

חטיבת המחקר



בנק ישראל

**השפעת הכישורים הקוגניטיביים של מורים למדעים
על הישגי תלמידיהם¹**

אדית זנד* וגיא לוי**

סדרת מאמרים לדיון 2025.04

מאי 2025

בנק ישראל – <http://www.boi.org.il>

¹ תודתנו ללשכה המרכזית לסטטיסטיקה על גישה בלתי מוגבלת לנתונים במעבדת המחקר של הלשכה. הפקנו תועלת רבה גם מהערותיהם של יאן ברמול, ססיליה גרסיה פנאסולה, אדריאן בוגואן, סלין פוילי, טאנגו וואן יפרסלה, נעמי פרידמן-סוקולר, אלעד דה-מלאך, נעם זוסמן, ספי בכר, תמר רמות-ניסקה, איל ארגוב ומשתתפי סמינרים של בנק ישראל ובית הספר לכלכלה אקס-מרסיי.

* אדית זנד – בנק ישראל, חטיבת המחקר edith.sand@boi.org.il

** גיא לוי – בנק ישראל והאוניברסיטה העברית guy.levy3@mail.huji.ac.il; guy.levy@boi.org.il; דוא"ל לצורך פניות לבנק ישראל: edith.sand@boi.org.il (א. זנד).

הדעות המובעות במאמר זה אינן משקפות בהכרח את עמדתו של בנק ישראל

**חטיבת המחקר, בנק ישראל ת"ז 780 ירושלים 91007
Research Department, Bank of Israel, POB 780, 91007 Jerusalem, Israel**

השפעת הכישורים הקוגניטיביים של מורים למדעים על הישגי תלמידיהם

אדית זנד וגיא לוי

תקציר

אנו בוחנים את השפעתם של מדדים שונים לכישורים הקוגניטיביים של מורים למדעים—כגון תואר אקדמי מתקדם, ציון הבגרות במתמטיקה, וציון החלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית—על הישגיהם הלימודיים של תלמידיהם. באמצעות נתונים מנהליים מפורטים על תלמידי כיתה י"ב ומוריהם לבגרות במקצועות המדעים בין השנים 2012 ל-2019, אנו מוצאים כי לכישורים הקוגניטיביים של המורים—ובעיקר לאלו הנמדדים באמצעות ציון הבגרות במתמטיקה—יש השפעה מובהקת וחיונית הן על הישגי התלמידים בטווח הקצר, כפי שמשתקף בציוני הבגרות שלהם במקצועות המדעים, והן על הישגיהם בטווח הארוך, כגון הסיכוי ללמוד באוניברסיטת מחקר והסיכוי לבחור בלימודי STEM (מדעים, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה). נוסף על כך, נמצא כי מורים בעלי כישורים קוגניטיביים גבוהים יותר תורמים לשיפור משמעותי בהישגי התלמידים, במיוחד בקרב תלמידים בעלי יכולות גבוהות ובהתאם להתאמה מגדרית בין המורה לתלמיד.

מילות מפתח: מדיניות ממשלתית, תשואה לחינוך, השכלה גבוהה.

The Effect of Teachers' Cognitive Skills on Students' Educational Achievements

Edith Sand and Guy Levy

Abstract

We investigate the effects of various measures of science teachers' cognitive skills—based on academic degrees, math matriculation scores, and psychometric math scores—on their students' educational achievements. Utilizing detailed administrative data of 12th grade students and their science teachers, spanning the years 2012 to 2019, we find that teachers' cognitive abilities—mainly those measured by math matriculation scores—have clear and positive effects on both students' short-term matriculation test scores and several long-term measures of academic success, such as the probability of pursuing post-secondary studies at a research university and the probability of choosing a STEM major subject. Additionally, teachers with higher cognitive abilities are shown to lead to higher gains, particularly among students with stronger aptitude and same-gender student-teacher matching.

Keywords: Government Policy, Returns to Education, Higher Education.

1. הקדמה

בכל רחבי העולם, כמעט מדי יום, ילדים ומתבגרים לומדים בבתי ספר מסוגים שונים, שבכולם מתרחש מפגש מתמשך עם מורים. חשיפתם הממושכת והעקבית של התלמידים למוריהם, התופסת לעיתים קרובות חלק ניכר משני העשורים הראשונים לחיי התלמידים, עשויה להשפיע באופן מהותי על ההון האנושי שהם צוברים וכתוצאה מכך על הכלכלה ועל קצב הצמיחה שלה. מסיבה זו, איכות המורים נתפסת כגורם מרכזי במערכת החינוך. מחקרים אף מצאו כי איכות המורים היא הגורם הקריטי ביותר ברמת בית הספר המשפיע על הישגי התלמידים, והיא עולה בחשיבותה על פני משתנים אחרים כגון גודל הכיתה או היקף ההוצאות הכוללת על חינוך (Rivkin et al., 2005; Darling-Hammond, 2000).

מחקר על הקשר בין כישורי המורים לבין יעילותם מתבצע זה כמה עשורים, תוך דגש על חשיבותם של מאפיינים קוגניטיביים לצד מאפיינים אחרים. כישוריהם החברתיים של המורים, כמו מוטיבציה, מיומנויות פדגוגיות ותקשורת בין-אישית, נמצאו כגורמים מרכזיים בעיצוב ההתפתחות האישית והאקדמית של תלמידים (Rockoff et al., 2011). מחקרים שונים מן השנים האחרונות מצאו כי מדדים עקיפים לכישורים הקוגניטיביים של המורים בהם אינטליגנציה, מיומנויות בסיסיות, ידע תוכני והצלחה אקדמית, מצויים במתאם חיובי עם יעילות ההוראה, ותורמים להסברת הפערים בהישגים הלימודיים של תלמידיהם.

המחקר הנוכחי בוחן כיצד הכישורים הקוגניטיביים של מורי מדעים בחטיבה העליונה משפיעים על הישגי תלמידיהם בטווח הקצר והארוך. למיטב ידיעתנו, השפעתם של כישורים אלה טרם נבחנה בהקשר הישראלי, למרות חשיבות הנושא למדיניות החינוך. רמתם הבלתי מספקת של הכישורים הקוגניטיביים בקרב מורים בישראל, כפי שנמצאה לאחרונה בהערכות בין-לאומיות (PIAAC 2014-2015), הועלתה תדיר בשיח הציבורי כאחת הסיבות המרכזיות לפיגור המשמעותי בהישגיהם של תלמידי ישראל בהערכות אלו (Hanushek et al., 2019). המחסור במורים במערכת החינוך בשנים האחרונות עשוי להחליש עוד יותר את מעמד הביניים-לאומי של תלמידי ישראל.¹

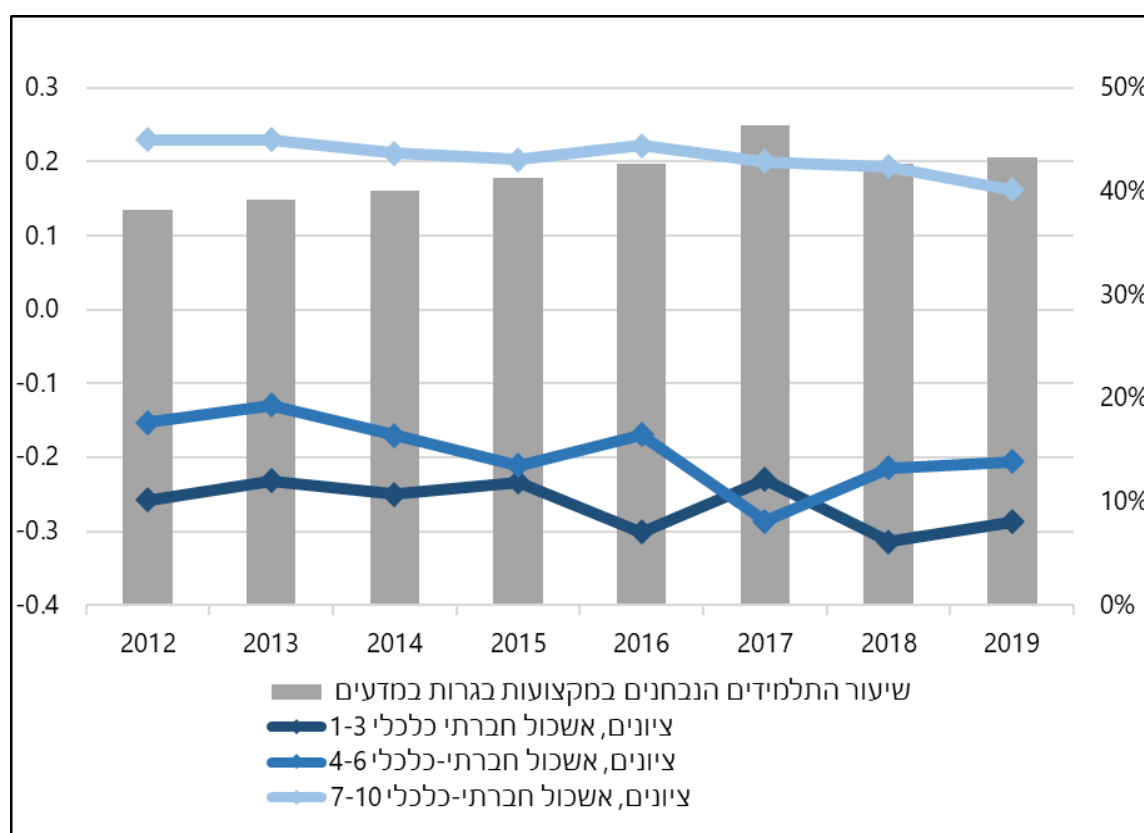
פער זה בהישגי התלמידים בישראל לעומת תלמידי מדינות ה-OECD האחרות מהווה אחד מאתגרי המדיניות המרכזיים בפניהם ניצב המשק הישראלי. הפיגור בהישגים הלימודיים בישראל בולט אף יותר כאשר מתמקדים במקצועות ה-STEM (מדעים, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה), הנחשבים קריטיים לחדשנות טכנולוגית ולצמיחת הפריון הכלכלי. רמת האוריינות המתמטית והמדעית של תלמידי ישראל נמנית עם הנמוכות ביותר בקרב מדינות ה-OECD, כפי שעולה מתוצאות מבחני פיז"ה. נוסף על כך, פערי ההישגים בין תלמידים על בסיס רקע חברתי-כלכלי הם מן הגבוהים ביותר במדינות ה-OECD.²

¹ ראו לדוגמה: מרכז המחקר והמידע של הכנסת (2023), "מחסור במורים – סקירה".

² PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do, PISA, OECD Publishing, Paris; OECD (2021). Education at a Glance 2021, OECD Indicators, OECD Publishing.

בעשור האחרון חל שיפור מתון במרבית המדדים הללו. מבחני פיז"ה מצביעים על שיפור קל בציונים היחסיים של תלמידי ישראל, אם כי הישגיהם נותרו בשליש התחתון, במיוחד במתמטיקה ובמדעים. גם הפערים המבוססים על רקע חברתי-כלכלי הצטמצמו במקצת. מגמות דומות נצפו בציוני בחינות הבגרות בישראל. שיעור התלמידים הלומדים מקצועות מדעיים ברמת חמש יחידות ומעלה עלה בין השנים 2012 ל-2019, בעוד שהפערים המבוססים על הרקע החברתי-כלכלי נותרו ברובם יציבים (איור 1א).

איור 1א: שיעור התלמידים הנבחרים במקצועות בגרות במדעים וציוניהם לפי אשכול חברתי-כלכלי, 2012-2019



הערות: תלמידי מדעים ברמה מוגברת הם תלמידים שנבחנו בבחינת בגרות במדעים ברמה של לפחות 5 יחידות לימוד. הציונים מתוקננים לפי מחזור סיום התיכון ומקצוע הבחינה, על בסיס כלל התלמידים שנבחנו. המדד החברתי-כלכלי מאפיין ומסווג יישובים ורשויות מקומיות בישראל בהתאם לרמה החברתית-כלכלית של תושביהם בתחומים הבאים: הרכב דמוגרפי, השכלה, רמת חיים, תעסוקה והטבות. האשכולות החברתיים-כלכליים הכלולים במחקר מבוססים על נתוני מפקד האוכלוסין 2015 ומדורגים בין-1 ל-10 (כאשר 10 הוא הדירוג החברתי-כלכלי הגבוה ביותר).

בין היתר, ניתן לייחס את ההתפתחויות האחרונות לשתי תוכניות חינוכיות שיושמו בישראל באותן שנים, שנועדו לחזק את לימודי המדעים והמתמטיקה, בעיקר בחטיבה העליונה. התוכנית הראשונה,

שנקראה "עתודה מדעית-טכנולוגית", הושקה בשנת 2011, והתכנית השנייה, "התוכנית הלאומית לחיזוק לימודי המתמטיקה", הושקה בשנת 2015.³

שתי התוכניות הגדילו את התקציב המוקצה ללימודי מתמטיקה ומדעים, במטרה להרחיב את מספר התלמידים הבוחרים במקצועות אלה בחטיבה העליונה. במקביל, ננקטו צעדים להגדלת מספר המורים בתחומים אלה ולשיפור כישוריהם הקוגניטיביים. צעדים אלה כללו הגדלת מספר הסטודנטים להוראה בתחומים אלה באוניברסיטאות באמצעות מתן תמריצים למוסדות ולסטודנטים, עידוד הכשרות להסבת אנשי מקצוע מתחומי ההנדסה והיי-טק להוראה, והקמת תוכניות לתואר שני בהוראת מדעים שנועדו להרחיב את הידע של המורים הקיימים ולשפר את איכות ההוראה ומערכי השיעור שלהם.

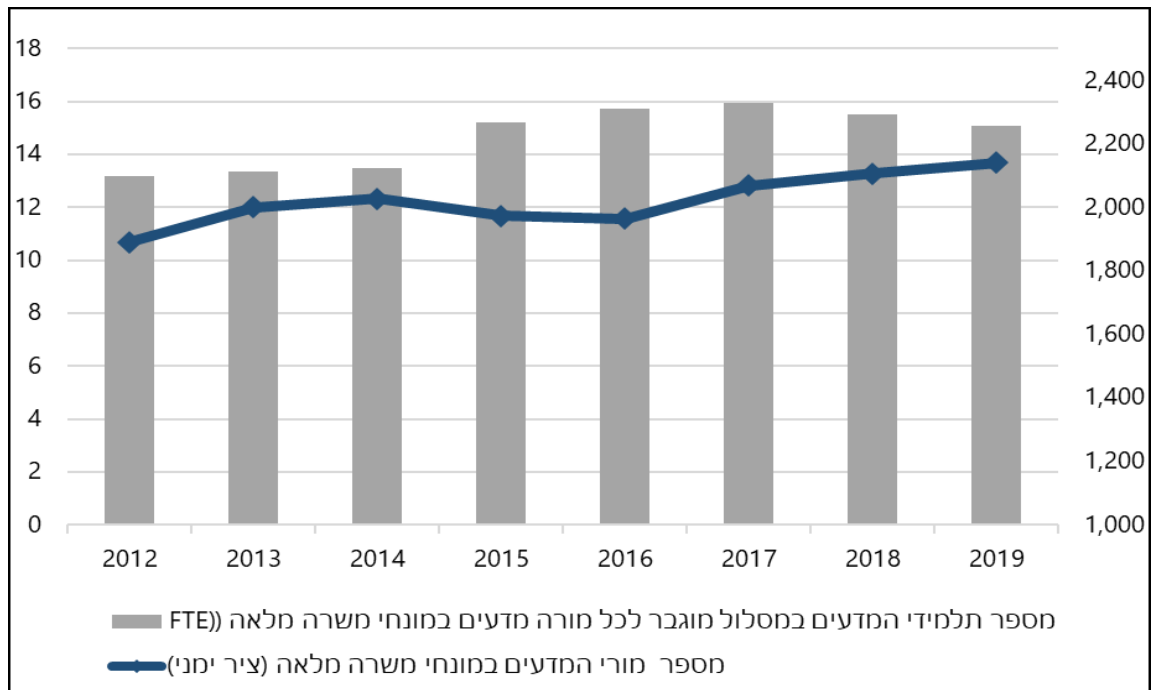
התוכניות הללו אכן הצליחו להגדיל את מספר התלמידים שבחרו במקצועות מדעיים ברמת בגרות מוגברת וכן את מספר המורים בתחומים אלה בעשור האחרון. ואולם, הביקוש הגובר ללימודי מדעים לא נענה במלואו על ידי היצע המורים, והתוצאה הייתה עלייה מתמשכת ביחס שבין מספר התלמידים הלומדים לימודים מוגברים במדעים לבין סך המשרות במונחי משרה מלאה (Full Time -FTE) Equivalent) של מורי המדעים (איור 1ב).⁴ למרות המחסור הגובר במורים במקצועות אלה, הצעדים שננקטו לחיזוק הכישורים הקוגניטיביים של המורים הוכחו כיעילים. מספר אינדיקטורים לכישורים הקוגניטיביים של המורים מצביעים על תוצאות חיוביות: שיעור המורים בעלי תואר שני ומעלה עלה, כמו גם ממוצע ציוניהם בבחינת הבגרות במתמטיקה ובחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית של המורים⁵ (איור 1ג).

³ לפרטים נוספים על תוכניות אלה: [תוכנית עתודה מדעית-טכנולוגית](#), [התוכנית הלאומית לחיזוק לימודי המתמטיקה](#). תוכנית לאומית נוספת, רפורמת "למידה משמעותית", יושמה משנת 2015. בין היתר, רפורמה זו שינתה את דרישות קבלת תעודת הבגרות באמצעות הגבלת מספר מקצועות החובה שבהם רשאים תלמידים להיבחן ברמה מוגברת של חמש יחידות ומעלה.

⁴ מספרם הכולל של תלמידי המדעים לכל מורה למדעים (במונחי משרה מלאה -FTE) גדל במחצית הראשונה של התקופה ולאחר מכן הצטמצם בעקבות יישום רפורמת 'למידה משמעותית' בשנת 2015, אשר הקטינה את מספר התלמידים שנבחנו במקצועות המדעים בהיקף יחידות נמוך יותר בבחינות הבגרות.

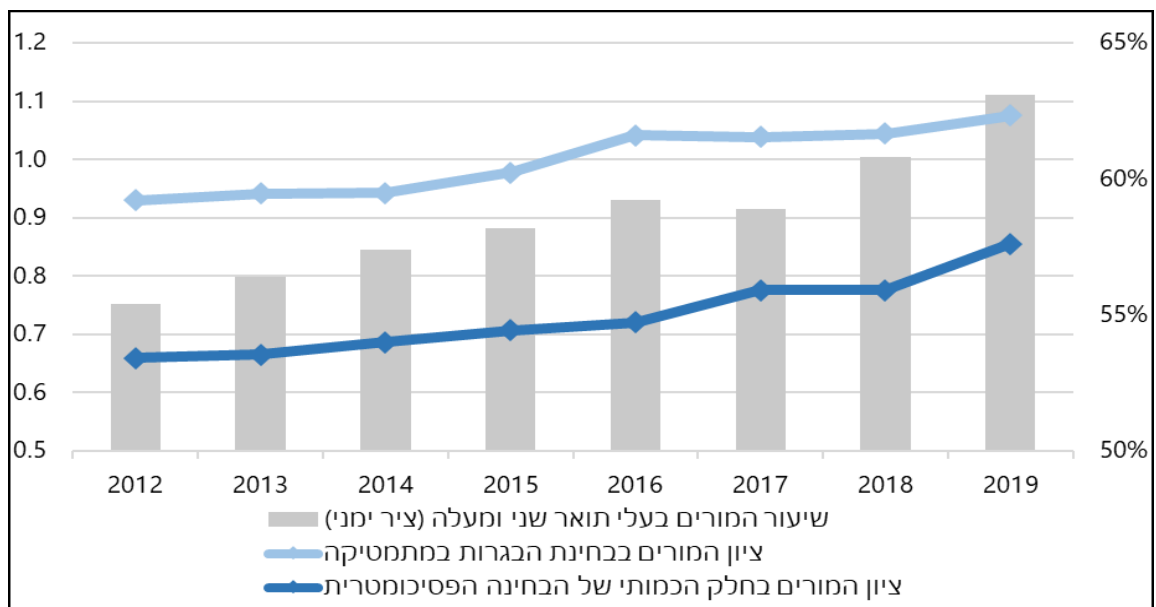
⁵ הבחינה הפסיכומטרית הישראלית מקבילה ל-SAT האמריקאי, עם מטרה דומה.

איור 1ב: מספר תלמידי המדעים במסלול מוגבר לכל מורה מדעים במונחי משרה מלאה (FTE), והמספר הכולל של מורי המדעים במונחי משרה מלאה, 2012-2019



הערות: סך ה-FTE (שוויון משרה מלאה) של המורים למדעים מחושב על בסיס חיבור שיעורי המשרות של כלל המורים למדעים.

איור 1ג: מדדי הכישורים הקוגניטיביים של מורי המדעים לבגרות, 2012-2019



הערות: תואר אקדמי מתקדם מוגדר כתואר שני או דוקטורט. ציוני הבגרות במתמטיקה משוקללים וכוללים בונים בהתאם למספר יחידות הלימוד שבהן נבחן התלמיד, כפי שמחושבים על ידי משרד החינוך והאוניברסיטאות. לאחר מכן הם מומרים לציוני תקן (Z-scores) לפי מחזור סיום התיכון ומקצוע הבחינה, תוך התחשבות בכלל התלמידים שנבחנו (סטיית תקן אחת שווה לכ-150 נקודות). ציוני החלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית מתוקנים לפי שנת הבחינה (סטיית תקן אחת שווה לכ-20 נקודות).

הצלחתן של תוכניות אלה בשיפור הישגי התלמידים במתמטיקה ובמדעים, כפי שתועדו בספרות (Zussman and Maagan, 2019; Rimon and Romanov, 2012), מעלה את השאלה באיזו מידה תרמה לכך העלייה בכישוריהם הקוגניטיביים של המורים. שאלה זו חשובה במיוחד לאור המתאם החזק בין ציוני בחינות הבגרות של התלמידים במקצועות ה-STEM לבין רמות ההשתכרות לאורך החיים (Harpaz-Mazuz and Karil, 2017), וכן לאור תרומתם להצלחת ענפים עתירי ידע (Bental, Somkin, and Peled, 2019).

בנוסף, שאלה זו חשובה להבנת השפעתן של תשומות בחינוך על מערכת החינוך בכללותה. העלייה המשמעותית בביקוש למורים במערכת החינוך הישראלית בשנים האחרונות לא נענתה במלואה, וכתוצאה מכך נוצר מחסור במורים בכל חלקי המערכת, לצד ירידה בכישוריהם הקוגניטיביים של מורים חדשים הנכנסים למערכת (Bank of Israel, 2019a) – מגמה שהועצמה מאז משבר הקורונה.⁶ לפיכך, הבנה טובה יותר של המאפיינים המשמעותיים לתהליך הלמידה, וחשיבותם היחסית, עשויה לתרום לעיצוב מדיניות שכר אפקטיבית ומתמרצת יותר עבור מורים.

מטרת המחקר הנוכחי היא לבחון את השפעתם של הכישורים הקוגניטיביים של מורי מדעים על הישגי תלמידיהם. לצורך כך, אנו עושים שימוש בשלושה מדדים לכישורים הקוגניטיביים של המורים: הראשון הוא השגת תואר אקדמי מתקדם (תואר שני ומעלה), השני הוא ציון הבגרות במתמטיקה, והשלישי הוא הציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית. אנו מציעים להבחין באופן כללי בין כישורים קוגניטיביים הנרכשים באופיים ומתייחסים לידע כללי בהקשר מדעי, ובין כישורים קוגניטיביים שמקורם מולד יותר מטבעם ודורשים נטייה ספציפית יותר לחשיבה מתמטית. בהתאם לכך, מבין שלושת המדדים שלנו, תואר אקדמי מתקדם נתפס כמייצג את קבוצת הכישורים הראשונה, הציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית כמייצג את קבוצת הכישורים השנייה, וציון הבגרות במתמטיקה נמצא בתווך בין שתי קבוצות אלו.

אנו משתמשים בנתונים מנהליים על תלמידי כיתה י"ב שלמדו לפחות מקצוע מדעי אחד לבגרות ועל מוריהם למדעים בשנים 2012-2019. נתוני התלמידים מוזגו עם רשומות המורים, שכללו מידע דמוגרפי, הסמכות ומזהים ייחודיים, שאיפשרו התאמה מדויקת בין תלמידים למקצועות המדעים. מאחר שבסיס הנתונים אינו כולל שיוך של מורים ותלמידים לכיתות ספציפיות, התמקדנו בתת-מדגם של מורים שהיו היחידים שלימדו את המקצוע במסגרת ההכנה לבחינות הבגרות בבתי הספר שלהם. בהסתמך על השינויים שחלו במדדי הכישורים הקוגניטיביים של מורי המדעים לאורך זמן, בעקבות יישום הרפורמות שתוארו לעיל, אנו מנצלים את השונויות במדדים אלה ברמת היישוב שבו פועל בית הספר ואת השינויים שחלו בהם לאורך התקופה, כדי לבחון את השפעתם.

