יסודות של מצוינות

פילנתרופיה וחטיבת הביניים בישראל



פרופ' טלי נחליאלי

רקטורית המרכז האקדמי לוינסקי-וינגייט וחוקרת בתחום הכשרת המורים וההתפתחות המקצועית של מורים למתמטיקה.
תחומי המחקר שלה מתמקדים בתהליכי למידת מתמטיקה ובזיהוי ובאפיון פרקטיקות להוראת מתמטיקה המעודדות חשיבה, חקירה וגילוי. הובילה יחד עם פרופ' עינת הד-מצויינים שני פרויקטים בתמיכת קרן טראמפ שנועדו למורי חטיבות הביניים: "מחשב"ה — מהלכים מעודדי חשיבה בהוראת מתמטיקה", ופרויקט ההמשך "קהילות מחשב"ה למאה ה-21".

נתיב פרו-אקטיבי לאוריינות מתמטית: בחירות אסטרטגיות וחדשנות פדגוגית

פרק 2

מבוא

במשך עשורים, סוג ההוראה הדומיננטי בשיעורי מתמטיקה בבתי הספר העל-יסודיים היה "הוראת מסירה" — הוראה שמתמקדת בהגדרות מופשטות, בתרגול ובהפעלה של פרוצדורות.[9] מודל מסורתי זה אמנם סיפק, ועדיין מספק, נתיב המאפשר הצלחה במבחנים פרוצדורליים סטנדרטיים, כולל מבחני הבגרות, אך הוא מותיר את התלמידים והתלמידות ללא הכנה ראויה להתמודדות עם המציאות המשתנה, עתירת הנתונים והמורכבת של המאה ה-21. לעומת זאת, בבתי ספר שונים בעולם אנו עדים לשינויים בהוראת המתמטיקה ולפנייה לכיוונים המדגישים פתרון בעיות, למידה הנטועה בהקשרים שונים (כולל הקשרים חוץ-מתמטיים) ובעיקר את תפקיד הלומדים כבעלי "סוכנות" (Agency), כאלה שאמורים לקחת על עצמם את האחריות לתהליך הלמידה — ליזום, לכוון את עצמם ולהוביל אותו.

פרק זה מתמקד בניתוח מהלך רחב היקף, אשר ביקש להניע שינוי מערכתי ולערער על הקיפאון התוכני והפדגוגי המאפיין את חטיבות הביניים בישראל (כיתות ז'-ט'), תוך התמקדות במסלולי המצוינות המשמשים כחממה למנהיגות המדעית והטכנולוגית העתידית של המדינה.

במרכז הפרק עומד ניתוח של החלטה אסטרטגית לא טריוויאלית שקיבלה קרן טראמפ. הקרן בחרה באסטרטגיה פרו-אקטיבית שהתבססה על ההנחה שהעשרת השטח בחומרי הוראה איכותיים, לצד התפתחות מקצועית אינטנסיבית של מורות ומורים, עשויות ליצור מציאות פדגוגית חדשה, ובסופו של דבר לעורר ולמשוך את משרד החינוך להצטרף למהלך, לאמץ אותו ואף להרחיב אותו.

הפרק מבסס תחילה את התשתית התיאורטית והמושגית של החינוך למתמטיקה יישומית, המעוגן בעקרונות החינוך המתמטי הריאליסטי (Realistic Mathematics Education - RME) שהוביל המתמטיקאי ההולנדי יליד גרמניה הנס פרוידנטל. הוא התייחס למתמטיקה כאל פעילות אנושית דינמית של הבניית משמעות (מתמטיזציה). נוסף לכך, הפרק מתייחס למסגרת המתמטית של פיז"ה (PISA) מטעם ה-OECD. רקע תיאורטי זה מדגיש כי מיומנויות המאה ה-21, ובפרט חשיבה ביקורתית, יצירתיות ושיתוף פעולה, אינן "מיומנויות רכות" כלליות הנלמדות לצד הלימודים האקדמיים, אלא מיומנויות קוגניטיביות שהן מעצם טבען חלק מתהליך למידת המתמטיקה.

בהמשך, הפרק מציג חמישה חקרי מקרה נבחרים של תוכניות פדגוגיות חלוציות, שפותחו והוטמעו בשטח כדי לממש חזון זה. שלוש התוכניות הראשונות — Integrated Math & Technology או בקיצור i-MAT (בהובלתה של פרופ' זהבית כהן מהטכניון — מכון טכנולוגי לישראל), "דברו אליי במספרים" (בהובלתן של פרופ' רון בלונדר וד"ר שלי רפ ממכון ויצמן למדע) ו"מאור" (בהובלתה של פרופ' רוזה לייקין מאוניברסיטת חיפה) — מתמקדות בפיתוח וביישום של משימות אוריינות מתמטית בהקשרים מגוונים. הן נבדלות זו מזו בפרשנותן

[9] Brown, 2003; Draper, 2002; Nachlieli & Tabach, 2019

לאוריינות מתמטית, במסגרות שבהן פותחו ובמסגרות ההתפתחות המקצועית למורות ולמורים שלימדו בעזרתן. התוכנית הרביעית, "קהילות מחשב"ה למאה ה-21" (בהובלתן של פרופ' עינת הד-מצויינים מהטכניון ופרופ' טלי נחליאלי מהמרכז האקדמי לוינסקי-וינגייט), התמקדה בפיתוח פרקטיקות הוראה המקדמות השתתפות חקירתית בכיתה, "סוכנות" של התלמידים ודיונים מתמטיים עשירים, וכן בהובלה של קהילות למידה מקצועיות למורים. התוכנית החמישית, "היבטים רגשיים-חברתיים של למידת מתמטיקה" (בהובלתה של פרופ' ענת שושני ממרכז מיטיב לפסיכולוגיה חיובית באוניברסיטת רייכמן), עוסקת בגורמים המשפיעים על למידת המתמטיקה לעיתים קרובות ומעצבים אותה, כגון חרדת מתמטיקה, תחושת מסוגלות עצמית, חוסן ושינוי עמדות כלפי מתמטיקה.

מעבר לפיתוח החומרים, הפרק מנתח את תוכנית "הידאטה" (בהובלתם של ד"ר יניב ביטון וד"ר אורנה לביא ממטח — המרכז לטכנולוגיה חינוכית), שעסקה בפיתוח פלטפורמה דיגיטלית לאבחון מבוסס-נתונים, במטרה לסייע למורים להעריך אם תלמידים שנחשפו למשימות האוריינות החדשות אכן מפתחים בהצלחה את מיומנויות המידול המתמטי הנדרשות למאה ה-21.

