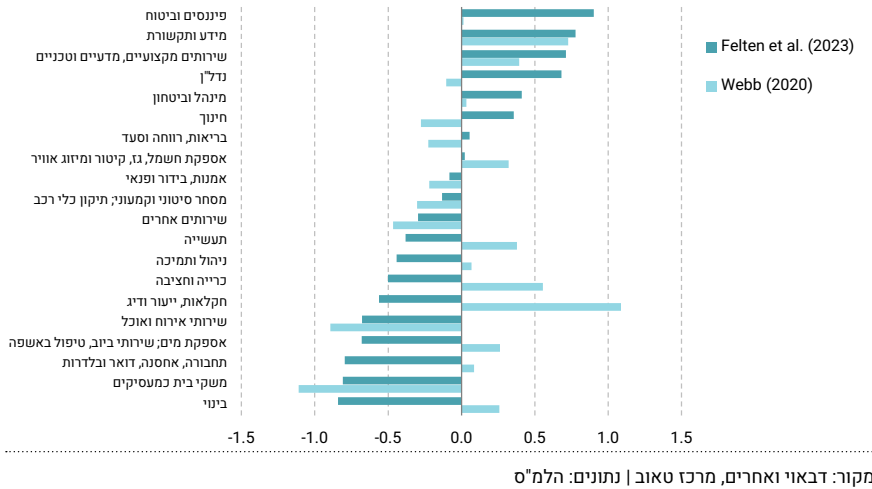
6 ההמרה אינה "אחד לאחד", ויש כמה דבוקות של משלחי יד בסיווג O*NET המוצלבות למשלח יד יחיד בסיווג ISCO (4 ספרות). במקרים אלו משלח היד קיבל את הערכים הממוצעים (לא משוקללים בשום צורה) של מדדי החשיפה.

מדדי חשיפה לבינה מלאכותית: ממצאים מסקרי כוח אדם בישראל, 2018–2023

כאמור, ציוני החשיפה היחסיים לבינה מלאכותית הוצמדו לכל עובדת ועובד במדגם לפי משלח ידם. התפלגות משלחי היד אינה זהה בקרב קבוצות אוכלוסייה שונות. למשל, סביר שעובדים משכילים נוטים יותר לעסוק במשלחי יד בעלי חשיפה גבוהה יחסית לטכנולוגיית הבינה המלאכותית מעמיתיהם הפחות משכילים. לפיכך בניסיוננו לבחון את מידת החשיפה היחסית של קבוצות באוכלוסייה לבינה מלאכותית, אנו מתבססים על ההלימה בין התפלגות משלחי היד לבין מאפיינים המגדירים את קבוצות האוכלוסייה השונות (ענף, השכלה, גיל, מין, מגזר וכו').

נקודת התחלה פשוטית למאפיין שכזה היא ענפי הכלכלה. תרשים 1 מציג את מדדי החשיפה לפי ענף (ממוצע לאורך המדגם כולו). ניתן להבחין כי יחסית לממוצע, ענפי ההיי-טק המובהקים (מידע ותקשורת ושירותים מקצועיים, מדעיים וטכניים) חשופים לבינה מלאכותית בהיקף ניכר לפי שני המדדים, וענף הפיננסים הישראלי חשוף מאוד לפי המדד של Felten et al. (2023). לעומתם, ענפי הבידור, המסחר ושירותי אירוח ואוכל מורכבים בעיקר ממקצועות שהם פחות חשופים, לפי שני המדדים. לצידם יש כמה ענפים שעבורם מדדי החשיפה מציגים תוצאות שונות. לדוגמה, ענפי התעשייה, הכרייה והחציבה חשופים במיוחד לפי המדד של Webb (2020) אך פחות לפי זה של Felten et al. (2023); ההבדל נובע מכך שבענפים אלו מושקעים משאבים רבים לפיתוח כלים ייעודיים לאוטומציה, אך מנגד אין שימוש רב בכלים כלליים כגון מודלי שפה גדולים. תופעה הפוכה בדיוק נגלית בענף החינוך: בעוד שעד סוף העשור הקודם פותחו מעט כלי בינה מלאכותית ייעודיים לחינוך, יכולותיהם של כלים כלליים בני זמננו בהחלט עשויות להשפיע על הענף באופן ניכר.

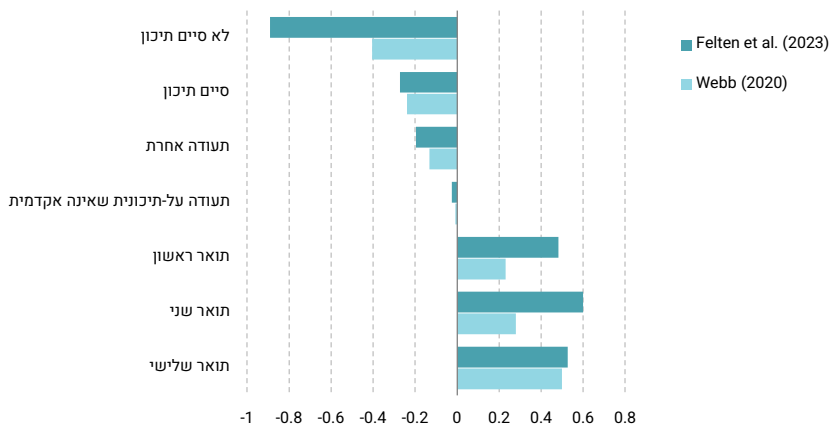
תרשים 1. חשיפה לבינה מלאכותית לפי ענף, 2018–2023



מאפיין מעניין נוסף שראוי לבחון הוא השכלתם של העובדות והעובדים. תרשים 2 מציג את מדדי החשיפה על פי מאפיין זה. באופן לא מפתיע, כל המדדים עולים באופן חד עם ההשכלה. על פי המדד של Felten et al. (2023) חשיפתם של עובדים שסיימו תיכון גבוהה מאלו שלא סיימו ביותר מחצי סטיית תקן, וחשיפתם של עובדים בעלי תואר אקדמי גבוהה ב-0.7–0.9 סטיות תקן מזו של עובדים שסיימו תיכון בלבד. זאת ועוד, לפי שני המדדים חשיפתם של עובדים העובדים מהבית בדרך כלל (כ-5% מהעובדים) גבוהה בכ-0.5–0.7 סטיות תקן מזו של עובדים אחרים (תרשים 3).⁷ ממצא זה מתלכד עם הממצאים הקודמים בנוגע להשכלה וענף ומאשש את הסברה כי הבינה המלאכותית צפויה להשפיע בראש ובראשונה על משלחי יד מבוססי ידע, לרבות אלו המאפשרים עבודה מהבית או כאלה הדורשים השכלה אקדמית.

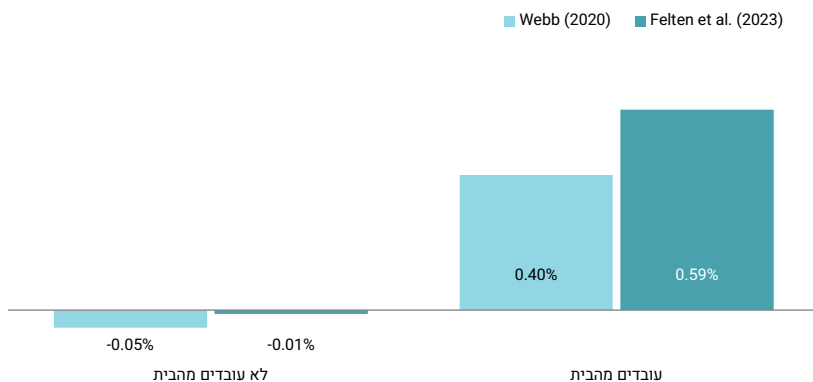
7 העובדים מהבית מזהים על פי תשובת הנסקרות והנסקרים בסקר כוח אדם לשאלה "האם אתה עובד בדרך כלל במקום עבודתך העיקרי רוב ימות השבוע מהבית?".

תרשים 2. חשיפה לבינה מלאכותית לפי השכלה רשמית, 2018–2023



מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

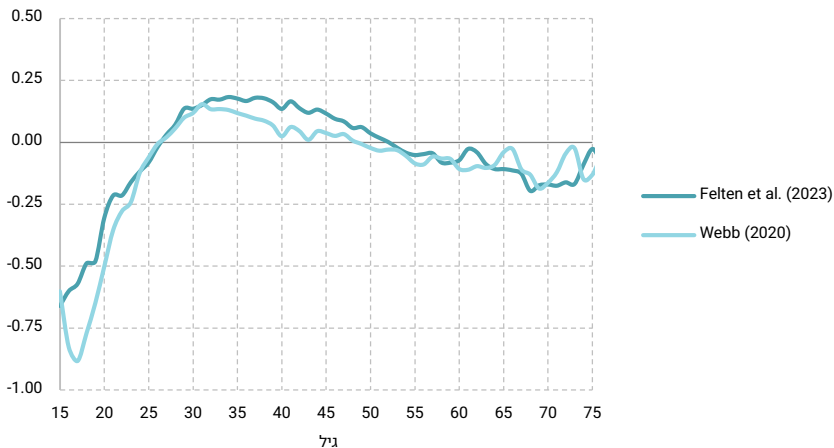
תרשים 3. חשיפה לבינה מלאכותית לפי עבודה מהבית בדרך כלל, 2018–2023



מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

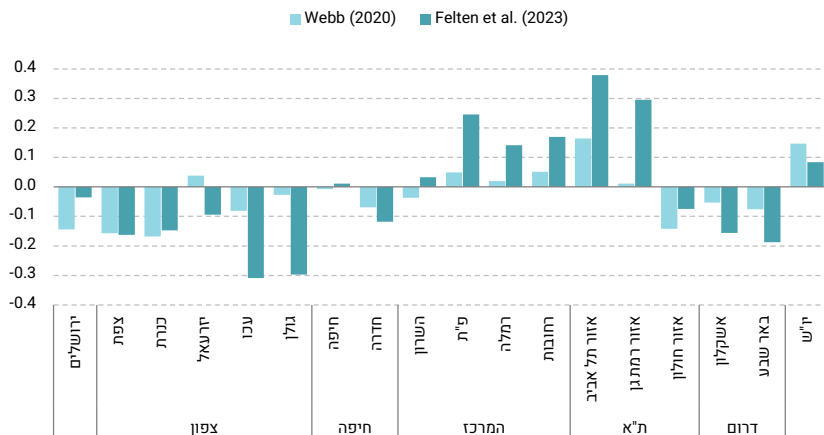
תרשים 4 מראה כי גם בנוגע למידת החשיפה של עובדים בגילים שונים, שני המדדים מציגים תוצאות דומות. שניהם עולים עם הגיל עד גיל 34 ואז יורדים. עובדים בגיל 27–51 (כ-55% מהעובדים) חשופים יותר מהממוצע ועובדים צעירים או מבוגרים מטוח זה חשופים פחות מהממוצע. גם בהתפלגות גיאוגרפית שני מדדי החשיפה נוטים להציג תוצאות דומות, ובכיוון לא מפתיע (תרשים 5). לתושבי נפות המרכז ותל אביב – זולת אזור חולון ונפת השרון – חשיפה ממוצעת גבוהה מהממוצע הארצי; תושבי נפות חיפה, השרון ויזרעאל חשופים בערך ברמה הממוצעת הארצית; ויתר תושבי מחוזות חיפה והצפון וכן תושבי מחוז הדרום וירושלים חשופים פחות מהממוצע על פי שני המדדים.

תרשים 4. חשיפה לבינה מלאכותית לפי גיל, 2018–2023



מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

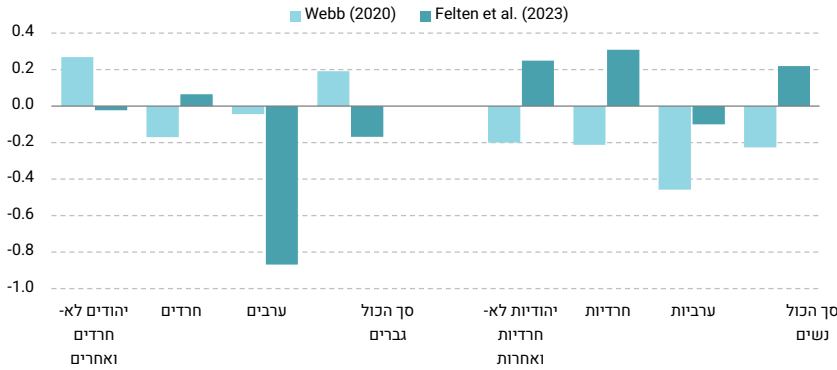
תרשים 5. חשיפה לבינה מלאכותית לפי נפת מגורים, 2018–2023



מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

ואולם ישנן חלוקות שבהן המדדים מציגים תוצאות שונות בתכלית, ובהקשר זה מעניין במיוחד לציין כיצד חשיפת משלחי היד לבינה מלאכותית מתפלגת על פי מגדר ומגזר. תרשים 6 מציג זאת, ומחלק את העובדות והעובדים בנפרד למגזרים היהודי הלא-חרדי, הערבי והיהודי-חרדי. ככלל, המדד של Webb (2020) גבוה מהממוצע בקרב גברים ונמוך ממנו בקרב נשים – ממצא זה זהה לממצא שפורסם על מועסקים בארצות הברית על בסיס אותה המתודולוגיה (Muro et al., 2019) – ואילו זה של Felten et al. (2023) הפוך ממנו. הממצא של Felten et al. רומז כי נשים ישראליות עובדות במשלחי יד החשופים להשפעת כלים כלליים כגון מודלי שפה גדולים (כגון מקצועות עתירי ידע או מקצועות המתבססים על אינטראקציה בין-אישית) ואילו גברים ישראלים עובדים במשלחי יד החשופים להשפעת כלים ספציפיים (כגון מקצועות הממוקדים במיומנות ספציפית או סד מיומנויות ספציפי).