⁶ הירידה בכישורים הקוגניטיביים של מורים חדשים שנכנסו למערכת החינוך נידונה בדוח השנתי של בנק ישראל לשנת 2018, פרק ו: "שירותי הממשלה: התפתחות תקציב החינוך ואיכות ההוראה בשנים האחרונות".

אסטרטגיית הזיהוי שלנו, המפקחת על מאפייני היישוב הקבועים בזמן, דומה לאסטרטגיות הזיהוי ששימשו במחקרים אחרים בנושא זה. מספר מחקרים בחנו את השפעתם של כישורי המורים הקוגניטיביים באמצעות השוואה בין מורים מאותו יישוב או מוסד חינוכי (Clotfelter et al., 2006; Grönqvist, 2008; Goldhaber, 2007; Rockoff et al., 2008). מחקרים אחרים הסתמכו על נתוני פאנל של ציוני מבחנים במקצועות שונים עבור כל תלמיד, באופן שאיפשר לשמור על מאפייני התלמיד כקבועים (Metzler and Vlachos, 2015; Clotfelter et al., 2016; Hanushek et al., 2018). בחלק מהמחקרים אף התאפשר לפקח על מאפייני המורים עצמם, עבור אלה שלימדו מספר מקצועות (Woessmann, 2012; Bietenbeck et al., 2018).⁷

אסטרטגיות זיהוי אלה מצמצמות את בעיית האנדוגניות הנובעת מהסבירות להתאמה לא-אקראית בין מורים לתלמידים על בסיס מאפייניהם הכלליים. כדי להעריך את מידת ההשפעה של התמיינות התלמידים למורים או למקצועות על התוצאות שלנו, ערכנו סדרה של מבחני רגישות. נוסף על כך, אמדנו את המודל בשיטת התאמת ציוני היתכנות (Propensity Score Matching, להלן PSM), במטרה להפחית עוד יותר את הטיית הבחירה.

ממצאי המחקר מצביעים על כך שמדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים משפיעים באופן מובהק וחיובי הן על ציוני בחינות הבגרות של התלמידים בטווח הקצר והן על מספר מדדים של הישגים לימודיים בטווח הארוך. בחינה משותפת של השפעותיהם של כלל מדדי הכישורים הקוגניטיביים מדגישה את חשיבותו של ציון המורים בבחינת הבגרות במתמטיקה ביחס לשני המדדים האחרים. כמו כן, נמצא דפוס הטרוגני מעניין: תלמידים בעלי יכולות גבוהות מפיקים תועלת רבה יותר מכישוריהם הקוגניטיביים של המורים. בנוסף, ההשפעות משתנות לפי מגדר, הן עבור המורים והן עבור התלמידים, וכן לפי מידת התאמה המגדרית בין תלמיד למורה.

המחקר שלנו מרחיב את הספרות הקיימת על השפעותיהם של כישורי המורים הקוגניטיביים בכמה היבטים. ראשית, אנו בוחנים את השפעותיהם של הכישורים הקוגניטיביים הכמותיים של מורי החטיבה העליונה על הישגי תלמידיהם במקצועות המדעים. מרבית המחקרים התמקדו בכישוריהם הקוגניטיביים של מורים, מבלי להבחין בין אוריינות קריאה לאוריינות כמותית והתמקדו בעיקר בשלבי החינוך בגיל הרך. אף שספרות זו מצביעה על השפעות מוגבלות בלבד של כישורי המורים הקוגניטיביים על הישגי תלמידיהם, ממצאיה כוללים שונות ניכרת בין תחומים ובין שלבי החינוך. לעומת זאת, מחקרים אחרים מצאו כי לכישורים הקוגניטיביים הכמותיים של מורים השפעה חיובית מובהקת על הישגי תלמידיהם, במיוחד במקצועות ה-STEM (Grönqvist and Vlachos, 2015; Andrew et al., 2005; Blue et al.,

⁷ הכללת אפקטים קבועים של תלמידים ומורים ישימה בעיקר בשלבי החינוך הנמוכים, שבהן מורים מלמדים לרוב מספר מקצועות. במספר מחקרים נעשה שימוש בהערכות בין-לאומיות של אוריינות קריאה ואוריינות כמותית של תלמידי בית הספר היסודי ושל מוריהם, ובאמצעותן ניתן היה לבודד את השפעת כישוריהם הוורבליים והכמותיים של המורים על ציוני המבחנים של תלמידיהם באותם מקצועות.

2002; Amato et al., 2018; Boyd et al., 2008; Goldhaber et al., 2013 and 2017). השפעות אלו חזקות במיוחד בכיתות הגבוהות, שבהן חשיבותו של הידע התוכני של המורים בהוראת חומר מורכב היא רבה יותר. למיטב ידיעתנו, שני מחקרים בלבד – Clotfelter et al. (2010) ו-Goldhaber et al. (2017) בחנו במפורש כיצד כישוריהם של מורים במקצועות ה-STEM משפיעים על הישגי תלמידים בכיתות הגבוהות. Clotfelter et al. (2010) מצאו כי תלמידי מתמטיקה בתיכון משיגים ציונים גבוהים יותר כאשר למוריהם היה ציון גבוה יותר במבחן הרישוי להוראה. Goldhaber et al. (2017) הראו כי בקרב מורי חטיבת ביניים, כישורים ייחודיים למקצוע הנלמד מנבאים חזקים בהרבה של הישגי תלמידים מאשר ציוני מבחנים כלליים של כישורים בסיסיים, ובמיוחד בכיתות הגבוהות.

שנית, בסיס הנתונים שלנו מאפשר לנו לבחון את ההשפעות המשותפות של מספר מדדים של כישורים קוגניטיביים ואת חשיבותם היחסית לביצועי התלמידים. בספרות האקדמית נבחנו מדדים שונים של כישורי מורים קוגניטיביים ובהם ציונים בבחינה הפסיכומטרית, מבחני ידע (כגון בחינות כניסה ללאוניברסיטה או בחינות לרישוי הוראה), שנות ניסיון ורקע אקדמי. אולם, רק מעטים מן המחקרים השוו בין כלל המדדים הללו במסגרת אחת. כך למשל, Rockoff et al. (2011) מצאו כי הן לציונים הפסיכומטריים של המורים והן לידע שלהם במתמטיקה קיימת השפעה מובהקת על איכות ההוראה. מחקר נוסף, Clotfelter et al. (2010), הראה כי מבין שנות ניסיון, רקע אקדמי וציונים במבחני הרישוי להוראה, האחרון הוא המשתנה המשפיע ביותר על הישגי התלמידים. ראיות נוספות ממחקרם של Goldhaber et al. (2017) מחזקות מסקנה זו.

שלישית, עבודתנו בוחנת את השפעתם של מדדי הכישורים הקוגניטיביים על מגוון הישגים לימודיים בעלי השלכות ארוכות טווח ולא רק על תוצאות בטווח הקצר. ממצאים אלה נושאים עימם השלכות כלכליות חשובות ובהן: ההסתברות לרכישת השכלה גבוהה, איכות מוסד הלימוד (למשל, האם מדובר באוניברסיטת מחקר) ובחירת תחום הלימודים (האם תחום הלימוד העיקרי הוא STEM).

המשך המאמר מסודר באופן הבא. החלק השני מציג את הנתונים, החלק השלישי דן באסטרטגיית הזיהוי והחלק הרביעי מדווח על התוצאות. החלק החמישי מציע סיכום ומסקנות.

2. רקע ונתונים

2.1 קובצי הנתונים

בעבודה זו אנו משתמשים בנתונים על תלמידי י"ב שלמדו לפחות מקצוע מדעי אחד לבגרות ועל מוריהם בשנים 2012-2019. בנינו מספר מדדים לכישורים הקוגניטיביים של המורים ובחנו את השפעת החשיפה למורים בעלי רמות שונות של כישורים קוגניטיביים על הישגי תלמידיהם בטווח הקצר – בסיום התיכון – ועל מספר משתני תוצאה של השכלה על-תיכונית בטווח הארוך, שש שנים לאחר מועד החשיפה.

הנתונים מבוססים על קבצים מנהליים שהתקבלו ממשד החינוך הישראלי. האוכלוסייה הבסיסית כוללת את כל תלמידי י"ב משנת 2012 עד 2019. נתוני התלמידים מוזגו עם קובצי ציוני בחינות הבגרות של כל קבוצות הגיל שנבדקו. בחינות הבגרות הן בחינות ארציות במקצועות ליבה ומקצועות בחירה, הנערכות בין כיתה י' לכיתה י"ב. התלמידים נבחנו ברמות שונות של בחינה, כאשר כל בחינה מקנה בין יחידה לימוד אחת לחמש יחידות, המשקפות את עומק הלמידה ואת מספר שעות הלימוד. חלק ממקצועות הלימוד הם מקצועות חובה, הנלמדים ברמה בסיסית של שתיים או שלוש יחידות, ואילו מקצועות מוגברים מקנים חמש יחידות לימוד או יותר. לצורך זכאות לתעודת בגרות, על התלמידים להיבחן לא רק במקצועות החובה, אלא גם במקצוע מוגבר אחד לפחות בהיקף של חמש יחידות או יותר ובסך הכל להגיע ל-21 יחידות לימוד לפחות.

כדי לעמוד בתנאים אלה, רוב התלמידים לומדים ונבחנו במקצוע מוגבר אחד לפחות המוצע על ידי בית הספר.⁸ ההיצע המקצועות המוגברים מושפע הן ממידת נכונותו של המוסד להציע את המקצוע והן מהעמידה בדרישות משרד החינוך ובהנחיות הבטיחות. סמחקר זה התמקדנו בבתי ספר שבהם ניתנה לתלמידים⁹ האפשרות לבחור מקצוע מדעי כמקצוע בחירה מוגבר. לצורך בחינת תוצאות התלמידים בטווח הקצר, התלמקדנו באלה שנבחנו ברמת חמש יחידות לפחות באחד מארבעה מקצועות המדעים: ביולוגיה, פיזיקה, כימיה, ומדעי המחשב. ציוני הבחינות הומרו לציוני תקן (z-scores) לפי שנה ומקצוע לימוד.¹⁰

⁸ כאמור, רפורמת 'למידה משמעותית' יושמה ב-2015. בין היתר, היא שינתה את הדרישות לקבלת תעודת בגרות על ידי הגבלת מספר מקצועות החובה שהתלמידים יכולים להיבחן בהם ברמה מתקדמת של חמש יחידות ומעלה. הרפורמה הובילה לביטול רוב מסלולי הבחירה של פחות מחמש יחידות. הרפורמה משתקפת במדגם שלנו החל משנת 2017, שהייתה השכבה הראשונה של תלמידי י"ב שעליה חלה הרפורמה. מסיבה זו, המדגם שלנו לכל השנים 2012-2019 מוגבל לתלמידים שלמדו מקצועות STEM לבגרות ברמה של חמש יחידות לפחות.

⁹ אנו מחריגים אפוא בתי ספר שלא מגישים לבגרות, כמו בתי ספר במגזר החרדי או החינוך המיוחד.
¹⁰ לא כל בתי הספר שמגישים לבגרות מציעים לתלמידים את האפשרות לבחור מקצוע STEM ברמה מתקדמת (82% מבתי הספר בשנים 2012-2019). מקצועות STEM נלמדים בדרך כלל ברמה מוגברת של חמש יחידות, אך במקצועות מסוימים, כמו מדעי המחשב, ייתכנו תוכניות המקנות יותר יחידות. בנוסף, חלק מהתלמידים עשויים לקבל פחות יחידות בגלל בחינות שלא הושלמו או רמת לימודים נמוכה יותר מלכתחילה. אף שאיננו יודעים מהו מספרם המדויק של התלמידים שנשרו מהלימודים (נשירה מהמדגם), אחוז התלמידים שנושרים מתוכנית לימודים מוגברת ונבחנו בחלק מהבחינות בלבד או לומדים ברמה נמוכה יותר הוא כ-15%.

כדי לחקור את משתני התוצאה של התלמידים בטווח הארוך, קובץ הנתונים של התלמידים מוזג בנוסף עם קבצים של הישגי התלמידים שהתקבלו ממשד החינוך. קבצים אלה כוללים מספר משתנים הקשורים להשכלה על-תיכונית כמו סוג המוסד ותחום הלימוד. על בסיס נתונים אלה, הופקו משתנים עבור כל תלמיד, המשקפים אם התלמיד התחיל את לימודיו עד שש שנים לאחר סיום התיכון¹¹, סוג המוסד שבו הוא למד (האם אוניברסיטת מחקר) ותחום הלימוד (האם המקצוע העיקרי הוא אחד ממקצועות STEM¹²). כל רשומת תלמיד מכילה גם מידע דמוגרפי (המתמקד במגדר, מספר אחים, שנות לימוד של האב, שנות לימוד של האם, מעמד עולה חדש, וארבעה אינדיקטורים של מוצא: יליד או הורים ילידי אסיה/אפריקה, אירופה/אמריקה, בריה"מ לשעבר או ישראל), ציוני מבחנים קודמים (מבחני מיצ"ב)¹³, מאפייני בית הספר (מזהה מחוז¹⁴ ויישוב¹⁵ ואשכול חברתי-כלכלי¹⁶), ואינדיקטור דתיות (ערבי, יהודי דתי או יהודי חילוני).

קובץ הנתונים של התלמידים מוזג עם קובצי המורים, שגם הם התקבלו ממשד החינוך. עיצבנו מחדש את קובצי המורים כך שיהיו בדומה לזה של קובץ התלמידים, באופן שבו כל רשומה מייצגת צירוף של מורה, מקצוע, בית ספר ושנה. ההתמקדות היא במורים המלמדים אחד לפחות מארבעת מקצועות המדעים בבתי ספר המגישים לבגרות כחלק מההכנה לבחינות. כדי ליצור התאמה בלעדית בין תלמיד למורה שלו, הגבולנו את המדגם למורים המלמדים באופן יחידי מקצוע מדעי מסוים לבגרות בבית ספר ובשנה נתונה, כך שלא קיימים מורים מקבילים המלמדים את אותו המקצוע לבגרות באותו בית ספר ובאותה שנה.¹⁷ ארגון הנתונים מחדש באופן זה איפשר לנו למזג את קובץ התלמידים עם קובצי המורים

¹¹ יש לציין כי מרבית האוכלוסייה היהודית שאינה חרדית משרתת שירות צבאי חובה מיד לאחר סיום כיתה י"ב או בדחייה של שנה, לצורך עבודה התנדבותית או השתתפות במסגרות חינוך דתיות או בלתי פורמליות. כתוצאה מכך, גיל המינימום לתחילת הלימודים במוסדות השכלה גבוהה עבור קבוצת אוכלוסייה זו הוא כ- 22 לגברים ו-21 לנשים, כארבע ושלוש שנים לאחר סיום התיכון, בהתאמה.

¹² מקצועות STEM שנכללו הם מתמטיקה, סטטיסטיקה, ביולוגיה, כימיה, פיזיקה, הנדסה ורפואה.
¹³ נתוני מיצ"ב (מדדי יעילות וצמיחה בית-ספרית) כוללים את ציוני המבחנים של תלמידי כיתות ה' ו' במחצית מבתי הספר בישראל מדי שנה, כך שכל בית ספר משתתף אחת לשנתיים. המבחנים מתקיימים בארבעה מקצועות (עברית, אנגלית, מתמטיקה ומדעים). לפיכך, תקננו את ציוניהם בכל מקצוע, שנה ושלב חינוך, ולאחר מכן חישבנו ממוצע לכל תלמיד. הציון המתוקן הסופי שנלקח עבור כל תלמיד הוא הציון בכיתה ח' (או הציון בכיתה ה' בהיעדר ציון בכיתה ח'), והוא מכסה כ- 80% מהתלמידים במדגם. מידע נוסף על מיצ"ב נמצא באתר אגף ההערכה והמידה:

<http://cms.education.gov.il/educationcms/units/rama/odotrama/odot.htm>

¹⁴ המחוזות הגיאוגרפיים הם המחוזות שבהם ממוקמים היישובים של מוסדות החינוך, בהתאם לחלוקת ישראל לשישה מחוזות (על בסיס הגדרות הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה). לפרטים נוספים:

<https://www.cbs.gov.il/en/settlements/Pages/default.aspx?mode=Machoz>

¹⁵ יחידת יישוב במדגם מוגדרת כמקום המאוכלס בקביעות בלפחות 40 תושבים בגרים, בעל שלטון עצמי, ואשר הקמתו אושרה על ידי מוסדות התכנון (בהתאם להגדרות הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה). במדגם נכללו 166 יישובים.

¹⁶ המדד החברתי-כלכלי מאפיין ומסווג יישובים ורשויות מקומיות בישראל לפי רמתם החברתית-כלכלית. רמה זו נמדדת באמצעות שילוב של מאפיינים בסיסיים בתחומים: הרכב דמוגרפי, השכלה, רמת חיים, תעסוקה והטבות. האשכולות שבהם נעשה שימוש בעבודה זו מבוססים על נתונים מפקד האוכלוסין של 2015 ומדורגים מ-1 עד 10. למידע נוסף:

<https://www.cbs.gov.il/en/subjects/Pages/simsEx.aspx?url=https://boardsgenerator.cbs.gov.il/Pages/ESMSmetadata/Descriptions.aspx?pirsum=1&subject=28dcdc8a-9462-4314-834d-8ff5908f66d2&sims=&l=English&format=json&flat=false>

¹⁷ מאידך, תלמידים יכולים ללמוד יותר ממקצוע מדעי אחד, ולכן יושפעו באופן שונה מהכישורים הקוגניטיביים של המורים בכל מקצוע.

על בסיס מזהה של מקצוע×בית ספר×שנה. מתוך קובצי המורים הופקו המשתנים הבאים: שנות ניסיון, רמת השכלה, שעות הוראה (במונחי משרה מלאה) וכן מידע דמוגרפי על המורים (בדגש על גיל, מגדר, מספר ילדים, מעמד עולה חדש וארבעה אינדיקטורים של מוצא: יליד אסיה/אפריקה, אירופה/אמריקה, בריה"מ לשעבר או ישראל). ראוי לציין כי מורים למקצועות מוגברים לבגרות מלווים בדרך כלל את תלמידיהם מהשנה הראשונה בתיכון (באופן טיפוסי מכיתה י'). על כן, אנו מניחים כי התלמידים נחשפים למוריהם לפחות שנה לפני החלק העיקרי של בחינות הבגרות, ובדרך כלל לאורך כל תקופת לימודיהם בתיכון.

בנינו שלושה מדדים ליכולת הקוגניטיבית של המורים עבור כל מורה במדגם, בהתבסס על קובצי נתונים נוספים. הממד הראשון הוא משתנה דמי המציין אם המורה מחזיק בתואר שני או דוקטורט, על בסיס רמת ההשכלה הפורמלית שנלקחה מקובצי המורים. יצוין כי, לפי תקנות משרד החינוך, כדי לעסוק בהוראה מקצועית בבית-ספר תיכון, נדרשים המורים להחזיק בתואר שני או דוקטורט בתחום הוראה רלוונטי ממוסד מוכר המאושר על ידי משרד החינוך. כמו כן, המורים נדרשים לרכוש הכשרה פדגוגית רלוונטית, הכרוכה בקבלת תעודת הוראה למקצוע הספציפי ממוסד מוכר להכשרת מורים בישראל. עם זאת, משרד החינוך מעניק גם רישיונות הוראה במקצועות מסוימים, בעיקר במקצועות STEM, גם למורים שאינם בעלי תואר שני או דוקטורט, לרבות בוגרים של תחומים קרובים למדעים או בעלי תואר בהוראת מדעים.¹⁸ בפועל, הנתונים מראים כי רק כ-60% בקירוב מהמורים למדעים בשנים 2012-2019 החזיקו בתואר שני או דוקטורט, ורק מחציתם החזיקו בתואר אקדמי מתקדם במקצועות STEM.¹⁹ שיעור נמוך זה של מורים בעלי תארים מתקדמים במקצועות STEM אינו מפתיע, לאור רמת ההסמכה הנמוכה שתועדה לאחרונה בקרב מורי מתמטיקה בבתי-ספר תיכוניים בישראל.²⁰ ממצאים אלה מדגישים כי מדד ההשכלה האקדמית המתקדמת מייצג כישורים קוגניטיביים כלליים יותר בהקשר של הוראת מדעים. שני המדדים הנוספים הם ציוני המורים בבחינות הבגרות במתמטיקה בסוף התיכון²¹ וציוניהם בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית. מאחר שקובץ ציוני הבגרות הראשוני הוא משנת 1993 וקובץ ציוני החלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית הוא משנת 1991, נתונים אלה מכסים רק מורים צעירים יותר. לכן, אנו מגבילים את המדגם למורים בני פחות מ-37 כדי להציג את ההשפעות של מדדי הכישורים

¹⁸ ראו פרטים נוספים בחוזר משרד החינוך בנושא רישיונות הוראה (דצמבר 1996): [חוזר משרד החינוך](#), עמ' 6-7; 18. בנוסף, שינויים זמניים בתקנות מקלים לעיתים על הקריטריונים ומאפשרים גם למועמדים בעלי תואר ראשון בלבד להגיש בקשה לרישיון הוראה, לדוגמה, [בכימיה ובביוכימיה](#).

¹⁹ נתונים אלה כוללים מידע על תארים אקדמיים של המורים שנרכשו בחו"ל. אנו מניחים כי אין הבדלים באיכות התארים האקדמיים שנרכשו בחו"ל לעומת אלה שהתקבלו בישראל, כל עוד הם מוכרים על ידי משרד החינוך.

²⁰ הודעה לעיתונות: עובדי הוראה במערכת החינוך (21/2020), הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (הלמ"ס).

²¹ כדי להתחשב בפערי הקושי בין רמות לימוד שונות, ציוני בחינות הבגרות במתמטיקה נשקלים ומתווספים להם בונים על בסיס מספר יחידות הלימוד, בהתאם לחישובי משרד החינוך והאוניברסיטאות. ציונים אלה מומרו לציוני תקן לפי שנה ומקצוע.

הקוגניטיביים השונים על אותה אוכלוסיית מורים.²² חשוב לציין כי שני מדדים אלה הם רכיבים משמעותיים בתהליך הקבלה ללימודים גבוהים במדעים, ולכן הם עשויים להיות חשובים גם עבור הוראת המדעים.²³

קובץ הנתונים המשולב הסופי של תלמידים ומוריהם לשנים 2012-2019 כולל: שלושה מדדים לכישורים קוגניטיביים של מורי מדעים; ציוני בגרות של התלמידים במקצועות המדעים; אינדיקטור להרשמה להשכלה על-תיכונית עד שש שנים לאחר סיום התיכון; אינדיקטורים לאיכות ההשכלה העל-תיכונית ולתחום הלימוד; ציוני מבחני מיצ"ב בכיתות ה' וח'; ומאפיינים של התלמידים, בתי הספר ומורים. קובץ הנתונים הסופי מאוחד עבור ארבעת מקצועות המדעים: ביולוגיה, פיזיקה, כימיה, ומדעי המחשב.

2.2 סטטיסטיקה תיאורית

בתי הספר במדגם שלנו הם תיכונים שמציעים לפחות מסלול אחד מוגבר לבגרות באחד מארבעת מקצועות המדעים: ביולוגיה, פיזיקה, כימיה, או מדעי המחשב. מדגם המורים מוגבל למורים צעירים המלמדים באופן ייחודי מקצוע מדעים מסוים לבגרות בבית הספר שלהם. כתוצאה מכך, המדגם כולל בעיקר בתי ספר קטנים יותר, עם ייצוג-יתר של בתי ספר במגזר הערבי. השוואת מאפייני בתי הספר בתוך כל מגזר מראה כי התלמידים במדגם באים מרקע חברתי-כלכלי נמוך יותר, אך דומים במידה רבה לממוצע הארצי בכל אחד מהמגזרים.

הנתונים הסטטיסטיים של המדגם מסוכמים בלוח 1 עבור התלמידים, ובלוח 2 עבור המורים ובתי הספר. בכל שנה, המדגם מורכב מכ-130 בתי ספר, המייצגים כחמישית מכלל התיכונים שמציעים לפחות אחד מארבעת מקצועות המדעים לבגרות. המדגם כולל כ-2,500 תלמידים וכ-150 מורים בכל שנה. מכאן שמספר התלמידים הלומדים מקצוע מדעים מוגבר בכל בית ספר הוא כ-18. מאפייני המדגם של התלמידים והמורים יציבים יחסית לאורך זמן.