בסך הכול מומנו ופותחו 17 תוכניות ייעודיות לחטיבות הביניים בישראל, השייכות לארבע הקטגוריות הבאות: מתמטיקה יישומית (התוכניות: "לחשוב רחוק עם מתמטיקה", מכון ויצמן למדע; "מאו"פ מתמטי", אוניברסיטת חיפה; "מודלים לחשיבה", אוניברסיטת חיפה; i-MAT, הטכניון), מדעים עתירי מתמטיקה (התוכניות: "ביורפואה חישובית", מכון ויצמן למדע; "דברו אליי במספרים", מכון ויצמן למדע; "הפיזיקה של התנועה", הטכניון; "ברוח פיז"ה — מתמטיקה בחלל", IASA — המרכז הישראלי למצוינות בחינוך; "פרקטימטיקה", האוניברסיטה העברית בירושלים ועמותת תעשיידע; "שער לפיזיקה", מכון ויצמן למדע; OnTop, המרכז לחינוך סייבר), פדגוגיה של מתמטיקה יישומית (התוכניות: "מהלכי"ם", מכון ויצמן למדע; "קהילות מחשב"ה למאה ה-21", הטכניון והמרכז האקדמי לוינסקי-וינגייט), ואבחון ותרגול עצמי ("ברוח פיז"ה", IASA — המרכז הישראלי למצוינות בחינוך; "הידאטה", מטח; "מאסטר it", מטח; Top Online, מטח). במסגרת תוכניות אלה פותחו כ-500 משימות, במטרה להניע שינוי בלמידת המתמטיקה — הן מההיבט של חומרי הלימוד (מעבר לאוריינות מתמטית, או מתמטיקה יישומית), והן באופי הלמידה בכיתה בכלל. הפרק בוחן כיצד מהלכים פדגוגיים אלה מתורגמים לפרקטיקה, ובודק את מידת ההצלחה שלהם בהסתמך על אמת המידה הגלובלית שאומצה על ידי קרן טראמפ — מבחני פיז"ה הבין-לאומיים, הבודקים אם הדור הצעיר פיתח את המיומנויות והכלים הדרושים כדי לשגשג במאה ה-21.

רקע תיאורטי

חלק זה מתייחס ליסודות התיאורטיים של החינוך המתמטי הריאליסטי, למסגרת המתמטית של פיז"ה מטעם הארגון לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכלי של המדינות המפותחות (OECD) ולאופן שבו שני אלה משתלבים לכדי טיפוח מיומנויות קוגניטיביות ושיתופיות החיוניות לעידן הנוכחי.

חינוך מתמטי ריאליסטי

החינוך המתמטי הריאליסטי, או ה-RME, הוא גישה פדגוגית קונסטרוקטיביסטית-חברתית של הוראת המתמטיקה ולמידתה, שפותחה בהולנד בשלהי שנות ה-60 ובשנות ה-70 של המאה ה-20, על ידי הנס פרוידנטל ועמיתיו, ומשנת 1971 במסגרת מכון IOWO (כיום מכון פרוידנטל). גישה זו התנגדה לפרדיגמה המסורתית של הוראת המתמטיקה, המציגה מושגים מופשטים באמצעות הגדרות פורמליות ואלגוריתמים בטרם יישומם על בעיות מילוליות מלאכותיות[10].

בבסיס גישת ה-RME עומדת טענתו של פרוידנטל שיש לראות במתמטיקה פעילות אנושית דינמית (מתמטיזציה) ולא גוף ידע קבוע, המוכן מראש להעברה הלאה.[11] פרוידנטל טען שבמקום להיות צרכנים של מתמטיקה שנוצרה והתגלתה מראש, יש לאפשר לתלמידים ולתלמידות הזדמנויות להמציא מחדש מושגים מתמטיים באמצעות תהליכי גילוי היסטוריים-חברתיים, וכל זאת בליווי הדרכה.

עיצוב משימות ה-RME נשען על חמישה עקרונות הוראה השזורים זה בזה[12]. הראשון — התלמידים הם משתתפים פעילים בהפקה ובגילוי של המתמטיקה ולא צרכנים פסיביים; השני — בעיות מתמטיות צריכות להופיע בהקשרים בעלי משמעות, המאפשרים לתלמידים לבחון אותם על ידי התנסות ולדמיין אותם. הקשרים אלה יכולים לחרוג מהמציאות הפיזית ולכלול גם עולמות דמיוניים או עולמות תוכן מתמטיים תיאורטיים; השלישי — תלמידים מתקדמים דרך רמות שונות של הפשטה מתמטית. התקדמות זו מגושרת באמצעות מודלים המתפתחים מהקשר ספציפי לחשיבה מתמטית מופשטת;[13] הרביעי — תחומי המתמטיקה (למשל אלגברה, גיאומטריה, סטטיסטיקה) משולבים זה בזה ולא נלמדים בנפרד, באופן המשקף כיצד בעיות מהעולם האמיתי מצריכות כלים משולבים ומגוונים; והחמישי — הלמידה היא פעילות חברתית הכוללת שיח עמיתים, רפלקציה קולקטיבית והתנגשות של אסטרטגיות לא-פורמליות. כל אלה מזרזים המשגה מסדר גבוה.

---

[10] De Lange, 1996; Gravemeijer, 1994

[11] Freudenthal, 1973, 1991

[12] Gravemeijer, 1994; Van den Heuvel-Panhuizen, 2003

[13] Gravemeijer, 1999

המסגרת המתמטית של פיז"ה

תוכנית ההערכה הבין-לאומית של תלמידים (PISA — Programme for International Student Assessment) של ה-OECD הופכת את עקרונות הליבה של ה-RME לאופרטיביים בקנה מידה עולמי, באמצעות ההגדרה של אוריינות מתמטית והערכתה. מבחן פיז"ה מעריך את יכולתם של אזרחים בני 15 ליישם חשיבה מתמטית בהקשרים אותנטיים ומגוונים מהעולם האמיתי[14].

המסגרת המושגית של פיז"ה מגדירה אוריינות מתמטית באופן הבא: "[...] יכולתו של אדם להסיק באופן מתמטי ולנסח, ליישם ולפרש מתמטיקה כדי לפתור בעיות במגוון הקשרים מהעולם האמיתי. היא כוללת מושגים, פרוצדורות, עובדות וכלים לתיאור, להסבר ולחיזוי של תופעות"[15]. באמצעות מתן עדיפות לתהליך של היסק לצד פתרון בעיות, המסגרת רואה באוריינות המתמטית כלי קוגניטיבי החיוני לאזרחות פעילה, רפלקטיבית ואנליטית.

בליבת מסגרת פיז"ה ניצב מחזור מידול מתמטי דינמי בן ארבעה שלבים, המשקף את רעיון המתמטיזציה אשר בבסיס תיאוריית ה-RME[16]: ניסוח, יישום, פירוש והערכה.