תרשים 6. חשיפה לבינה מלאכותית לפי מגדר ומגזר, 2018–2023



מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

אשר למגזר, ניכרת שונות רבה יותר. ממוצע ציוני החשיפה של עובדים ועובדות מהמגזר הערבי נמוך מהותית מזה של עמיתיהם ועמיתותיהן היהודים. בקרב יהודיות אין הבדל של ממש בין חרדיות ללא-חרדיות, ובקרב יהודים העובדים החרדים מקבלים ציוני חשיפה הפוכים מאלו של העובדים הלא-חרדים, דבר הנובע מנטייתן של שתי אוכלוסיות אלו לעבוד במשלחי יד שונים בתכלית.

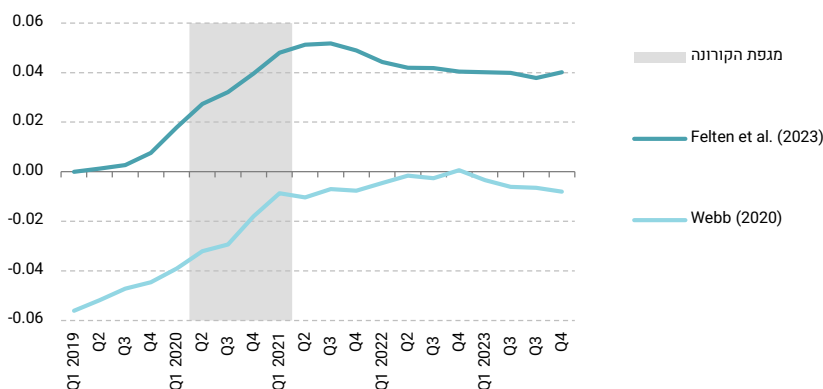
יש להדגיש כי בעוד הגודל המוחלט של ההבדלים המגזריים והמגדריים נובע ממאפיינים אחרים של העובדות והעובדים (כגון ענף כלכלי, השכלה וגיל), הפערים היחסיים ביניהם נותרים זהים גם לאחר פיקוח על גורמים אלו; תרשים נ'1 בנספח מציג את מדדי החשיפה לפי מגדר ומגזר בשנת 2023 בלבד – לאחר פיקוח על ענף, השכלה, גיל, עבודה מהבית וחודש הסקר (תוצאות האמידה מרובת המשתנים שעליה מתבסס התרשים מוצגות במלואן בלוח נ'2 בנספח). באופן מקביל, גם ענף כלכלי, גיל, נפת מגורים ועבודה מהבית שומרים על כושר ניבוי בנוגע לציון החשיפה של העובדת או העובד בהינתן יתר הגורמים – ההבדלים במדדים קטנים באופן מוחלט אך שומרים על יחס דומה לסטטיסטיקה התיאורית.

פרט לחתכים אלו, ראוי לבחון גם כיצד מדדי החשיפה לבינה מלאכותית התפתחו לאורך השנים האחרונות. תרשים 7 מציג את המדדים הממוצעים לשנה שהסתיימה בכל רבעון (מעין ממוצע נע) בין תחילת 2019 לסוף 2023.⁸ בראש ובראשונה יש לציין כי השינוי

8 הערך המחושב עבור כל רבעון הוא הממוצע המשוקלל של הרבעון ושלושת הרבעונים שקדמו לו. לדוגמה, הערך עבור הרבעון הראשון של 2019 הוא הממוצע של כל התצפיות בין הרבעון השני של 2018 לרבעון הראשון של 2019 (כולל).

לאורך זמן קטן מאוד בגודלו, והסתכם בכ-0.05 סטיות תקן לכל אחד מהמדדים. עם זאת שני המדדים גדלו לאורך תקופת המדגם, בייחוד בעת מגפת הקורונה. אדרבא: הגידול במדד של Felten et al. (2023) בין רבעונים בתקופת הקורונה (בין הרבעון הראשון של 2020 לרבעון השלישי של 2021) היה כ-29% בממוצע, לעומת גידול זניח בתקופה שלפני כן וירידה זניחה של פחות מ-2% מאז הקורונה. ממצא זה רומז כי המגפה, על השפעותיה השונות, דחקה את שוק העבודה הישראלי לכיוון מקצועות החשופים ביתר שאת לבינה מלאכותית.

תרשים 7. חשיפה לבינה מלאכותית לפי רבעון, 2018–2023



הערות: הערך המוצג עבור כל רבעון הוא הממוצע (המשוקלל) השנתי בסיום הרבעון. "מגפת הקורונה" מתייחסת לתקופה שבין הרבעון הראשון של 2020 לרבעון השלישי של 2021 – התקופה שבה השפעות המגפה על התעסוקה היו הניכרות ביותר.

מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

כלל הממצאים לעיל מתייחסים כאמור לחשיפה לבינה מלאכותית, ולא מאפשרים לשער כיצד היא תשפיע על התעסוקה בכל משלח יד. עתה נשלב את מדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023) – שנועד למדוד את הפוטנציאל של הבינה המלאכותית לשפר את ביצועי העובדים (או לחלופין להחליף את העובדים) – ונדון בממצאים.

השלמתיות וחשיפה לבניה מלאכותית

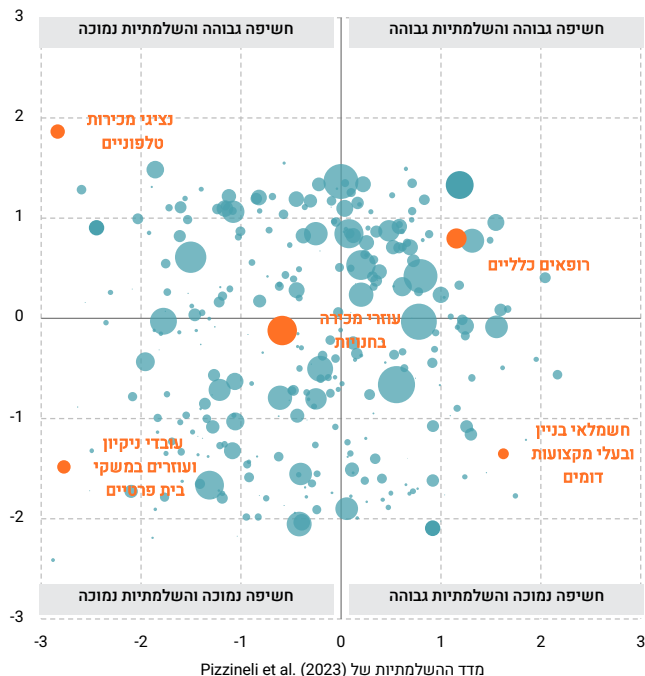
לכלי בינה מלאכותית, כאמור, יש השפעות פוטנציאליות שונות על משלחי יד שונים. מחד גיסא בכוחם לסייע לעובדים ולשפר את ביצועיהם, ומאידך גיסא – בכוחם גם להחליפם. סביר ששני תהליכים אלו יקרו בהיקף כזה או אחר בשוק העבודה: מקצועות מסוימים ייעלמו, אחרים יחוזקו ויגדלו ויהיו אף כאלה שיצטמצמו אך העובדים שייוותרו בהם יגדילו את פריזם מהותית. מדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023) מאפשר לגבש תחזיות זהירות בנושא זה, באמצעות הצמדת ציון לכל משלח יד (באופן מקביל למדדי החשיפה) המגלם את המידה שבה בינה מלאכותית עשויה לייעל ולשפר את העבודה האנושית במשלח יד זה. ציון גבוה במדד משמעו פוטנציאל גבוה לתגבור היכולות האנושיות, באופן שמרמז כי הבינה המלאכותית תומנת בחובה סיכוי להגדלת הפריזם במשלח יד זה. ציון נמוך במדד משמעו פוטנציאל נמוך להשפעה כזאת: במקום זה סביר יותר שתהיה החלפה של עובדים אנושיים בבינה מלאכותית, או היעדר השפעה במקצועות שבהם לבינה המלאכותית יש פחות יישומים.

הצלבת מדד ההשלמתיות עם מדדי החשיפה מאפשרת לאמוד עד כמה עובדים במשלחי יד שונים צפויים "להרוויח", "להפסיד" או לא להיות מושפעים מכלי בינה מלאכותית. תרשים 8 מתבסס על נתוני המדגם שלנו ומציג הצלבה שכזו עם מדד החשיפה של Felten et al. (2023) – שמעתה יהיה מדד החשיפה העיקרי שבו נשתמש (תוצאות מקבילות לפי מדדי החשיפה האחרים מובאות בנספח).⁹ כל בועה בתרשים מייצגת משלח יד אחד, גובה הבועה מייצג את חשיפת משלח היד, צידודה מייצג את ההשלמתיות שלו וגודלה את משקלו היחסי בממוצע לאורך כל המדגם. ניכרת שונות רבה בין משלחי היד הן בחשיפה והן בהשלמתיות.

9 התרשים מושתת על תרשים דומה אצל Pizzinelli et al. (2023), לאחר הסבת משלחי היד לסיווג ISCO והתאמת הנקודות לנתונים הישראליים.

תרשים 8. התפלגות משלחי היד על פי חשיפה והשלמתיות

מדד החשיפה של Felton et al. (2023)



הערות: גודל הבועה מייצג את משקלו היחסי של משלח היד במדגם בממוצע לאורך השנים 2018–2023. הממוצע וסטיית התקן במדגם כולו בכל אחד מהמדדים הם 0 ו-1 (בהתאמה). רשימת משלחי היד וציוניהם במדדים השונים מובאת בלוח נ'1 בנספח.

מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

אפשר לסווג את משלחי היד לארבע קטגוריות התואמות את הרביעים בתרשים. אנו מתעניינים במיוחד בשתיים מהן. הראשונה היא "חשיפה גבוהה והשלמתיות גבוהה" (רביע ימני-עליון) – כאן נמצאים עובדים כגון רופאים כלליים, שצפויים להסתייע בבניה מלאכותית באופן משפר ביצועים בלי שזו תאיים להחליפם. הקטגוריה השנייה היא "חשיפה גבוהה והשלמתיות נמוכה" (רביע שמאלי-עליון) – כאן נמצאים עובדים כגון נציגי מכירות טלפוניים, שאותם הבינה המלאכותית צפויה בעיקר להחליף.¹⁰

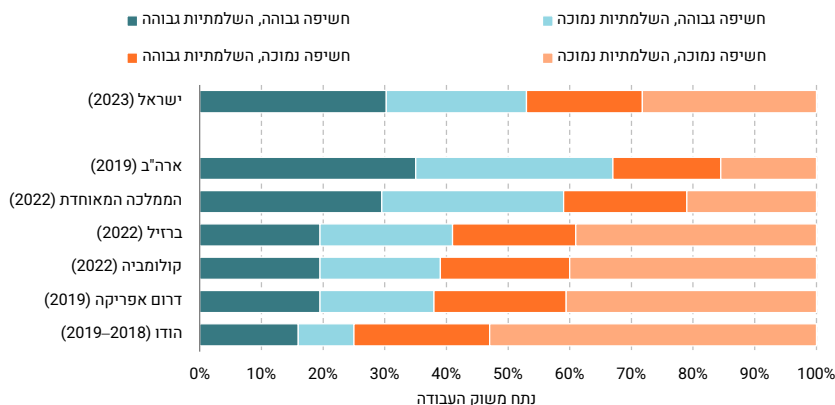
10 שתי הקטגוריות האחרות, "חשיפה נמוכה והשלמתיות גבוהה" ו"חשיפה נמוכה והשלמתיות נמוכה" – המיוצגות בשני הרביעים התחתונים של תרשים 8 – כוללות משלחי יד בעלי חשיפה נמוכה מהממוצע לבניה מלאכותית. במשלחי יד אלו אין משמעות של ממש למידת ההשלמתיות והם מייצגים מקצועות שלא צפויים להיות מושפעים ישירות מבינה מלאכותית, כמו חשמלאי בניין (חשיפה נמוכה והשלמתיות גבוהה) או עובדי ניקיון במשקי בית פרטיים (חשיפה נמוכה והשלמתיות נמוכה).

מטעמי נוחות הצגה ופרשנות נישען מעתה על קטגוריות אלו (התואמות את הרביעים בתרשים 8) כדי למפות את שוק העבודה הישראלי מבחינת חשיפה והשלמתיות. חסרונה של גישה זו הוא באובדן המידע על השונות בתוך הקטגוריות: כך לדוגמה, ברביע השמאלי-תחתון של תרשים 8 נמצאים הן עובדי ניקיון במשקי בית פרטיים והן עוזרי מכירה בחנויות – אמנם שני משלחי יד אלו חשופים פחות מהממוצע ובעלי ציון השלמתיות נמוך מהממוצע, אולם יש הבדל ניכר ביניהם בשני המדדים, שכן עוזרי מכירה בחנויות יכולים להיעזר בכלי בינה מלאכותית יותר מעובדי ניקיון. רידוד המדדים לארבע קטגוריות בהכרח מתייחס לעובדים במקצועות אלו באופן זהה, וגישה זו מוגבלת עקב כך על אף היותה פשוטה ונוחה לפרשנות. מעתה נתמקד בשתי הקטגוריות התואמות את הרביעים העליונים בתרשים 8, שבהן משלחי היד הצפויים להיות מושפעים – לטוב או לרע – מבינה מלאכותית יותר מהממוצע ("חשיפה גבוהה והשלמתיות גבוהה" ו"חשיפה גבוהה והשלמתיות נמוכה").