כדי להבין טוב יותר את מאפייניהם של תלמידי ומורי המדעי במדגם בתי הספר ואת מידת היותו מייצג, השווינו אותם לתלמידים ולמורים בלימודים מוגברים במקצועות המדעים בבתי ספר אחרים שמציעים לפחות מסלול מדעים אחד לבגרות, מחולקים לפי מגזר, כמפורט בלוח נספח א1. פאנל א מציג את מאפייני תלמידי המדעים ברמה מוגברת; פאנל ב, את מאפייני בתי הספר; ופאנל ג את מאפייני מורי המדעים, בנפרד עבור האוכלוסייה היהודית והערבית. מגבלת הגיל למורים מביאה לכך שפחות בתי ספר

²² תחילה, הגבלנו את המדגם למורים המלמדים באופן ייחודי מקצוע מדעי מסוים לבגרות בשנת לימוד נתונה, ולאחר מכן צמצמנו את המדגם למורים הצעירים יותר.

²³ ברוב האוניברסיטאות בישראל ניתנת עדיפות בקבלה ללימודי STEM למועמדים בעלי ציוני בגרות גבוהים במקצועות STEM ובחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית. ראו לדוגמה את תנאי הסף לקבלה ללימודי STEM באוניברסיטת בן-גוריון: <https://www.bgu.ac.il/welcome/ba/reception-section-lobby?term=%D7%A4%D7%99%D7%A1%D7%99%D7%A7%D7%94&interests=10&semesters=012025> .([updated October 13, 2022])

מהמגזר היהודי נכללו במדגם, שכן רוב האוכלוסייה היהודית שאינה חרדית משרתת שירות חובה בצבא, דבר המעכב את כניסתה לשוק העבודה. אף שהמדגם כולל ייצוג-יתר של בתי ספר ערבים (52% לעומת 30% במדגם של כלל בתי הספר המגוישים לבגרות במקצועות המדעים), בתוך כל מגזר המדגם מייצג במידה רבה.

לוח 1 : סטטיסטיקה תאורית של מאפייני תלמידי המדגם לפי שנת לימודים

2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
מאפייני התלמידים								
3.78 (2.45)	3.60 (2.32)	4.15 (2.65)	4.12 (2.55)	4.34 (2.72)	4.71 (2.86)	4.58 (2.79)	4.11 (2.57)	מספר אחים
0.63 (0.48)	0.61 (0.49)	0.61 (0.49)	0.61 (0.49)	0.63 (0.48)	0.67 (0.47)	0.64 (0.48)	0.62 (0.49)	שיעור הבנות
0.34 (0.47)	0.45 (0.50)	0.35 (0.48)	0.33 (0.47)	0.30 (0.46)	0.26 (0.44)	0.21 (0.41)	0.31 (0.46)	שיעור היהודים
מוצא¹								
0.20 (0.40)	0.28 (0.45)	0.24 (0.43)	0.20 (0.40)	0.21 (0.41)	0.16 (0.37)	0.15 (0.36)	0.17 (0.38)	שיעור יוצאי אסיה-אפריקה
0.09 (0.29)	0.11 (0.31)	0.09 (0.28)	0.10 (0.30)	0.08 (0.27)	0.07 (0.26)	0.06 (0.23)	0.10 (0.31)	שיעור יוצאי אמריקה-אירופה
0.09 (0.28)	0.10 (0.30)	0.06 (0.23)	0.06 (0.24)	0.06 (0.23)	0.06 (0.24)	0.05 (0.21)	0.06 (0.23)	שיעור יוצאי חבר העמים
0.62 (0.48)	0.51 (0.50)	0.62 (0.49)	0.64 (0.48)	0.65 (0.48)	0.71 (0.46)	0.75 (0.44)	0.67 (0.47)	שיעור ילידי הארץ
12.40 (3.48)	12.55 (3.38)	12.20 (3.53)	12.04 (3.72)	12.16 (3.88)	11.67 (3.94)	11.71 (3.83)	12.30 (3.87)	שנות לימוד של האב
12.43 (3.69)	12.77 (3.54)	12.02 (3.75)	12.06 (3.78)	11.67 (4.15)	11.17 (4.21)	11.16 (4.15)	11.83 (4.14)	שנות לימוד של האם
0.29 (0.71)	0.30 (0.72)	0.19 (0.80)	0.27 (0.75)	0.35 (0.64)	0.22 (0.76)	0.16 (0.75)	0.35 (0.71)	ציון בבחינת מיצ"ב קודמת ²
2,798 (11.14)	2,522 (12.01)	2,776 (15.77)	2,329 (14.83)	2,052 (14.86)	2,042 (14.81)	2,038 (14.34)	2,026 (15.93)	מספר התלמידים הכולל
17.69 (11.14)	16.84 (12.01)	20.24 (15.77)	17.84 (14.83)	17.59 (14.86)	17.60 (14.81)	16.44 (14.34)	18.17 (15.93)	מספר התלמידים בכל בית ספר

הערות:

לוח זה מציג סיכומים סטטיסטיים של תלמידי המדגם – תלמידי כיתה י"ב שנבחנו בבחינת בגרות במדעים ברמה מוגברת, כאשר המורה שלהם למדעים הוא מתחת לגיל 37, והמורה הוא היחיד המלמד את המקצוע בבית הספר לבגרות.

1. תלמידים שנולדו בעצמם, או שהוריהם או סביהם נולדו, באחת מהקבוצות: אסיה/אפריקה, אירופה/אמריקה, מדינות ברי"מ לשעבר או ישראל.

2. נתוני מיצ"ב (מדדי יעילות וצמיחה בית-ספרית) כוללים ציוני מבחנים בכיתות ה' וח' במחצית מבתי הספר בישראל מדי שנה, כך שכל בית ספר משתתף אחת לשנתיים. ציוני המבחנים המיצ"ב בכל אחד מארבעת המקצועות (עברית, אנגלית, מתמטיקה ומדעים) מתוקנים לפי שנה וכיתה, ולאחר מכן מחושב ממוצע אישי לכל תלמיד. הציון המתוקן הסופי לכל תלמיד הוא ציון המבחן בכיתה ח' (או ציון מכיתה ה' עבור תלמידים שאין להם ציון מכיתה ח').

סטיות התקן מוצגות בסוגריים.

לוח 2: סטטיסטיקה תאורית של מאפייני המורים ובתי הספר במדגם לפי שנת לימודים

	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	
פאנל א. מאפייני המורים									
גיל	31.19 (3.13)	31.47 (3.24)	31.69 (3.56)	31.32 (3.41)	31.07 (3.31)	31.86 (3.40)	31.28 (3.77)	31.70 (3.37)	
שיעור העולים	0.05 (0.22)	0.05 (0.22)	0.04 (0.21)	0.08 (0.27)	0.05 (0.22)	0.06 (0.24)	0.04 (0.20)	0.05 (0.21)	
שיעור הנשים	0.72 (0.45)	0.73 (0.44)	0.65 (0.48)	0.64 (0.48)	0.61 (0.49)	0.66 (0.48)	0.63 (0.48)	0.63 (0.48)	
שיעור היהודים	0.43 (0.50)	0.50 (0.50)	0.42 (0.49)	0.44 (0.50)	0.41 (0.49)	0.36 (0.48)	0.34 (0.48)	0.40 (0.49)	
מספר ילדים	2.16 (1.64)	2.56 (1.87)	2.58 (1.87)	2.71 (1.82)	2.95 (1.76)	2.97 (1.80)	3.13 (1.81)	3.32 (1.86)	
מוצא ¹									
שיעור יוצאי אסיה-אפריקה	0.08 (0.28)	0.13 (0.34)	0.12 (0.33)	0.12 (0.33)	0.16 (0.37)	0.15 (0.36)	0.16 (0.37)	0.18 (0.39)	
שיעור יוצאי אמריקה-אירופה	0.08 (0.28)	0.10 (0.30)	0.09 (0.29)	0.07 (0.26)	0.07 (0.26)	0.05 (0.21)	0.06 (0.23)	0.08 (0.27)	
שיעור יוצאי חבר העמים	0.06 (0.24)	0.06 (0.24)	0.05 (0.22)	0.08 (0.27)	0.06 (0.23)	0.05 (0.22)	0.04 (0.20)	0.03 (0.17)	
שיעור ילידי הארץ	0.77 (0.42)	0.71 (0.45)	0.74 (0.44)	0.72 (0.45)	0.71 (0.45)	0.75 (0.43)	0.74 (0.44)	0.71 (0.46)	
סה"כ מספר המורים	178	154	156	148	139	132	141	130	
פאנל ב: מאפייני בתי הספר									
אשכול חברתי-כלכלי של היישוב שבו נמצא בית הספר ²	3.99 (2.12)	4.03 (2.01)	4.39 (2.11)	3.85 (2.25)	3.53 (2.15)	3.60 (1.95)	3.39 (1.89)	3.69 (2.05)	
שיעור בתי הספר היהודיים-דתיים	0.23 (0.43)	0.28 (0.45)	0.23 (0.42)	0.28 (0.45)	0.27 (0.44)	0.23 (0.42)	0.26 (0.44)	0.24 (0.43)	
שיעור בתי הספר בפריפריה ³	0.52 (0.50)	0.55 (0.50)	0.58 (0.50)	0.55 (0.50)	0.59 (0.49)	0.58 (0.50)	0.59 (0.49)	0.62 (0.49)	
סה"כ מספר בתי הספר	145	137	129	119	116	106	114	112	

הערות:

- לוח זה מציג סיכומים סטטיסטיים של מורי המדגם – מורים המלמדים מדעים לבגרות, מתחת לגיל 37, שהם היחידים המלמדים את אותו מקצוע מדעי בבית הספר לבגרות – וכן של בתי הספר במדגם.
 - מורים שנולדו בעצמם, או שהוריהם נולדו, באחת מהקבוצות: אסיה/אפריקה, אירופה/אמריקה, מדינות בריה"מ לשעבר או ישראל.
 - המדד החברתי-כלכלי מאפיין ומסווג יישובים ורשויות מקומיות בישראל בהתאם על פי רמתם החברתית-כלכלית. רמה זו נמדדת באמצעות שילוב של מאפיינים בתחומים: הרכב דמוגרפי, השכלה, רמת חיים, תעסוקה והטבות. האשכולות החברתיים-כלכליים במחקר מבוססים על נתוני מפקד האוכלוסין של 2015 ומדורגים בסולם של 1 עד 10 (כאשר 10 הוא הדירוג הגבוה ביותר).
 - אינדיקטור פריפריה מקבל ערך אחד אם המחוז הגיאוגרפי מרוחק ממרכזי האוכלוסייה שהוגדרו כמחוז מרכז, מחוז תל-אביב, מחוז חיפה ומחוז ירושלים.
- סטיות התקן מוצגות בסוגריים.

השוואת הנתונים הסטטיסטיים של בתי הספר במדגם לאלה של בתי ספר המציעים לפחות מסלול מוגבר אחד במדעים לבגרות בשני המגזרים (כלומר, עמודות 1 ו-3 עבור המגזר היהודי ועמודות 2 ו-4 עבור המגזר הערבי) מגלה הבדלים מינוניים בלבד בין שני המגזרים. לתלמידים במדגם בתי הספר יש מספר אחים גדול יותר (ממוצע של 4.15 לעומת 3.26 בבתי ספר שמלמדים מדעים במגזר היהודי ו-4.65 לעומת 4.06 במגזר הערבי) וכן רמות השכלה נמוכות יותר בקרב ההורים (ממוצע של 12.14 שנות לימוד של האב לעומת 13.54 במגזר היהודי, ו-11.2 לעומת 11.7 במגזר הערבי; פערים דומים נמצאו גם בשנות הלימוד של האם). קיים שיעור גבוה יותר של תלמידות בבתי הספר במדגם, במיוחד באוכלוסייה היהודית (63% לעומת 55% בבתי ספר שמלמדים מדעים במגזר היהודי, ו-64% לעומת 63% במגזר הערבי).

גורמים אלה תורמים לרקע חברתי-כלכלי כולל נמוך יותר במקצת בבתי הספר במדגם, כפי שנמדד על פי האשכול החברתי-כלכלי של בית הספר (ממוצע של 5.1 לעומת 5.7 בבתי הספר המלמדים מדעים במגזר היהודי ו-2.7 לעומת 2.9 במגזר הערבי). בתי הספר במדגם גם ממוקמים יותר בפריפריה, במיוחד במגזר היהודי (65% לעומת 40% בבתי הספר שמלמדים מדעים, לעומת שיעורים של כ-80% בשתי הקבוצות במגזר הערבי). באופן דומה, המורים למדעים במדגם בתי הספר צעירים יחסית (גיל ממוצע 43 לעומת 50 במגזר היהודי, ו-38 לעומת 41 במגזר הערבי), ושיעור המורות הכולל דומה לממוצע הארצי (נמוך מעט במקצת במגזר היהודי, 66% לעומת 68%, וגבוה יותר באוכלוסייה הערבית, 50% לעומת 46%).

הנתונים הסטטיסטיים לגבי שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים במדגם מוצגים בלוח נספח 2א. קיימת שונות משמעותית במדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים במדגם.²⁴ בחלק הבא ננצל שונות זו כדי לבחון את השפעתם של הכישורים הקוגניטיביים של המורים בטווח הקצר והארוך על משתני הישגי התלמידים.

²⁴ טווחי מדדים אלה הם כדלקמן: שיעור המורים בעלי תואר אקדמי מתקדם עומד על 32%; ממוצע הציונים המתוקן במבחן הבגרות במתמטיקה בקרב מורי המדגם הוא 1.14, בטווח של -1.56 עד 2.34 max עם סטיית התקן של 0.76; וממוצע הציונים בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית הוא 0.68, בטווח של -1.7 min עד 2.52 max. מקדמי המתאם של פירסון בין החזקת תואר אקדמי מתקדם לבין ציוני בחינת הבגרות במתמטיקה ובין ציוני החלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית במדגם קצר-הטווח הם 0.065 ו-0.11 בהתאמה, ומקדם המתאם בין ציוני בחינת הבגרות במתמטיקה לבין הציונים בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית הוא 0.61.

3. זיהוי ואמידה

המטרה המרכזית של עבודה זו היא לבחון כיצד הכישורים הקוגניטיביים של מורי המדעים משפיעים על הישגיהם הלימודיים של תלמידיהם. קובץ הנתונים שבידינו מאפשר לנתח השפעות אלו על ציוני בחינות הבגרות של התלמידים בסיום התיכון, וכן לעקוב אחר התקדמותם בלימודים במוסדות להשכלה גבוהה. זאת, לרבות משתני תוצאה כגון ההסתברות להתחיל לימודים במוסד על-תיכוני עד שש שנים לאחר סיום התיכון, איכות ההשכלה (לימודים באוניברסיטת מחקר), ותחום הלימודים (האם מדובר במקצועות STEM).

בהסתמך על השינויים שחלו במדדים לאורך זמן בעקבות יישומן שתי רפורמות בחינוך ("עתודה מדעית-טכנולוגית" ו"התוכנית הלאומית לחיזוק לימודי המתמטיקה"), אנו מנצלים את השונות במדדים אלה ברמת היישוב שבו נמצא בית הספר ובשינויים שחלו בהם לאורך זמן כדי לבחון את השפעתם. בנוסף, אנו מפקחים על מגוון מאפיינים ברמת התלמיד ובית הספר, ובכלל זה הישגי עבר של התלמידים, הרקע המשפחתי שלהם ומאפייניהם הדמוגרפיים.

במודל האמפירי המרכזי שלנו, אנו מניחים כי ציוני בחינות הבגרות ומשתני תוצאה לימודיים נוספים בטווח הארוך נקבעים על פי המשוואה הבאה:

$$(1) \quad y_{ijklt} = \alpha + \beta_j + \delta_l + \gamma_t + \theta x_i + \mu x_{kt} + \sum_{n=1}^3 \tau_n A_{nkt} + u_{kt} + \varepsilon_{ijklt}$$

כאשר y_{ijklt} מציין את משתנה התוצאה של תלמיד i , שלמד את מקצוע j מהמורה k ביישוב l ובשנה t ; β_j הוא האפקט הקבוע של המקצוע; δ_l הוא האפקט הקבוע של היישוב שבו נמצא בית הספר; γ_t הוא האפקט הקבוע של השנה; x_i הוא וקטור של מאפייני התלמידים; x_{kt} הוא וקטור של מאפייני בתי הספר והמורים; A_{nkt} כאשר $n \in \{1,2,3\}$ מייצג כל אחד משלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים²⁵; u_{kt} הוא רכיב השגיאה המקרית במשוואה, הכוללת רכיב אקראי ייחודי למורה, המאפשר כל סוג של מתאם בתצפיות של אותו מורה; ו- ε_{ijklt} הוא רכיב אקראי ייחודי לתלמיד.

מקדמי העניין הם τ_n , הלוכדים את השפעתם של מדדי הכישורים הקוגניטיביים השונים של המורים. נבחן גם ספציפיקציה שבה אנו כוללים את כל שלושת המדדים בנפרד ברגרסיות שונות, על מנת לבחון את מידת הקוליניאריות ביניהם ואת חשיבותם היחסית בהסבר משתני התוצאה הלימודיים של התלמידים.

²⁵ משתנה הדמי עבור תואר אקדמי מתקדם עשוי להשתנות מ-0 ל-1 לאורך זמן, אם וכאשר המורה רוכש תואר שני או דוקטורט.

אף שהכללת האפקטים הקבועים של היישוב שבו ממוקם בית הספר מסייעת להפחית את הטיית הבחירה, לא ניתן לבטלה לחלוטין.²⁶ כדי לצמצם עוד יותר את ההטיה, אנו משתמשים בשיטת התאמת ציוני הנטייה (Propensity Score Matching, PSM), וכך מבטיחים שהשוואות בין תלמידים שנחשפו למורים בעלי כישורים קוגניטיביים גבוהים לבין תלמידים שנחשפו למוריפ בעלי כישורים קוגניטיביים נמוכים ייעשו בתוך קבוצות תלמידים דומות (Imbens and Wooldridge, 2009). לצורך כך, אנו מגדירים שני משתנים בינאריים נוספים, המלמדים על רמת הכישורים הקוגניטיביים של המורים: (1) האם למורה כישורים קוגניטיביים גבוהים או נמוכים על בסיס ציון הבגרות שלו במתמטיקה; ו-(2) האם למורה כישורים קוגניטיביים גבוהים או נמוכים על בסיס הציון שלו בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית משתנים אלה מקבלים את הערך 1 אם ציוני המורה נמצאים בחציון או מעליו בכל אחת מהבחינות.²⁷

אסטרטגיית הזיהוי נשענת על ההנחה כי בתרחיש החלופי לחשיפה למורה בעל כישורים גבוהים עמדים תלמידים הדומים באופן כמעט מלא לאלה שנחשפים למורה בעל כישורים נמוכים. בשלב הראשון, אנו אומדים את ההסתברות לחשיפה למורה בעל כישורים קוגניטיביים גבוהים (כלומר, ציון ההיתכנות - the propensity score) באמצעות רגרסיית probit, המותנית במשתנים הבאים: מאפייני התלמידים, מאפייני המורים, מאפייני בתי הספר, אפקטים קבועים של אשכול החברתי-כלכלי, אפקטים קבועים של מחוז, וכן אפקטים קבועים של מקצוע ושנה.

$$(2) \quad p_{ijklt} = \text{Prob}(A'_{nkt} = 1 \mid \beta_j, \gamma_t, \sigma_g, \vartheta_e, x_i, x_{kt})$$

הסימון זהה לקודם - p_{ijklt} מציין את ההסתברות שתלמיד i ייחשף למורה k במדד גבוה של כישורים קוגניטיביים, המלמד מקצוע j ביישוב l ובשנה t ; β_j הוא האפקט הקבוע של המקצוע; γ_t הוא האפקט הקבוע של השנה; σ_g מייצג את האפקטים הקבועים של המחוז; ϑ_e הוא האפקטים הקבועים של האשכול החברתי-כלכלי; x_i הוא וקטור של מאפייני התלמידים; x_{kt} הוא וקטור של מאפייני בתי הספר והמורים; ו- A'_{nkt} הם משתני דמי עבור שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים, המבחינים בין מורים בעלי כישורים קוגניטיביים גבוהים לנמוכים.

עבור הספציפיקציה העיקרית שלנו, השתמשנו בהליך התאמת השכן הקרוב ביותר (nearest neighbor matching – NNM) (Imbens and Wooldridge, 2009; Abadie and Imbens, 2011).²⁸

²⁶ רגישות התוצאות להכללת מאפייני התלמידים בספציפיקציה העיקרית (משוואות 1 ו-2) נמוכה. עם זאת, תוצאות מבחני האיזון מצביעות על כך שעדיין קיימים מתאמים מסוימים בין מספר מאפיינים של התלמידים ובית הספר לבין מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים, גם לאחר פיקוח על אפקטים קבועים של היישוב (כשליש מהמשתנים המסבירים נמצאו מובהקים).

²⁷ משתנה ההשכלה האקדמית של המורים מוגדר מלכתחילה כמשתנה דמי (מקבל ערך 1 אם המורה מחזיק בתואר שני או דוקטורט).

²⁸ אנו משתמשים בספציפיקציה סטנדרטית של שלושת השכנים הקרובים ביותר עם החזרה (replacement). את טעות התקן של השפעת הטיפול אנו אומדים באמצעות שיטת דגימה חוזרת (bootstrap) של 500 חזרות, המאפשרת להעריך את שונות הדגימה של הפרמטר הנאמד.

בנוסף, אנו מציגים תוצאות המבוססות על התאמה מבוססת-גרעין (Kernel-based matching – KBM) המשמשת כמבחן עמידות להליך ההתאמה. השפעת הטיפול הממוצעת על המטופלים (ATT) מחושבת כהפרש הממוצע במשתני התוצאה של התלמידים בין היחידות המטופלות לבין יחידות הבקרה המשוקללות התואמות להן. ככלל, ניתן לייצג זאת באמצעות המשוואה הבאה:

$$(3) \quad ATT = E\{E[y_{ijklt} | A'_{nkt} = 1, p_{ijklt}] - E[y_{ijklt} | A'_{nkt} = 0, p_{ijklt}]\}$$

שתי דרישות מרכזיות חייבות להתקיים בעת שימוש בניתוח PSM. הדרישה הראשונה היא טווח החפיפה (common support), המבטיח שקיימת חפיפה מספקת במאפיינים בין היחידות המטופלות לאלה שאינן מטופלות, כך שניתן יהיה למצוא זיווגים מתאימים. הדרישה השנייה היא תכונת האיזון (balancing property), הדורשת התפלגויות דומה של המשתנים המסבירים בין קבוצת הטיפול לקבוצת הבקרה המזווגת.

טווח החפיפה שימש כקריטריון המרכזי להערכת היעילות של שיטת ההתאמה לפי ציוני היתכנות (PSM). איור נספח א1 מציג כי מרבית התצפיות נמצאות בטווח הערכים המשותף עבור משתני התוצאה בטווח הקצר, דבר שהוביל לאובדן מינימלי של נתונים מהמדגם במהלך תהליך ההתאמה. מבחני האיזון, המוצגים גם הם באיור נספח א1 עבור משתני התוצאה בטווח הקצר, מצביעים על כך ששיטת PSM הפחיתה את הטיות הממוצע והחציון בהשוואה למצב שלפני ההתאמה, ובכך שיפרה את האיזון בין קבוצת הטיפול לקבוצת הבקרה. תוצאות דומות התקבלו גם עבור משתני התוצאה של בטווח הארוך.²⁹

²⁹ תוצאות מבחני טווח החפיפה ותכונות האיזון עבור משתני התוצאה של הטווח הארוך זמינות אצל המחברים לפי בקשה.

4. התוצאות

בחלק זה אנו מנתחים כיצד הכישורים הקוגניטיביים של מורי המדעים משפיעים על הישגי תלמידיהם. בתחילה, אנו חוקרים את ההשפעה קצרה-הטווח של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ציוני התלמידים בבחינות הבגרות במדעים בסיום התיכון. בהמשך, אנו מעריכים את השפעתם על משתני תוצאה לימודיים ארוכי-טווח, שש שנים לאחר סיום הלימודים בתיכון.

4.1 השפעות קצרות-טווח על משתני תוצאה לימודיים

לוח 3 מציג את ההשפעות הנאמדות של מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ציוני התלמידים בבחינות הבגרות במדעים. ציוני הבגרות בכל ארבעת המקצועות (ביולוגיה, פיזיקה, כימיה ומדעי המחשב) מאוגדים יחדיו. אנו מדווחים על תוצאות של ארבע ספציפיקציות: הראשונה היא רגרסיית OLS פשוטה (עמודה 1); השנייה כוללת אפקטים קבועים של יישוב, שנה ומקצוע (עמודה 2); השלישית מוסיפה את מאפייני המורים (עמודה 3); והרביעית מוסיפה את מאפייני המורים והתלמידים גם יחד (עמודה 4). אנו אומדים את השפעת החשיפה למורה למדעים בעל תואר אקדמי מתקדם (תואר שני או דוקטורט); את ההשפעה של ציוני הבגרות במתמטיקה של המורים בסיום התיכון (שורה 2); ואת ההשפעה של ציוני המורים בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית (שורה 3). עמודות 5-8 מציגות את המקדמים מרגרסיה משותפת הכוללת את כל שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים עבור ארבע הספציפיקציות.