ניסוח: התלמידים מתרגמים את האתגר מהעולם האמיתי למבנה מתמטי. **יישום:** לאחר שהבעיה תורגמה לצורה מתמטית, התלמידים מיישמים מושגים מתמטיים, עובדות, פרוצדורות וחשיבה אלגוריתמית כדי להפיק תוצאות מתמטיות. **פירוש והערכה:** התלמידים מתרגמים את התוצאות המתמטיות בחזרה אל ההקשר המקורי מהעולם האמיתי שבו נתונה הבעיה. עליהם להחליט אם הפתרון המתמטי הגיוני, לבחון את מגבלות המודל שבחרו ולהבין כיצד התוצאות הכמותיות חלות על התרחיש מהעולם האמיתי.

כדי לשקף סביבות טכנולוגיות מודרניות ומבוססות-נתונים, מסגרת פיז"ה מתייחסת לארבע קטגוריות של תוכן מתמטי[17]. הקטגוריה הראשונה היא "כמות": התמקדות בחוש למספרים, בחשיבה של יחסים (חשיבה פרופורציונלית), באחוזים ובאומדנים מספריים בעולם האמיתי; השנייה היא "אי-ודאות ועיבוד נתונים": קטגוריה זו מתמקדת באוריינות סטטיסטית, בניתוח נתונים, בהסתברות ובזיהוי מגמות של נתונים; השלישית היא "שינוי ויחסים": התמקדות ביחסים פונקציונליים, במערכות של משתנים ובמידול אלגברי; והקטגוריה הרביעית היא "מרחב וצורה": קטגוריה זו מקיפה מגוון רחב של תופעות הנגלות בכל מקום בעולם החזותי והפיזי, כמו דפוסים, תכונות של עצמים, מיקומים וכיוונים וכן ייצוגים של עצמים.

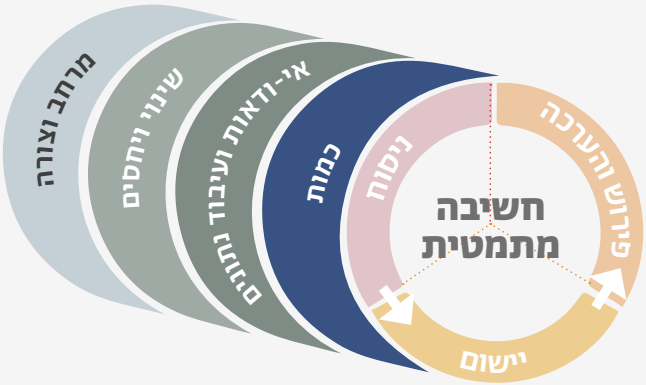
---

[14] OECD, 2018, 2023

[15] OECD, 2023, p. 15

[16] OECD, 2022

[17] OECD, 2023



מחזור המידול של פיז"ה, OECD (PISA, 2022)

הקשר למיומנויות המאה ה-21

הקישור בין הפילוסופיה הפדגוגית של ה-RME לבין המסגרת המושגית של פיז"ה משמש תשתית רבת-עוצמה למיומנויות המאה ה-21, כמו חשיבה ביקורתית, תקשורת, שיתוף פעולה ויצירתיות. ממחקר חינוכי עכשווי עולה שמיומנויות המאה ה-21, הנתפסות לעיתים כ"מיומנויות רכות" כלליות הנפרדות מהליבה האקדמית, שזורות מעצם טבען בתהליכים של מידול מתמטי ולמידה חקירתית ברמה גבוהה[18].

[18] English, 2017; Niss & Blum, 2020

ההחלטה האסטרטגית של קרן טראמפ

רקע

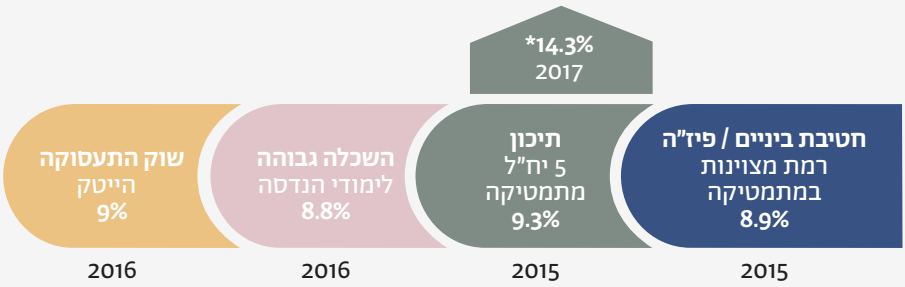
המעבר של הקרן לפעילות ייעודית בחטיבות הביניים, תוך התמקדות באוריינות מתמטית יישומית, נולד כהחלטה אסטרטגית שסימנה את ראשית השלב השני בתוכנית העבודה שלה. הקרן הוקמה בשנת 2011 במטרה לסייע לישראל להוביל תוכנית לאומית לעידוד ולטיפוח מצוינות בתחומי המתמטיקה והמדעים. היא יצאה לדרכה עם יעד מוגדר הן בזמן והן במשאבים: לפעול במשך עשור כדי לעצור את הירידה במספר התלמידים והתלמידות אשר בוחרים ללמוד במסלול של חמש יחידות מתמטיקה בבתי הספר התיכוניים, ואף להכפיל מספר זה. יעד זה מוכר כפרויקט "5 פי 2".

בשנת 2017, כשהתברר שהמערכת מגיבה במהירות למהלך הציבורי והממשלתי ושיעד ההכפלה הושג מוקדם מהצפוי, החלה הקרן לתכנן את אסטרטגיית היציאה שלה. תכנון זה כלל הקמת תשתיות ארוכות-טווח שיאפשרו לתנופה זו להימשך גם לאחר שהקרן תחדל מהשקעותיה, ובהן תוכניות התמחות קלינית להסבת עובדי הייטק להוראת מתמטיקה וגיבוש רשת "ערי מצוינות" בשיתוף אוניברסיטת תל אביב.

ואולם, דווקא בצומת זה נחשף פער פדגוגי ומערכתי עמוק. במהלך דיון שנערך בלשכת שר החינוך דאז, נפתלי בנט, לקראת מבחני פיז"ה של 2018, סבר השר שהעלייה הדרמטית במספר תלמידי כיתות י' הלומדים ברמה המוגברת תתורגם לזינוק בהישגי המדינה במבחנים הבין-לאומיים. מנגד, גורמי המקצוע המפקחים על הוראת המתמטיקה במשרד החינוך לא צפו שיפור של המערכת במבחן זה משום ש"זו לא אותה מתמטיקה". הם הסבירו שבעוד תלמידים ותלמידות בישראל מפגינים בעיקר שליטה במתמטיקה הפרוצדורלית והאקדמית הנדרשת להצלחה בחמש יחידות, מבחני פיז"ה מעריכים אוריינות מתמטית יישומית. אוריינות זו נמדדת ביכולתם של בני 15 להשתמש בכלים מתמטיים כדי לפענח, למדל ולפתור בעיות מורכבות מהעולם המעשי, בדגש על נתונים ואי-ודאות — תכנים שלמעשה לא נלמדו בבתי הספר. הדגש המרכזי של מבחנים אלה הוא בחינת המידה שבה פיתחו הלומדים מיומנויות שיאפשרו להם להתמודד עם אתגרי המאה ה-21.