תרשים 9 מציג את שיעור העובדים בעלי חשיפה גבוהה (לצד פילוח ההשלמתיות של אותם עובדים) באופן מצרפי בשוק העבודה הישראלי (ממוצע לאורך שנת 2023) לצד ההתפלגות בקרב מדינות אחרות כפי שנאמדה במאמרם של Pizzinelli et al. (2023).¹¹ בשנת 2023 כ-30% מהעובדות והעובדים במשק (שהם כ-1.3 מיליון עובדות ועובדים) עסקו במשלח יד שבקטגוריית "חשיפה גבוהה והשלמתיות גבוהה", וכ-23% (כ-995,000) עובדות ועובדים נוספים עסקו במשלח יד בקטגוריית "חשיפה גבוהה והשלמתיות נמוכה". ניתן לפרש ממצא זה כרוזם שאם הרכב משלחי היד יישאר דומה, מספר העובדים שצפויים "להרוויח" מהבינה המלאכותית גדול במקצת ממספר העובדים שצפויים "להפסיד". העובדה שהקבוצות דומות בגודלן, לצד היות קטגוריות "חשיפה גבוהה" לפחות 50% משוק העבודה, תואמת את הממצאים של Pizzinelli et al. (2023) עבור מדינות מפותחות אחרות. עם זאת יש להתייחס להשוואה בין ישראל למדינות אחרות בעירבון מוגבל – שכן ההתפלגות המוצגת עבור מדינות זרות נאמדה אצל Pizzinelli et al. (2023) ומתבססת על שנות מדגם שונות ותקנונים שונים במקצת בין המדינות (לרבות קידוד מקצועות שונה).

11 ההתפלגות על פי הקטגוריות בישראל נותרה כמעט זהה לאורך כל תקופת המדגם (ממצא צפוי לאור השינוי הזניח במדדי החשיפה כפי שתועד בתרשים 7).

תרשים 9. חשיפה והשלמתיות, ישראל ומדינות נבחרות



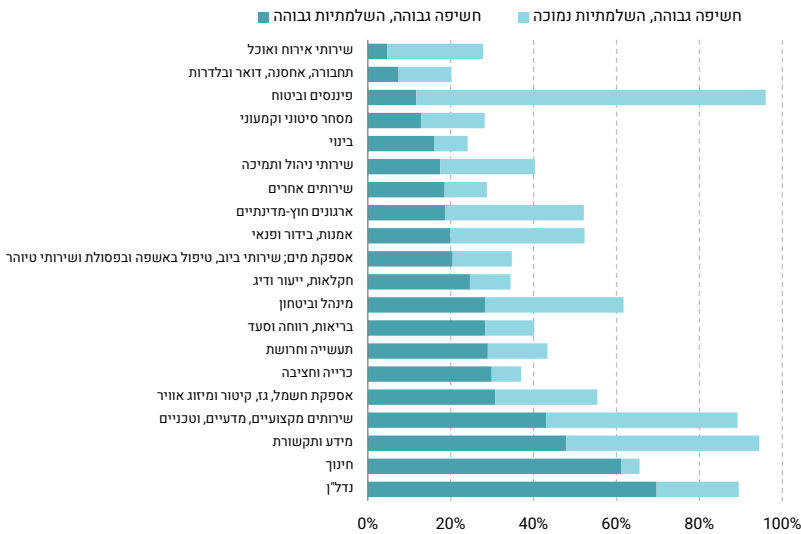
הערות: הקטגוריות מבוססות על מדד החשיפה של Felten et al. (2023) ומדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023). ההתפלגות המוצגת עבור מדינות זרות נאמדה אצל Pizzinelli et al. (2023) ומתבססת על שנות מדגם שונות והגדרות שונות במקצת בין המדינות (לרבות קידוד מקצועות שונה). ההתפלגות המוצגת עבור ישראל נאמדה במסגרת עבודה זו, וערכי המדדים המוצגים נורמלו עבור שוק העבודה הישראלי, על כן יש להתייחס להשוואה בין ישראל למדינות אחרות בעירבון מוגבל.

מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס; Pizzinelli et al., 2023

עוד מעניין לחקור את התפלגות החשיפה-השלמתיות בתוך שוק העבודה הישראלי, בדומה למיפוי החשיפה שהוצג קודם לכן. תרשים 10 מציג התפלגות זו לפי ענף (ממוצע לאורך המדגם כולו). ניכר כי התפלגות ההשלמתיות שונה בתכלית גם בין ענפים בעלי שיעור חשיפה דומה. כך לדוגמה, בענפי ההיי-טק המובהקים (מידע ותקשורת ושירותים מקצועיים, מדעיים וטכניים), בקרב יותר מ-90% מהעובדים רמת החשיפה לבינה מלאכותית גבוהה יותר מרמת החשיפה הממוצעת במשק. בקרב אותם עובדים החשופים יותר מהממוצע, שיעורם של אלה שעוסקים במשלחי יד עתירי השלמתיות (שעם עובדיהם הבינה המלאכותית צפויה להיטיב, כגון מפתחי תוכנה) דומה לשיעור העוסקים במשלחי יד עתירי תחליפיות (שאת עובדיהם היא עלולה להחליף, כגון יועצי פרסום ושיווק). לעומת זאת, בקרב עובדי ענף הפיננסים והביטוח (שגם אצלם 90% חשופים לבינה המלאכותית מעל הממוצע), רוב מוחץ של העובדים צפוי להיפגע מהבינה המלאכותית ורק שיעור זניח צפוי להרוויח. ניתן לדמיין כיצד, עם המשך פיתוח ואימוץ כלי בינה מלאכותית, ענף זה ילך ויצטמצם לשדרה ניהולית דקה כאשר אותם כלים יחליפו במידה רבה את הסוכנים, האנליסטים ואף חלק מאנשי החשבונאות והמשפטים. תמונה נגדית עולה בענף החינוך

(למעלה מ-60% עובדים החשופים לבिנה מלאכותית יותר מהממוצע), שבו רוב העובדות והעובדים צפויים להרוויח מבינה מלאכותית ורק שיעור זניח צפוי להיפגע. אפשר לדמיין כיצד מורות, לדוגמה, ייעזרו בבינה מלאכותית לבניית מערכי שיעור, בדיקת מטלות ושמידה על קשר עם תלמידים והורים – ואילו ההוראה והפדגוגיה עצמן יישארו בידיים אנושיות המצריכות את אותה מצבת מורות.

תרשים 10. חשיפה-השלמתיות לפי ענף, 2018–2023



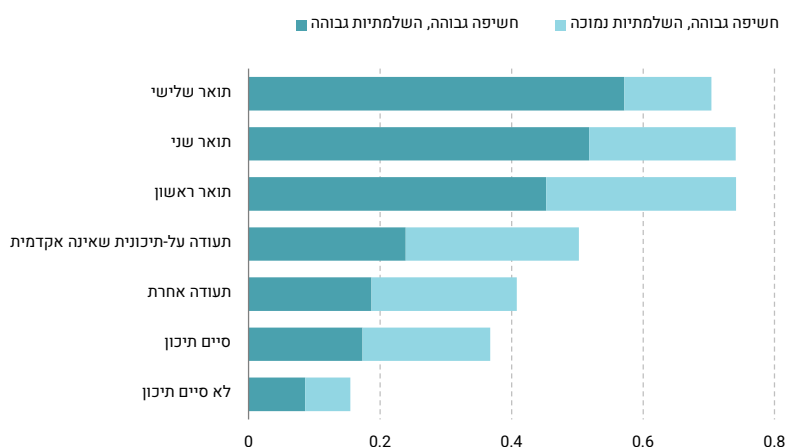
הערה: קבוצות החשיפה מבוססות על המדד של Felten et al. (2023). תרשים נ'2 בנספח מציג התפלגות מקבילה לפי מדד החשיפה של Webb (2020).

מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

מאפיין מעניין נוסף הוא השכלתם של העובדות והעובדים. תרשים 11 מציג את התפלגות החשיפה-השלמתיות על פי מאפיין זה. כפי שהוצג בתרשים 2, החשיפה נוטה לעלות עם ההשכלה (אם כי קיבוץ משלחי יד למספר מצומצם של קטגוריות מעמעם את ההבדלים בין דרגות שונות של אקדמאים). עלייה זו עקבית במשקל קבוצת ה"חשיפה גבוהה והשלמתיות גבוהה", אך בקרב קבוצת ה"חשיפה גבוהה והשלמתיות נמוכה" התמונה מורכבת יותר – משקל הקבוצה עולה עם ההשכלה עד תואר ראשון ואז יורד; כלומר עובדים בעלי תואר ראשון או תעודה על-תיכונית שאינה אקדמית מועסקים בשיעורים הגבוהים ביותר במשלחי יד שהבינה המלאכותית עלולה להחליף, בעוד עובדים משכילים יותר או פחות מכך עובדים במקצועות אלו בשיעורים נמוכים יותר.

עם זאת היחס בין קבוצת ה"חשיפה גבוהה והשלמתיות גבוהה" לקבוצת ה"חשיפה גבוהה והשלמתיות נמוכה" – יחס המבטא ניבוי להשפעה המצרפית "נטו" של הבינה המלאכותית – עולה באופן די עקבי עם ההשכלה. כך לדוגמה, על כל עובד או עובדת בעלי תואר שלישי הצפויים להיפגע מהבינה המלאכותית יש ארבעה עובדים הצפויים להרוויח ממנה (יחס של 1:4). בעבור תואר שני יחס זה הוא 1:2, ובעבור תואר ראשון – 2:3. עבור עובדים בעלי השכלה תיכונית ופחות יחס זה מתהפך, כך שפחות מעובד אחד צפוי להרוויח מהבינה המלאכותית על כל עובד שייפגע ממנה. על כן, בעוד עובדים משכילים חשופים יותר להשפעות הבינה המלאכותית הם גם צפויים להרוויח ממנה בשיעורים גדולים בהרבה, ואילו עובדים משכילים פחות צפויים להיפגע (או, במקרה של עובדים ללא השכלה תיכונית, להרוויח פחות).

תרשים 11. חשיפה-השלמתיות לפי השכלה רשמית, 2018–2023



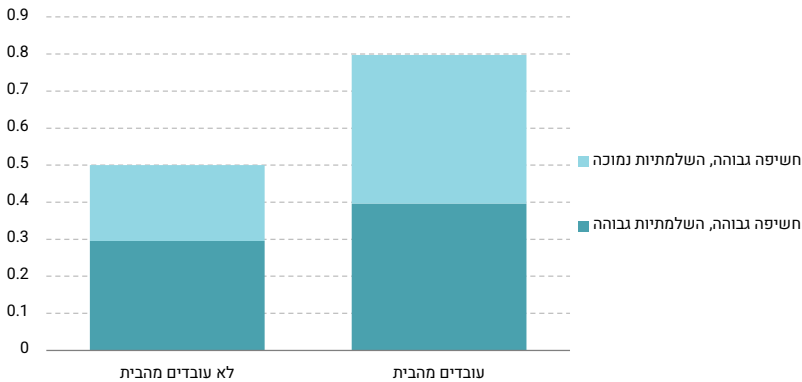
הערה: קבוצות החשיפה מבוססות על המדד של Felten et al. (2023). תרשים נ'3 בנספח מציג התפלגות מקבילה לפי מדד החשיפה של Webb (2020).

מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

תופעה מקבילה ומעניינת נגלית בחלוקה על פי "עבודה מהבית בדרך כלל" (תרשים 12). העובדים מהבית בדרך כלל חשופים הרבה יותר לבינה מלאכותית, אך הם מתפלגים באופן שווה בין מקצועות שצפויים להרוויח ממנה ובין מקצועות שצפויים להפסיד ממנה. לעומתם, בקרב עובדים במקצועות עתירי חשיפה שאינם עובדים מהבית בדרך כלל שיעור גבוה יותר צפוי להרוויח מהבינה המלאכותית מאשר להפסיד ממנה. ניתן להסתכל באופן

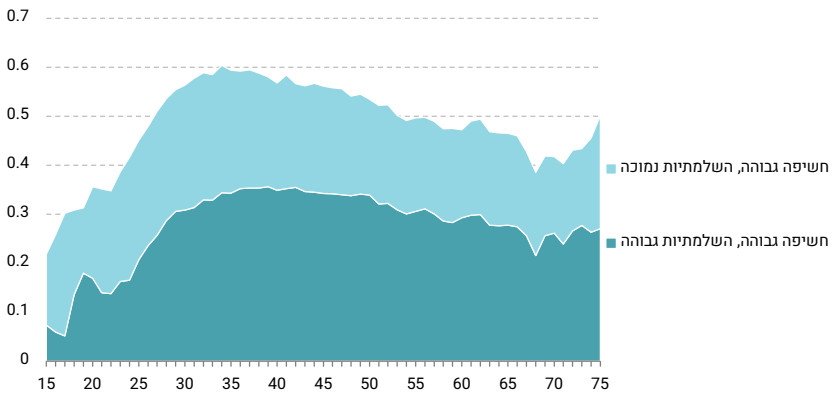
דומה על התפלגות החשיפה-השלמתיות לפי גיל (תרשים 13). בקרב עובדות ועובדים בני 27 או יותר, שיעור העובדים שצפויים להרוויח מהבינה המלאכותית גדול במקצת מזה של העובדים שצפויים להפסיד ממנה, ויחס זה עולה עד גיל 50 בערך.