תוצאות ה-OLS הפשוטות בעמודה 1 מראות השפעות מובהקות עבור כל שלושת המדדים, המעידות כי כישורים קוגניטיביים גבוהים של מורים מתואמים באופן חיובי עם ציוני התלמידים בבחינות הבגרות במדעים. מדדי הטיפול נותרים ייציבים גם לאחר הוספת אפקטים קבועים של יישוב. הוספת מאפייני המורים משנה את אומדני הכישורים הקוגניטיביים, כך שרק ההשפעה הנאמדת של ציוני הבגרות במתמטיקה של המורים נותרת חיובית ומובהקת סטטיסטית. אומדנים אלה כמעט ואינם משתנים כאשר מפקחים בנוסף על מאפייני התלמידים, מה שמצביע על כך שכישורי המורים אינם מתואמים במידה רבה עם מאפייני התלמידים הנצפים, לאחר שלוקחים בחשבון את מאפייני היישוב ומאפייני המורים. בעמודות 5-8 של לוח 3, שבהן כל שלושת המדדים נכללים יחד ברגרסיה, מתקבל דפוס דומה לזה שבעמודות 1-4: התוצאות נותרות ייציבות כאשר כוללים את האפקטים של היישוב ומאפייני המורים וניכרת קוליניאריות נמוכה בין המדדים.

לוח 3: השפעות קצרות-טווח של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ציוני התלמידים בבחינות הבגרות במדעים

	נפרד				משותף			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
תואר אקדמי מתקדם	0.21*** (0.058)	0.09* (0.047)	0.047 (0.048)	0.038 (0.045)	0.159*** (0.061)	0.063 (0.046)	0.025 (0.048)	0.019 (0.045)
ציון בחינת הבגרות במתמטיקה	0.085** (0.037)	0.045 (0.032)	0.078** (0.032)	0.078*** (0.028)	-0.026 (0.043)	0.049 (0.035)	0.076** (0.036)	0.079** (0.033)
ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית	0.155*** (0.030)	0.005 (0.029)	0.018 (0.031)	0.018 (0.029)	0.15*** (0.037)	-0.022 (0.033)	-0.02 (0.035)	-0.019 (0.033)
FE של שנת הלימודים		V	V	V		V	V	V
FE של מקצוע הבגרות		V	V	V		V	V	V
FE של היישוב שבו נמצא בית הספר		V	V	V		V	V	V
מאפייני המורים			V	V			V	V
מאפייני התלמידים				V				V
תצפיות					17,616	17,616	17,616	16,587

הערות:

רגרסיות אלה בוחנות את ההשפעות קצרות-טווח של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ציוני התלמידים בבחינות הבגרות במדעים. המשתנה התלוי הוא ציוני הבגרות של התלמידים בביוולוגיה, פיזיקה, כימיה ומדעי המחשב. המשתנים המסבירים הם שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים: משתנה דמי עבור מורה בעל תואר אקדמי מתקדם (תואר שני או דוקטורט) (שורה 1); משתנה רציף עבור ציון הבגרות של המורה במתמטיקה בסוף התיכון (נמדד ביחידות של סטיות תקן) (שורה 2); ומשתנה רציף עבור ציון המורה בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית (נמדד ביחידות של סטיות תקן) (שורה 3). בעמודות 1-4, המשתנים המסבירים נכללים בנפרד ברגסיה, ואילו בעמודות 5-8 הם נכללים ביחד באותה רגרסיה. עמודות 1 ו-5 מציגות רגרסיות OLS פשוטות. עמודות 2 ו-6 מוסיפות בקורות עבור האפקטים הקבועים של היישוב שבו נמצא בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות. עמודות 3 ו-7 מוסיפות את מאפייני המורים, ועמודות 4 ו-8 מוסיפות גם את מאפייני התלמידים. מאפייני המורים שנכללו: גיל, מגדר, מספר ילדים, דתיות (ערבי או יהודי), אינדיקטור לעולה חדש, אינדיקטורים למוצא ואינדיקטור לבית ספר יהודי-דתי. מאפייני התלמידים שנכללו: מגדר, דתיות (ערבי או יהודי), מספר אחים, שנות לימוד של האב, שנות לימוד של האם, ואינדיקטורים של מוצא.

טעויות התקן מוצגות בסוגריים ומקובצות לפי ת"ז של המורה. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

ההשפעות הנאמדות של כל שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים הן חיוביות ברובן בספציפיקציה המועדפת (לוח 3, עמודות 4 ו-8), אך רק ההשפעה של ציוני הבגרות במתמטיקה של המורים היא מובהקת סטטיסטית ועקבית בגודלה. היא עומדת על 0.08 ($SE=0.03$) הן ברגרסיות הנפרדות והן במשותפות (עמודות 4 ו-8). במילים אחרות, חשיפה למורה עם ציון בבגרות במתמטיקה הגבוה בסטיית תקן אחת מהממוצע, מעלה את ציוני המדעים של התלמידים ב-0.08 סטיות תקן –עלייה המסתכמת בגידול של כנקודה אחת בציוני התלמידים הגולמיים במבחן במדעים. זו איננה השפעה חזקה במיוחד, בהתחשב בגודל ההשפעה של התערבויות אחרות, אך עדיין יש לה חשיבות כלכלית. השפעותיהם של שני מדדי הכישורים הקוגניטיביים האחרים – התואר האקדמי של המורים וציוניהם בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית – חיוביות, אך אינן שונות סטטיסטית מאפס (0.04 ($SE=0.045$) ו-0.018 ($SE=0.03$) בהתאמה, לפי הרגרסיה הנפרדת).^{31,30}

סדרי הגודל של ההשפעות שאנו מוצאים בטווח הקצר, כמתואר לעיל – בפרט אלה הנוגעים לציוני המורים בבחינות הבגרות במתמטיקה בסוף התיכון – תואמים בסך הכול את ממצאי הספרות הרלוונטית. אנו מרחיבים השוואה זו לספרות בחלקים הבאים של העבודה.

4.2 השפעות ארוכת-טווח על משתני תוצאה לימודיים

עקבנו אחר תלמידים מסיום התיכון עד לכניסתם ללימודים על-תיכוניים, עד שש שנים לאחר התיכון. לוח 4 מציג ראיות להשפעות ארוכות-טווח יותר של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על מספר משתני תוצאה לימודיים קריטיים. פאנל א מציג את ההשפעה הנאמדת של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ההסתברות להתחיל לימודים במוסד על-תיכוני; פאנל ב מציג את ההשפעה הנאמדת על איכות ההשכלה העל-תיכונית (האם המוסד הוא אוניברסיטת מחקר); ופאנל ג מדווח על ההשפעה הנאמדת על תחום הלימודים במוסד העל-תיכוני (האם המקצוע העיקרי הוא אחד ממקצועות STEM). אנו מדווחים על אומדנים מרגרסיות הכוללות את כל שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים בנפרד (עמודות 1-4) ויחד באותה רגרסיה (עמודות 5-8).

³⁰ תוצאות אלה דומות לאלה המוצגות בלוח נספח א3, של המשתנים הבינאריים כישורי המורים, המציינים אם יש למורה כישורים קוגניטיביים גבוהים או נמוכים לפי ציוניהם בבחינת הבגרות במתמטיקה ובחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית (עמודה 1), עבור הספציפיקציה המועדפת הנפרדת. תוצאות הספציפיקציה המועדפת מלמדות כי ההשפעה הנאמדת של חשיפה למורה עם ציונים גבוהים מהחציון בבגרות במתמטיקה בהשוואה למורה עם ציון נמוך יותר היא מובהקת סטטיסטית אך גבולית בלבד (0.068, $SE=0.044$, $P\text{-value}=0.124$), בשעה שההשפעה הנאמדת של חשיפה למורה עם ציונים גבוהים מהחציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית בהשוואה למורה עם ציון נמוך יותר, היא קטנה יותר ואיננה מובהקת.

³¹ לוח נספח א4 מדווח על המקדמים וטעויות התקן מתוך רגרסיה שבה המשתנים התלויים הם ציוני הבחינות הגולמיים של תלמידי מדעים. סדר הגודל של תוצאות דומה לזה שבוח 3, וניתן לראות גידול של 0.85 בציוני הבחינות הגולמיים במדעים כתוצאה מגידול של סטיית תקן אחת בציוני בחינות הבגרות במתמטיקה של המורים למדעים.

בדומה ללוח 3, אנו מציגים את התוצאות הנאמדות בארבע ספציפיקציות: הראשונה היא רגרסיית OLS פשוטה; השנייה מוסיפה בקורות עבור אפקטים קבועים של היישוב, השנה והמקצוע; השלישית כוללת את מאפייני המורים; והרביעית כוללת גם את מאפייני התלמידים. האומדנים, הן מהרגרסיות הנפרדות והן מהמשותפות, שוב מראים דפוס עקבי כאשר מוסיפים אפקטים קבועים של היישוב ומפקחים על מאפייני המורים והתלמידים, דבר המצביע על רמת קוליניאריות נמוכה בין שלושת המדדים.

חשוב להדגיש כי רבים ממשתני התוצאה בטווח הארוך הם חיוביים ומובהקים סטטיסטית. ממצא זה מעיד שהשפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים מתמידות אל שלב הלימודים בחינוך העל-תיכוני. כאשר אנו מתמקדים בספציפיקציה המועדפת (עמודות 4 ו-8), הכוללת אפקטים קבועים של היישוב ואת מאפייני המורים והתלמידים, מתברר כי בעוד שהכישורים הקוגניטיביים של המורים לא בהכרח משפיעים באופן מובהק על ההסתברות שתלמיד ימשיך להשכלה על-תיכונית, הם כן משפיעים על איכות ההשכלה ועל תחום הלימודים.³² בפרט, היכולת הקוגניטיבית המשפיעה ביותר של מורים היא המדד המשקף את הידע שלהם במתמטיקה, המשפיע על שני משתני התוצאה בטווח הארוך, זאת לפי הרגרסיות הנפרדות והמשותפות כאחד. מדד זה מעלה את ההסתברות ללמוד באוניברסיטת מחקר ולבחור במקצוע STEM כמקצוע עיקרי. ההשפעות הנאמדות של ציוני הבגרות במתמטיקה של המורים חיוביות ומובהקות סטטיסטית עבור משתני תוצאה אלה ($SE=0.02$, 0.051 , 0.041 ו- $SE=0.01$ לפי הרגרסיה הנפרדת). התארים האקדמיים של המורים מעלים את ההסתברות שתלמידיהם ילמדו STEM כמקצוע ראשי באוניברסיטה ($SE=0.02$, 0.33 לפי הרגרסיה הנפרדת). ההשפעות הנאמדות של ציוני המורים בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית גם הן מובהקות, אם כי רק כאשר שלושת מדדי הקוגניטיביים של המורים לא נכללים יחד ברגרסיה אחת ($SE=0.02$, 0.031 ו- $SE=0.01$).^{33,34}

³² רק ציוני המורים בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית מראים השפעה שולית על ההסתברות של לימודים במוסדות להשכלה על-תיכונית ($P\text{-value}=0.09$, $SE=0.015$, 0.026 לפי הרגרסיה הנפרדת), אך השפעה זו אינה מתמידה ברגרסיה המשותפת.

³³ לוח נספח 5א מדווח על המקדמים וטעויות התקן מתוך רגרסיית probit. ההשפעות השוליות בממוצע (באותיות נטויות) דומות למקדמים ברגרסיית ההסתברות הלינארית בלוח 4.

³⁴ בשל רפורמת 'למידה משמעותית', ששינתה את דרישות המינימום לבגרות, הגבלנו את המדגם שלנו לתלמידים שעברו בחינת בגרות במדעים ברמה מוגברת, ולא כללנו את כל התלמידים שנבחנו בבחינות הבגרות במדעים. ממצאי הניתוח לאחר הסרת ההגבלה מוצגים בלוח נספח 6א. לוח נספח 6ב מראה את ההשפעה הנאמדת של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על כלל אוכלוסיית התלמידים שנבחנו בבחינות הבגרות במדעים בכל הרמות, וניתן לראות כי סדרי הגודל של ההשפעה מעט גדולים יותר על כל משתני התוצאה כמעט, בטווח הקצר והארוך.

לוח 4: השפעות ארוכות-טווח של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים

	משותף				נפרד			
	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
פאנל א. השכלה על-תיכונית								
תואר אקדמי מתקדם	-0.013 (0.031)	-0.019 (0.033)	-0.008 (0.034)	0.040 (0.032)	-0.024 (0.028)	-0.028 (0.032)	-0.020 (0.033)	0.056* (0.033)
ציון בחינת הבגרות במתמטיקה	0.004 (0.021)	0.001 (0.023)	0.009 (0.019)	0.038* (0.021)	0.018 (0.018)	0.017 (0.021)	0.018 (0.019)	0.082*** (0.019)
ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית	0.025 (0.018)	0.036* (0.019)	0.028* (0.016)	0.067*** (0.020)	0.026* (0.015)	0.033** (0.017)	0.030* (0.016)	0.094*** (0.016)
פאנל ב. איכות ההשכלה העל-תיכונית								
תואר אקדמי מתקדם	0.010 (0.028)	0.004 (0.028)	-0.003 (0.026)	0.026 (0.031)	0.008 (0.027)	0.003 (0.027)	-0.003 (0.026)	0.066** (0.032)
ציון בחינת הבגרות במתמטיקה	0.048** (0.021)	0.043** (0.021)	0.047*** (0.017)	0.029* (0.018)	0.051** (0.021)	0.051** (0.021)	0.05*** (0.018)	0.089*** (0.016)
ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית	0.008 (0.018)	0.018 (0.018)	0.017 (0.015)	0.084*** (0.015)	0.031* (0.018)	0.038** (0.018)	0.036** (0.016)	0.105*** (0.012)
פאנל ג. תחום הלימודים בהשכלה העל-תיכונית								
תואר אקדמי מתקדם	0.041** (0.019)	0.036* (0.019)	0.032* (0.019)	0.038 (0.025)	0.033* (0.018)	0.028 (0.018)	0.026 (0.019)	0.062** (0.028)
ציון בחינת הבגרות במתמטיקה	0.030* (0.017)	0.024 (0.018)	0.043** (0.017)	0.039** (0.016)	0.041*** (0.014)	0.04*** (0.015)	0.051*** (0.015)	0.085*** (0.014)
ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית	0.012 (0.014)	0.019 (0.015)	0.013 (0.013)	0.062*** (0.013)	0.026* (0.013)	0.03** (0.013)	0.031*** (0.012)	0.093*** (0.011)
FE של שנת הלימודים	V	V	V		V	V	V	
FE של מקצוע הבגרות	V	V	V		V	V	V	
FE של היישוב שבו נמצא בית הספר	V	V	V		V	V	V	
מאפייני המורים	V	V			V	V		
מאפייני התלמידים	V				V			
תצפיות	5,439	5,750	5,750	5,750				

הערות: רגרסיות אלה בוחנות את ההשפעות ארוכות-טווח של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים. המשתנים התלויים הם: פנאל א: ההסתברות שתלמיד ימשיכו ללימודים על-תיכוניים עד שש שנים לאחר סיום התיכון; פנאל ב: ההסתברות להירשם ללימודים באוניברסיטת מחקר; פנאל ג: ההסתברות ללימודים על-תיכוניים באחד ממקצועות ה-STEM כתחום עיקרי (מתמטיקה, סטטיסטיקה, ביולוגיה, הנדסה ורפואה) (פנאל ג). מעקב אחר התלמידים עד שש שנים לאחר סיום התיכון אילץ אותנו לכלול רק את שנות המדגם 2012-2014, ולכן מספר התצפיות ברגרסיות אלה קטן יותר. המשתנים המסבירים זהים לאלה המוצגים שבלוח 3. בעמודות 1-4, המשתנים המסבירים נכללים בנפרד ברגרסיה, ואילו בעמודות 5-8 המשתנים נכללים ביחד באותה רגרסיה. עמודות 1 ו-5 מציגות רגרסיות OLS פשוטות. עמודות 2 ו-6 מוסיפות בקורות עבור האפקטים הקבועים של היישוב שבו נמצא בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות. עמודות 3 ו-7 מוסיפות את מאפייני המורים, ועמודות 4 ו-8 מוסיפות גם את מאפייני התלמידים. מאפייני התלמידים והמורים שנכללו זהים לאלה שבלוח 3. מספר התצפיות משתנה במעט בין הרגרסיות הנפרדות בעמודות 1-4, אך אינו נמוך יותר ממספר התצפיות ברגרסיה המשותפת המקבילה (עמודות 5-8).

טעויות התקן מוצגות בסוגריים ומקובצות לפי ת"ז של המורה. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

מהפרשנות של תוצאות אלה עולה כי לכישורים הקוגניטיביים של המורים יש השפעות מובהקות ומרחיקות לכת על משתני תוצאה ארוכי-טווח. חשיפה למורה בעל השכלה אקדמית מתקדמת (תואר שני או דוקטורט), בהשוואה למורה בעל השכלה אקדמית נמוכה יותר, מגדילה את ההסתברות שהתלמיד ילמד STEM כמקצוע עיקרי ב-3.3 נקודות אחוז. יתרה מכך, חשיפה למורה שציוניו בבגרות במתמטיקה גבוהים מן הממוצע בסטיית תקן אחת, בהשוואה למורה עם ציון ממוצע, מחזקת הן את איכות הלימודים והן את תחום הלימודים במוסד להשכלה על-תיכונית. היא מגבירה את ההסתברות ללמוד באוניברסיטת מחקר ב-5.1 נקודות אחוז ואת ההסתברות לבחור אחד ממקצועות ה-STEM כמקצוע עיקרי ב-4.1 נקודות אחוז. בדומה, חשיפה למורים שציוניהם בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית גבוהים מן הממוצע בסטיית תקן אחת, בהשוואה למורה עם ציון ממוצע, מגדילה את משתני התוצאה ארוכי-טווח ב-3.1 ו-2.6 נקודות אחוז בהתאמה. עם זאת, השפעות אלה מובהקות רק לפי הרגרסיות הנפרדות.³⁵

4.3 השוואת התוצאות לספרות

הספרות הקיימת מזהה באופן עקבי מדדים שונים של כישורים קוגניטיביים של מורים ואת השפעתם על הישגי התלמידים. מדדים אלה מתמקדים לעיתים במיומנויות הניתנות לסיווג כמיומנויות נרכשות כלליות יותר או ולעיתים כמיומנויות המתמקדות באופן ספציפי יותר במתמטיקה. יכולות מולדות משתקפות לרוב במבחנים הפסיכומטריים, בבחינות כניסה לקולג' ובבחינות לרישוי מקצועי, בעוד שיכולות נרכשות כוללות גורמים כמו שנות ניסיון ורקע אקדמי. המחקר מראה באופן כללי כי הקשר בין כישורים קוגניטיביים מולדים של מורים לבין הישגי תלמידיהם נוטה להיות יציב יותר.

לדוגמה, מחקרים מוצאים כי גידול של סטיית תקן אחת בציוני המורים בבחינות רישוי להוראה קשור לעלייה בציוני המתמטיקה של תלמידיהם, מ-0.012 סטיות תקן בקרב תלמידי כיתה ה' (Clotfelter et al., 2006) ועד 0.033 סטיות תקן בקרב תלמידי חטיבת הביניים (Goldhaber et al., 2017), וכן לעלייה של 0.047 ו-0.016 סטיות תקן במקצועות המתמטיקה והביולוגיה, בהתאמה, בקרב תלמידי תיכון (Clotfelter et al., 2010). (Clotfelter et al., 2010) מצאו גם כי הסמכה ייעודית במקצוע שבו מלמד המורה יש לה השפעה חיובית וחזקה יותר על ציוני תלמידיו בבחינות הגמר (0.07 סטיות תקן) בהשוואה להסמכה במקצוע קרוב (0.05 סטיות תקן). ברמה הכוללת, סדר הגודל של האומדן קצר-הטווח שלנו עבור השפעת ציוני המורים בבחינת הבגרות במתמטיקה גבוה במקצת מזה שנמצא בספרות (0.08),

³⁵ ממצאים אלה תואמים במידה רבה את אלה המוצגים בלוח נספח א3, המראה את ההשפעות באמצעות משתנים בינאריים של כישורי המורים בספציפיקציה המועדפת. התוצאות מובהקות סטטיסטית בעיקר עבור איכות ההשכלה ותחום הלימודים במוסד העל-תיכוני. חשיפה למורה עם ציון גבוה יותר בבחינת הבגרות במתמטיקה בהשוואה למורה עם ציון נמוך יותר מגדילה את משתני התוצאה הללו ב-5.6 ו-3.8 נקודות אחוז בהתאמה. לעומת זאת, חשיפה למורה עם ציון גבוה מהחציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית בהשוואה למורה עם ציון נמוך יותר, אינה מניבה הבדלים מובהקים סטטיסטית מאפס במשתני תוצאה ארוכי-טווח אלה.

(SE=0.03). אומנם אין מדובר בשפעה חזקה במיוחד, בהתחשב בגודל ההשפעות של התערבויות אחרות, אך עדיין מדובר בהשפעה בעלת חשיבות כלכלית משמעותית.

לעומת זאת, הראיות באשר לידע כללי נרכש ולניסיון רחב יותר כמו רקע אקדמי ושנות ניסיון הן מעורבות יותר. בשעה שמחקרים רבים לא מצאו קשר משמעותי בין רקע אקדמי גבוה יותר לשיפור בהישגי התלמידים, המשתנה של שנות הניסיון בהוראה נמצא שוב ושוב כמתואמות חיובית עם הישגי התלמידים. לדוגמה, (Clotfelter et al., 2010) מצאו כי להשכלה אקדמית מתקדמת של המורה (תואר שני או דוקטורט) לא היה קשר חזק יותר לציוני בחינות הגמר לעומת היעדרה, בשעה ששנות הניסיון היו קשורות חיובית למשתני התוצאה.³⁶ התוצאות שלנו מבליטות את חשיבות ציוני הבגרות של המורים במתמטיקה בהשוואה לכישורים קוגניטיביים אחרים, הן עבור משתני תוצאה לימודיים בטווח הקצר והן בטווח הארוך³⁷. עם זאת, נראה כי מספר משתני תוצאה לימודיים ארוכי-טווח מושפעים גם מכישורים קוגניטיביים נוספים של המורים. למיטב ידיעתנו, הספרות הקיימת מתמקדת בעיקר בהשפעות קצרות-הטווח של איכות המורים על הישגי תלמידיהם, ולכן מספקת כמות מצומצמת יחסית של תוצאות להשוואה למשתני תוצאה ארוכי-טווח. ואולם, העובדה שהתוצאות שלנו עבור הטווח הארוך עמידות כמו אלה של הטווח הקצר, מצביעה על מנגנוני רקע בסיסיים שבאמצעותם הכישורים הקוגניטיביים של המורים משפיעים על התלמידים.

הספרות מציעה שני נתיבים כלליים עיקריים שבאמצעותם מורים בעלי כישורים קוגניטיביים גבוהים מייצרים הישגים גבוהים יותר בקרב תלמידיהם. קטגוריה אחת של הסברים כרוכה במה שניתן לכנות השפעות "אקטיביות" של המורים, כאשר האינטראקציות של המורים עם תלמידיהם והתנהגויות הוראה מפורשות מגבירות את הלמידה ואת הישגי התלמידים. ההנחה היא כי מורים בעלי כישורים קוגניטיביים גבוהים יותר יהיו אפקטיביים יותר בהוראת מקצועות מורכבים וביצירת סביבות למידה תומכות (Rivkin and Hanushek, 2005 ;Rockoff, 2004).

קטגוריה שנייה של הסברים מצביעה על השפעות "פסיביות" של המורים, כאשר השפעות אלה נובעות מתכונות המורה עצמו ולא מהתנהגויות מפורשות. דוגמאות לכך כוללות השפעות של 'מודל לחיקוי' או של איום סטריאטיפי, כאשר נוכחות של תכונות מסוימות במורה משפיעה על המוטיבציה

³⁶ אף שהמדגם שלנו מורכב ממורים צעירים יחסית, ההשפעה הנאמדת של שנת ניסיון אחת ברגרסיית הספציפיקציה המועדפת שלנו היא חיובית ומובהקת (SE=0.008, 0.023). תוצאה זו דומה בגודל ההשפעה לממצאים המופיעים בספרות, כאשר 21-27 שנות ניסיון לעומת היעדר ניסיון כלל נמצאו קשורות לגידול של 0.09 סטיות תקן בציוני התלמידים בביתה ה' במתמטיקה ובקריאה (Clotfelter et al., 2006), ולגידול של 0.063 סטיות תקן בבחינות הגמר בקרב תלמידי תיכון (Clotfelter et al., 2010).