דיון זה המחיש להנהלת הקרן כי פיתוח שכבת המצוינות לא הושלם, ובכך הפך לנקודת מפנה בפעילותה. בשיחות שניהלה הקרן עם מומחים ומומחיות בין-לאומיים, ובראשם אנדריאס שלייכר, מנהל אגף החינוך והמיומנויות ב-OECD, העמיקה ההבנה שהמודל הישראלי הקיים מפיק "צינור מצוינות" יעיל אך צר מאוד, המנתב תלמידים מגיל 12 לערך היישר אל תעשיית ההייטק. צינור זה כולל את בחירת התלמידים ללמוד בכיתת מצוינות בחטיבת הביניים, ללמוד מתמטיקה ברמת חמש יחידות בתיכון, להשתלב ביחידות מתאימות בצבא ומשם להמשיך אל תעשיית ההייטק (לעיתים דרך לימודים אקדמיים מתאימים).

צינור המצוינות של ישראל



* כתוצאה ממהלך "5 פי 2", המאמץ הלאומי להגדלת מספר הלומדים 5 יח"ל במתמטיקה

בשנים 2015-2016 נכנסו כ-9% מהתלמידים והתלמידות בישראל לצינור מצוינות זה; שיעור התלמידים והתלמידות שהצליחו במבחני פיז"ה, כלומר שהגיעו לרמות מצוינות (5 ו-6 של פיז"ה), עמד גם כן על 9%, וזה היה בקירוב שיעור המסיימים שהגיעו מאוחר יותר לתעשיית ההייטק. אותה קבוצה של כ-9% מהתלמידים והתלמידות בישראל שיקפה פרופיל דמוגרפי צר, שהורכב בעיקר מבנים יהודים מאזור מרכז הארץ. שלייכר הצביע על כך שפוטנציאל הצמיחה האמיתי של ישראל טמון בהרחבת הצינור ובגיוונו, באמצעות הכללה של בנות, תלמידים ותלמידות מהחברה הערבית, ותלמידים ותלמידות מהפריפריה הגיאוגרפית והחברתית. תובנות אלה הובילו להחלטה אסטרטגית של הקרן — להישאר בשדה החינוכי ולהשיק תוכנית משלימה, הממוקדת בחטיבות הביניים ומכוונת לשכבות הגיל הרלוונטיות למבחן פיז"ה ולשלב הקריטי שבו נקבע הניתוב למסלולי המצוינות.

ההנחות הפדגוגיות שבבסיס ההחלטה

בבסיס השקת התוכנית בחטיבות הביניים עמדו מספר הנחות פדגוגיות ומערכתיות. מהנחות אלה נגזרו שיטות עבודה, שחלקן התבררו בדיעבד כמורכבות ליישום. ההנחה הפדגוגית המרכזית הייתה שהוראת מתמטיקה ברמת מצוינות אינה יכולה להתמקד אך ורק בלמידת פרוצדורות, אלא צריכה לכלול פיתוח חשיבה מסדר גבוה ואוריינות יישומית המותאמת לדרישות המאה ה-21. הנחה נוספת הייתה שהמסגרת המושגית של פיז"ה, המכוונת לרמות

קוגניטיביות גבוהות (רמות 5 ו-6 במבחן), מהווה עוגן פדגוגי מתאים שיכול לשמש מצפן לשינוי מושגי עמוק בשדה.

משיחה עם אלי הורביץ, מנכ"ל קרן טראמפ, עולה כי מבחינה מערכתית, הקרן הניחה שמדובר במהלך משלים, קצר וממוקד, אשר יימשך בין חמש לשבע שנים ויתרכז בעיקר בפיתוח חומרי למידה, כלי הערכה ומבחנים מתאימים. נקודת המוצא הייתה שחטיבות הביניים מתפקדות באופן דומה לתיכונים, ומכיוון שבתי ספר רבים הם מוסדות שש-שנתיים (כיתות ז'-י"ב), ניתן יהיה להישען על רצף ההוראה והדרגות המקצועיות הקיימים. על פי תפיסה ראשונית זו, מובילי התוכנית לא היו אמורים להשקיע בהסברה ציבורית נרחבת, שכן הורים, תלמידים ותלמידות נוטים לקבל את ההכרעות הפדגוגיות של הדרג המקצועי בנוגע לתוכן הנלמד. יתרה מזו, נתוני הבסיס הצביעו על כך שלא היה מחסור כמותי במורים ובמורות בחטיבות הביניים, ולכן יש להתמקד אך ורק באיכות התוכן ובנגישותו באמצעות גופי פיתוח מרכזיים כגון המזכירות הפדגוגית ומטח — המרכז לטכנולוגיה חינוכית.

החלופות שנשקלו והבחירה שהתקבלה

ואולם, כבר בשנה הראשונה להשקת התוכנית, נתקלה הקרן בריק ממשלתי ובהתנגדות ששיבשו את מסלול השינוי שלה. משרד החינוך הבהיר שאין לו עניין בתוכנית הממוקדת ספציפית במדדי פיז"ה, והעדיף במקום זאת לרכז את המאמצים המערכתיים סביב מבחני טימס (TIMSS), שבהם הגיעה ישראל באותה עת להישגים גבוהים (מקום שביעי בעולם במבחן האחרון לאותה תקופה). מבחנים אלה הדגישו שליטה פרוצדורלית בתוך תוכנית הלימודים הקיימת והלמו תפיסה מערכתית הרואה בהשכלה אקדמית גבוהה את היעד הבא של בוגרי מערכת החינוך. לעומת זאת, המפקחים ומקבלי ההחלטות במשרד תפסו את מדד פיז"ה כסטנדרט חיצוני וכלכלי השייך לתחומי שוק העבודה של ה-OECD, ואחדים אף הצהירו בגלוי שאילו היה הדבר תלוי בהם, ישראל הייתה בוחרת שלא להשתתף כלל במבחן זה.

מציאות זו הציבה בפני הקרן אתגר אסטרטגי: משרד החינוך המשיך לבחון תלמידים ותלמידות בישראל באמצעות מבחני פיז"ה, אך סירב להכין אותם אליהם ובכך גזר עליהם למעשה כישלון צפוי. נוכח היעדר המוכנות המערכתית והשותפות הממשלתית, עמדו בפני הנהגת הקרן שתי חלופות פעולה עיקריות. האחת הייתה נסיגה והשלמה: קבלת עמדת הריבון, מתוך ההבנה שהפילנתרופיה אינה יכולה לכפות סדר יום פדגוגי הנוגד את המדיניות הרשמית של משרד החינוך, וסיום תפקיד הקרן כפי שתוכנן במקור. השנייה הייתה פעולה חלוצית כזרז והנעה לשינוי: בחירה מודעת לקפוץ למים ולפעול ללא משרד החינוך בשלב הראשון. החלטה זו לא כללה הגברה של מדיניות קיימת (כפי שהיה במהלך תוכנית "5 פי 2"), אלא התנעה של מהלך שטרם זכה לבעלות מערכתית מלאה.