תרשים 12. חשיפה-השלמתיות לפי עבודה מהבית בדרך כלל, 2018–2023



הערה: קבוצות החשיפה מבוססות על המדד של Felten et al. (2023). תרשים נ'4 בנספח מציג התפלגות מקבילה לפי מדד החשיפה של Webb (2020). מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

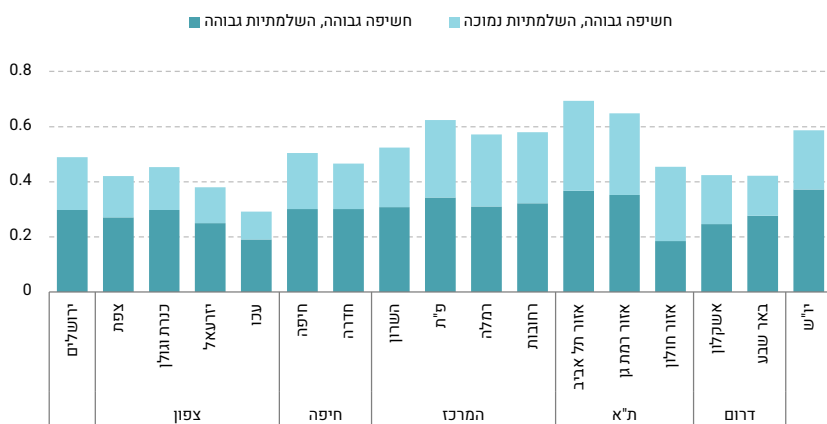
תרשים 13. חשיפה-השלמתיות לפי גיל, 2018–2023



הערה: קבוצות החשיפה מבוססות על המדד של Felten et al. (2023). תרשים נ'5 בנספח מציג התפלגות מקבילה לפי מדד החשיפה של Webb (2020). מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

בחלוקה גיאוגרפית (תרשים 14) עולה כי היחס בין שיעור העובדים במקצועות הצפויים להרוויח ובמקצועות הצפויים להפסיד עקבי במידה מה, אם כי יש הבדלים צנועים במשקלן היחסי של הקבוצות במקומות שונים. כך לדוגמה, דווקא בנפות הצפון ובבאר שבע יש כמעט שני עובדים שצפויים להרוויח על כל עובד שצפוי להפסיד, בעוד באזורי נפת תל אביב היחס קרוב יותר ל-1:1 או אפילו פחות מכך (אזור חולון – הכולל את חולון, בת ים ואזור – הוא הנפה הגיאוגרפית היחידה שבה שיעור הצפויים להפסיד גבוה משיעור הצפויים להרוויח).

תרשים 14. חשיפה-השלמתיות לפי נפת מגורים, 2018–2023

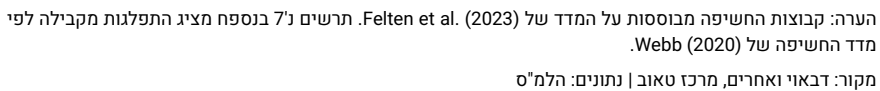


הערה: קבוצות החשיפה מבוססות על המדד של (Felten et al., 2023). תרשים נ'6 בנספח מציג התפלגות מקבילה לפי מדד החשיפה של (Webb, 2020).

מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

מחלוקה לפי מגדר (תרשים 15) עולה כי בסך הכול חשיפת העובדות גדולה במקצת מחשיפת העובדים (בדומה למדד של (Felten et al., 2023) בתרשים 6), אך הבדל זה נובע ברובו משיעור העובדים במקצועות שצפויים להיפגע מבינה מלאכותית (27% מהעובדות לעומת 17% מהעובדים), בעוד שיעור העובדים במשלחי יד שצפויים להרוויח דומה (32% מהעובדות לעומת 28% מהעובדים). ההבדל המגדרי לעיל בשיעור העובדים שצפויים להרוויח לעומת שיעור העובדים שצפויים להיפגע מתקיים גם בתוך המגזרים היהודיים. כך לדוגמה, בקבוצת ה"חשיפה גבוהה והשלמתיות גבוהה" כלולים כ-40% מהחרדיות ושיעור דומה מהחרדים, בעוד בקבוצת ה"חשיפה גבוהה והשלמתיות נמוכה" כלולים

תרשים 15. חשיפה-השלמתיות לפי מגדר ומגזר, 2018-2023



ראוי להדגיש – בייחוד בנוגע לממצאים אחרונים אלו אך גם בנוגע לממצאים הקודמים – שהאומדנים המוצגים משקפים את התפלגות משלחי היד הנתונה ותו לא. גם אם מדדי החשיפה וההשלמתיות חוזים נאמנה אילו משלחי יד צפויים להיות מוחלפים בבינה מלאכותית ואילו צפויים להסתייע בה, אין לקבוע כיצד יגיבו העובדות והעובדים וכיצד תשתנה התפלגות משלחי היד עקב כך. ייתכן שעובדים המוחלפים בבינה מלאכותית ימצאו עבודה טובה יותר (אולי במשלחי יד המרוויחים מהבינה המלאכותית), וייתכן שיפגעו עד מאוד. בין כה וכה התהליך כנראה ילווה בשינויים בעיסוקי העובדות והעובדים, כך שחלוקת משלחי היד לפי מגדר, מגזר, מקום מגורים או כל מאפיין אחר תשתנה ואיתה התפלגות החשיפה-השלמתיות.

סיכום

מאז המהפכות האגרריות של התקופה הניאוליתית הולידו את "החברות המורכבות" (complex society) הראשונות, שינויים טכנולוגיים הולכים ומשנים את דפוסי התעסוקה, ודרכם את מאזן הכוחות בתוך חברות ובין חברות. מאז המאה השמונה-עשרה, אותו התהליך הביא לדאגות רבות, למהומות נרחבות ולספרות פוליטית ומחקרית ענפה העוסקת במתח שבין העלייה בפריין עבודה וברווחיות לבין אובדן כוח עבודה אנושי והחלפתו במכונות. עם זאת, למרות החששות שהתעוררו עם החדרת טכנולוגיות חדשות, נראה שתהליך אימוצן התרחש תוך התאמה מהירה למדי של שוק העבודה לנסיבות המשתנות (ראו למשל (Autor, 2015).

על אף נוכחותה ההולכת וגוברת של בינה מלאכותית בחברה האנושית בכלל ובעשייה כלכלית בפרט, הספרות המחקרית בתחום עוד בחיתוליה, ומוקדם לקבוע כיצד המשך פיתוחם והטמעתם של כלי בינה מלאכותית ישפיע על שוק העבודה בארץ ובעולם. עם זאת מדדי החשיפה לבינה מלאכותית – יחד עם מדד ההשלמתיות – מאפשרים לאמוד אילו משלחי יד צפויים להיות מושפעים יותר ואילו פחות, ואף לשער בזהירות אם השפעה זו יטיב עם העוסקים במקצוע או תחליפם. נתוני סקר כוח אדם מאפשרים למפות את האוכלוסייה שעוסקת באותם משלחי יד בישראל כעת.

מדדים אלה חושפים הבדל של ממש בין מהפכת הבינה המלאכותית המחלחלת לכלכלה של מדינות העולם לבין רוב השינויים הטכנולוגיים שקדמו לה, אם לא כולם. אם עד לאחרונה עיקר תשומת הלב פנתה להשפעת האוטומציה על תעסוקתם של עובדים לא משכילים, כולל בעלי מלאכה מיומנים (skilled artisans) (בדומה לדאגתה של תנועת ה"לאדייטס" [Luddites] לרווחתם של עובדים דומים בתחילת המאה התשע-עשרה באנגליה), האומדנים שלנו מראים כי הענפים החשופים ביותר לבינה מלאכותית במשק הישראלי הם ענפי ההיי-טק והפיננסים המאוישים בעובדים ממעמד הביניים, לכל הפחות. במיוחד, מרבית העובדים בענף הפיננסים עוסקים במשלחי יד בסיכון החלפה גבוה ואילו בענפי ההיי-טק שיעור העובדים במשלחי יד בסיכון החלפה דומה לשיעור העובדים במשלחי יד הצפויים להרוויח משילוב כלי בינה המלאכותית. במקביל לאלו, מדדים שונים מתארים חשיפה גבוהה גם בענפי החינוך והייצור (המדד של Webb גבוה בענפי הייצור והמדד של Felten et al. גבוה בענף החינוך), אך בענפים אלו שיעור העובדים הצפויים להרוויח מהבינה המלאכותית גדול בהרבה מהשיעור שצפוי להיפגע.

בהמשך לכך ניכר כי החשיפה לבניה מלאכותית עולה עלייה חדה עם השכלת העובד או העובדת, אך חשיפה זו אינה עקבית בהשפעותיה: שיעור העובדים בסכנת החלפה בבניה מלאכותית גבוה ביותר בקרב בעלי תואר ראשון או תעודה על-תיכונית שאינה אקדמית, עובדים משכילים יותר צפויים בעיקר להרוויח מהבניה המלאכותית ועובדים משכילים פחות צפויים להיות פחות מושפעים ממנה. כן נמצא שהחשיפה לבניה מלאכותית גבוהה במיוחד עבור אלו שעובדים מהבית בדרך כלל ועבור תושבי תל אביב והמרכז – כאשר שיעור העובדים בסכנת החלפה גבוה יחסית גם הוא בקרב אוכלוסיות אלה.

יתר על כן, נראה שחשיפת עובדות ועובדים מהמגזר הערבי נמוכה מזו של יתר האוכלוסייה, גם לאחר פיקוח על משתני רקע. נמצא שדווקא בקרב גברים חרדים ונשים ערביות, היחס בין שיעור העובדים במקצועות שצפויים להרוויח מהבניה המלאכותית לשיעורם במקצועות שצפויים להפסיד ממנה הוא הגבוה ביותר (גם בקרב עובדים ערבים ועובדות חרדיות יחס זה גבוה מאשר בקרב האוכלוסייה היהודית הלא-חרדית).

בסיכומו של דבר, הניתוח מרמז שהשפעות הבניה המלאכותית על שוק העבודה הישראלי ירוכזו בעיקר בקרב האוכלוסייה היהודית המשכילה, במיוחד במרכז הארץ ובענפי ההיי-טק והפיננסים. עם זאת, השפעות אלו אינן הומוגניות, ומשלחי יד מסוימים צפויים להצטמצם בעוד אחרים צפויים להתרחב (כמו כן סביר שייווצרו משלחי יד חדשים). פרט להשפעות ישירות אלו על העבודה עצמה, כלי בניה מלאכותית צפויים להשפיע על היבטים נוספים של הכלכלה ושוק העבודה, ואולי אף באופן דרמטי. נראה שהבניה המלאכותית משנה את תחום ההשכלה הגבוהה, את גיוס העובדים וניהול משאבי האנוש, וכמובן את הפעילות העסקית הריאלית (קשרי לקוחות, ביצוע עסקאות שונות, מחקר ופיתוח וכדומה). שינויים אלו, ומשמעותם עבור העובדת והעובד הישראלים, יהוו כר פורה למחקר עתידי.

מקורות

הררי, י' (2023, 6 במאי). [הבינה המלאכותית מאיימת על האנושות. אנחנו חייבים לפעול מיד.](#) *Ynet*.

מנלה, מ' (2023, 5 במאי). [ג'וניורים מול ChatGPT, מי יישאר בשוק העבודה? כלכליסט.](#)
סיביליה, ל' (2023, 23 במאי). [בינה מלאכותית בשוק העבודה: כך היא תסייע לשיפור יכולות אצל העובד. וואלה.](#)

רפאל, י' (2023, 15 במאי). [הבינה המלאכותית צפויה לשנות את שוק העבודה מהר משחשבנו.](#) *גלובס*.

שוורץ אלטשולר, ת', כהנא, ע', פרל, ג', ופריימן, א' (2022). [אסדרת הבינה המלאכותית בישראל מחייבת קווים אדומים שימנעו פגיעה בזכויות יסוד. המכון הישראלי לדמוקרטיה.](#)

Acemoglu, D., Autor, D., Hazell, J., & Restrepo, P. (2022). Artificial intelligence and jobs: Evidence from online vacancies. *Journal of Labor Economics*, 40(S1), S293-S340.

Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2018). *Prediction machines: The simple economics of artificial intelligence*. Harvard Business Press.

Agrawal, A., Gans, J. S., & Goldfarb, A. (2019). Artificial intelligence: The ambiguous labor market impact of automating prediction. *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 31–50.

Albanesi, S., Da Silva, A. D., Jimeno, J. F., Lamo, A., & Wabitsch, A. (2023). [Reports of AI ending human labour may be greatly exaggerated](#). Research Bulletin No. 113. European Central Bank.

Autor, D. (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *The Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30.

Bresnahan, T. (2019). *Artificial intelligence technologies and aggregate growth prospects*. Unpublished manuscript, Stanford.

Economist (2024, January 1). [Welcome to the era of AI nationalism](#). *The Economist*.