³⁷ אנו מניחים שהציונים בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית מייצגים במידה מסוימת כישורים מתמטיים מולדים, יותר מאשר המדד של תואר אקדמי מתקדם במקצוע מדעי. מרבית הספרות בתחום הכלכלי מתייחסת לסוג זה של מבחן אינטליגנציה כמדד לכישורים מולדים יותר מאשר נרכשים, אם כי מספר עבודות מהשנים האחרונות הדגישו כי הגבול בין כישורים מולדים לנרכשים מטושטש פעמים רבות, וכי כל מבחן יכול להיות מושפע מריבוי של גורמים (לדוגמה, Jacob Friedman-Sokuler and Justman, 2024 ;and Rothstein, 2016).

הלימודית של התלמידים ועל הציפיות שלהם (Gershenson et al., ;Bettinger and Long, 2005). (2022).

ממצאינו, המצביעים על השפעות מובהקות של הכישורים הקוגניטיביים של המורים בטווח הקצר והארוך, מצביעים על האפשרות ששני המנגנונים הבסיסיים הללו ממלאים תפקיד. קרוב לוודאי שהכישורים הקוגניטיביים של המורים משפיעים השפעה ישירה בטווח הקצר על הישגי התלמידים באמצעות פרקטיקות הוראה אפקטיביות יותר, ובנוסף מייצרים השפעה ארוכת-טווח דרך הערוץ של 'מודל לחיקוי', המגביר את המוטיבציה של התלמידים ואת נטייתם לבחור במקצועות STEM בלימודיהם במוסד להשכלה על-תיכוני.

4.4 תוצאות מאסטרטגיית אמידה חלופית

אנו מציגים את התוצאות משתי שיטות של אמידת PSM: התאמה מבוססת גרעין (KBM- Kernel based matching) והתאמה לשכן הקרוב ביותר (Nearest Neighbor Matching- NNM). לוח 5 מדווח על השפעותיהם של שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים בטווח הקצר והארוך כאחד: ציוני התלמידים בבחינות הבגרות במדעים (עמודות 1 ו-2); ההסתברות להתחיל לימודים במוסדות השכלה על-תיכונית עד שש שנים מסיום התיכון (עמודות 3 ו-4); איכות ההשכלה העל-תיכונית (האם מדובר באוניברסיטת מחקר) (עמודות 5 ו-6); ותחום הלימודים במוסד העל-תיכוני (האם נבחר מקצוע STEM כמקצוע עיקרי) (עמודות 7 ו-8). אנו מדווחים על האומדנים מתוך רגרסיות הכוללות את שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים בנפרד, תוך בקורות עבור אפקטים קבועים של שנה, מקצוע, אזור גיאוגרפי ואשכול חברתי-כלכלי, וכן בקורות נוספות עבור מאפייני התלמידים והמורים.³⁸

³⁸ איננו כוללים את כל שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים יחד באותה רגרסיה, מאחר שהליך ה- PSM בהגדרתו, מאפשר קבוצה מטופלת אחת וקבוצת ביקורת אחת לכל מדד כישורים קוגניטיביים.

לוח 5: השפעות קצרות-טווח וארוכות-טווח של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים – ניתוח PSM

תחום הלימודים במוסד להשכלה על-תיכונית		איכות ההשכלה העל-תיכונית		השכלה על-תיכונית		בגרות במדעים ציון במבחן		
NNM	KBM	NNM	KBM	NNM	KBM	NNM	KBM	
(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	
0.000	0.012	0.019	0.018	0.020	0.022	0.064***	0.066***	תואר אקדמי מתקדם
(0.023)	(0.015)	(0.023)	(0.016)	(0.025)	(0.019)	(0.023)	(0.018)	
0.073***	0.047**	0.107***	0.102***	0.034	0.015	0.061***	0.077***	ציון בחינת הבגרות במתמטיקה
(0.026)	(0.022)	(0.028)	(0.025)	(0.029)	(0.034)	(0.027)	(0.022)	$I(x) = [x > med\{X\}]$
0.047**	0.066***	0.027	0.005	0.010	0.005	0.099***	0.107***	ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית
(0.023)	(0.022)	(0.026)	(0.023)	(0.027)	(0.030)	(0.037)	(0.028)	$I(x) = [x > med\{X\}]$
V	V	V	V	V	V	V	V	FE של שנת הלימודים
V	V	V	V	V	V	V	V	FE של מקצוע הבגרות
V	V	V	V	V	V	V	V	אפקט קבוע של המחוז שבו נמצא היישוב
V	V	V	V	V	V	V	V	אפקט קבוע של האשכול החברתי-כלכלי של היישוב
V	V	V	V	V	V	V	V	מאפייני המורים
V	V	V	V	V	V	V	V	מאפייני התלמידים
כן		כן		כן		כן		הוחל תנאי טווח החפיפה

הערות:

לוח זה מציג את התוצאות המרכזיות מהניתוח בשיטת התאמת ציון הנטייה – PSM. השתמשנו בשתי שיטות התאמה – התאמה מבוססת-גרעין (KBM), והתאמה לשכן הקרוב ביותר (NNM) עם 3 השכנים הקרובים ביותר. משיקולי עלות-תועלת, תהליך ה- bootstrap (500 חזרות) יושם רק עבור ספציפיקציות NNM, ואנו מציגים את טעויות התקן שעברו bootstrap רק עבור אותן ספציפיקציות (עמודות זוגיות). המשתנה התלויים: בטווח הקצר – ציוני תלמידים בבחינות הבגרות במדעים (כמו בלוח 3, עמודות 2-1). בטווח הארוך: ההסתברות להכנס ללימודים על-תיכוניים עד שש שנים לאחר סיום התיכון (עמודות 4-3); ההסתברות ללימודים באוניברסיטת מחקר (עמודות 6-5); ההסתברות ללימודים על-תיכוניים במקצוע STEM עיקרי (עמודות 8-7). המשתנים המסבירים: שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים (כמו בלוחות 3 ו-4). ציוני הבגרות במתמטיקה והציון בחלק הכמותי בבחינה הפסיכומטרית מוגדרים כאן כמשתני דמי: 1 אם הציון של המורה שווה או גבוה מהחציון במדגם המורים, ו-0 אם הוא נמוך ממנו (שורות 2 ו-3). בכל העמודות, המשתנים המסבירים נכללים בנפרד וכוללים בקרות עבור: אפקטים קבועים של מחוז היישוב, אשכול חברתי-כלכלי של היישוב, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות, מאפייני תלמידים ומורים – זהים לאלה שבלוחות 3 ו-4. בכל הספציפיקציות הוחל תנאי טווח חפיפה (common support).

טעויות התקן מופיעות בסוגריים. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

בעמודות 1 ו-2 אנו מציגים את התוצאות עבור השפעות קצרות הטווח. כל שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים מראים השפעות חיוביות ומובהקות סטטיסטית (התוצאות מוצגות עבור KBM): חשיפה למורה בעל תואר אקדמי מתקדם ($SE=0.018, 0.066$), חשיפה למורה עם ציונים גבוהים מהחציון בבחינת הבגרות במתמטיקה ($SE=0.022, 0.077$), וחשיפה למורה עם ציונים גבוהים מהחציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית ($SE=0.025, 0.084$). נמצאו תוצאות דומות גם בשימוש ב-NNM. סדרי הגודל של ההשפעות הללו מעט גדולים יותר וכולן מובהקות בהשוואה לאסטרטגיית האפקטים הקבועים של יישוב בית הספר, ובמיוחד ניכרת השפעת ציוני המורים בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית, אשר לפי אסטרטגיית האפקטים הקבועים הייתה למעשה אפסית (השוואת התוצאות לאלה של הייצוג הבינארי של מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים שדווחו בלוח נספח א3: $SE=0.018, 0.066$ לעומת $SE=0.045, 0.038$ עבור מדד התואר האקדמי, $SE=0.022, 0.077$ לעומת $SE=0.044, 0.068$ עבור מדד ציון הבגרות במתמטיקה, ו- $SE=0.028, 0.107$ לעומת $SE=0.05, 0.009$ עבור מדד הציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית, בהתאמה).

עמודות 3 ו-8 מציגות את ההשפעות ארוכות-הטווח של שלושת המדדים. ההשפעות הנאמדות על ההסתברות להמשיך לימודים במוסדות על-תיכוניים הן קטנות ואינן מובהקות בשתי אסטרטגיות האמידה – PSM ואפקטים קבועים ברמת היישוב. עם זאת, עבור איכות ההשכלה ובחירת תחום הלימודים במוסד העל-תיכוני, ציוני הבגרות במתמטיקה של המורים ממשיכים להיות המדד המשפיע ביותר גם לפי אסטרטגיית אמידה זו. תוצאות אלה מתיישבות היטב עם אלה שמתקבלות באסטרטגיית האפקטים הקבועים (לוח נספח א3), אם כי סדרי הגודל של ההשפעה שוב גדולים יותר באמידת PSM ($SE=0.025, 0.056$ לעומת $SE=0.026, 0.047$ עבור איכות, ו- $SE=0.022, 0.038$ לעומת $SE=0.021, 0.038$ עבור תחום הלימודים ב-PSM ובאפקטים קבועים בהתאמה). ההשפעות הנאמדות של מדד התואר האקדמי של המורים על תחום הלימודים אינן מובהקות, כמו באסטרטגיית האפקטים הקבועים, אך ההשפעות של ציוני המורים בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית שונות באופן מובהק מאפס ($SE=0.022, 0.009$ לעומת $SE=0.024$, בהתאמה).

כאמור, השימוש ב-PSM מאפשר לנו להשוות בין תלמידים דומים מאוד במאפייניהם הנצפים, ואילו השימוש באפקטים קבועים של היישוב מאפשר לנו לפקח על מאפיינים בלתי נצפים ברמת היישוב. העקביות בתוצאות שהתקבלו משתי השיטות משמשת כמבחן עמידות נוסף עבור הספציפיקציה הראשית, ומחזקת את ההשערה כי כל הטיה פוטנציאלית הנובעת מאנדוגניות שמקורה במאפיינים בלתי נצפים, כמו גם מהתמיינות תלמידים למורים, היא מוגבלת בהיקפה.

4.5 מבחני עמידות

בהתאם לדיונים בספרות המחקרית על השפעת תכונות המורים על משתני התוצאה הלימודיים של התלמידים, מתעוררים חששות לגבי מיון התלמידים למורים ולבתי ספר, דבר המסבך את היכולת לזהות

קשרים סיבתיים. מורים בעלי כישורים חזקים יותר מלמדים לרוב תלמידים אמידים יותר, תופעה שעשויה להתרחש לא רק בתוך יישובים אלא גם בתוך בתי ספר ואף בין כיתות. במחקר שלנו, התלמידים יכולים להתמין לא רק לבתי ספר אלא גם למקצועות לימוד בהתאם לכישורים של המורים.

עד כה, עמידות התוצאות שלנו להכללת מאפייני התלמידים ברגסיה המפקחת על האפקטים הקבועים של היישובים מצביעה על מתאם נמוך בין מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים לבין המאפיינים הנצפים של התלמידים בתוך אותו יישוב. בנוסף, ממצאינו מראים הלימה בין האסטרטגיה של אפקטים קבועים לבין זו של ההתאמה לפי ציוני היתכנות (PSM), כאשר PSM מזווג תלמידים על בסיס משתנים נצפים כדי לבדוק הבדלים במשתני התוצאה בין אלה שהוקצו למורים בעלי כישורים קוגניטיביים גבוהים לעומת אלה שהוקצו למורים עם כישורים נמוכים יותר.

אנו מציגים כעת מבחני רגישות נוספים התומכים באסטרטגיות הזיהוי שלנו. ראשית, התוצאות נותרות עמידות כאשר מפקחים על הישגים קודמים של התלמידים, קרי ציוני מיצ"ב מהכיתות הנמוכות (ח' וה'). שנית, כדי להעריך את המידה שבה מיון תלמידים אמידים יותר למורים בעלי כישורים גבוהים יותר עשויה להשפיע על התוצאות, אנו מפקחים על מספר מדדי איכות ברמת בית הספר. שליטת, במענה לחשש כי התלמידים עשויים לבחור במסלול מוגבר על סמך כישורי המורה שלהם, אנו מראים כי כישורים קוגניטיביים גבוהים יותר של המורים אינם מעלים את ההסתברות שהתלמידים יבחרו ללמוד את המקצוע. לסיום, אנו בוחנים גם את ההשערה שלפיה שונות בתכונות הכיתה, המשפיעות על סביבת הלמידה, בתוך היישוב ולאורך זמן, עשויות להטות את תוצאותינו.

ההשפעות הנאמדות של שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני התוצאה הלימודיים בטווח הקצר והארוך, לפי הספציפיקציה המועדפת ובפיקוח נוסף על ציוני המיצ"ב של התלמידים³⁹, מוצגות בלוח נספח א7. חשוב לציין כי ההשפעות הנאמדות, שהיו חיוביות ומובהקות בלוחות 3 ו-4, נותרות מובהקות גם לאחר שמביאים בחשבון את הציונים הקודמים, עם ירידה קלה בלבד בסדרי הגודל. בטווח הקצר, ההשפעה הנאמדת של ציוני הבגרות במתמטיקה של המורים פוחתת במקצת אך ממשיכה להיות מדד הכישורים הקוגניטיביים היחיד שנותר מובהק ($SE=0.028$, 0.054), לעומת ($SE=0.028$, 0.078). עמידות התוצאות ניכרת גם בשלבי ההשכלה המאוחרים יותר, עם דומיננטיות של מדד ציוני המורים בבחינת הבגרות במתמטיקה ($SE=0.02$, 0.044) לעומת ($SE=0.051$, 0.021) עבור איכות הלימודים; $SE=0.013$, 0.043 לעומת $SE=0.014$, 0.041 עבור תחום הלימודים). ההשפעה של מדד התואר האקדמי של המורים על תחום הלימודים חדלה להיות מובהקת, אך ההשפעות הנאמדות של ציוני המורים בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית נותרות זהות לאלה שבלוח 4 ($SE=0.012$, 0.026).

³⁹ איננו מפקחים על ציוני המיצ"ב של התלמידים בספציפיקציה העיקרית כדי לשמור על מדגם גדול ככל האפשר, שכן נתונים אלה חסרים עבור כ-18% מהתצפיות.

בנוסף, גם התוצאות משני שיטות ה-PSM (לוח נספח 8) מגלות עמידות להכללת ציוני המיצ"ב של התלמידים, מה שמצביע שוב על הטיה מוגבלת של המשתנים החסרים עקב המתאמים בין מאפיינים בלתי נצפים של התלמידים למדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים.

כאשר מפקחים על מספר מדדי איכות ברמת בית הספר בספציפיקציה המועדפת, כמו שיעור המורים המחזיקים בתואר אקדמי מתקדם בבית הספר ורמת ההכנסה הממוצעת של כלל ההורים (או לחילופין ממוצע שנות ההשכלה של כלל ההורים), ההשפעות הנאמדות של שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני התוצאה הלימודיים בטווח הקצר והארוך מוצגות בלוחות נספח 9 ו-10, בהתאמה. כפי שדווח, ההשפעות הנאמדות דומות מאוד לאלה המוצגות בלוחות 3 ו-4. ההבדל היחיד הראוי לציון הוא שההשפעות הנאמדות של ציוני הבגרות במתמטיקה בטווח הקצר נמוכות במעט כאשר מפקחים על הכנסה משפחתית ממוצעת של תלמידי בית הספר, אף כי הן עדיין מובהקות (0.055), $SE=0.03$, לעומת $SE=0.078$, $SE=0.028$ בלוח 3). כאשר מחליפים את משתנה הכנסה הממוצעת במשתנה של ממוצע שנות ההשכלה של הורי התלמידים, התוצאות כמעט זהות לחלוטין, מה שתומך בטענה כי התמיינות התלמידים לבתי ספר איכותיים יותר והשפעתו האפשרית על התוצאות הוא מצומצם.

במענה לחשש שהתלמידים עשויים לבחור במסלולים מוגברים על סמך כישורי מוריהם, לוח נספח 11 בוחן את המתאם בין ההסתברות שהתלמידים יבחרו במקצוע מדעי מוגבר לבגרות לבין הכישורים הקוגניטיביים של המורים.⁴⁰ ממצאי כל ארבע הספציפיקציות, רגרסיות OLS וכן רגרסיות נוספות המפקחות על אפקטים קבועים של היישוב, השנה והמקצוע, ועל מאפייני המורים והתלמידים, אינם מצביעים על מתאם מובהק בין כישורי המורים לבין ההסתברות של תלמידים לבחור במסלולים מוגבר יסבמדעים. מכאן שכישורים קוגניטיביים של המורים אינם מהווים גורם מכריע בהחלטות התלמידים לגבי בחירה במסלולים מוגברים, אך הם כן מתבטאים בהישגי התלמידים במבחנים ובמשתני תוצאה לימודיים בטווח הארוך.

לסיום, לוחות נספח 13 ו 14 מדווחים על תוצאות מן הספציפיקציה המועדפת כאשר מפקחים על שני משתנים נוספים הקשורים לסביבת הלמידה, העלולים לשבש את התוצאות: גודל הכיתה ושעות ההוראה (הנמדדות במונחי משרה מלאה (FTE)). משתנים אלה משתנים בין יישובים ובתוך יישובים עקב

⁴⁰ כמבחן עמידות, מאחר שאין ברשותנו את שיעורי הקבלה של התלמידים למסלולים מוגברים, אלא רק נתונים על תלמידים שנבחנו בבחינת הבגרות (או בחלק מיחידות הבחינה), בדקנו גם את המתאם בין כישורים המורים לבין ההסתברות של התלמידים להיבחן בבחינת הגמר במספר יחידות כלשהו, כמדד עקיף לשיעורי קבלה. לוח נספח 12, מציג את ההשפעות הנאמדות על ההסתברות ללמוד מקצוע מדעי מוגבר בכל רמה, על בסיס מספציפיקציות דומות, ומראה שכל האומדנים אינם שונים במובהק מאפס.

כללי תקצוב⁴¹, קריטריונים למימון תחומי STEM⁴², וזמינות של מורים למדעים.⁴³ רפורמות כגון תוכנית העתודה המדעית-טכנולוגית והתוכנית הלאומית לחיזוק לימודי המתמטיקה עשויות אף הן להשפיע על משתנים אלה לאורך זמן. למרות המתאמים הפוטנציאליים בין משתנים אלו לבין עם הכישורים הקוגניטיביים של המורים ומשתני התוצאה הלימודיים, ההשפעות הנאמדות של מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני התוצאה בטווח הקצר והארוך, לאחר פיקוח עליהם, שונות רק באופן שולי מאלה שדווחו בלוחות 3 ו-4. עקביות זו מספקת תמיכה נוספת לאסטרטגיית הזיהוי שלנו.

4.6 השפעות טיפול הטרונות של מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים

כדי לקבל תובנה נוספת לגבי השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על הצלחת התלמידים בלימודים, אנו בוחנים השפעות הטרונות במספר ממדים. בלוח 6 ובלוח 7, אנו מציגים את ההשפעות הנאמדות של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ציוני הבחינות עבור מאפיינים שונים של תלמידים ובתי ספר, בהתבסס על אינטראקציה בין כל אחד מדדי הכישורים הקוגניטיביים של מורים לבין מאפייני תלמידים וכל בית ספר.⁴⁴ אנו מתמקדים במשתני תוצאה לימודיים בטווח הקצר, כלומר ציוני התלמידים בבחינת הבגרות במדעים. מוצגים אומדנים עבור הספציפיקציה שבה שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים נכללו בנפרד ברגסיות.⁴⁵ אנו משתמשים בספציפיקציה המועדפת, הכוללת אפקטים קבועים של שנה, מקצוע ויישוב, כמו גם את מאפייני תלמידים ומורים.

עמודות 1 ו-2 בלוח 6 מציגות את ההשפעות הנאמדות לפי ציוני המיצ"ב של התלמידים בכיתות הנמוכות – גבוהים או נמוכים מן החציון במדגם שלנו. עמודות 3 ו-4 מציגות את ההשפעות לפי המיקום הגיאוגרפי של בית הספר – מרכז לעומת פריפריה. עמודות 5 ו-6 מציגות את ההשפעות לפי האשכול החברתי-כלכלי של היישוב שבו נמצא בית הספר – גבוה או נמוך מהחציון במדגם בתי הספר שלנו. עמודות 7 ו-8 מציגות את ההשפעות הנאמדות לפי המגזר של בית הספר – יהודי לעומת ערבי. עמודות 9 ו-10 מציגות את ההשפעות הנאמדות לפי רמת הדתיות של בית הספר בקרב המגזר היהודי – בתי ספר חילוניים לעומת דתיים.

⁴¹ למידע נוסף על כללי התקצוב שלפיהם מוקצות שעות הוראה, ראו: משרד החינוך ומשרד האוצר 2014 דו"ח הצוות הבין-משרדי לצמצום פערים בתקצוב מערכת החינוך:

https://meyda.education.gov.il/files/MinhalCalcala/Doh_benmisradi_zimzumpearim.pdf

⁴² לדוגמה, ראו גם: פערים בהוראת מקצועות הפיזיקה והמתמטיקה בהיבטים נבחרים (מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 2022).

⁴³ דיווחי מנהלי בתי ספר על המחסור במורים משתנים בין אזורים גיאוגרפיים ובין רמות שונות של מדד הטיפוח (מרכז המחקר והמידע של הכנסת (2023): מחסור במורים – סקירה:

https://fs.knesset.gov.il/globaldocs/MMM/09f3dfaf-607c-ed11-8150-005056aac6c3/2_09f3dfaf-607c-ed11-8150-005056aac6c3_11_19858.pdf

⁴⁴ אמידה נפרדת של המשוואה עבור כל תת-קבוצה של באוכלוסייה מניבה תוצאות כמעט זהות לאלה שהתקבלו מרגרסיה יחידה שכללה אינטראקציות בין מדדי הכישורים הקוגניטיביים לבין מגדר התלמיד/מורה.

⁴⁵ התוצאות של הספציפיקציה שבה שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים נכללו במשותף באותה רגרסיה דומות וניתן לקבלן מהמחברים לפי בקשה.

העדויות האמפיריות מצביעות על כך שתלמידים בעלי יכולות גבוהות יותר מפיקים יותר תועלת רבה יותר ממורים בעלי כישורים קוגניטיביים גבוהים של המורים. באשר לרקע החברתי-כלכלי של התלמידים, הממצאים מעורבים יותר ותלויי שלב במערכת החינוך. לפי הספרות, יש לכך מספר הסברים. לדוגמה, מורים בעלי כישורים קוגניטיביים גבוהים מנצלים משאבים באופן יעיל יותר כדי לשפר את תוצאות הלמידה (Chetty et al. 2014), ומשתמשים בשיטות הוראה מתקדמות, מה שמועיל במיוחד לתלמידים בעלי הישגים גבוהים ומוכשרים יותר (Hanushek and Rivkin 2012). (Clotfelter et al. (2006) מצאו כי מורים בעלי כישורים מתמטיים חזקים יותר מייצרים השפעות חיוביות גדולות יותר בקרב תלמידים מקהילות חזקות יחסית. באופן דומה, Grönqvist & Vlachos (2016) מצאו כי השפעת הכישורים הקוגניטיביים של המורים גדולה יותר על תלמידים בעלי יכולות גבוהות (הנמדדים לפי ממוצע הציונים) לעומת בעלי יכולות נמוכות יותר. (Bientenbeck et al. (2016) הראו כי ההשפעות של ידע מקצוע-ספציפי של המורים קטנות יותר עבור תלמידים ללא גישה לספרי לימוד ולבתי ספר עם תשתיות חלשות יותר. למרות זאת, מחקרים אחרים שהתבססו על מודלי ערך מוסף של מורים מראים בשלבים המוקדמים של מערכת החינוך חשובה במיוחד עבור תלמידים בעלי יכולות נמוכות (Barrow, Aaronson, ו-USDoe, 2013; Sander, 2007).