הקרן בחרה בחלופה השנייה — השקעה בפיתוח חומרי למידה והערכה ובבניית תשתיות עוד בטרם הובטחה קליטתם במערכת. חלופה זו כללה שותפות עם חוקרים מובילים מהאקדמיה לצד בניית מסגרות התפתחות מקצועית לצוותי הוראה, כדי לאפשר לאנשי החינוך לרכוש שליטה לא רק בתוכן אלא גם בפדגוגיה המתאימה. כלומר, היה ברור שכדי שהתלמידים יפתחו מיומנויות של המאה ה-21 ויפתרו בעיות של מידול מתמטי, בהלימה לתכנים הנמדדים בפיז"ה, נדרש שינוי לא רק בחומרי הלימוד אלא גם באופן ההוראה. גישה זו של הקרן הייתה פרו-אקטיבית במהותה, ויצאה מתוך הנחה שאם בעוד מספר שנים יחליט משרד החינוך להתאים את תוכנית הלימודים למסגרת הבין-לאומית, יהיה בלתי אפשרי להתחיל מאפס באותו רגע. הכשרת צוותי פיתוח של חומרי למידה והערכה, יצירת תוכן איכותי, בניית ידע מקצועי ושיפור יכולות ההוראה וההטמעה של צוותי ההוראה — כל אלה מצריכים זמן. לפיכך, דווקא משום שהמערכת טרם הייתה מוכנה, הגיע הזמן להכשיר את השדה.

בחירה זו טמנה בחובה סיכון גבוה, משום שהצלחתה הייתה תלויה לא רק באיכות החומרים והפיתוח, אלא גם בתגובת המערכת — אם, מתי ובאיזה אופן היא תאמץ כיוון זה. ואולם, הקרן ראתה בבחירה זו חלק מהתפקיד הייחודי של פילנתרופיה אסטרטגית, שאינה אמורה לשמש מגבר בלבד למדיניות קיימת, אלא גם מחויבת לפעול כחלוצה פדגוגית בעתות של קיפאון מערכתי.

החלטה זו תורגמה לפעילות רחבת היקף ומורכבת מבחינה תפעולית. כאמור, המהלך הוביל לפיתוח 17 תוכניות שונות ליצירת חומרי למידה והערכה, בהובלת מומחים ומומחיות בולטים לחינוך מתמטי ומדעי מהאקדמיה, מהאוניברסיטאות ומהמכללות להכשרת מורים.

מעורבות מומחים בין-לאומיים וגיבוש סטנדרט האיכות

אחד האתגרים המרכזיים בתהליך היה היעדר הבהירות בשדה לגבי המושג "מתמטיקה יישומית" (או "אוריינות מתמטית"). צוותי הפיתוח של חומרי הלמידה מהאקדמיה נטו בתחילה להתבונן במבחני פיז"ה בספקנות. החשש היה שהתוכן המתמטי הנבחן במבחני פיז"ה אינו עמוק מספיק, ולא יוביל ללמידת מתמטיקה ברמה גבוהה. נוסף לכך, אף שהוחלט לאמץ את המסגרת המושגית של פיז"ה, שהציעה המשגה של אוריינות מתמטית הכוללת מידול, פתרון בעיות ויישום ידע, התברר במהרה שבישראל חסרה מומחיות רחבה ומבוססת בפיתוח משימות מסוג זה. באותה עת, איש מהשותפים, לרבות הקרן עצמה, לא היה באמת מומחה למסגרת המשימות של פיז"ה. גם כשהוגדר היעד של פיתוח משימות ברמות 5-6, לא היו כלים ברורים כדי לוודא אם המשימות אכן עומדות בסטנדרט זה.

לפיכך, הקרן נדרשה לבנות מנגנונים ללמידה ולתיקוף תוך כדי תנועה. לשם כך היא נקטה שתי פעולות. האחת הייתה גיוסו של פרופ' זביגנייב מרצ'יניאק, סגן שר החינוך הפולני לשעבר וראש צוות מומחי המתמטיקה הבין-לאומי של פיז"ה ב-OECD. פולין שימשה מודל לחיקוי לקרן, בהיותה מדינה שהצליחה לעשות קפיצה מרשימה בהישגיה ולמקם את עצמה בעשירייה הראשונה במבחני פיז"ה (במחזור 2018). תפקידו של מרצ'יניאק היה לסייע בבחינת איכות המשימות שפותחו כאן בישראל ולספק משוב מקצועי. במהלך מפגשי משוב מובנים הועברו אליו משימות, והוא סיפק הערכה מפורטת בנוגע להלימתן לרמות הקוגניטיביות 5 ו-6 של מסגרת פיז"ה. מעורבות זו עוררה לא אחת ויכוחים מקצועיים נוקבים עם צוותי הפיתוח המקומיים — למשל, סביב ההגדרה המדויקת של משימת אוריינות מורכבת — אך היא הבטיחה שהחומרים שפותחו יעמדו בסטנדרט הבין-לאומי הגבוה ביותר. מהלך זה סיפק נקודת ייחוס מקצועית חשובה, אך בסופו של דבר נשען על מומחה יחיד ועל מדגם של חומרים. במילים אחרות, גם לאחר הכנסת המומחיות הבין-לאומית, נותר לצוותי הפיתוח מרחב גדול לפרשנות ולשיקול דעת.

בו-זמנית, הקרן הקפידה לפתח ולטפח רשת של מומחים ומומחיות בקרב השותפים. מטרת הרשת הייתה ללמוד יחד את המסגרת המושגית ולבחון באופן קולקטיבי את הלימתן של משימות שונות לנדרש ממשימות ברמות 5 ו-6 על פי פיז"ה. רשת הפיתוח הייתה שיתופית. מכאן שאחת מתוצאות התוכנית — גם אם היא לא בהכרח הוגדרה מראש כיעד מרכזי — הייתה יצירת קהילה של חוקרים, מפתחים ומובילי תוכניות שנדרשו להבין יחד מהי משימת פיז"ה טובה, כיצד לבנות מתמטיקה יישומית שאינה רק "סיפור העוטף תרגיל מתמטי" ואיך לבנות חומרי למידה המקדמים חשיבה מתמטית עמוקה.

בחירת זירת הפעולה: כיתות מצוינות בחטיבת הביניים

מכיוון שתוכנית הלימודים הרשמית במתמטיקה לא הותאמה למסגרת המושגית של פיז"ה, התעוררה שאלה מעשית: היכן יילמדו החומרים שפותחו? משרד החינוך והקרן זיהו את כיתות המצוינות בחטיבות הביניים כזירה אפשרית. כיתות אלה, שנפתחו בבתי ספר רבים כמענה לתלמידים ולתלמידות בעלי יכולת ומוטיבציה גבוהות במתמטיקה ובמדעים, כללו בדרך כלל שעות העשרה ומידה של גמישות מעבר לתוכנית הלימודים הסטנדרטית. עבור הקרן, הייתה זו מסגרת שניתן לנסות וללמד בה מתמטיקה יישומית ואוריינית בלי להמתין לשינוי כולל בתוכנית הלימודים.