Felten, E. W., Raj, M., & Seamans, R. (2019). *The occupational impact of artificial intelligence: Labor, skills, and polarization*. NYU Stern School of Business.

Felten, E., Raj, M., & Seamans, R. (2023). *How will language modelers like ChatGPT affect occupations and industries?* arXiv preprint arXiv:2303.01157.

Gmyrek, P., Berg, J., & Bescond, D. (2023). *Generative AI and jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality*. ILO Working Paper No. 96.

Green, A. (2023). *Artificial intelligence and jobs: No signs of slowing labour demand (yet)*. OECD Employment Outlook 2023.

Green, A., del Pero, A. S., & Verhagen, A. (2023). *Artificial intelligence, job quality and inclusiveness*. OECD Employment Outlook 2023.

- Ipsos (2018). *Artificial intelligence: Have no fear. The revolution of AI at work*. Ipsos.
- Muro, M., Whiton, J., & Maxim, R. (2019). *What jobs are affected by AI? Better-paid, better-educated workers face the most exposure*. Brookings Institute.
- Parteka, A., & Kordalska, A. (2023). Artificial intelligence and productivity: Global evidence from AI patent and bibliometric data. *Technovation*, 125, 102764.
- Pizzinelli, C., Panton, A. J., Tavares, M. M., Cazzaniga, M., & Li, L. (2023). *Labor market exposure to AI: Cross-country differences and distributional implications*. IMF Working Paper No. 23/216.
- Sanger, D. E. (2024, May 7). *A new diplomatic strategy emerges as artificial intelligence grows*. *The New York Times*.
- The White House (2022). *The impact of artificial intelligence on the future of workforces in the European Union and the United States of America*. Issue Brief.
- Webb, M. (2020). *The impact of artificial intelligence on the labor market*. Stanford University.
- Yamamoto, I. (2019, March 14). *The impact of AI and information technologies on worker stress*. *VoxEU*.

נספח

לוח נ'1. רשימת משלחי היד וציוניהם במדדי החשיפה של (Felten et al. (2023) ו-(Webb (2020) ובמדד ההשלמתיות של (Pizzinelli et al. (2023)

ISCO	משלח יד	מדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023)	מדד החשיפה של Felten et al. (2023)	מדד החשיפה של Webb (2020)
1112	פקידי ממשל בכירים	1.31	0.78	0.05
1114	פקידים בכירים בארגונים בעלי אינטרסים מיוחדים	0.71	0.98	0.17
1211	מנהלים פיננסיים	0.17	1.15	0.30
1212	מנהלי משאבי אנוש	0.10	1.26	0.43
1219	מנהלים בתחום השירותים העסקיים ומנהלים אדמיניסטרטיביים, ל.נ.מ.א.	0.24	0.64	0.13
1221	מנהלי מכירות ושיווק	0.04	1.10	1.79
1222	מנהלי פרסום ויחסי ציבור	0.30	1.06	-0.71
1223	מנהלי מחקר ופיתוח	0.66	0.75	-0.13
1311	מנהלי ייצור בתחומי החקלאות והייעור	1.62	-0.49	2.43
1321	מנהלים בתחום התעשייה	1.60	0.09	0.02
1323	מנהלים בתחום הבנייה	2.04	0.41	2.21
1324	מנהלים בתחומי האספקה וההפצה ובתחומים דומים	0.69	0.71	1.48
1330	מנהלי שירותים בענפי טכנולוגיות המידע (ICT)	0.26	0.76	-0.24
1341	מנהלים בתחום שירותי הטיפול בילדים	1.49	0.78	1.23
1342	מנהלים בתחום שירותי הבריאות	-0.09	1.17	0.96
1344	מנהלים בתחום הרווחה והסעד	0.71	1.07	-0.65
1345	מנהלים בתחום החינוך	1.55	0.96	0.26
1411	מנהלי בתי מלון	1.03	0.21	-0.11
1412	מנהלי מסעדות	0.12	-0.24	-0.45
1431	מנהלי מרכזים לפעילויות ספורט, פנאי ותרבות	0.10	0.50	-0.90
2111	פזיקאים ואסטרונמים	0.05	0.89	2.84
2112	מטאורולוגים	-0.10	1.11	2.24
2113	כימאים	0.33	0.32	1.03
2114	גיאולוגים וגיאופיזיקאים	0.53	0.32	0.90
2120	מתמטיקאים, אקטוארים וסטטיסטיקנים	-0.81	1.07	0.79
2131	ביולוגים, בוטניקאים, זואולוגים ובעלי משלח יד דומה	0.72	0.58	0.77
2132	יועצים בתחומי החקלאות, הייעור והדיג	1.10	0.02	1.83

לוח נ'1 (המשך). רשימת משלחי היד וציוניהם במדדי החשיפה של Felten et al. (2023) ובמדד ההשלמתיות של Webb (2020) ו-Pizzinelli et al. (2023)

ISCO	משלח יד	מדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023)	מדד החשיפה של Felten et al. (2023)	מדד החשיפה של Webb (2020)
2141	מהנדסי תעשייה וייצור	0.52	0.71	0.67
2143	מהנדסים סביבתיים	0.61	0.87	-0.23
2144	מהנדסי מכונות	0.38	0.47	1.11
2145	מהנדסים כימיים	0.61	0.71	4.45
2146	מהנדסי כרייה, מומחים למטלורגיה ובעלי משלח יד דומה	0.36	0.38	1.65
2149	בעלי משלח יד בתחום ההנדסה, ל.נ.מ.א.	0.33	0.59	1.38
2151	מהנדסי חשמל	0.58	0.71	-0.24
2153	מהנדסי תקשורת	-0.42	0.20	0.88
2161	אדריכלי בניין	0.35	0.38	0.76
2162	אדריכלי נוף	0.25	0.63	1.50
2163	מעצבי מוצרים ומעצבי בגדים	-0.62	0.32	1.63
2164	מתכנני ערים ותנועה	0.27	0.90	0.86
2165	קרטוגרפים ומודדים	0.00	-0.12	0.74
2166	מעצבים גרפיים ומעצבי מולטימדיה	-0.44	0.28	2.87
2211	רופאים כלליים	1.19	0.77	-0.50
2212	רופאים מומחים	1.24	-0.07	0.29
2221	אחיות מוסמכות	1.56	-0.08	0.13
2240	פרמדיקים ובעלי משלח יד דומה	-0.27	-0.88	-0.78
2250	וטרינרים	1.95	-0.41	1.11
2261	רופאי שיניים	2.17	-0.56	0.01
2262	רוקחים	1.18	0.33	-0.96
2263	בעלי משלח יד בתחום בריאות הסביבה והתעסוקה וההיגיינה במקום העבודה	0.82	0.78	-0.66
2264	פיזיותרפיסטים	1.24	-0.17	0.92
2265	דיאטנים ותזונאים	0.51	1.23	0.03
2266	אודיולוגים וקלינאי תקשורת	0.88	0.84	0.11
2267	אופטומטריסטים ו-opticians	1.16	-0.09	2.97
2269	בעלי משלח יד בתחום הבריאות, ל.נ.מ.א.	1.21	-0.01	3.29
2330	מורים בחינוך על-יסודי	0.78	-0.03	-0.08
2341	מורים בבתי ספר יסודיים	0.80	0.42	-0.18
2342	מחנכים לגיל הרך	0.20	0.24	-0.19

לוח נ'1 (המשך). רשימת משלחי היד וציוניהם במדדי החשיפה של Felten et al. (2023) ו-Webb (2020) ובמדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023)

ISCO	משלח יד	מדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023)	מדד החשיפה של Felten et al. (2023)	מדד החשיפה של Webb (2020)
2351	מומחים לשיטות הוראה	0.83	1.18	-0.69
2352	מורים לחינוך מיוחד	1.16	0.80	-0.04
2353	מורים אחרים לשפות	-0.07	0.97	-0.06
2359	בעלי משלח יד בתחום ההוראה, ל.נ.מ.א.	0.00	1.37	0.45
2411	רואי חשבון	-1.08	1.07	-0.02
2412	יועצים לעניינים פיננסיים ולהשקעות	-0.85	1.20	0.94
2413	מנתחים פיננסיים	-1.08	1.07	0.91
2421	מנתחים ניהוליים וארגוניים	-0.31	1.17	0.03
2422	בעלי משלח יד בתחום ניהול דרכי מדיניות	-0.51	0.73	1.73
2423	בעלי משלח יד בתחום כוח אדם וקריירה	-0.22	1.34	0.09
2431	בעלי משלח יד של ייעוץ ותכנון בתחום הפרסום והשיווק	-1.12	1.22	3.12
2433	בעלי משלח יד בתחום המכירות הרפואי והטכני (מלבד ICT – טכנולוגיות מידע ותקשורת)	0.58	0.94	-0.28
2434	בעלי משלח יד בתחום המכירות של טכנולוגיות מידע ותקשורת	0.08	0.85	-0.08
2511	מנתחי מערכות	-0.38	0.83	-0.27
2512	מפתחי תוכנה	0.08	0.85	1.42
2514	מתכנתי יישומים	-0.25	0.85	1.95
2519	מפתחי תכנות ומנתחי יישומים, ל.נ.מ.א.	0.35	0.87	0.19
2521	מנהלים ומעצבים של מסדי נתונים	-1.03	0.81	0.23
2522	מנהלי מערכות	-1.18	0.22	0.47
2529	בעלי משלח יד בתחום מסדי הנתונים ובתחום הרשתות, ל.נ.מ.א.	-1.01	0.87	-1.23
2611	עורכי דין	1.19	1.33	-0.39
2612	שופטים	0.65	1.49	1.86
2619	בעלי משלח יד בתחום המשפטים, ל.נ.מ.א.	-0.57	1.55	0.97
2621	ארכיונאים ואוצרים	0.30	0.45	-0.71
2622	ספרנים ומידענים	-0.47	0.39	-0.79
2631	כלכלנים	-0.45	1.19	-0.27
2632	סוציולוגים, אנתרופולוגים ובעלי משלח יד דומה	0.19	1.14	1.84
2633	פילוסופים, היסטוריונים וחוקרים במדעי המדינה	-0.04	1.29	0.94

לוח נ'1 (המשך). רשימת משלחי היד וציוניהם במדדי החשיפה של Felten et al. (2023) ובמדד ההשלמתיות של Webb (2020) ו-Pizzinelli et al. (2023)

ISCO	משלח יד	מדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023)	מדד החשיפה של Felten et al. (2023)	מדד החשיפה של Webb (2020)
2634	פסיכולוגים	0.22	1.34	0.20
2635	עובדים סוציאליים ויועצים	0.48	0.87	-0.07
2636	בעלי משלח יד בתחום הדת היהודית	0.71	1.35	-1.35
2641	סופרים וכותבים	-1.24	1.09	0.33
2642	עיתונאים	0.04	1.35	-1.21
2643	מתרגמים, מתורגמנים ובלשנים	-0.68	1.22	-1.60
2651	אמנים חזותיים	-1.69	-1.23	-0.22
2652	מוזיקאים, זמרים ומלחינים	-0.56	0.43	-1.02
2653	רקדנים וכוריאוגרפים	0.26	-1.83	-1.05
2654	מפיקים ובמאים בתחום הקולנוע והתאטרון וכדומה	-0.01	0.51	0.31
2655	שחקנים	-0.61	0.34	-1.17
2656	קרייני רדיו, טלוויזיה ותקשורת אחרת	0.03	0.87	-1.24
3111	טכנאים בתחום מדעי הכימיה והפיזיקה	-0.40	-0.29	-0.33
3112	טכנאי הנדסה אזרחית	0.53	-0.36	1.72
3113	טכנאי הנדסת חשמל	-0.13	-0.59	0.97
3115	טכנאי הנדסת מכונות	-0.18	-0.37	1.97
3118	שרטטים	-1.11	0.29	0.49
3119	טכנאי מדעי הטבע וההנדסה, ל.נ.מ.א.	0.62	-0.33	1.31
3123	מפקחי בנייה	1.67	0.09	0.67
3131	מפעילי תחנות כוח	0.42	-0.23	2.18
3132	מפעילי משרפות ומכוני טיפול במים	0.25	-1.20	2.29
3133	מפעילי מתקנים לעיבוד כימי	0.32	-0.95	-0.48
3134	מפעילי מתקנים לזיקוק נפט וגז טבעי	0.44	-0.44	0.37
3135	מפעילי תהליכי ייצור מתכות	-1.28	-1.79	-0.56
3139	טכנאי בקרת תהליכים, ל.נ.מ.א.	-1.76	0.07	0.79
3141	טכנאי מדעי החיים (מלבד רפואה)	-0.43	-0.15	0.33
3142	טכנאי חקלאות	0.20	-0.37	0.25
3143	טכנאי ייעור	-1.43	-1.18	-0.41
3151	מהנדסי אוניות	0.75	-0.60	-0.63
3152	קציני סיפון באוניות נווטים	1.85	-1.21	-0.54

לוח נ'1 (המשך). רשימת משלחי היד וציוניהם במדדי החשיפה של Felten et al. (2023) ובמדד ההשלמתיות של Webb (2020) ו-Pizzinelli et al. (2023)