הממצאים שלנו מראים דפוסים דומים של השפעות הטרוגניות של הכישורי הקוגניטיביים של המורים עם רמות הישגים קודמות שונות. לפי עמודות 1-2, ההשפעות הנאמדות עבור רוב מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים גבוהות יותר בקרב תלמידים עם ציוני מיצ"ב טובים יותר. ההשפעה הנאמדת של ציוני המורים בבגרות במתמטיקה חזקה ומובהקת סטטיסטית עבור תלמידים בעלי הישגים גבוהים לעומת תלמידים אחרים (0.087, SE=0.03, ו-0.021, SE=0.006, בהתאמה, p-value=0.02). עם זאת, ההשפעות ההטרוגניות לפי אזורים גיאוגרפיים ואשכולות חברתיים-כלכליים של בתי הספר אינן שונות סטטיסטית בין הקבוצות (עמודות 3-4 ו-5-6, בהתאמה). ההשפעה הנאמדת של ציוני המורים בבגרות במתמטיקה חזקה מעט יותר עבור תלמידים מהפריפריה לעומת מקביליהם (0.088, SE=0.04, ו-0.066, SE=0.04, בהתאמה), וכן לתלמידים מבתי ספר באשכולות חברתיים-כלכליים גבוהים (0.094, SE=0.04, ו-0.058, SE=0.04, בהתאמה).⁴⁶

⁴⁶ שימוש בהגדרות חלופיות של רמות כישורים גבוהות לעומת נמוכות ושל אשכולות חברתיים-כלכליים גבוהים לעומת נמוכים – למשל באמצעות חציון כלל התלמידים ובתי הספר במקום חציוני המדגם – אינו משפיע על התוצאות. כך גם שינוי ההגדרה של אזורים גיאוגרפיים מרכז לעומת פריפריה. החריג היחיד הוא החרגת מחוז חיפה, שמתחזקת את המובהקות הסטטיסטית של ההשפעה הנאמדת של התארים האקדמיים של המורים, והופכת אותה לבולטת יותר עבור תלמידים בבתי ספר במרכז הארץ (מחוזות מרכז, תל אביב וירושלים) בהשוואה לתלמידי הפריפריה.

לוח 6: השפעות קצרות-טווח של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ציוני התלמידים בבחינות הבגרות במדעים, לפי תתי-קבוצות של תלמידים ובתי ספר

דתיות בית הספר היהודי		מגזר התלמידים		האשכול החברתי- כלכלי של היישוב שבו נמצא בית הספר		אזור בית הספר		יכולות התלמידים		
חילוני	דתי	יהודים	ערבים	אשכול נמוך	אשכול גבוה	פריפריה	מרכז	יכולות נמוכות	יכולות גבוהות	
(10)	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	
-0.057 (0.08)	-0.052 (0.07)	-0.024 (0.06)	0.075 (0.06)	0.058 (0.08)	0.028 (0.05)	0.038 (0.05)	0.039 (0.08)	-0.019 (0.06)	0.015 (0.05)	תואר אקדמי מתקדם
0.082* (0.04)	0.115** (0.06)	0.067 (0.04)	0.084** (0.03)	0.058 (0.04)	0.094*** (0.04)	0.088** (0.04)	0.066* (0.04)	0.021 (0.03)	0.087*** (0.03)	ציון בחינת הבגרות במתמטיקה
0.047 (0.04)	0.064 (0.05)	-0.001 (0.04)	0.026 (0.03)	0.019 (0.04)	0.022 (0.04)	0.026 (0.04)	0.006 (0.04)	0.006 (0.04)	-0.002 (0.03)	ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית
V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	FE של שנת הלימודים
V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	FE של מקצוע הבגרות
V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	FE של היישוב שבו נמצא בית הספר
V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	מאפייני המורים
V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	מאפייני התלמידים

הערות:

רגרסיות אלה בוחנות את ההשפעות ההטרוגניות קצרות-טווח של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ציוני התלמידים בבחינות הבגרות במדעים, עבור תתי-קבוצות שונות של תלמידים ובתי ספר. המשתנה התלוי: ציוני הבגרות של התלמידים בביוגיה, פיזיקה, כימיה ומדעי המחשב. המשתנים המסבירים: שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים, כפי שמוגדר בלוחות 3 ו-4. פירוט לפי עמודות: עמודות 1-2: השפעות לפי יכולות התלמיד (יכולות גבוהות מוגדרות כציון חציוני או גבוה ממנו במבחן מיצ"ב קודם); עמודות 3-4: השפעות לפי מיקום גיאוגרפי של בית הספר (פריפריה מול מרכז); עמודות 5-6: השפעות לפי הרקע החברתי-כלכלי של בית הספר, על בסיס דירוג האשכול החברתי-כלכלי של יישוב בית הספר (אשכול גבוה מוגדר כאשכול חציוני ומעלה); עמודות 7-8: ההשפעות לפי מגזר התלמידים (ערבים ויהודים); עמודות 9-10: השפעות לפי דתיות בית הספר (דתי מול חילוני), מתוך בתי הספר היהודיים בלבד. בכל העמודות, המשתנים המסבירים נכנסים בנפרד וכוללים בקורות עבור האפקטים הקבועים של יישוב בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות, לצד מאפייני התלמידים והמורים (זהים לאלה שבלוחות 3 ו-4). טעויות התקן מוצגות בסוגריים ומקובצות לפי ת"ז של המורה. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

אנו בוחנים גם את השפעות הטיפול ההטרוגניות של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על בסיס רמת הדתיות והרקע המגזרי של בית הספר. אנו משערים כי ילדים מקבוצות מיעוט עשויים לסבול ממיעוט משאבים ומימון לבית הספר, וכן להיות בעלי יכולות נמוכות יותר, אף כי בבתי ספר יהודיים דתיים מוקצים לרוב יותר משאבים בהשוואה לבתי ספר יהודיים חילוניים.⁴⁷ ואולם, התוצאות המוצגות בעמודות 7-8 ו-9-10 מגלות השפעות דומות בבתי ספר מכל רקע דתי ומגזרי. כמו בלוח 3, מדד הכישורים הקוגניטיביים היחיד של המורים ששונה באופן מובהק מאפס הוא ציוני הבגרות במתמטיקה של המורים. עמודות 7 ו-8 מראות כי ציוני המורים בבגרות משפיעים באופן חיובי ומובהק הן במגזר היהודי והן במגזר הערבי, כאשר סדר הגודל של ההשפעה גדול במקצת במגזר הערבי מאשר במגזר היהודי: 0.084 (SE=0.03) לעומת 0.067 (SE=0.04), בהתאמה, אם כי ההבדל אינו מובהק סטטיסטית. במגזר היהודי, עמודות 9 ו-10 מראות כי לציוני המורים בבגרות במתמטיקה יש השפעה חזקה יותר על תלמידים יהודים דתיים בהשוואה לחילוניים: 0.115 (SE=0.06), לעומת 0.082 (SE=0.04), בהתאמה.

לסיום, אנו בוחנים את ההשפעות ההטרוגניות על בסיס מגדר התלמידים והמורים. הראיות מהספרות מובילות לרוב למסקנה כי השפעת הכישורים הקוגניטיבית של המורים על הישגי התלמידים היא אסימטרית, הן בין תלמידים לתלמידות (כאשר הבנים מושפעים יותר) והן בין מורים למורות (כאשר ההשפעות החיוביות של מורים גברים חזקות יותר) (Aronson et al. 2007; Hanushek and Rivkin 2006). חלק מהמחקרים אף טוענים כי מקור האסימטריה עשוי להיות בהתאמת מגדר בין מורה לתלמיד. לדוגמה, (Metzler and Woessmann 2012) ו-(Grönqvist and Vlachos 2015) מצאו כי השפעת הכישורים הקוגניטיביים של המורים חזקה יותר על תלמידים בני אותו מגדר בהשוואה לתלמידים בני המגדר השני.

לוח 7 בוחן את ההשפעות ההטרוגניות לפי מגדר התלמידים והמורים וכן את האינטראקציה ביניהם. עמודות 1 ו-2 מציגות את ההשפעות לפי מגדר התלמידים, באמצעות אינטראקציה בין כל מדד כישורים קוגניטיביים של המורים לבין מגדר התלמיד. עמודות 3 ו-4 מציגות את ההשפעה לפי מגדר המורים, באמצעות אינטראקציה בין כל מדד כישורים קוגניטיביים לבין מגדר המורה. עמודות 5 ו-6 מציגות את ההשפעות לפי אינטראקציה כפולה – מדד הכישורים הקוגניטיביים של המורה × מגדר התלמיד × מגדר המורה. אנו מציגים את אומדני הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני התוצאה בטווח הקצר – כלומר, ציוני התלמידים במבחני הבגרות במדעים – עבור הספציפיקציה הראשונה, שבה שלושת המדדים נכללים בנפרד בשלוש רגרסיות. אנו משתמשים בספציפיקציה המועדפת, הכוללת אפקטים קבועים של שנה, מקצוע ויישוב, כמו גם מאפייני תלמידים ומורים.

⁴⁷ למידע נוסף על כללי התקצוב הקובעים את ההקצאה של שעות הוראה, ראו דוח של משרד החינוך ומשרד האוצר 2014 על צמצום פערים בתקצוב מערכת החינוך. חלק מהפער התקציבי נובע מהכיסים ייחודיים מהמוקצים לבתי ספר ממלכתיים-דתיים, שמטרתם מימון שעות תפילה נוספות ולימודי העשרה בתרבות ישראלית (בנק ישראל 2002א).

עמודות 2-1 ו-3-4 מגלות כי למדדים שונים של כישורים קוגניטיביים יש השפעות מנוגדות ביחס למגדרי התלמידים והמורים. תלמידות נוטות להיות מושפעות יותר מהתארים האקדמיים של המורים, אם כי ההשפעה אינה מובהקת סטטיסטית ($SE=0.05$, 0.061 , לעומת -0.002 , $SE=0.05$, p -value=0.1), בקרב מורות נשים, מדד זה מצביע על השפעות מובהקות יותר על התלמידהן בהשוואה לעמיתיהם הגברים ($SE=0.05$, 0.118 , לעומת -0.158 , $SE=0.08$, p -value=0.001).

באופן מפתיע, ציוני הבגרות במתמטיקה וציוני החלק הכמותי בבחינה הפסיכומטרית מצביעים על השפעות הפוכות. תלמידים בנים מושפעים יותר מהישגי מוריהם בבגרות במתמטיקה ($SE=0.03$, 0.063 , לעומת 0.1 , $SE=0.03$, p -value=0.1). הישגי המורים הגברים בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית משפיעים יותר על תלמידיהם מאשר הישגי המורות, אף שההבדלים אינם מובהקים סטטיסטית.⁴⁸

⁴⁸ מספר התצפיות המתאים לתת-האוכלוסיות בלוח 7: 8,401 בעמודה 5; 4,325 בעמודה 6; 2,857 בעמודה 7; ו-2,528 בעמודה 8.

לוח 7: השפעות קצרות-טווח של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ציוני התלמידים בבחינות הבגרות במדעים, לפי התאמת המגדר בין המורים לתלמידים

	מורים		מורות		מורים	מורות	תלמידים	תלמידות	
	תלמידים	תלמידות	תלמידים	תלמידות					
	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	
תואר אקדמי מתקדם	-0.171*	-0.146	0.093	0.131***	-0.158*	0.118**	-0.002	0.061	
	(0.09)	(0.09)	(0.06)	(0.05)	(0.08)	(0.05)	(0.05)	(0.05)	
ציון בחינת הבגרות במתמטיקה	0.145***	0.082	0.077**	0.052	0.113**	0.061*	0.105***	0.063**	
	(0.05)	(0.06)	(0.04)	(0.04)	(0.05)	(0.03)	(0.03)	(0.03)	
ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית	0.135***	-0.012	0.009	-0.002	0.050	0.000	0.064**	-0.005	
	(0.04)	(0.05)	(0.04)	(0.04)	(0.04)	(0.04)	(0.03)	(0.03)	
FE של שנת הלימודים	V	V	V	V	V	V	V	V	
FE של מקצוע הבגרות	V	V	V	V	V	V	V	V	
FE של היישוב שבו נמצא בית הספר	V	V	V	V	V	V	V	V	
מאפייני המורים	V	V	V	V	V	V	V	V	
מאפייני התלמידים	V	V	V	V	V	V	V	V	

הערות:

רגרסיות אלה בוחנות את ההשפעות ההטרוגניות קצרות-טווח של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ציוני התלמידים בבחינות הבגרות, לפי מגדר התלמידים, מגדא המורים והאינטראקציה ביניהם. המשתנה התלוי: ציוני בחינות הבגרות של התלמידים בביוגיה, פיזיקה, כימיה ומדעי המחשב. המשתנים המסבירים: שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים, כפי שמוגדרים בלוחות 3 ו-4. פירוט לפי עמודות: עמודות 1-2: השפעות לפי מגדר התלמידים; עמודות 3-4: השפעות לפי מגדר המורים; עמודות 5-6: ההשפעות לפי מגדר התלמידים כאשר המורה היא אישה. עמודות 7-8: השפעות לפי מגדר התלמידים כאשר המורה הוא גבר. בכל העמודות, המשתנים המסבירים נכנסים בנפרד וכוללים בקורות עבור האפקטים הקבועים של יישוב בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות, לצד מאפייני התלמידים והמורים (זהים לאלה שבלוחות 3 ו-4).

טעויות התקן מוצגות בסוגריים ומקובצות לפי ת"ז של המורה. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

הדפוסים המתקבלים עבור מגדרי המורים והתלמידים מעלים את השאלה האם הדמיון נובע מהתאמה על בסיס מגדרי בין המורה לתלמיד. ואכן, התוצאות בעמודות 5-6 מראות כי לתארים האקדמיים של מורות יש השפעה חיובית ומובהקת יותר סטטיסטית על תלמידיהן, במיוחד בקרב תלמידות ($SE=0.05$ 0.131 בקרב מורות לעומת $SE=0.09$ -0.146 בקרב מורים). ממצא הפוך מתקבל עבור ציוני המורים בבגרות במתמטיקה ובחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית, המשפיעים יותר על בנים, בעיקר כאשר המורה הוא גבר ($SE=0.04$ 0.135 בקרב מורים גברים לעומת $SE=0.04$ 0.009 בקרב מורות, עבור ציוני החלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית).

החשיבות הניכרת של התאמת המגדר בין המורים לתלמידים בהשפעת הכישורים הקוגניטיביים על הישגי התלמידים – המביאה לכך שתלמידות מפיקות תועלת רבה יותר מתארים אקדמיים מתקדמים של מורות, ואילו תלמידים בנים מפיקים תועלת רבה יותר מהישגי מורים גברים במתמטיקה ובחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית – ניתנת להסבר באמצעות שני הערוצים שנדונו לעיל, שבאמצעותם מורים משפיעים על משתני התוצאה הלימודיים של תלמידיהם. מורות בעלות תארים מתקדמים עשויות לשמש מודל לחיקוי עבור בנות, לעודד אותן, להגביר את המוטיבציה שלהן ולהפחית את "האיום הסטריאוטיפי" (ערוץ ההשפעות ה"פסיביות" של המורה). העובדה שציוני המורים בבחינות הבגרות במתמטיקה ובחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית אינם נתונים הנצפים ישירות מרמזת כי השפעתם עשויה לנבוע מערוץ ההשפעות ה"אקטיביות" של המורה. מורים בעלי יכולת קוגניטיבית גבוהה יותר נוטים להשתמש בשיטות הוראה היוצרות סביבת למידה נמרצת ותחרותית יותר, העלולה להרתיע בנות (Hanushek and Rivkin 2006; Niederle and Vesterlund 2007). אנו משערים כי ממצא זה עשוי להסביר מדוע ציונים גבוהים של מורים בבחינות הבגרות במתמטיקה ובבחינה הפסיכומטרית משפיעים יותר על תלמידים בנים.

5. מסקנות

במחקר זה, בחנו את השפעת הכישורים הקוגניטיביים של מורים למדעים על הישגי תלמידיהם בטווח הקצר והארוך. באמצעות נתונים מנהליים מהשנים 2012 עד 2019 בישראל, זיהינו את תלמידי י"ב עם מוריהם למדעים, ובנינו שלושה מדדים לכישורים הקוגניטיביים של המורים: תואר אקדמי מתקדם, ציון בגרות במתמטיקה, וציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית. התמקדנו בתלמידים ומורים במקצועות STEM (ביולוגיה, כימיה, פיזיקה ומדעי המחשב) והשתמשנו הן באסטרטגיית האפקטים הקבועים של היישוב שבו נמצא בית הספר וכן באסטרטגיית PSM.

הניתוח מבליט את חשיבותם היחסית של ציוני הבגרות במתמטיקה של המורים, בהשוואה למדדי כישורים קוגניטיביים אחרים, עבור ציוני הבגרות במדעים בטווח הקצר ועבור משתני תוצאה חינוכיים בטווח הארוך. בטווח הארוך, כל שלושת המדדים הקוגניטיביים משפיעים במובהק על איכות ההשכלה העל-תיכונית ועל ותחום הלימודים, אך הכישורים המתמטיים של המורים מצביעים על ההשפעה החזקה ביותר והעקבית ביותר. ממצאים אלה מעידים כי תרומת המורים נמשכת הרחק מעבר לשלב התיכון, ונובעת לא רק מהשפעות "אקטיביות" ישירות, אלא גם מהשפעות עקיפות המגבירות את נכונות התלמידים להמשיך בלימודים על-תיכוניים באותם תחומים.

שני הערוצים הללו גם מהווים את הבסיס לניתוח השפעות ההטרוגניות, המצביע כי מורים בעלי כישורים קוגניטיביים גבוהים מובילים לשיפור משמעותי במיוחד בהישגי תלמידים בעלי יכולות מוקדמות גבוהות, ובמצבים שבהם מתקיימת התאמת מגדרית בין המורה לתלמיד.

נוכח חשיבות הידע במקצועות STEM לחדשנות הטכנולוגית ולפריון כלכלי, מחקר זה חושף את ההשפעות החיצוניות החיוביות החזקות של מורים איכותיים למדעים. ההשפעות ארוכות הטווח שמצאנו מדגישות את תרומת איכות המורים למשק כולו, ולא רק לתלמידיהם. באמצעות קידום השכלה גבוהה במקצועות STEM במוסדות על-תיכוניים איכותיים, איכות המורים מסייעת להגדיל את היצע הבוגרים המוסמכים בתחומים מבוקשים ובמגזרים עתירי פרויקט במשק הישראלי, כגון תעשיית ההיי-טק. למחקר עתידי יהיה מעניין לבחון אם הכישורים הקוגניטיביים של המורים קשורים גם לתוצאות ארוכות טווח יותר, כמו פרויקט בעבודה, רמות הכנסה וענפי תעסוקה.

עם זאת, למחקר זה יש מגבלה חשובה: המדגם מבוסס על מורים המלמדים לבדם את תחום ההוראה לבגרות בבית הספר. אילוץ זה יצר מדגם שאינו מייצג את כלל מערכת החינוך הישראלית, ועלול להגביל את יכולות הכללה. המדגם הסופי מורכב ברובו מבתי ספר קטנים, הפריפריאליים, בעלי

תלמידים מרקע חברתי-כלכלי נמוך יחסית. עם זאת, בתי ספר אלה דומים במידה רבה לבתי הספר העומדים במוקד מדיניות החינוך.⁴⁹

בשל חשיבות הידע במקצועות STEM לחדשנות הטכנולוגיות ולפריון כלכלי, למחקר זה יש מספר השלכות מדיניות. ראשית, הוא תומך במדיניות וברפורמות שנועדו לגייס ולתגמל מורים בעלי כישורים קוגניטיביים בהוראת מקצועות STEM. שנית, הוא מצביע כי רפורמות שמטרתן להגדיל את מספר התלמידים שבחרים במקצועות STEM בתיכון עשויות להיות יעילות יותר אם יינתן דגש גם לאיכות המורים. לסיום, ממצאנו מבליטים את התועלות החינוכיות המשמעותיות הנובעות מחשיפה למורים בעלי כישורים קוגניטיביים גבוהים, בעיקר עבור תלמידים בעלי יכולות גבוהות. במונחי יעילות, הדבר מלמד כי היא השקעה באיכות המורים בתחומים חזקים ובקרב תלמידים חזקים תניב תשואות גבוהות במיוחד. עם זאת, נוכח פערי ההישגים הקיימים בישראל בין קבוצות חברתיות-כלכליות, צמצום אי-השוויון ידרוש מתן עדיפות להשקעה באיכות המורים באזורים מוחלשים ובקרב תלמידים חלשים.

חשוב להדגיש כי מחקר זה התמקד במורים ותלמידים בשלב התיכון, המלמדים והלומדים מקצועות מדעים ברמה מוגברת. כתוצאה מכך, התוקף החיצוני של ממצאים אלה מוגבל להקשרים אלה ואינו ניתן להכללה בקלות לשלב החינוך לגיל הרך. מגבלה זו מתחדדת לאור מחקרים קודמים שהראו כי איכות גבוהה במיוחד בשלב מוקדם של מערכת החינוך היא גורם קריטי בשיפור הישגים חינוכיים ומיומנויות בסיסיות, במיוחד בקרב תלמידים מרקע חברתי-כלכלי נמוך – השפעות הטרוגניות שאינן נצפות במחקרנו.

⁴⁹ ראו, לדוגמה, את המלצות הדוח המיוחד של בנק ישראל: "ארבעה צירי פעולה אסטרטגיים מומלצים לממשלה ומסגרת פискаלית למימון", בנק ישראל 2021.

מקורות

- Aaronson, D., L. Barrow, and W. Sander (2007). "Teachers and Student Achievement in the Chicago Public High Schools", *Journal of Labor Economics*, 25: 95–135.
- Abadie, A. and G.W. Imbens (2011). "Bias-Corrected Matching Estimators for Average Treatment Effects", *Journal of Business & Economic Statistics*, 29(1): 1–11.
- Angrist, J.D. and J. Guryan (2004). "Teacher Testing, Teacher Education, and Teacher Characteristics", *American Economic Review*, 94(2): 241–246.
- Angrist, J.D. and J. Guryan, J. (2008). "Does Teacher Testing Raise Teacher Quality? Evidence from State Certification Requirements", *Economics of Education Review*, 27(5): 483–503.
- Angrist, J.D. and V. Lavy (2001). "Does Teacher Training Affect Pupil Learning? Evidence from Matched Pairings in Jerusalem Public Schools", *Journal of Labor Economics*, 19(2): 343–369.
- Bank of Israel (2019a). "Government Services: Developments in the Education Budget and Teaching Quality in Recent Years", *Annual Report for 2018*, Chapter 6.
- Bank of Israel. (2019b). *Research Department Special Report: Raising the Standard of Living in Israel by Increasing Labor Productivity*.
- Bank of Israel. (2021). *Four Recommended Pillars of Strategic Government Action to Accelerate Economic Growth and A Fiscal Framework for Financing Them*.
- Bank of Israel. (2022). "Welfare Issues: Quantitative and Qualitative Disparities in Educational Inputs between the Jewish and Arab Education Systems", *Annual Report for 2021*, Chapter 8,
- Bental, B., D. Peled, and S. Sumkin (2020). "High-tech Employment: Its Sources and Possibilities for Expansion", Aaron Institute for Economic Policy, Policy Paper 2020.05.
- Bietenbeck, J., M. Piopiunik, and M. Wiederhold (2018). "Africa's Skill Tragedy: Does Teachers' Lack of Knowledge Lead to Low Student Performance?" *The Journal of Human Resources*, 53(3): 543–578.
- Chetty, R., J.N. Friedman, and J.E. Rockoff (2014). "Measuring the Impacts of Teachers: Teacher Value-Added and Student Outcomes in Adulthood", *The American Economic Review*, 104: 2633–2679.
- Clotfelter, C.T., H.F. Ladd, and J.L. Vigdor (2006). "Teacher-Student Matching and the Assessment of Teacher Effectiveness", *Journal of Human Resources*, 41(4): 778–820.
- Clotfelter, C.T., H.F. Ladd, and J.L. Vigdor (2007). "Teacher Credentials and Student Achievement: Longitudinal Analysis with Student Fixed Effects", *Economics of Education Review*, 26(6): 673–682.