כדי להרחיב את צינור המצוינות הישראלי ולהנגיש הזדמנויות כבר בגיל חטיבת הביניים, החליטה הקרן להוביל מהלך לפתיחת מספר גדול יותר של כיתות מצוינות. השאיפה הייתה לשנות את המצב הקיים, שבו רק כ-35 תלמידים ותלמידות בשכבת לימודים אחת זוכים להתקבל לנתיב הצטיינות, ולפתוח כיתות מצוינות נוספות שיאפשרו ליותר תלמידות ותלמידים, יהודים וערבים, מהפריפריה ומהמרכז, להצטרף. לפיכך, פנתה הקרן לרשתות בתי ספר,

לרשויות מקומיות ולמחוזות חינוך, והציעה מעין עסקה אסטרטגית: אם הם ירחיבו את ההזדמנות למצוינות על ידי פתיחת כיתות נוספות והשקעת שעות ההוראה הנדרשות, הקרן תעמיד לרשותם תפריט עשיר של תוכניות וחומרי למידה, בליווי גופי פיתוח מהאקדמיה ומהשדה החינוכי. מהלך זה העביר חלק מהאחריות לגורמים מחוץ למשרד החינוך הריכוזי, אך השאיר אותה בתוך המערכת הציבורית הרחבה. הוא לא עקף את המערכת, אך גם לא המתין להכרעה מלאה מן המטה. באותה עת נפתחו במסגרת מהלך זה כ-250 כיתות מצוינות חדשות, כמעט הכפלה של מספר כיתות המצוינות שהיו עד אז.

שימוש בנתונים ובכלי אבחון לפיתוח ולשיפור

מכיוון שמבחן פיז"ה הרשמי הוא מבחן מדגמי המתקיים רק אחת לכמה שנים, הקרן זיהתה צורך קריטי בכלי הערכה פנימיים שישמשו מד-כיוון ויספקו נתונים שוטפים על אפקטיביות הלמידה וההתקדמות. בתחילה פנתה הקרן ל-OECD כדי לייבא כלי הערכה ייעודי המכונה "PISA for Schools", שנועד לבחון בתי ספר ספציפיים אל מול אמת המידה הבין-לאומית. מהלך זה לא צלח, ובהמשך התמקדו המאמצים בבניית מערכת הערכה אבחנתית מבוססת-נתונים העוקבת אחר תהליכי הלמידה.

כתוצאה מכך, הוקמה תוכנית "הידאטה" בשיתוף עם מטח, שנועדה להעריך את הישגי התלמידים והתלמידות במשימות האוריינות ולספק לצוותי הפיתוח וההוראה משוב מבוסס-נתונים לשיפור מתמשך של חומרי הלמידה. בדיעבד, מסגרת "הידאטה" לא הצליחה למלא את ייעודה זה מסיבות שונות (ראו פירוט בעמ' 71), אך עצם פיתוחה שיקף את המחויבות האסטרטגית לניהול מבוסס-נתונים. כמו כן, מתוך ההבנה שלמידת מתמטיקה ברמה גבוהה, כזו שמתבססת על פתרון בעיות ללא דרך מוכרת לפתרון, כרוכה גם באתגרים רגשיים, שיתפה הקרן פעולה עם מרכז מיטיב באוניברסיטת רייכמן. המרכז פיתח שיעורים וכן כלי משוב והערכה רגשיים-חברתיים, במטרה לבחון את השפעת התוכנית על החוסן והתפיסה העצמית של התלמידים והתלמידות בכיתות המצוינות, ולסייע להם בפיתוח היבטים אלה.

בסופו של דבר, מערך מורכב זה של מהלכים פדגוגיים ומערכתיים, החל מהקמת סטנדרט הערכה בין-לאומי ייעודי, דרך ההרחבה האסטרטגית של מסלולי המצוינות בחטיבות הביניים ועד להמשגת משוב אבחוני דיגיטלי, הגדיר את גבולות הפעולה של תוכנית השלב השני של הקרן. בבחירתה לפעול כקטר עצמאי בתקופה של היסוס בירוקרטי, יצרה הקרן ספרייה מקיפה של חומרי לימוד, וטיפחה רשת איתנה וחוצת-מוסדות של אנשי חינוך מתמטי ומורים. בעוד אלה הצליחו להכניס לבתי ספר מסוימים למידת מתמטיקה ממוקדת אוריינות, כדאיותם ארוכת הטווח וההרחבה המערכתית של אותם מהלכים נותרו תלויות בבחירה המקומית של בתי ספר בודדים ובנכונותו של משרד החינוך לאמץ את המהלך. הסעיפים הבאים מציגים דוגמאות לגבי האופן שבו חזון אסטרטגי זה יושם, הותאם והוערך במסגרת של חמש תוכניות חלוציות ומובחנות בשדה.

חקרי מקרה

חלק זה מציג חמישה חקרי מקרה מתוך פרויקטים השונים זה מזה באופיים, שכל אחד מהם כולל פיתוח תוכן והטמעה בקרב קהילות למידה מקצועיות של צוותי הוראה. כל אחד מהפרויקטים הללו משקף פרשנות מובחנת לאוריינות מתמטית בהלימה עם המסגרת המושגית של פיז"ה.

כל מקרה בוחן יוצג על פי הרקע והמאפיינים של הפרויקט, התובנות הרטרוספקטיביות בנוגע אליו, ההנחות הפדגוגיות שבבסיס התוכן שפותח, תהליך פיתוח החומרים והעקרונות המנחים וכן ההטמעה בקרב המורים והמורות.

חמשת חקרי המקרה הנדונים כאן הם: i-MAT — שילוב מתמטיקה בהקשרים הנדסיים; "דברו אליי במספרים" — שילוב מתמטיקה בהקשרים של קיימות וסביבה; "מאור" — מתמטיקה אוריינית לחטיבת הביניים; "קהילות מחשב"ה למאה ה-21" — מהלכים מעודדי חשיבה בהוראת המתמטיקה; וחקר המקרה החמישי עוסק בהערכת היבטים רגשיים-חברתיים במהלך למידת המתמטיקה.

בנוסף, חלק זה מציג את פרויקט "הידאטה", בהובלת ד"ר אורנה לביא וד"ר יניב ביטון ממטח, שמטרתו הייתה להעריך את האוריינות המתמטית של תלמידים ותלמידות שלמדו באמצעות המשימות שפותחו במגוון התוכניות.