ISCO	משלח יד	מדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023)	מדד החשיפה של Felten et al. (2023)	מדד החשיפה של Webb (2020)
3153	טייסי כלי טיס ואנשי מקצוע נלווים	1.31	-1.11	0.56
3154	פקחי תנועה אווירית	-0.74	0.42	0.12
3211	טכנאי ציוד הדמיה רפואית וציוד טיפולי	-0.20	-0.60	-0.34
3212	טכנאי מעבדה רפואית ופתולוגית	-0.41	-0.50	3.01
3213	טכנאים ועוזרי רוקחות	-0.78	-0.34	-1.31
3221	אחות מעשית	0.01	-0.65	-0.75
3222	מיילדת מעשית	0.71	0.00	0.69
3240	טכנאים ועוזרים וטרינריים	-0.32	-0.81	0.68
3251	שיננים ובעלי משלח יד דומה	-0.03	-0.71	-0.28
3254	אופטיקאים (מתאמי משקפיים)	-0.43	-0.28	-0.40
3255	טכנאי וסייעי פיזיותרפיה	1.31	-0.59	-0.15
3256	עוזרים רפואיים	-0.65	-0.13	-0.52
3257	פקחי בריאות סביבתית ותעסוקתית ודומיהם	0.94	-0.31	1.60
3259	בעלי משלחי יד נלווים בתחום הרפואה, ל.נ.מ.א.	-0.30	-0.45	-0.58
3311	סוכנים ומתווכי ניירות ערך ופיננסים	-0.36	1.11	0.46
3313	מנהלי חשבונות ודומיהם	-1.50	0.61	-1.02
3314	בעלי משלחי יד נלווים בתחומי הסטטיסטיקה והמתמטיקה	-0.21	0.67	1.01
3315	מעריכים ושמאי הפסד/נזק	-0.89	0.56	1.66
3321	נציגי ביטוח	-0.82	1.21	0.24
3323	קניינים	0.12	0.83	1.64
3332	מתכנני כינוסים ואירועים	0.78	0.27	1.01
3334	סוכני נדל"ן ומנהלי נכסים	0.58	0.92	-0.30
3339	סוכני שירותים עסקיים, ל.נ.מ.א.	-0.57	1.04	0.00
3342	מזכירות משפטיות	-1.53	0.99	-0.96
3343	מזכירות אדמיניסטרטיביות ומינהליות	-1.61	0.82	-1.31
3344	מזכירות רפואיות	-1.16	1.10	-0.94
3351	פקחי מכס וגבולות	0.14	-0.41	-0.06
3352	פקדי ממשלה לענייני מיסים ובלו	-1.72	1.10	-0.62
3353	פקדי ממשלה לענייני הטבות סוציאליות	-1.40	1.29	-0.82
3354	פקדי רישוי ממשלתי	-1.56	1.20	-1.42

לוח נ'1 (המשך). רשימת משלחי היד וציוניהם במדדי החשיפה של Felten et al. (2023) ובמדד ההשלמתיות של Webb (2020) ו-Pizzinelli et al. (2023)

ISCO	משלח יד	מדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023)	מדד החשיפה של Felten et al. (2023)	מדד החשיפה של Webb (2020)
3355	מפקחי משטרה ובלשים	0.95	-0.14	-0.23
3411	בעלי משלחי יד נלווים בתחום המשפט ובתחומים קרובים	-0.72	0.88	-0.40
3412	בעלי משלחי יד נלווים בתחום העבודה הסוציאלית	0.61	0.32	-1.39
3421	אתלטים ושחקני ספורט	0.10	-1.77	0.39
3422	מאמני ספורט, מדריכים וממונים	-0.11	-0.22	-0.25
3423	מדריכי כושר פנאי וראשי תוכניות	1.26	-1.08	-0.90
3431	צלמים	-0.11	-0.75	1.81
3432	מעצבי פנים ודקורטורים	-0.03	0.06	-0.18
3434	שפים	0.63	-0.50	0.03
3435	בעלי משלחי יד אחרים בתחומי האמנות והתרבות	-0.89	-0.65	1.01
3511	טכנאי תפעול ICT	0.15	0.35	0.34
3521	טכנאי שידור ואמצעים אור-קוליים	-0.34	-0.74	0.13
4110	פקידי משרד כלליים	-1.86	1.49	-0.37
4120	עובדי מזכירות (כללי)	-1.78	-0.03	-1.25
4131	קלדנים ומפעילי מעבדי תמלילים	-2.31	0.26	-1.19
4132	פקידי הזנת נתונים מספריים	-1.87	-0.12	1.98
4211	כספרי בנקים ופקידים בתחומים דומים	-0.81	0.17	-0.68
4212	סוכני הימורים, מנהלי משחקי הימורים ועובדים אחרים בתחום משחקי המזל	-1.49	0.12	-0.74
4214	גובי חובות ועובדים בתחומים דומים	-1.16	1.12	-1.15
4221	סוכני נסיעות ופקידים לענייני נסיעות	-1.22	0.16	-0.03
4222	פקידי מרכזי מידע ללקוחות	-2.45	0.90	0.95
4223	מפעילי מרכזיות טלפון	-2.60	1.28	-0.18
4224	פקידי קבלה בבתי מלון	-0.42	0.49	-1.47
4225	פקידים העונים על פניות הקהל	-1.92	0.86	0.14
4312	פקידים בתחומי הסטטיסטיקה, הפיננסים והביטוח	-1.61	1.11	-1.15
4313	פקידי תשלום משכורות	-2.03	0.99	-1.41
4321	פקידי מלאי	-1.21	-0.71	0.23
4323	פקידי תובלה	-0.05	0.96	0.97
4411	פקידים בספריות	-1.32	0.00	-1.00
4412	דוורים ופקידי מיון דואר	-1.55	-0.97	-0.77

לוח נ'1 (המשך). רשימת משלחי היד וציוניהם במדדי החשיפה של Felten et al. (2023) ובמדד ההשלמתיות של Webb (2020) ו-Pizzinelli et al. (2023)

ISCO	משלח יד	מדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023)	מדד החשיפה של Felten et al. (2023)	מדד החשיפה של Webb (2020)
4413	פקידי הצפנה, הגנה ודומיהם	-1.89	1.31	1.67
4415	פקידי תיוק והעתקה	-2.35	-0.04	-1.29
4419	עובדי תמיכה פקידותית, ל.נ.מ.א.	-1.75	0.55	-1.34
5111	סדרנים ודיילים	-0.06	-0.59	-1.26
5113	מדריכי טיולים	0.31	0.42	-0.93
5120	טבחים	-1.06	-1.03	-1.01
5132	ברמנים	-2.08	-0.78	-1.28
5141	מעצבי שיער	-0.44	-0.97	-1.25
5142	בעלי מכוני יופי ובעלי משלח יד דומה	-1.06	-0.63	-0.34
5153	אחראים לתחזוקת בניינים	-0.40	-1.55	-0.46
5163	עורכי הלוויות ומשמרי גופות	0.99	-0.66	-1.32
5169	עובדי שירותים אישיים, ל.נ.מ.א.	0.10	0.06	-0.97
5211	מוכרים בדוכנים ובשווקים	-1.74	0.26	-1.09
5212	מוכרי דברי מאכל ברחובות	-0.52	-0.82	-0.67
5222	מפקחים בחנויות	-0.53	-0.09	0.29
5223	עוזרי מכירה בחנויות	-0.59	-0.12	-1.12
5230	קופאים ומוכרי כרטיסים	-1.96	-0.43	-0.64
5241	דוגמנים בתחום האופנה ובתחומים אחרים	-2.63	-0.88	-1.43
5244	נציגי מכירות טלפוניים	-2.83	1.87	-1.60
5246	עובדים בדלפקי מזון	-1.46	0.03	-1.28
5249	עובדי מכירות, ל.נ.מ.א.	-1.80	-0.15	-1.42
5311	מטפלים לילדים	-0.21	-0.50	0.26
5312	סייעים למורים	0.20	0.53	-1.21
5322	מטפלים סיעודיים במשקי בית	0.55	-0.66	-1.27
5329	מטפלים סיעודיים במסגרת שירותי הבריאות, ל.נ.מ.א.	-0.47	-0.72	-0.66
5411	כבאים	1.75	-1.77	-0.72
5412	שוטרים	1.30	-1.16	0.14
5413	סוהרים	1.16	-0.90	0.08
5414	מאבטחים	-0.61	-0.79	1.30
5419	עובדי שירותי השגחה שונים, ל.נ.מ.א.	-0.05	-0.40	0.61

לוח נ'1 (המשך). רשימת משלחי היד וציוניהם במדדי החשיפה של Felten et al. (2023) ובמדד ההשלמתיות של Webb (2020) ו-Pizzinelli et al. (2023)

ISCO	משלח יד	מדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023)	מדד החשיפה של Felten et al. (2023)	מדד החשיפה של Webb (2020)
6111	עובדים בגידול ירקות וגידולי שדה	-1.60	-1.33	2.62
6113	גננים, ומגדלי עצי נוי, פרחים, צמחי נוי ומשתלות	1.00	0.24	-0.28
6121	מגדלי בעלי חיים ומשק חלב	-0.62	-1.38	1.98
6210	עובדי ייעור ובעלי משלח יד דומה	-0.36	-1.69	0.05
6222	דייגים במימי החופים והאגמים	1.00	-2.02	-0.70
7112	בנאים (מניחי לבנים) ובעלי מקצועות דומים	-0.24	-1.91	-0.44
7113	סתתים (חיתוך, פיצול וגילוף באבן)	0.16	-1.99	-0.79
7114	מניחי בטון, עובדי גימור בטון ובעלי מקצועות דומים	-0.46	-1.94	-0.93
7115	נגרים ונגרי בניין	0.72	-1.72	0.92
7119	עובדי שלד בתחום הבנייה וכדומה, ל.נ.מ.א.	0.24	-1.62	-0.26
7122	מניחי אריחים ורצפים	-0.75	-1.79	-0.02
7123	טייחים	-0.95	-1.98	-0.44
7124	מתקיני בידוד	-0.35	-1.78	0.10
7125	זגגים	0.69	-1.75	0.98
7126	שרברבים ומתקיני צנרת	0.92	-1.62	-0.51
7127	טכנאים של מערכות קירור ומיזוג	0.91	-0.44	1.97
7131	צבעים, סיידים ובעלי מקצועות דומים	-0.83	-1.98	-0.30
7132	צבעי ריסוס ולכה	-2.09	0.29	-1.26
7211	יוצקי מתכות	-1.04	-2.17	-0.04
7212	רתכים	-1.77	-1.78	0.35
7213	מעבדי לוחות מתכת (פחחים)	-0.42	-1.56	-0.42
7214	מסגרים	-0.39	-2.03	-0.35
7215	כבלרים	1.04	-1.76	3.07
7222	בוני מבלטים	-0.26	-1.26	-0.65
7223	מפעילי מכונה קונבנציונלית לעיבוד מתכות (חרט/כרסם)	-1.39	0.06	0.81
7224	מלטשי מתכות ומשחזי סכינים וכלים	-1.59	-1.63	0.40
7231	מכונאים כלי רכב	0.11	-1.51	-0.40
7232	ייצור ושירות לחלקי מטוס: מבנאים, חשמלאים ומכונאים	0.06	-1.24	-0.27
7233	מכונאים למכונות חקלאיות ותעשייתיות	0.41	-1.60	0.28
7311	יצרנים ומתקנים של מכשירים מדויקים	-1.07	-0.97	-0.64

לוח נ'1 (המשך). רשימת משלחי היד וציוניהם במדדי החשיפה של Felten et al. (2023) ובמדד ההשלמתיות של Webb (2020) ו-Pizzinelli et al. (2023)

ISCO	משלח יד	מדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023)	מדד החשיפה של Felten et al. (2023)	מדד החשיפה של Webb (2020)
7312	יצרנים ומכוונים של כלי נגינה	-0.62	-0.97	0.33
7313	צורפים	-1.61	-1.03	-0.40
7314	קדרים ובעלי מקצועות דומים	-1.22	-1.72	-1.13
7315	יצרני זכוכית, כולל חותכים, משחזים ומלטשים	-3.68	-1.38	-0.45
7316	יצרני שלטים, כולל ציירים, חרטים וגלופאים	-1.83	-1.29	0.01
7318	אומנים לעבודה בטקסטיל, בעור וכדומה	-1.85	-1.45	-1.12
7321	עובדי קדם-דפוס	-1.82	-0.32	2.17
7322	דפסים	-1.21	-1.27	1.82
7323	עובדי גימור וכריכה בתחום הדפוס	-1.75	-1.35	0.70
7411	חשמלאי בניין ובעלי מקצועות דומים	1.62	-1.35	-0.13
7412	חשמלאים (ראשי ומוסמך)	0.29	-0.76	0.46
7413	מתקנים וטכנאים של קווי חשמל	1.24	-1.58	-0.16
7421	חשמלאים ואנשי שירות בתחום האלקטרוניקה	-0.49	-0.72	-0.34
7422	מתקנים ואנשי שירות בתחום טכנולוגיות המידע והתקשורת (זיווד אלקטרוני)	0.16	-0.35	-0.03
7511	קצבים, מוכרי דגים ובעלי מקצועות דומים	-1.41	-1.65	-0.43
7512	אופים, קונדיטורים ויצרני ממתקים	-1.36	-0.85	-1.06
7513	יצרני מוצרי חלב	-1.40	-0.26	0.22
7514	יצרני שימורים של פירות, ירקות ומזונות דומים	-0.34	-1.01	1.32
7515	טועמים ומדרגים של מוצרי מזון ומשקאות	-1.40	-0.90	1.23
7521	מעבדי עץ	-0.82	-1.77	0.82
7522	נגרי רהיטים ובעלי מקצועות דומים	-0.92	-1.58	0.23
7523	מכנים להפעלה ומפעילים של מכשירי נגרות	-1.26	-0.08	1.33
7531	חייטים, תופרים, פרוונים וכובענים	-1.34	-1.00	1.37
7532	יוצרי דוגמאות וגוזרים של פריטי לבוש וכדומה	-1.83	-1.13	1.30
7533	עובדי תפירה, רקמה וכדומה	-2.51	-1.72	-1.20
7534	רפדים ובעלי מקצועות דומים	-1.86	-1.90	0.64
7541	צוללנים	1.46	-1.54	-0.80
7542	מפוצצים ומחריבים	0.67	-1.39	-0.77
8111	כורים וחוצבים	-0.57	-1.87	0.17
8112	מפעילי מתקנים לעיבוד אבנים ומחצבים	-0.93	-0.16	0.54