- Clotfelter, C.T., H.F. Ladd, and J.L. Vigdor (2010). "Teacher Credentials and Student Achievement in High School: A Cross-Subject Analysis with Student Fixed Effects", *Journal of Human Resources*, 45(3): 655–681.
- Darling-Hammond, L. (2000). "Teacher Quality and Student Achievement", *Education Policy Analysis Archives*, 8.
- Dee, T.S. (2005). "A Teacher Like Me: Does Race, Ethnicity, or Gender Matter?" *The American Economic Review*, 95(2): 158–165.
- Ferguson, R.F. and H.F. Ladd (1996). "How and Why Money Matters: An Analysis of Alabama Schools", In H.F. Ladd (Ed.), *Holding Schools Accountable: Performance-Based Reform in Education* (pp. 265–298). Washington, DC: Brookings Institution Press.
- Friedman-Sokuler, N. M. Justman (2024). "Family Background, Education, and Earnings: The Limited Value of 'Test-Score Transmission'", GLO Discussion Paper No. 1388.
- Goldhaber, D. (2007). "Everyone's Doing It, but What Does Teacher Testing Tell us About Teacher Effectiveness?" *Journal of Human Resources*, 42(4): 765–794.
- Goldhaber, D., T. Gratz, and R. Theobald (2017). "What's in a Teacher Test? Assessing the Relationship Between Teacher Licensure Test Scores and Student STEM Achievement and Course-Taking", *Economics of Education Review*, 61, 112–129.
- Grönqvist, E. and J. Vlachos (2016). "One Size Fits All? The Effects of Teachers' Cognitive and Social Abilities on Student Achievement", *Labour Economics*, 42, 138–150.
- Hanushek, E.A. and S.G. Rivkin (2004). "How to Improve the Supply of High Quality Teachers", In D. Ravitch (Ed.), *Brookings Papers on Education Policy 2004* (pp. 7–25). Washington, DC: Brookings Institution Press.
- Hanushek, E.A. and S.G. Rivkin (2006). "Teacher Quality", In E.A. Hanushek and F. Welch (Eds.), *Handbook of the Economics of Education*, Vol. 2 (pp. 1051–1078). Amsterdam: North Holland.
- Hanushek, E.A. and S.G. Rivkin (2012). "The Distribution of Teacher Quality and Implications for Policy". *Annual Review of Economics*, 4: 131–157.
- Hanushek, E.A., M. Piopiunik, and S. Wiederhold (2019). "The Value of Smarter Teachers: International Evidence on Cognitive Skills and Student Performance", *Journal of Human Resources*, 54(4): 857–899.
- Harpaz-Mazuz, I. and A. Karil (2017). "The Springboard to High-Tech", Discussion Paper Series, the Chief Economist's Division, Israel Ministry of Finance.
- Imbens, G.W. and M. Kolesar (2012). "Robust Standard Errors in Small Samples: Some Practical Advice", NBER Working Paper No. 18478. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

- Imbens, G.W. and J.M. Wooldridge (2009). "Recent Developments in the Econometrics of Program Evaluation", *Journal of Economic Literature*, 47(1), 5–86.
- Jackson, C.K. (2012a). "Match Quality, Worker Productivity, and Worker Mobility: Direct Evidence from Teachers", *Review of Economics and Statistics*, 95(4): 1096–1116.
- Jackson, C.K. and E. Bruegmann (2009). "Teaching Students and Teaching Each Other: The Importance of Peer Learning for Teachers", *American Economic Journal: Applied Economics*, 1(4): 85–108.
- Jackson, C.K., J.E. Rockoff, and D.O. Staiger (2014). "Teacher Effects and Teacher Related Policies", *Annual Review of Economics*, 6: 801–825.
- Jacob, B.A. and J. Rothstein (2016). "The Measurement of Student Ability in Modern Assessment Systems", *Journal of Economic Perspectives*, 30(3): 85–108.
- Kim, L.E., V. Jörg, and R.M. Klassen (2019). "A Meta-Analysis of the Effects of Teacher Personality on Teacher Effectiveness and Burnout", *Educational Psychological Review*, 31: 163–195.
- Knesset Research and Information Center (2019). *Differential Budgeting Policies in the Education System: Teaching Hours, Classroom Construction, and Selected Auxiliary Services*.
- Knesset Research and Information Center (2022). *Gaps in the Teaching of Physics and Mathematics Subjects in Selected Aspects*.
- Knesset Research and Information Center (2023). *Teacher Shortage - A Review*.
- Lavy, V. (2015). "Do Differences in Schools' Instruction Time Explain International Achievement Gaps? Evidence from Developed and Developing Countries", *Economic Journal*, 12(588): 397–424.
- Maagan, D. and N. Zussman (2019). "Assessing the Effectiveness of the 'Scientific-Technological Reserves' and 'Give Five' Programs", Bank of Israel Discussion Papers Series 2019.10.
- Metzler, J. and L. Woessmann (2012). "The Impact of Teacher Subject Knowledge on Student Achievement: Evidence from Within-Teacher Within-Student Variation", *Journal of Development Economics*, 99: 486–496.
- Ministry of Education & Ministry of Finance (2014). *Report of the Interministerial Team on Narrowing Disparities in Education-System Budgeting*.
- Niederle, M. and L. Vesterlund (2007). "Do Women Shy Away From Competition? Do Men Compete Too Much?" *The Quarterly Journal of Economics*, 122(3): 1067–1101.
- OECD (2018). *Effective Teacher Policy: Insight from PISA*. OECD Publishing, Paris.
- OECD (2019). *What Students Know and Can Do*. PISA 2018 Results (Volume I), OECD Publishing, Paris.

- OECD (2021). *Education at a Glance 2021, OECD Indicators*. OECD Publishing, Paris.
- Rimon, O. and D. Romanov (2012). *Treading on Diamonds: Israel's Unrealized Excellence Potential*. State of Israel, Central Bureau of Statistics.
- Rivkin, S.G., E.A. Hanushek, and J.F. Kain (2005). "Teachers, Schools, and Academic Achievement", *Econometrica*, 73(2): 417–458.
- Rockoff, J.E. (2004). "The Impact of Individual Teachers on Student Achievement: Evidence from Panel Data", *American Economic Review*, 94(2): 247–252.
- Rockoff, J.E., B.A. Jacob, T.J. Kane, and D.O. Staiger (2011). "Can You Recognize an Effective Teacher when You Recruit One?", *Education Finance and Policy*, 6: 43–74.
- USDoE (2013). *Transfer Incentives for High-Performing Teachers: Final Results from a Multisite Randomized Experiment*. IES National Center for Education Evaluation and Regional Assistance, November.

לוח א1: סטטיסטיקה תיאורית של בתי הספר במדגם בהשוואה לבתי ספר המגישים לבגרות במדעים,

2019-2012

בתי ספר במגזר הערבי		בתי ספר במגזר היהודי		
מדגם	בתי ספר	מדגם	בתי ספר	
המגישים לבגרות במדעים	סופי	המגישים לבגרות במדעים	סופי	
4.06	4.65	2.35	2.59	פאנל א. מאפייני התלמידים הלומדים מקצוע מדעים מוגבר
0.63	0.64	0.50	0.55	מספר אחים
				שיעור תלמידות בנות מוצא ²
0.03	0.04	0.47	0.53	שיעור יוצאי אסיה-אפריקה
0.01	0.00	0.30	0.25	שיעור יוצאי אמריקה-אירופה
0.00	0.00	0.19	0.19	שיעור יוצאי חבר העמים
0.96	0.96	0.04	0.03	שיעור ילידי הארץ
11.68	11.23	14.44	14.02	שנות לימוד של האב
11.49	10.82	14.69	14.35	שנות לימוד של האם
0.22	0.14	0.64	0.53	ציון בבחינת מיצ"ב קודמת ³
78.81	77.61	84.50	82.66	ציון בבחינת הבגרות (גולמי) ⁴
-0.24	-0.34	0.18	0.03	ציון בבחינת הבגרות (מתוקן) ⁴
0.41	0.39	0.33	0.29	שיעור הרוכשים השכלה על-תיכונית ⁵
0.16	0.13	0.17	0.14	שיעור הרוכשים השכלה על-תיכונית באוניברסיטת מחקר ⁵
0.11	0.09	0.17	0.13	שיעור הלומדים מקצוע STEM במקצוע עיקרי במוסד על-תיכוני ⁵
88,340	27,097	149,376	16,440	מספר התלמידים הכולל
67.54	52.72	49.19	35.43	מספר התלמידים בכל בית ספר / שנה
				פאנל ב. מאפייני בתי הספר
2.89	2.69	5.68	5.09	אשכול חברתי-כלכלי של היישוב שבו נמצא בית הספר
0.00	0.00	0.40	0.53	שיעור בתי הספר היהודים דתיים
0.67	0.68	0.33	0.45	שיעור בתי הספר בפריפריה ⁶
1,308	514	3,037	464	סה"כ מספר בתי הספר / שנה
				פאנל ג. מאפייני המורים למדעים ⁷
41.20	37.60	49.69	43.51	גיל
0.03	0.01	0.30	0.25	שיעור העולים
0.46	0.50	0.68	0.66	שיעור המורות
3.00	2.81	3.05	3.26	מספר ילדים
5,787	1,876	12,591	1,371	סה"כ מספר המורים / שנה

הערות:

לוח זה מציג השוואה בין הסיכומים הסטטיסטיים של בתי הספר במדגם לבין אלה של כלל בתי הספר המגישים לבחינות הבגרות במדעים. לפיכך, מאפייני התלמידים מתייחסים לכל תלמידי בתי הספר הלומדים מקצוע מדעי מוגבר לבגרות, ולא רק לאלה שנכללו במדגם הסופי, ובאופן דומה, מאפייני המורים מתייחסים לכל המורים המלמדים מקצועות מדעיים מוגברים לבגרות בבית הספר.

1. תלמידים המדעים המוגברים במדגם הסופי מושווים לתלמידי מדעים מוגברים בתיכוניים שבהם מוצע לפחות מקצוע מדעי מוגבר אחד לבגרות.
2. תלמידים שנולדו, או שהוריהם או סביהם נולדו, באסיה/אפריקה, אירופה/אמריקה, מדינות בריה"מ לשעבר או ישראל.
3. נתוני מיצ"ב (מדדי יעילות וצמיחה בית-ספרית) כוללים את ציוני המבחנים של תלמידי כיתות ה' וח' במחצית בתי הספר בישראל בכל שנה, כך שכל בית ספר משתתף במבחני מיצ"ב אחת לשנתיים. ציוני המבחנים במקצועות עברית, אנגלית, מתמטיקה ומדעים תוקנו לפי שנה וכיתה, ולאחר מכן חושב ממוצע לכל תלמיד. הציון המתוקן הסופי של כל תלמיד הוא הממוצע בכיתה ח' (או הציון מכיתה ה' כאשר אין ציון מכיתה ח').
4. הציונים נעים בין 0 ל-100. התקנון מבוסס על מחזור סיום התיכון ועל מקצוע הלימוד, וכולל את כלל התלמידים שנבחנו.
5. משתנה המציין תחילת לימודים במוסד להשכלה על-תיכונית עד שש שנים לאחר סיום התיכון.
6. אינדיקטור הפריפריה מקבל ערך אחד אם המחוז הגיאוגרפי מרוחק ממרכזי האוכלוסייה (מחוז מרכז, מחוז תל-אביב, מחוז חיפה ומחוז ירושלים).
7. מורי המדעים לבגרות בבתי הספר במדגם מושווים למורי המדעים בתיכוניים שבהם מוצע לפחות מקצוע מדעי מוגבר אחד לבגרות.

לוח א2: סטטיסטיקה תיאורית של מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים

Max	Min	חציון	סטיית תקן	ממוצע	
1.00	0.00		0.47	0.32	שיעור בעלי תואר אקדמי מתקדם
2.34	-1.56	0.95	0.76	1.14	ציון במבחן הבגרות במתמטיקה (מתוקנן) ¹
2.52	-1.70	0.75	0.91	0.68	ציון החלק הכמותי בבחינה הפסיכומטרית (מתוקנן) ²

הערות:

- כדי להביא בחשבון את פערי הקושי בין רמות לימוד שונות, ציוני בחינות הבגרות במתמטיקה חושבו כציונים משוקללים, תוך הוספת בונסים בהתאם למספר יחידות הלימוד שנלמדו, כפי שחושב על ידי משרד החינוך והאוניברסיטאות. ציונים אלה הוסבו לאחר מכן לציוני תקן ((Z-scores) לפי שנת הבחינה והמקצוע.
- ציוני החלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית מתוקננים לפי שנת הבחינה.

לוח א3: מדדים בינאריים של השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ציוני התלמידים בבחינות הבגרות במדעים

תחום הלימודים במוסד להשכלה על-תיכונית	איכות ההשכלה העל-תיכונית	השכלה על-תיכונית	ציוני בחינות הבגרות במדעים	
(4)	(3)	(2)	(1)	
0.033*	0.008	-0.024	0.038	תואר אקדמי מתקדם
(0.018)	(0.027)	(0.028)	(0.045)	
0.038*	0.056**	0.017	0.068	ציון בחינת הבגרות במתמטיקה
(0.021)	(0.026)	(0.029)	(0.044)	$I(x) = [x > med\{X\}]$
0.009	0.009	-0.005	0.009	ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית
(0.024)	(0.030)	(0.027)	(0.050)	$I(x) = [x > med\{X\}]$
V	V	V	V	FE של שנת הלימודים
V	V	V	V	FE של מקצוע הבגרות
V	V	V	V	FE של היישוב שבו נמצא בית הספר
V	V	V	V	מאפייני המורים
V	V	V	V	מאפייני התלמידים

הערות:

רגרסיות אלה בוחנות את השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים. המשתנה התלוי בטווח הקצר הוא ציוני התלמידים בבחינת הבגרות במדעים (עמודה 1, כפי שמוצג בלוח 3). המשתנים התלויים בטווח הארוך הם זהים לאלה שבלוח 4: ההסתברות שתלמידי המדגם ירשמו ללימודים במוסדות השכלה על-תיכוניים עד שש שנים לאחר סיום התיכון (עמודה 2); ההסתברות ללמוד באוניברסיטת מחקר (עמודה 3); וההסתברות ללימודים על-תיכוניים באחד ממקצועות STEM כמקצוע עיקרי (עמודה 4). המשתנים המסבירים הם שלושת המדדים לכישורים הקוגניטיביים של המורים כפי שמוגדרים בלוח 5, כאשר המשתנים הרציפים עבור ציוני המורים בבגרות במתמטיקה ובחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית מוגדרים כמשתני דמי: שווים ל-1 אם הציון של המורה שווה או גבוה מהחציון במדגם המורים, ו-0 אחרת (שורות 2 ו-3)). בכל העמודות, המשתנים המסבירים נכללים בנפרד, וכוללים בקורת עבור האפקטים הקבועים של יישוב בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות, וכן מאפייני תלמידים ומורים. מאפייני התלמידים והמורים שנכללו זהים לאלה שבלוח 3.

טעויות התקן מופיעות בסוגריים. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

לוח 4: השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על הציון הגולמי של התלמידים בבחינות הבגרות במדעים

	משותף				נפרד			
	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
תואר אקדמי מתקדם	0.295 (0.54)	0.347 (0.58)	0.862 (0.56)	1.804** (0.762)	0.503 (0.54)	0.590 (0.58)	1.165** (0.56)	2.544*** (0.73)
ציון בחינת הבגרות במתמטיקה	0.794** (0.39)	0.748* (0.42)	0.443 (0.41)	-0.19 (0.515)	0.846** (0.34)	0.847** (0.38)	0.459 (0.39)	1.551*** (0.46)
ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית	-0.118 (0.40)	-0.109 (0.42)	-0.138 (0.39)	2.397*** (0.464)	0.260 (0.35)	0.263 (0.38)	0.118 (0.36)	2.51*** (0.38)
FE של שנת הלימודים	V	V	V		V	V	V	
FE של מקצוע הבגרות	V	V	V		V	V	V	
FE של היישוב שבו נמצא בית הספר	V	V	V		V	V	V	
מאפייני המורים	V	V			V	V		
מאפייני התלמידים	V				V			
תצפיות	16,587	17,616	17,616	17,616				

הערות:

גרסיות אלה מקבילות לאלה שהוצגו בלוח 3, אך במקום ציונים מתוקננים של תלמידים בבגרות במתמטיקה, המשתנה התלוי הוא כעת הציון הגולמי (בטווח של 0 עד 100) בבחינות הבגרות במדעים: ביולוגיה, פיזיקה, כימיה ומדעי המחשב. המשתנים המסבירים זהים לאלה שבלוח 3. בעמודות 1-4, המשתנים המסבירים נכללים בנפרד ברגסיה, ואילו בעמודות 5-8 הם נכללים במשותף באותה רגרסיה. עמודות 1 ו-5 הן רגרסיות OLS פשוטות. עמודות 2 ו-6 מוסיפות בקורות לאפקטים הקבועים של היישוב שבו נמצא בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות. עמודות 3 ו-7 מוסיפות את מאפייני המורים, ועמודות 4 ו-8 מוסיפות גם את מאפייני התלמידים. מאפייני התלמידים והמורים שנכללו זהים לאלה שבלוח 3. מספר התצפיות מתאפיין משתנה במידה ניכרת בין הרגרסיות. בעמודות 1-4, אך אינו נמוך ממספר התצפיות ברגסיה המשותפת בעמודות 5-8.

טעויות התקן מוצגות בסוגריים ומקובצות לפי ת"ז של המורה. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

לוח 5א: אמידת probit של השפעות ארוכות-טווח של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים

תחום הלימודים במוסד להשכלה על-תיכונית		איכות ההשכלה העל-תיכונית		השכלה על-תיכונית		
משותף (6)	נפרד (5)	משותף (4)	נפרד (3)	משותף (2)	נפרד (1)	
0.03*	0.024	-0.009	-0.008	-0.012	-0.020	תואר אקדמי גבוה
(0.02)	(0.02)	(0.03)	(0.02)	(0.03)	(0.03)	
0.043***	0.047***	0.05***	0.047***	0.003	0.017	ציון בחינת הבגרות במתמטיקה
(0.01)	(0.01)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	
0.003	0.024**	-0.001	0.024	0.025	0.026*	ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית
(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	
V	V	V	V	V	V	FE של שנת הלימודים
V	V	V	V	V	V	FE של מקצוע הבגרות
V	V	V	V	V	V	FE של היישוב שבו נמצא בית הספר
V	V	V	V	V	V	מאפייני המורים
V	V	V	V	V	V	מאפייני התלמידים
5,176		5,391		5,470		תצפיות

הערות:

לוח זה מציג את התוצאות העיקריות של אמידה חלופית באמצעות רגרסיית probit לבחינת ההשפעות ארוכות-טווח של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים. המספרים המדווחים מייצגים השפעות שוליות נאמדות. המשתנים התלויים והמסבירים זהים לאלה שבלוח 4. בעמודות האי-זוגיות, המשתנים המסבירים נכללים בנפרד ברגרסיה, ואילו בעמודות הזוגיות הם נכללים במשותף באותה רגרסיה. כל העמודות כוללות בקורות עבור האפקטים הקבועים של היישוב שבו נמצא בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות, וכן עבור מאפייני התלמידים והמורים. מאפייני התלמידים והמורים שנכללו זהים לאלה שבלוח 3. מספר התצפיות משתנה במידה מסוימת בין הרגרסיות הנפרדות, אך אינו נמוך ממספר התצפיות ברגרסיה המשותפת המקבילה.

טעויות התקן מוצגות בסוגריים ומקובצות לפי ת"ז של המורה. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

לוח א6: השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים, כולל כל רמות יחידות הלימוד לבגרות

תחום הלימודים במוסד להשכלה על-תיכונית		איכות ההשכלה העל-תיכונית		השכלה על-תיכונית		בגרות במדעים ציוני מבחנים		
משותף (8)	נפרד (7)	משותף (6)	נפרד (5)	משותף (4)	נפרד (3)	משותף (2)	נפרד (1)	
0.024 (0.017)	0.019 (0.019)	0.012 (0.025)	0.002 (0.025)	-0.054* (0.028)	-0.059** (0.029)	0.038 (0.045)	0.086* (0.046)	תואר אקדמי מתקדם
0.039*** (0.013)	0.053*** (0.013)	0.029* (0.016)	0.045*** (0.014)	0.034* (0.018)	0.048*** (0.015)	0.069** (0.033)	0.094*** (0.028)	ציון בחינת הבגרות במתמטיקה
0.023* (0.012)	0.045*** (0.012)	0.025** (0.012)	0.041*** (0.011)	0.030* (0.016)	0.051*** (0.014)	0.023 (0.033)	0.059** (0.028)	ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית
V	V	V	V	V	V	V	V	FE של שנת הלימודים
V	V	V	V	V	V	V	V	FE של מקצוע הבגרות
V	V	V	V	V	V	V	V	FE של היישוב שבו נמצא בית הספר
V	V	V	V	V	V	V	V	מאפייני המורים
V	V	V	V	V	V	V	V	מאפייני התלמידים
8,167		8,235		8,235		20,839		תצפיות

הערות:

רגרסיות אלה בוחנות את השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים, כולל כל רמות יחידות הלימוד (1-10 יחידות, בהשוואה לדרישת המינימום של 5 יחידות במדגם הסופי). המשתנה התלוי בטווח הקצר הוא ציוני הבגרות של התלמידים במתמטיקה (עמודות 1-2, כמו בלוח 3). המשתנים התלויים בטווח הארוך הם זהים לאלה שבלוח 4: ההסתברות שהתלמידים יכנסו למוסדות השכלה על-תיכוניים עד שש שנים לאחר סיום התיכון (עמודות 3-4); ההסתברות ללימודים באוניברסיטת מחקר (עמודות 5-6); ההסתברות ללימודים על-תיכוניים באחד ממקצועות ה-STEM כמקצוע עיקרי (עמודות 7-8). המשתנים המסבירים הם שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים, כפי שהוגדרו בלוחות 3 ו-4. בעמודות האי-זוגיות, המשתנים המסבירים נכללים בנפרד ברגסיה, ובעמודות הזוגיות הם נכללים במשותף באותה רגרסיה. כל העמודות כוללות בקורות עבור אפקטים הקבועים של היישוב שבו נמצא בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות, וכן עבור מאפייני התלמידים והמורים. מאפייני התלמידים והמורים שנכללו זהים לאלה שבלוח 3.

טעויות התקן מופיעות בסוגריים. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

לוח א7: השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים, תוך פיקוח על ציוני מבחנים קודמים של התלמידים

תחום הלימודים במוסד להשכלה על-תיכונית		איכות ההשכלה העל- תיכונית		השכלה על-תיכונית		בגרות במדעים ציוני מבחנים		
משותף (8)	נפרד (7)	משותף (6)	נפרד (5)	משותף (4)	נפרד (3)	משותף (2)	נפרד (1)	
0.027 (0.018)	0.020 (0.018)	-0.008 (0.026)	-0.008 (0.025)	-0.033 (0.028)	-0.041 (0.026)	-0.013 (0.047)	-0.009 (0.046)	תואר אקדמי מתקדם
0.029* (0.015)	0.043*** (0.013)	0.04** (0.019)	0.044** (0.019)	0.009 (0.021)	0.022 (0.018)	0.058* (0.032)	0.054* (0.028)	ציון בחינת הבגרות במתמטיקה
0.014 (0.013)	0.026** (0.012)	0.010 (0.018)	0.028 (0.017)	0.020 (0.020)	0.024 (0.016)	-0.035 (0.037)	-0.006 (0.032)	ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית
V	V	V	V	V	V	V	V	FE של שנת הלימודים
V	V	V	V	V	V	V	V	FE של מקצוע הבגרות
V	V	V	V	V	V	V	V	FE של היישוב שבו נמצא בית הספר
V	V	V	V	V	V	V	V	מאפייני המורים
V	V	V	V	V	V	V	V	מאפייני התלמידים
V	V	V	V	V	V	V	V	ציוני מיצ"ב של התלמידים
4,826		4,871		4,871		13,621		תצפיות

הערות:

המשתנה התלוי בטווח הקצר הוא ציוני התלמידים בבגרות במתמטיקה (עמודות 1-2, כמו בלוח 3). המשתנים התלויים בטווח הארוך הם זהים לאלה שבלוח 4: ההסתברות שהתלמידי במדגם ייכנסו למוסדות השכלה על-תיכוניים עד שש שנים לאחר סיום התיכון (עמודות 3-4); ההסתברות ללימודים באוניברסיטת מחקר (עמודות 5-6); ההסתברות ללימודים על-תיכוניים באחד ממקצועות STEM כמקצוע עיקרי (עמודות 7-8). המשתנים המסבירים הם שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים כפי שהוגדרו בלוחות 3 ו-4. בכל העמודות המשתנים המסבירים נכללים בנפרד ברגסיה וכוללים בקורות עבור האפקטים הקבועים של היישוב שבו נמצא בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות, מאפייני התלמידים והמורים, וציוני מבחני המיצ"ב של התלמידים. מאפייני התלמידים והמורים שנכללו זהים לאלה שבלוח 3.