1) תוכנית i-MAT — גשר בין אקדמיה, הנדסה ומתמטיקה יישומית

רקע

תוכנית i-MAT הושקה ב-2020 על ידי פרופ' זהבית כהן מהטכניון. התוכנית צמחה מתוך חזון אקדמי ומעשי, שעיקרו — הכנסת המתמטיקה המשמשת את עובדי ההייטק, הטכנולוגיות המתקדמות והתעשייה לכיתות חטיבת הביניים. המניע העיקרי לתוכנית היה הפער המוכר בין מתמטיקה בית-ספרית, הנוטה להתמקד בפרוצדורות מנותקות מהקשר יומיומי, לבין האופן שבו מהנדסים וחוקרים משתמשים במתמטיקה ככלי דינמי לפתרון בעיות מורכבות מהעולם האמיתי, והרצון להביא לכיתה את המתמטיקה שבהייטק.

בריאיון עם זהבית כהן, היא סיפרה: "החלטנו להתחיל לפתח משימות שמציגות את המתמטיקה הנדרשת בעולם הטכנולוגי וההנדסי שסביבנו. עבדנו יחד — מומחים וחוקרים מהפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה לצד מהנדסים מהטכניון ומחברות הייטק — וראינו שלחיבור האותנטי הזה יש איכות ייחודית. הרגשנו שיש בידינו משהו שיכול להיות רלוונטי ומשכנע יותר עבור התלמידים והתלמידות ולאפשר להם להבין שמתמטיקה אינה נלמדת באמת

ללא סיבה, אלא קשורה עמוקות לעולמות שבהם יוכלו לעסוק בעתידם. בשיעור מתמטיקה, תלמידים ותלמידות יכולים להבין כיצד פועלת כיפת ברזל, כיצד מתפקד מכשיר מובילאיי המצפצף ברכבם או איך פועל הטלפון הנייד שלהם. כשעובדים עם תלמידים ותלמידות על משימות כאלה, פתאום רואים את האור בעיניהם".

כחלק ממאמץ לאומי להרחבת המצוינות המדעית בחטיבות הביניים, התוכנית ממומנת על ידי הקרן ומיושמת כיום בקנה מידה לאומי רחב: בתי ספר רבים מאמצים אותה, מעורבים בה מאות מורים ומורות ואלפי תלמידים ותלמידות בישראל, והיא מלווה במחקר אקדמי מקיף העוקב אחר התפתחותה ויישומה.

הנחות פדגוגיות ופיתוח חומרי למידה-הוראה

תוכנית i-MAT פועלת על בסיס ההנחה שמידול מתמטי הוא מיומנות חיונית הנדרשת מתלמידים של המאה ה-21. המשימות פותחו מנקודת מבט הנדסית, תוך הסטת המוקד מהוראה הממוקדת בפרוצדורות אל מחזור המידול המתמטי. תהליך זה כרוך בזיהוי בעיה מתמטית המופיעה בהקשר הנדסי-מדעי, בבניית מודל מתמטי מתאים לפתרון הבעיה, בפתרון הבעיה המתמטית ובהערכת הפתרון בתוך הקשר הבעיה.

תהליך הפיתוח נשען על קבוצה רב-תחומית של מפתחים וחוקרים. בשלבים הראשונים של הפרויקט, צוות פיתוח שלם נדרש לכחודשיים של עבודה רצופה כדי לבנות, לחדד ולתקף משימה אחת. משימות אלה עברו תיקוף באמצעות מחוון דו-ממדי ייחודי שפיתח צוות המחקר[19], המודד את סוגי פריטי המידול ואת רמותיהם הקוגניטיביות בהלימה למסגרות פיז"ה (בדגש על הגעה לרמות המיומנות הגבוהות 5 ו-6). כלומר, מהשלבים הראשונים של הפרויקט, הוא לווה במחקר מעמיק.

במסגרת התוכנית פותחו עשרות יחידות לימוד, וכל יחידת לימוד נועדה להילמד במשך שלושה עד ארבעה שיעורי מתמטיקה. במסגרת ההתפתחות המקצועית של צוותי ההוראה, שבמהלכה נלמדו התכנים שפותחו בתוכנית, גילו המורים התלהבות רבה, אך הביעו נכונות ליישם בכיתותיהם יחידת לימוד אחת בשנה לכל היותר. היה ברור לצוות התוכנית שמצב זה לא יאפשר לתלמידים ולתלמידות לפתח מיומנויות מידול מתמטי ברמה גבוהה. כתוצאה מכך, הגישה השתנתה: מתוך הנחה שמורים לא מלמדים בכיתה משימות ארוכות, עבר הצוות לפיתוח של משימות קצרות יותר, אשר ניתן ללמד בשיעור בן 45 דקות. כך התלמידים והתלמידות עדיין יכלו לעסוק במידול מתמטי בתוך הקשרים הנדסיים.

כדי להבטיח מענה לכלל המגזרים במערכת החינוך הישראלית ולאפשר תפוצה בין-לאומית, כל חומרי הלמידה הונגשו במלואם בשלוש שפות: עברית, ערבית ואנגלית.

---

[19] Kohen & Gharra-Badran, 2023

הטמעה

ההטמעה המוצלחת של i-MAT מבוססת על ההבנה ששינוי בתכנים הנלמדים מחייב שינוי מקביל בפרקטיקות ההוראה. לפיכך, קמו במסגרת התוכנית מנגנוני הכשרה ותמיכה ממוסדים — קהילות לאומיות, אזוריות ועירוניות של צוותי הוראה. קהילות אלה שימשו מרחב בטוח שבו המורים חוו את המשימות ממקור ראשון — מנקודת מבט של למידה, ניתחו עבודות של תלמידים, דנו בשגיאות נפוצות ופיתחו את הידע התוכני-הנדסי, המתמטי והפדגוגי הנדרש להוראת מתמטיקה יישומית. המורים והמורות שהשתתפו בתוכנית השתלבו ברשת מקצועית רחבה, וחלקם התקדמו לתפקידי הנחיה ומנהיגות בתוך הפרויקט.

נוסף לקהילות המורים, הוראת מידול יעילה מתבצעת גם בקרב פרחי הוראה בשלב הכשרתם בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון, דרך קורסים שמאפשרים פיתוח והערכה של הוראת מידול והתנסות בו. חלק מהקורסים נלמדים במעבדת MtED, מעבדת סימולציה שמאפשרת הוראה מול קבוצות תלמידים מרחבי הארץ שמגיעות לטכניון.

על אף החדירה המוצלחת לשדה החינוכי, המפגש בין יישום משימות המידול לבין האופי הריכוזי של מערכת החינוך הישראלית חשף חסמים מבניים ופדגוגיים משמעותיים. החסם העיקרי הוא אילוצי הזמן והלחצים לכיסוי תוכנית הלימודים. משימות מידול מצריכות זמן ניכר לחקירה, לניסוי וטעייה ולדיון כיתתי. עבור המורים בישראל, הפועלים תחת לחצי זמן נוקשים להכנה למבחנים, הקצאת שיעורים מרובים למשימה אחת מציבה אתגר גדול, במיוחד מאחר שמיומנויות המידול והאוריינות המתמטית טרם הוגדרו כדרישת חובה בתוכנית הלימודים הרשמית של מסלולים מסוימים.