לוח נ'1 (המשך). רשימת משלחי היד וציוניהם במדדי החשיפה של Felten et al. (2023) ובמדד ההשלמתיות של Webb (2020) ו-Pizzinelli et al. (2023)

ISCO	משלח יד	מדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023)	מדד החשיפה של Felten et al. (2023)	מדד החשיפה של Webb (2020)
8113	קודחי בארות וקדחים, ובעלי מקצועות דומים	0.65	-1.66	0.38
8114	מפעילי מכונות לייצור מוצרי מלט, אבן ומחצבים אחרים, למעט בטון	-0.84	-1.38	-1.31
8121	מפעילי מתקנים לעיבוד מתכות	-1.45	-0.12	-0.30
8122	מפעילי מכונות לגימור ולציפוי מתכות	-1.21	0.31	0.87
8131	מפעילי מתקנים ומכונות לייצור מוצרי כימיקלים – תרופות, קוסמטיקה וחומרי ניקוי	-0.06	-1.08	0.94
8132	מפעילי מכונות לייצור מוצרי צילום	-1.53	0.25	1.17
8141	מפעילי מכונות לייצור מוצרי גומי	-1.48	-1.13	0.69
8142	מפעילי מכונות לייצור מוצרי פלסטיק	-1.76	-1.33	-2.12
8151	מפעילי מכונות לייצור, לטוויה ולליפוף של סיבים	-2.56	0.16	1.43
8152	מפעילי מכונות אריגה וסריגה	-1.62	-0.14	2.57
8154	מפעילי מכונות צביעה, הדפסה ואשפרה	-1.43	-1.36	2.83
8156	מפעילי מכונות לייצור נעליים וכדומה	-2.75	-1.50	-1.41
8157	מפעילי מכונות כביסה	-2.49	-1.32	0.22
8160	מפעילי מכונות לייצור מוצרי מזון ומוצרים דומים	-1.27	-0.57	-0.46
8171	מפעילי מתקנים לייצור תאית ונייר	-1.29	-0.76	1.21
8172	מפעילי מתקנים לעיבוד עץ	-1.19	-1.75	-0.20
8182	מפעילי מנועי קיטור ודודי חימום	1.09	-0.97	0.42
8183	מפעילי מכונות לאריזה, להכנסה לבקבוקים ולתיוג מוצרים	-0.94	-1.46	-0.62
8189	מפעילי מתקנים ומכונות נייחים, ל.נ.מ.א.	-1.39	-1.20	0.96
8211	מרכיבי מכונות	-0.92	-1.43	0.40
8212	מרכיבי ציוד חשמלי ואלקטרוני	-1.28	-1.08	-0.09
8219	מרכיבי מוצרים, ל.נ.מ.א.	-1.16	-1.26	2.31
8311	נהגי רכבות	0.12	-1.54	2.55
8312	מפעילי מערכות בלמים ואיתות ומסוטים	0.07	-1.38	-0.03
8322	נהגי מכוניות, מוניות וטנדרים	-0.25	-0.80	-0.55
8331	נהגי אוטובוסים וחשמליות	-1.09	-1.32	-0.14
8332	נהגי משאיות ומשאיות כבדות	0.06	-1.90	0.46
8342	מפעילי דחפורים ומתקנים דומים	0.34	-1.40	1.01
8343	מפעילי מנופים ומתקנים דומים	-0.24	-1.55	1.62

לוח נ'1 (המשך). רשימת משלחי היד וציוניהם במדדי החשיפה של Felten et al. (2023) ו-Webb (2020) ובמדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023)

ISCO	משלח יד	מדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al. (2023)	מדד החשיפה של Felten et al. (2023)	מדד החשיפה של Webb (2020)
8350	אנשי צוות סיפון של כלי שיט ובעלי מקצועות דומים	0.77	-1.70	-0.84
9111	עובדי ניקיון ועוזרים במשקי בית פרטיים	-2.77	-1.48	-1.30
9112	עובדי ניקיון ועוזרים במשרדים, בבתי מלון ובמקומות אחרים	-0.42	-2.05	-0.93
9121	כובסים ומגהצים (עבודה ידנית)	-2.88	-2.41	-0.87
9129	עובדי ניקיון אחרים	-0.09	-1.74	-0.10
9214	פועלים בלתי מקצועיים בגינון ובגידול צמחי נוי (הורטיקולטורה)	-1.88	-2.19	-1.12
9311	פועלים בלתי מקצועיים בכרייה ובחציבה	0.92	-2.09	1.15
9312	פועלים בלתי מקצועיים בהנדסה אזרחית	0.47	-1.89	-0.43
9313	פועלי בניין בלתי מקצועיים	-0.29	-1.65	-0.88
9321	אורזים (ידנית)	-1.32	-1.66	1.46
9329	פועלי ייצור בלתי מקצועיים, ל.נ.מ.א.	-1.19	-1.79	-0.06
9333	מטפלים במשאות ובמטענים	0.92	-1.07	-0.21
9411	עובדים בהכנת מזון מהיר	-1.74	-0.76	-1.29
9412	עוזרי מטבח	-2.10	-1.73	-1.49
9611	עובדים באיסוף אשפה ופסולת למחזור	0.50	-1.74	-0.01
9621	שליחים, עובדים במשלוח חבילות וסבלים (רגלית)	0.09	-1.35	-0.78
9622	עובדים בעבודות שונות ומזדמנות	0.42	-1.81	-0.29
9623	קוראי מונים ומתחזקי מכונות מכירה אוטומטיות	-1.33	-1.38	-0.46
9629	עובדים בלתי מקצועיים, ל.נ.מ.א.	-1.83	-0.99	0.36

הערה: ציוני המדדים המוצגים חושבו כך שהממוצע במדגם כולו הוא 0 בכל מדד וסטיית התקן היא 1.
מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

לוח נ'2. תוצאות אמידה מרובת משתנים לניתוח הקשר בין מאפיינים שונים למדדי החשיפה לבינה מלאכותית

ינואר 2023–דצמבר 2023		ינואר 2018–דצמבר 2023		תקופה
Webb (2020)	Felten et al. (2023)	Webb (2020)	Felten et al. (2023)	משתנה מוסבר:
				משתנה מסביר:
ענף (קבוצת בסיס: חקלאות)				
-0.73*** (0.103)	0.08 (0.084)	-0.67*** (0.041)	0.00 (0.034)	כרייה וחציבה
-0.87*** (0.037)	0.07* (0.030)	-0.79*** (0.014)	0.08*** (0.012)	תעשייה
-1.03*** (0.056)	0.46*** (0.045)	-0.95*** (0.021)	0.38*** (0.018)	אספקת חשמל, גז, קיטור ומיזוג אוויר
-0.89*** (0.056)	-0.16*** (0.046)	-0.88*** (0.021)	-0.10*** (0.018)	אספקת מים; שירותי ביוב, טיפול באשפה
-0.89*** (0.038)	-0.07* (0.031)	-0.84*** (0.015)	-0.10*** (0.012)	בינוי
-1.43*** (0.037)	0.34*** (0.030)	-1.34*** (0.014)	0.39*** (0.012)	מסחר סטוטני וקמעוני; תיקון כלי רכב מנועיים ואופנועים
-1.07*** (0.038)	-0.14*** (0.031)	-0.99*** (0.015)	-0.11*** (0.012)	שירותי תחבורה, אחסנה, דואר ובלדרות
-2.03*** (0.038)	-0.07* (0.031)	-1.91*** (0.015)	-0.08*** (0.012)	שירותי אירוח ואוכל
-0.73*** (0.037)	0.91*** (0.031)	-0.64*** (0.015)	0.95*** (0.012)	מידע ותקשורת
-1.30*** (0.039)	1.10*** (0.032)	-1.19*** (0.015)	1.11*** (0.013)	שירותים פיננסיים ושירותי ביטוח
-1.42*** (0.048)	0.96*** (0.039)	-1.31*** (0.018)	1.02*** (0.015)	נדל"ן
-0.96*** (0.037)	0.84*** (0.030)	-0.90*** (0.015)	0.88*** (0.012)	שירותים מקצועיים, מדעיים וטכניים
-1.08*** (0.038)	0.07* (0.031)	-0.98*** (0.015)	0.11*** (0.012)	ניהול ותמיכה
-1.26*** (0.038)	0.69*** (0.031)	-1.17*** (0.015)	0.71*** (0.012)	מינהל מקומי, מינהל ציבורי וביטחון
-1.49*** (0.037)	0.54*** (0.030)	-1.40*** (0.014)	0.54*** (0.012)	חינוך

לוח נ'2 (המשך). תוצאות אמידה מרובת משתנים לניתוח הקשר בין מאפיינים שונים למדדי החשיפה לבינה מלאכותית

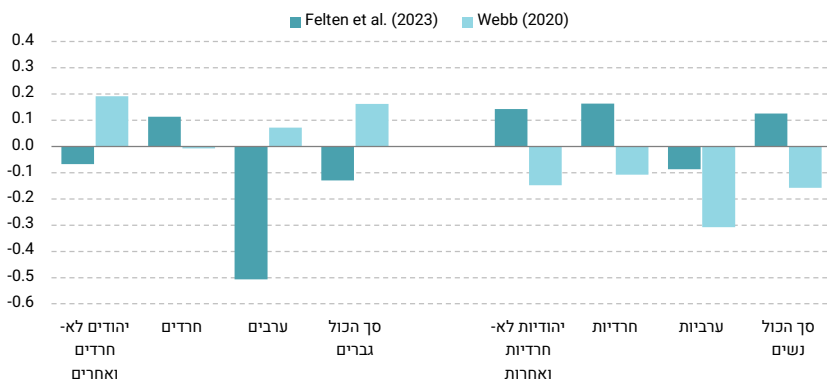
תקופה		ינואר 2018–דצמבר 2023		ינואר 2023–דצמבר 2023	
משתנה מסביר:	משתנה מוסבר:	Webb (2020)	Felten et al. (2023)	Webb (2020)	Felten et al. (2023)
בריאות, רווחה וסעד		-1.42*** (0.037)	0.28*** (0.030)	-1.31*** (0.014)	0.30*** (0.012)
אמנות, בידור ופנאי		-1.49*** (0.041)	0.23*** (0.033)	-1.38*** (0.016)	0.27*** (0.013)
שירותים אחרים		-1.60*** (0.039)	-0.02 (0.032)	-1.50*** (0.015)	0.09*** (0.013)
משקי בית כמעסיקים		-2.11*** (0.041)	-0.24*** (0.034)	-1.97*** (0.016)	-0.22*** (0.013)
ארגונים וגופים חוץ-מדינתיים		-0.72*** (0.121)	0.27** (0.098)	-0.95*** (0.045)	0.56*** (0.038)
לא ידוע		-0.94*** (0.046)	0.45*** (0.038)	-0.85*** (0.018)	0.52*** (0.015)
השכלה (קבוצת בסיס: לא סיים תיכון)					
סיים תיכון		0.09*** (0.011)	0.33*** (0.009)	0.08*** (0.004)	0.33*** (0.003)
תעודה על-תיכונית שאינה אקדמית		0.27*** (0.013)	0.46*** (0.011)	0.26*** (0.005)	0.45*** (0.004)
תואר ראשון		0.46*** (0.012)	0.79*** (0.009)	0.47*** (0.005)	0.81*** (0.004)
תואר שני		0.57*** (0.013)	0.92*** (0.010)	0.56*** (0.005)	0.94*** (0.004)
תואר שלישי		0.68*** (0.026)	0.87*** (0.021)	0.76*** (0.010)	0.91*** (0.009)
תעודה אחרת		0.09* (0.036)	0.27*** (0.030)	0.18*** (0.015)	0.34*** (0.012)
גיל		0.01*** (0.001)	0.00*** (0.001)	0.01*** (0.000)	0.00*** (0.000)
גיל בריבוע		-0.00*** (0.000)	-0.00*** (0.000)	-0.00*** (0.000)	-0.00*** (0.000)
עובד/ת מלבית בדרך כלל		0.20*** (0.009)	0.17*** (0.008)	0.19*** (0.005)	0.16*** (0.004)

לוח נ'2 (המשך). תוצאות אמידה מרובת משתנים לניתוח הקשר בין מאפיינים שונים למדדי החשיפה לבניה מלאכותית