טעויות התקן מופיעות בסוגריים. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

לוח א8: השפעות קצרות וארוכות-טווח של הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים מניתוח PSM, תוך פיקוח על ציוני מבחנים קודמים של התלמידים

תחום הלימודים במוסד להשכלה על-תיכונית	איכות ההשכלה העל-תיכונית		השכלה על-תיכונית		בגרות במדעים ציון במבחן		
	NNM (8)	KBM (7)	NNM (6)	KBM (5)	NNM (4)	KBM (3)	
תואר אקדמי מתקדם	-0.006 (0.024)	-0.001 (0.016)	-0.020 (0.025)	-0.024 (0.017)	-0.019 (0.026)	-0.017 (0.020)	0.030 (0.025)
ציון בחינת הבגרות במתמטיקה	0.053** (0.026)	0.036* (0.022)	0.078*** (0.024)	0.101*** (0.024)	0.020 (0.027)	0.006 (0.033)	0.038 (0.026)
ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית	0.042 (0.030)	0.078*** (0.023)	0.016 (0.030)	0.064** (0.027)	-0.005 (0.032)	0.020 (0.037)	0.053* (0.031)
FE של שנת הלימודים	V	V	V	V	V	V	V
FE של מקצוע הבגרות	V	V	V	V	V	V	V
אפקט קבוע של המחוז שבו נמצא היישוב	V	V	V	V	V	V	V
אפקט קבוע של האשכול החברתי-כלכלי של היישוב	V	V	V	V	V	V	V
מאפייני המורים	V	V	V	V	V	V	V
מאפייני התלמידים	V	V	V	V	V	V	V
ציוני מיצ"ב של התלמידים	V	V	V	V	V	V	V
הוחל תנאי טווח החפיפה	כן	כן	כן	כן	כן	כן	כן

הערות:

לוח זה מציג תוצאות ה-PSM המקבילות למוצג בלוח 5, אך מוסיף בקורות עבור ציוני המיצ"ב הקודמים של התלמידים. אנו משתמשים בשתי שיטות התאמה – התאמה מבוססת-גרעין (KBM), והתאמה לשכן הקרוב ביותר (NNM) עם 3 השכנים הקרובים ביותר. מטעמי עלות-תועלת, תהליך החילוץ – bootstrap (500 חזרות) מיושם רק עבור ספציפיקציות NNM, ואנו מדווחים את טעויות התקן המתקבלות עבור אותן ספציפיקציות בלבד (עמודות זוגיות). המשתנה התלוי בטווח הקצר הוא ציוני התלמידים בבגרות במתמטיקה (עמודות 1-2, כפי שמוגדר בלוח 3). המשתנים התלויים בטווח הארוך זהים לאלו שבלוח 4: ההסתברות להמשיך לימודים במוסדות השכלה על-תיכוניים עד שש שנים לאחר סיום התיכון (עמודות 3-4); ההסתברות ללימודים באוניברסיטת מחקר (עמודות 5-6); וההסתברות ללימודי STEM כמקצוע עיקרי במוסד על-תיכוני (עמודות 7-8). המשתנים המסבירים זהים לאלה שבלוח 5. בכל העמודות המשתנים המסבירים נכנסים לניתוח בנפרד, תוך בקורות עבור: אפקטים קבועים של מחוז היישוב שבו נמצא בית הספר, האשכול החברתי-כלכלי של יישוב בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות, מאפייני התלמידים והמורים, ציוני מיצ"ב של התלמידים. מאפייני התלמידים והמורים שנכללו זהים לאלה שבלוח 3. בכל הספציפיקציות הוחל תנאי טווח החפיפה (common support). טעויות התקן מופיעות בסוגריים. ** p<0.01, * p<0.05, p<0.1.

לוח 9: השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים, תוך פיקוח על איכות המורים בבית הספר

תחום הלימודים במוסד להשכלה על-תיכונית		איכות ההשכלה העל-תיכונית		השכלה על-תיכונית		בגרות במדעים ציוני מבחנים		
משותף (8)	נפרד (7)	משותף (6)	נפרד (5)	משותף (4)	נפרד (3)	משותף (2)	נפרד (1)	
0.033*	0.029	-0.009	-0.005	-0.006	-0.021	0.009	0.021	תואר אקדמי מתקדם
(0.018)	(0.018)	(0.027)	(0.027)	(0.032)	(0.029)	(0.046)	(0.045)	
0.033*	0.046***	0.056***	0.058***	0.001	0.013	0.079**	0.079***	ציון בחינת הבגרות במתמטיקה
(0.018)	(0.015)	(0.021)	(0.021)	(0.021)	(0.018)	(0.033)	(0.028)	
0.013	0.029**	0.011	0.037**	0.024	0.024	-0.018	0.020	ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית
(0.014)	(0.013)	(0.018)	(0.018)	(0.019)	(0.015)	(0.033)	(0.029)	
V	V	V	V	V	V	V	V	FE של שנת הלימודים
V	V	V	V	V	V	V	V	FE של מקצוע הבגרות
V	V	V	V	V	V	V	V	FE של היישוב שבו נמצא בית הספר
V	V	V	V	V	V	V	V	מאפייני המורים
V	V	V	V	V	V	V	V	מאפייני התלמידים
V	V	V	V	V	V	V	V	הרמה האקדמית של המורים בבית הספר
5,439		5,492		5,492		16,587		תצפיות

הערות:

גרסיות אלה בוחנות את השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים, תוך הוספת בקרה עבור שיעור כלל המורים בבית הספר המחזיקים בתארים אקדמי מתקדם. המשתנה התלוי בטווח הקצר הוא ציוני התלמידים בבגרות במתמטיקה (עמודות 1-2, כפי שמוגדר בלוח 3). המשתנים התלויים בטווח הארוך זהים לאלו שבלוח 4: ההסתברות להמשך לימודים במוסדות על-תיכוניים עד שש שנים לאחר סיום התיכון (עמודות 3-4); ההסתברות ללימודים באוניברסיטת מחקר (עמודות 5-6); ההסתברות ללימודי STEM כמקצוע עיקרי במוסד על-תיכוני (עמודות 7-8). המשתנים המסבירים הם שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים, כפי שהוגדרו בלוחות 3 ו-4. בכל העמודות המשתנים המסבירים נכללים בנפרד בגרסיה, תוך בקרות עבור: אפקטים קבועים של יישוב בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות, מאפייני התלמידים והמורים, ציוני מיצ"ב של התלמידים, שיעור המורים בבית הספר בעלי תארים אקדמיים מתקדמים. מאפייני התלמידים והמורים שנכללו זהים לאלה שבלוח 3.

טעויות התקן מוצגות בסוגריים. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

לוח 10: השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים, תוך פיקוח על הכנסת ההורים בבית הספר

ציוני בחינות הבגרות במדעים	נפרד (1)	משותף (2)	השכלה על-תיכונית נפרד (3)	משותף (4)	איכות ההשכלה העל- תיכונית נפרד (5)	משותף (6)	תחום הלימודים במוסד להשכלה על-תיכונית נפרד (7)	משותף (8)
תואר אקדמי מתקדם	0.035 (0.042)	0.022 (0.044)	-0.019 (0.028)	-0.010 (0.030)	0.014 (0.027)	0.014 (0.028)	0.037** (0.018)	0.043** (0.019)
ציון בחינת הבגרות במתמטיקה	0.055** (0.027)	0.063** (0.031)	0.018 (0.018)	0.007 (0.022)	0.051** (0.021)	0.052** (0.022)	0.042*** (0.015)	0.032* (0.017)
ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית	0.005 (0.028)	-0.025 (0.032)	0.023 (0.015)	0.020 (0.019)	0.028 (0.018)	0.003 (0.018)	0.024* (0.013)	0.009 (0.014)
FE של שנת הלימודים	V	V	V	V	V	V	V	V
FE של מקצוע הבגרות	V	V	V	V	V	V	V	V
FE של היישוב שבו נמצא בית הספר	V	V	V	V	V	V	V	V
מאפייני המורים	V	V	V	V	V	V	V	V
מאפייני התלמידים	V	V	V	V	V	V	V	V
השתכרות הורים בבית הספר	V	V	V	V	V	V	V	V
תצפיות	16,587	5,492	5,492	5,492	5,492	5,492	5,439	5,439

הערות:

גרסיות אלה בוחנות את השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים, תוך הוספת בקרה עבור לרמה הממוצעת של הכנסת ההורים בבית הספר, המבוססת על כל תלמידי י"ב בבית הספר. הכנסת ההורים מחושבת כממוצע ההכנסה השנתית הכוללת של שני ההורים במהלך שנות לימודיו של התלמיד (גילאי 15-17). המשתנה התלוי בטווח הקצר הוא ציוני התלמידים בבגרות במתמטיקה (עמודות 1-2, כפי שמוגדר בלוח 3). המשתנים התלויים בטווח הארוך זהים לאלו שבוח 4: ההסתברות להמשיך לימודים במוסדות השכלה על-תיכוניים עד שש שנים לאחר סיום התיכון (עמודות 3-4); ההסתברות ללימודים באוניברסיטת מחקר (עמודות 5-6); וההסתברות של לימודי STEM כמקצוע עיקרי במוסד על-תיכוני (עמודות 7-8). המשתנים המסבירים הם שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים כפי שהוגדרו בלוחות 3 ו-4. בכל העמודות, המשתנים המסבירים נכללים בנפרד וכוללים בקרות עבור: אפקטים קבועים של יישוב בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות, מאפייני התלמידים והמורים, וציוני מיצ"ב של התלמידים, הכנסת ההורים הממוצעת ברמת בית הספר. מאפייני התלמידים והמורים שנכללו זהים לאלה שבוח 3.

טעויות התקן מוצגות בסוגריים. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

לוח א11: השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ההסתברות של בחירה להיבחן לבגרות במדעים במקצוע מוגבר

	משותף				נפרד			
	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
תואר אקדמי מתקדם	-0.005 (0.010)	-0.009 (0.011)	-0.009 (0.010)	0.021** (0.010)	-0.007 (0.009)	-0.012 (0.010)	-0.012 (0.009)	0.011 (0.010)
ציון בחינת הבגרות במתמטיקה	-0.001 (0.009)	0.000 (0.009)	0.002 (0.009)	0.004 (0.009)	0.002 (0.007)	0.004 (0.007)	0.003 (0.007)	-0.01 (0.008)
ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית	0.005 (0.008)	0.007 (0.008)	0.003 (0.007)	-0.024*** (0.008)	0.006 (0.006)	0.009 (0.006)	0.005 (0.006)	-0.02*** (0.007)
FE של שנת הלימודים	V	V	V		V	V	V	
FE של מקצוע הבגרות	V	V	V		V	V	V	
FE של היישוב שבו נמצא בית הספר	V	V	V		V	V	V	
מאפייני המורים	V	V			V	V		
מאפייני התלמידים	V				V			
תצפיות	116,159	122,903	122,903	122,903				

הערות:

רגרסיות אלה בוחנות את השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ההסתברות שתלמידיהם יבחרו להיבחן לבגרות ברמה מוגברת (לפחות 5 יחידות) במקצועות המדעים (ביולוגיה, פיזיקה, כימיה ומדעי המחשב). במילים אחרות, הן בוחנות את השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על הכללתו של תלמיד במדגם הסופי שלנו. המשתנים המסבירים זהים לאלה שבלוחות 3 ו-4. בעמודות 1-4, המשתנים המסבירים נכללים בנפרד ברגסיה, ואילו בעמודות 5-8 הם נכללים במשותף באותה רגרסיה. עמודות 1 ו-5 הן רגרסיות OLS פשוטות. עמודות 2 ו-6 מוסיפות בקרות לאפקטים הקבועים של היישוב שבו נמצא בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות. עמודות 3 ו-7 מוסיפות את מאפייני המורים, ועמודות 4 ו-8 מוסיפות גם את מאפייני התלמידים. מאפייני התלמידים והמורים שנכללו זהים לאלה שבלוח 3. מספר התצפיות מתאפיין בשונות רבה בין הרגרסיות הנפרדות בעמודות 1-4, אך אינו נמוך יותר ממספר התצפיות ברגסיה המשותפת המקבילה מעמודות 5-8.

טעויות התקן מוצגות בסוגריים ומקובצות לפי ת"ז של המורה. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

לוח א12: השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ההסתברות של תלמידים לבחור בבחינת הבגרות במדעים בכל רמה

	משותף				נפרד			
	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
תואר אקדמי מתקדם	0.005 (0.014)	0.001 (0.014)	-0.001 (0.013)	0.019 (0.013)	-0.002 (0.013)	-0.006 (0.013)	-0.007 (0.012)	0.003 (0.013)
ציון בחינת הבגרות במתמטיקה	0.000 (0.010)	0.001 (0.010)	0.004 (0.010)	-0.004 (0.010)	-0.006 (0.008)	-0.005 (0.008)	-0.006 (0.008)	-0.03*** (0.009)
ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית	-0.014 (0.010)	-0.012 (0.010)	-0.016* (0.010)	-0.041*** (0.010)	-0.012 (0.008)	-0.009 (0.008)	-0.013 (0.008)	-0.04*** (0.008)
FE של שנת הלימודים	V	V	V		V	V	V	
FE של מקצוע הבגרות	V	V	V		V	V	V	
FE של היישוב שבו נמצא בית הספר	V	V	V		V	V	V	
מאפייני המורים	V	V			V	V		
מאפייני התלמידים	V				V			
תצפיות	116,159	122,903	122,903	122,903				

הערות:

רגרסיות אלה בוחנות את השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על ההסתברות שתלמידיהם יבחרו להיבחן לבגרות בכל רמה (1-10 יחידות) במקצועות המדעים (ביולוגיה, פיזיקה, כימיה ומדעי המחשב). המשתנים המסבירים זהים לאלה שבלוחות 3 ו-4. בעמודות 1-4, המשתנים המסבירים נכללים בנפרד ברגסיה, ואילו בעמודות 5-8 הם נכללים במשותף באותה רגרסיה. עמודות 1 ו-5 הן רגרסיות OLS פשוטות. עמודות 2 ו-6 מוסיפות בקרות לאפקטים הקבועים של היישוב שבו נמצא בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות. עמודות 3 ו-7 מוסיפות את מאפייני המורים, ועמודות 4 ו-8 מוסיפות גם את מאפייני התלמידים. מאפייני התלמידים והמורים שנכללו זהים לאלה שבלוח 3. מספר התצפיות משתנה במידה מסוימת בין הרגרסיות הנפרדות (עמודות 1-4), אך אינו נמוך ממספר התצפיות ברגסיה המשותפת המקבילה (עמודות 5-8).

טעויות התקן מוצגות בסוגריים ומקובצות לפי ת"ז של המורה. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

לוח א13: השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים, תוך פיקוח על גודל הכיתה

תחום הלימודים במוסד להשכלה על-תיכונית		איכות ההשכלה העל- תיכונית		השכלה על-תיכונית		בגרות במדעים ציוני מבחנים		
משותף (8)	נפרד (7)	משותף (6)	נפרד (5)	משותף (4)	נפרד (3)	משותף (2)	נפרד (1)	
0.047** (0.02)	0.040* (0.02)	0.012 (0.03)	0.009 (0.03)	-0.001 (0.03)	-0.013 (0.03)	0.020 (0.05)	0.039 (0.05)	תואר אקדמי מתקדם
0.031* (0.02)	0.042*** (0.02)	0.048** (0.02)	0.051** (0.02)	0.006 (0.02)	0.020 (0.02)	0.081** (0.03)	0.078*** (0.03)	ציון בחינת הבגרות במתמטיקה
0.011 (0.01)	0.026* (0.01)	0.008 (0.02)	0.031* (0.02)	0.023 (0.02)	0.025 (0.02)	-0.021 (0.03)	0.018 (0.03)	ציון בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית
V	V	V	V	V	V	V	V	FE של שנת הלימודים
V	V	V	V	V	V	V	V	FE של מקצוע הבגרות
V	V	V	V	V	V	V	V	FE של היישוב שבו נמצא בית הספר
V	V	V	V	V	V	V	V	מאפייני המורים
V	V	V	V	V	V	V	V	מאפייני התלמידים
V	V	V	V	V	V	V	V	גודל הכיתה
5,439		5,492		5,492		16,587		תצפיות

הערות:

רגרסיות אלה בוחנות את השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים, תוך הוספת בקרה על גודל הכיתה. המשתנה התלוי בטווח הקצר הוא ציוני התלמידים בבגרות במתמטיקה (עמודות 1 ו-2, כפי שמוצג בלוח 3). המשתנים התלויים בטווח הארוך הם זהים לאלו שבלוח 4: ההסתברות להכנס למוסדות השכלה על-תיכוניים עד שש שנים לאחר סיום התיכון (עמודות 3-4); ההסתברות ללימודים באוניברסיטת מחקר (עמודות 5-6); ההסתברות לימודים על-תיכוניים באחד ממקצועות STEM כמקצוע עיקרי (עמודות 7-8). המשתנים המסבירים הם שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים, כפי שמוצג בלוחות 3 ו-4. בכל העמודות המשתנים המסבירים נכללים בנפרד ברגסיה וכוללים בקורות עבור: אפקטים קבועים של יישוב בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות, מאפייני התלמידים והמורים, וציוני מיצ"ב של התלמידים, פיקוח על גודל הכיתה. מאפייני התלמידים והמורים שנכללו זהים לאלה שבלוח 3.

טעויות התקן מופיעות בסוגריים. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

לוח 14: השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים, תוך פיקוח על שעות הוראה במונחי משרה מלאה (FTE)

ציוני בחינות הבגרות במדעים		השכלה על-תיכונית		איכות ההשכלה העל- תיכונית		תחום הלימודים במוסד להשכלה על-תיכונית	
נפרד (1)	משותף (2)	נפרד (3)	משותף (4)	נפרד (5)	משותף (6)	נפרד (7)	משותף (8)
0.038 (0.045)	0.019 (0.045)	-0.027 (0.028)	-0.014 (0.030)	0.008 (0.027)	0.010 (0.028)	0.030* (0.018)	0.039** (0.019)
0.077*** (0.028)	0.079** (0.033)	0.017 (0.017)	0.005 (0.021)	0.051** (0.021)	0.048** (0.022)	0.041*** (0.014)	0.031* (0.016)
0.017 (0.029)	-0.021 (0.033)	0.024 (0.015)	0.023 (0.018)	0.030* (0.018)	0.008 (0.018)	0.024* (0.013)	0.010 (0.014)
V	V	V	V	V	V	V	V
V	V	V	V	V	V	V	V
V	V	V	V	V	V	V	V
V	V	V	V	V	V	V	V
V	V	V	V	V	V	V	V
V	V	V	V	V	V	V	V
16,587	5,492	5,492	5,492	שעות הוראה במונחי משרה מלאה של המורים			
תצפיות							

הערות:

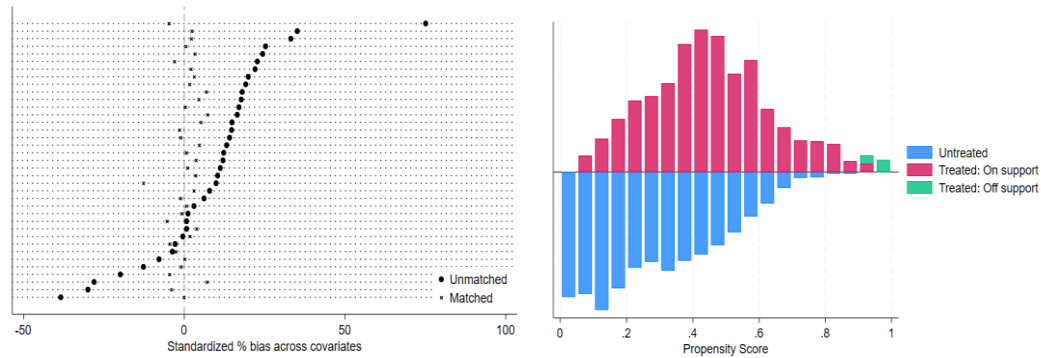
רגרסיות אלה בוחנות את השפעות הכישורים הקוגניטיביים של המורים על משתני תוצאה לימודיים של התלמידים, תוך הכללת בקורות עבור היקף ההוראה של המורה במונחי משרה מלא (FTE). המשתנה התלוי בטווח הקצר הוא ציוני התלמידים בבגרות במתמטיקה (עמודות 1-2). המשתנים התלויים בטווח הארוך זהים לאלה שבלוח 4: ההסתברות של תלמידי המדגם להירשם ללימודים במוסדות השכלה על-תיכוניים עד שש שנים לאחר סיום התיכון (עמודות 3-4); ההסתברות ללימודים באוניברסיטת מחקר (עמודות 5-6); ההסתברות ללימודי STEM כמקצוע עיקרי במוסד העל-תיכוני (עמודות 7-8). המשתנים המסבירים הם שלושת מדדי הכישורים הקוגניטיביים של המורים, כפי שהוגדרו בלוחות 3 ו-4. בכל העמודות המשתנים המסבירים נכנסים לניתוח בנפרד וכוללים בקורות עבור: אפקטים קבועים של יישוב בית הספר, שנת הלימודים ומקצוע הבגרות, מאפייני התלמידים והמורים, וציוני מיצ"ב של התלמידים, שעות הוראה במונחי משרה מלאה (FTE). מאפייני התלמידים והמורים שנכללו זהים לאלה שבלוח 3.

טעויות התקן מופיעות בסוגריים. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

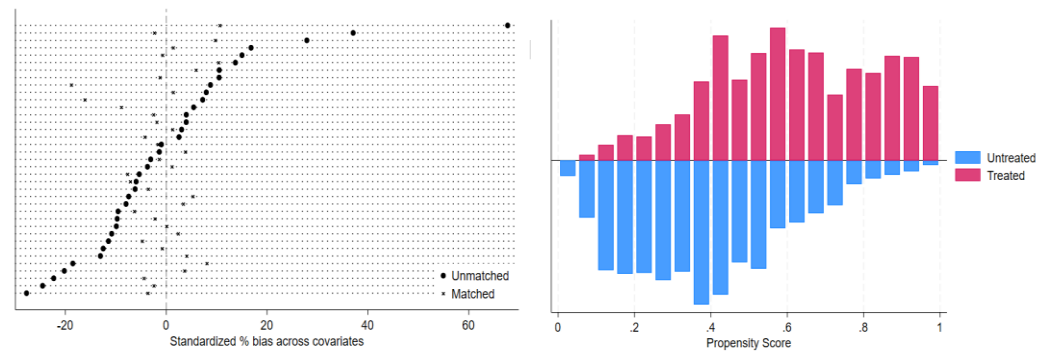
איור נספח א1: הערכת איכות ניתוח PSM עבור ההשפעות קצרות-הטווח של הכישורים

הקוגניטיביים של המורים

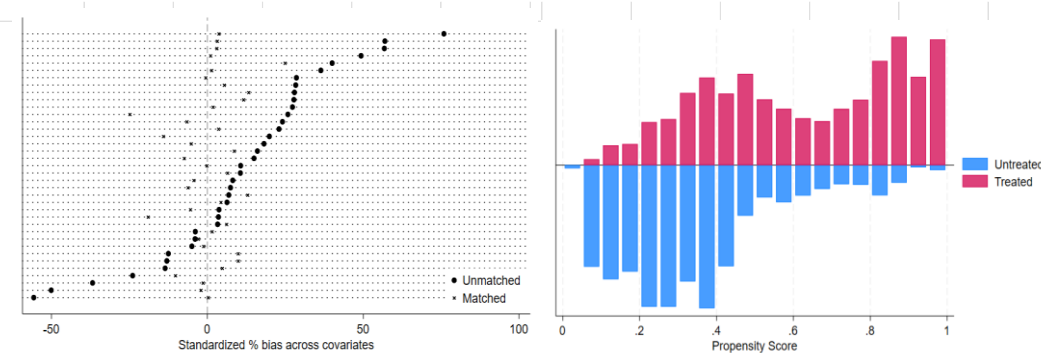
תכונת טווח החפיפה (Common Support Property)	תכונת האיזון (Balancing Property)
פנאל א- החזקת תואר אקדמי מתקדם (תואר שני או דוקטורט)	



פנאל ב- ציון גבוה בבחינת הבגרות במתמטיקה (משתנה בדיד)



פנאל ג- ציון גבוה בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית (משתנה בדיד)



הערות: הלוח מציג מבחנים להערכת איכות הניתוח הראשי בשיטת ההתאמה לפי ציוני הנטיה (PSM) שבו השתמשנו במחקר זה. הגרפים המוצגים מתייחסים אך ורק לתוצאות המוצגות בעמודה 1 בלוח 5 (ציוני הבגרות של התלמידים כמשתנה התוצאה). פנאל א: משתנה הטיפול הוא החזקת תואר אקדמי מתקדם (תואר שני או דוקטורט). פנאל ב: משתנה הטיפול הוא ציון גבוה בבחינת הבגרות במתמטיקה, פנאל ג: משתנה הטיפול הוא ציון גבוה בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית. הגרפים משמאל מעריכים את תכונת האיזון (balancing property) באמצעות שימוש בפקודת pstest ב-Stata. הגרפים מציגים את אחוז ההטיה המתוקן במשתני הבקרה הנכללים בניתוח, הן בקרב המדגם הלא-מותאם והן במדגם המתואם (כאשר כל קו מקווקו מייצג משתנה מסביר). מדד ה-Rubin's B (R) קטן: מ-0.68) 21.9 (0.89) כאשר משתנה הטיפול הוא תואר אקדמי מתקדם, מ-1.07) 37.4 (1.27) כאשר משתנה הטיפול הוא ציון גבוה בבחינת הבגרות במתמטיקה, ומ-2.1) 49.3 (1.0) כאשר משתנה הטיפול הוא ציון גבוה בחלק הכמותי של הבחינה הפסיכומטרית. הגרפים מימין מעריכים את תכונת טווח החפיפה (common support) (באמצעות פקודת psgraph ב-Stata). הם מציגים את התפלגות ציון הנטיה בקרב קבוצות הטיפול והבקרה. קיומה של תכונת טווח החפיפה נאכף בניתוח באמצעות פקודה המשותפת ב-Stata, המשמיטה תצפיות טיפול שבהן ציון הנטיה גבוה מהערך המקסימלי או נמוך מההערך המינימלי בקבוצת הבקרה (כפי שניתן לראות, לדוגמה, בחלקים הירוקים של תרשים טווח החפיפה בפנאל א).