תקופה		ינואר 2018–דצמבר 2023		ינואר 2023–דצמבר 2023	
משתנה מוסבר:		Webb (2020)	Felten et al. (2023)	Webb (2020)	Felten et al. (2023)
משתנה מסביר:					
מגדר ומגור (קבוצת בסיס: גבר ערבי)					
גבר חרדי		0.63*** (0.007)	-0.02* (0.008)	0.62*** (0.016)	-0.08*** (0.019)
גבר יהודי לא-חרדי או אחר		0.44*** (0.004)	0.17*** (0.004)	0.44*** (0.009)	0.12*** (0.011)
אישה ערבייה		0.40*** (0.005)	-0.32*** (0.006)	0.42*** (0.012)	-0.38*** (0.015)
אישה חרדית		0.68*** (0.005)	-0.13*** (0.007)	0.67*** (0.013)	-0.18*** (0.016)
אישה יהודייה לא-חרדית או אחרת		0.64*** (0.004)	-0.17*** (0.004)	0.65*** (0.009)	-0.22*** (0.011)
מגמה חודשית		-0.00*** (0.000)	0.00*** (0.000)	-0.00 (0.001)	0.00 (0.001)
חותך		-1.21*** (0.035)	0.43*** (0.042)	-0.98* (0.495)	0.51 (0.608)
מספר תצפיות		679,532	679,532	106,787	106,787
R²		0.41	0.23	0.42	0.24
F		13,315	5,679	2,171	962
(p value)		(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)

הערה: הלוח מציג את תוצאות האמידה בשיטת הריבועים הפחותים, שגיאות התקן מקובצות ברמת הפרט.
מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

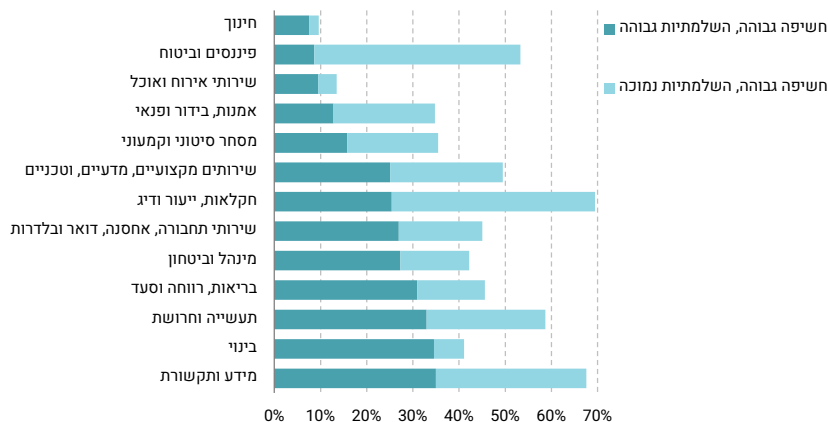
תרשים נ'1. חשיפה לבינה מלאכותית לפי מגדר ומגזר, בתקנון לפי ענף כלכלי, השכלה, גיל, עבודה מהבית בדרך כלל ותקופת הסקר, 2023–2018



הערה: התרשים מתבסס על האומדים משתי העמודות הימניות של לוח נ'2 לעיל.

מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

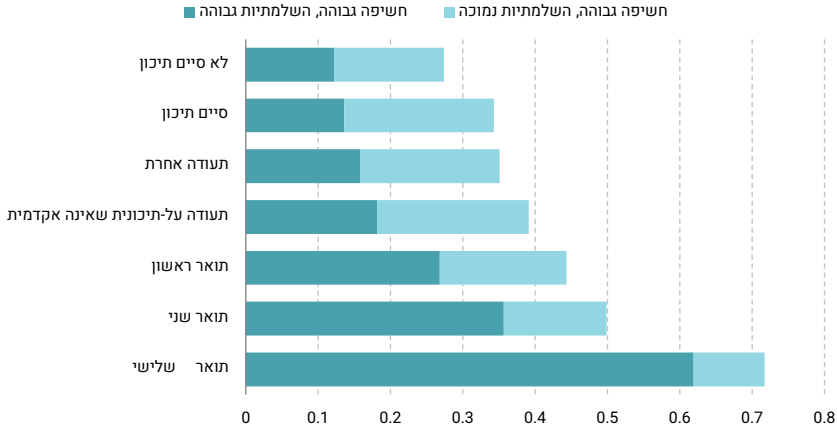
תרשים נ'2. חשיפה-השלמתיות לפי ענף, 2023–2018



הערה: קבוצות החשיפה מבוססות על המדד של Webb (2020). תרשים 10 בגוף המאמר מציג התפלגות מקבילה לפי מדד החשיפה של Felten et al. (2023).

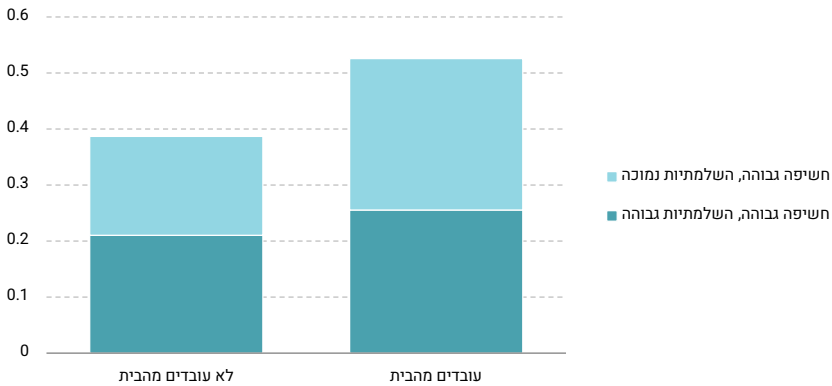
מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

תרשים נ'3. חשיפה-השלמתיות לפי השכלה רשמית, 2018–2023



הערה: קבוצות החשיפה מבוססות על המדד של Webb (2020). תרשים 11 בגוף המאמר מציג התפלגות מקבילה לפי מדד החשיפה של Felten et al. (2023).

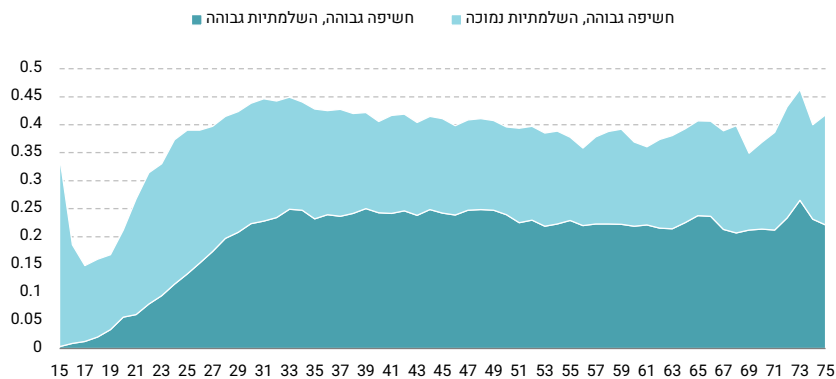
תרשים נ'4. חשיפה-השלמתיות לפי עבודה מהבית בדרך כלל, 2018–2023



הערה: קבוצות החשיפה מבוססות על המדד של Webb (2020). תרשים 12 בגוף המאמר מציג התפלגות מקבילה לפי מדד החשיפה של Felten et al. (2023).

מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

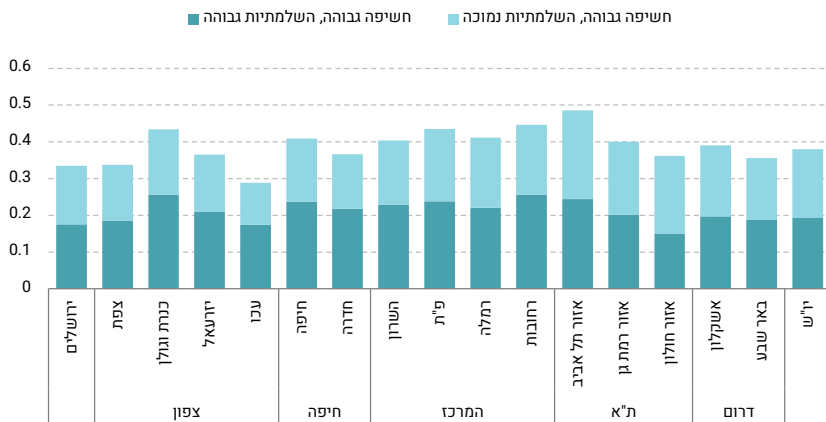
תרשים נ'5. חשיפה-השלמתיות לפי גיל, 2018-2023



הערה: קבוצות החשיפה מבוססות על המדד של Webb (2020). תרשים 13 בגוף המאמר מציג התפלגות מקבילה לפי מדד החשיפה של Felten et al. (2023).

מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

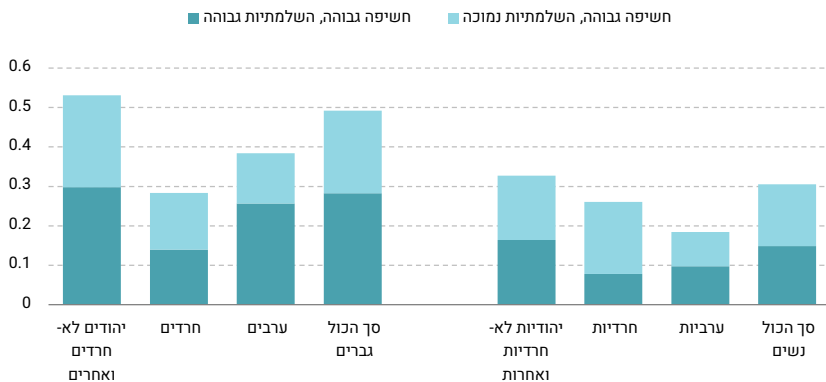
תרשים נ'6. חשיפה-השלמתיות לפי נפת מגורים, 2018-2023



הערה: קבוצות החשיפה מבוססות על המדד של Webb (2020). תרשים 14 בגוף המאמר מציג התפלגות מקבילה לפי מדד החשיפה של Felten et al. (2023).

מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הלמ"ס

תרשים נ'7. חשיפה-השלמתיות לפי מגדר ומגזר, 2018–2023



הערה: קבוצות החשיפה מבוססות על המדד של Webb (2020). תרשים 15 בגוף המאמר מציג התפלגות מקבילה לפי מדד החשיפה של Felten et al. (2023).

מקור: דבאוי ואחרים, מרכז טאוב | נתונים: הל"ס

התאמת מדדי החשיפה לנתוני סקר כוח אדם ותקנונם למדגם

כאמור בגוף העבודה, ציוני החשיפה במדדים של Webb (2020) ו-Felten et al. (2023) וציון ההשלמתיות במדד של Pizzinelli et al. (2023) ניתנים למשלחי יד על פי סיווג O*NET – זאת בעוד נתוני סקר כוח אדם של הלמ"ס מסווגים את משלחי היד של המשיבים על פי סיווג ISCO (4 ספרות). על כן, השלב הראשון בהתאמת המדדים היה המרתם מ-O*NET ל-ISCO (לצורך כך השתמשנו בטבלת ההמרה של ה-Bureau of Labor Statistics); ההמרה אינה חד-ערכית, כך שבעקבותיה חלק ממשלחי היד הנפרדים תחת O*NET כונסו למשלח יד יחיד תחת ISCO – ציון החשיפה של משלח יד זה (ב-ISCO) הוא ממוצע פשוט של ציוני החשיפה של משלחי היד השונים (ב-O*NET) שהוצלבו אליו.

נתוני סקר כוח אדם שהצמדנו להם את ציוני החשיפה נלקחו מסקרי הלמ"ס החודשיים מינואר 2018 ועד דצמבר 2023. אנו מתמקדים בפרטים שעובדים בהיקף של 10 שעות שבועיות (בדרך כלל) לפחות. הנתונים כוללים משלח יד בפירוט הנדרש (4 ספרות) עבור כ-85% מעובדים אלו, שהם המדגם הסופי בעבודה זו, הכולל כ-680,000 תצפיות חודשיות המשיכות לכ-85,000 עובדות ועובדים ישראלים. לאחר הצלבת מדדי החשיפה למדגם, שלושת המדדים (מדדי החשיפה של Webb ושל Felten et al. ומדד ההשלמתיות של Pizzinelli et al.) תוקנו בהתאם למדגם כך שערכם הממוצע יהיה 0 וסטיית התקן תהיה 1¹². תקנון המדדים למדגם נועד לאפשר השוואה יחסית ביניהם ובין תת-קבוצות במדגם, שכן התפלגויות המדדים הגולמיות שונות מאוד והציונים המופיעים בהם במקור אינם בעלי משמעות כמותית.

12 פורמלית, הציון הסופי $score_i$ מתקבל על ידי הסטת הציון הגולמי raw_score_i (שמוצמד לפרט i בסקר ע"פ משלח היד של אותו פרט) בממוצע המשוקלל μ על פני כל משלחי היד וחלוקה בסטיית התקן השקולה של הציונים הגולמיים σ :

$$score_i = \frac{raw_score_i - \mu_{raw_score}}{\sigma_{raw_score}}$$

כאשר הממוצע השקול וסטיית התקן השקולה נגזרים מהציונים הגולמיים raw_score_i וממשקולות הסקר w_i ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$):

$$\mu_{raw_score} = \sum_{i=1}^n [w_i \times raw_score_i]$$

$$\sigma_{raw_score} = \sqrt{\sum_{i=1}^n [w_i \times (raw_score_i - \mu_{raw_score})^2]}$$