קושי נוסף נבע מכך שההקשר החוץ-מתמטי לא תמיד נתפס כרלוונטי להוראת המתמטיקה. כלומר, בעוד מידול מתמטי דורש מעבר מההקשר החוץ-מתמטי להקשר המתמטי המוכר, ולאחר מכן חזרה אל ההקשר החוץ-מתמטי, מורים ומורות מעדיפים לעיתים קרובות משימות מתמטיות הממוקדות אך ורק בהקשר המתמטי, תוך הימנעות מהאיטרציה המחזורית של משימות המידול.

חסמים נוספים כוללים את היעדר הניסיון המוקדם של צוות ההוראה עצמו בתהליכי מידול, חשש מהוראת הקשרים הנדסיים ומדעיים מורכבים החורגים מליבת הדיסציפלינה שלהם וקושי פדגוגי בניהול שיעור פתוח שבו התוצאה הסופית אינה ידועה מראש.

תובנות

שתי תובנות מרכזיות עולות מפרויקט זה. התובנה הראשונה היא שהמפתח לקיימות של פרויקט חינוכי טמון בקשר הדוק בין מחקר לבין מעורבות ומחויבות גבוהות של צוות

ההובלה. הליווי המחקרי הנרחב של הטכניון אפשר לצוות הפיתוח לעקוב אחר קשיים של המורים והמורות בזמן אמת, לייצר להם פיגומים פדגוגיים מתאימים ולכייל במדויק את רמות המשימות לפי מחזור המידול.

תובנה שנייה היא שהטמעת מתמטיקה יישומית כחלק אינטגרלי מההוראה מצריכה לא רק אספקה של חומרי למידה מצוינים, אלא גם שינוי תרבותי עמוק בתפיסת תפקיד המורה — מעבר מעמדה של "מעביר ידע" אל מנחה היכול לשאת אי-ודאות ולתווך לתלמידים ולתלמידות את מורכבות העולם האמיתי.

2) "דברו אליי במספרים" — מתמטיקה בהקשר של קיימות וסביבה

רקע

התוכנית "דברו אליי במספרים" הוקמה על ידי פרופ' רון בלונדר וד"ר שלי רפ מקבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע. התוכנית עוסקת בסוגיות גלובליות קריטיות בהלימה ליעדי הפיתוח בר-הקיימא (SDGs — Sustainable Development Goals) של האו"ם לשנת 2030, שאומצו על ידי מדינות ברחבי העולם ובהן ישראל. יעדים אלה נועדו להבטיח איכות חיים לדורות הבאים באמצעות מיגור העוני, הגנה על כדור הארץ והבטחת הכלה חברתית.

אוכלוסיית היעד של התוכנית כוללת את תלמידי ותלמידות כיתה ט' הלומדים במסלולי מצוינות מדעית או במסלולי מתמטיקה מתקדמים. מטרת התוכנית היא לטפח שיח מדעי המבוסס על נתונים ועל מתמטיקה ומאפשר לתלמידים ולתלמידות לנתח סוגיות סביבתיות מורכבות, להציע פתרונות מבוססי-ראיות ולפתח למידה פעילה ("סוכנות") המשפיעה ישירות על סביבתם הקרובה על בסיס הממצאים הכמותיים שעלו כתוצאה מניתוח הסוגיות הסביבתיות.

במהלך ריאיון, תיארה פרופ' בלונדר את המוטיבציה המרכזית שמאחורי פיתוח הפרויקט, את תפקיד המדע ואת הדחיפות המערכתית:

"רצינו להביא נתונים מהעולם האמיתי לכיתה, כדי לעזור לתלמידים ולתלמידות לראות מה קורה סביבנו עם משבר האקלים — לא ברמת הסיסמאות, אלא דרך המספרים. המתמטיקה היא השפה שמאפשרת לנו להבין אם המצב משתפר או מחמיר. יש כאן יעדים בעלי רקע מדעי משמעותי מאוד, כגון מים נקיים לכל אדם על פני כדור הארץ, אנרגיה נקייה, חיים מתחת למים וכמובן סוגיית ההתחממות הגלובלית. אלה יעדים שעל האנושות להשיג כדי שלא נגיע למצב בלתי-הפיך, שכן בכל אחד מהתחומים הללו קיימת נקודת אל-חזור. מבחינתי, הכימיה היא כלי לטיפול בסוגיות אלה.

אך ברגע שמדברים על יעדים ומטרות ספציפיים מאוד, לא מדובר רק בהבנת הכימיה שבבסיסם ובשימוש במתמטיקה כדי לפתור אותם; מדובר גם בהתחשבות בשיקולים של מהו המצב הנוכחי, מה מראים הנתונים, כיצד נוכל ללמוד מהנתונים על המצב הקיים, כיצד נוכל לוודא שהפתרונות שאנו מציעים אכן נותנים מענה לסוגיה המתעוררת, וכמה עלינו לשנות, למשל, בצריכת האנרגיה, כדי להימנע מהגעה לנקודת האל-חזור".

הנחות פדגוגיות ותהליך פיתוח החומרים

התשתית הפדגוגית של התוכנית נשענת על שילוב בין הגדרת האוריינות המתמטית מהמסגרת המושגית של פיז"ה לבין פדגוגיה מבוססת-נתונים. יעדי הפיתוח בר-הקיימא (SDGs) שימשו הקשר אותנטי לחשיבה מתמטית מסדר גבוה.

משימות האוריינות שפותחו הן מודולות דיגיטליות, העוסקות בהקשרים אותנטיים של אקלים וסביבה, ובהם זיהום אוויר, אפקט החממה, טביעת הרגל הפחמנית, ניהול משאבי מים, אנרגיה מתחדשת וכימיה ירוקה. כל יחידת לימוד שפותחה כוללת אתגר של פיתוח בר-קיימא ומשלבת את הרקע המדעי הרלוונטי לצד נתונים מתמטיים. התלמידים נדרשים לנתח סוגיות שונות הקשורות לתחומים אלה, להציע פתרונות מבוססי-נתונים, ובעקבות מסקנותיהם — ליישם אקטיביזם מובנה המוטמע בכל יחידת לימוד. כלומר, התוכנית שמה דגש מרכזי על הפיכת התלמידים והתלמידות לאקטיביסטים ולסוכני שינוי, באמצעות תרגום נתונים יבשים לפעולות קונקרטיות.

בליבת התוכנית עמדו שתי הנחות פדגוגיות השזורות זו בזו. לפי ההנחה הראשונה, הבנה עמוקה של מושגים מתמטיים (כגון קצב שינוי ופרשנות של גרפים רב-משתניים) חיונית להבחנה בין עובדות מדעיות לבין חדשות כזב או מניפולציות תקשורתיות בנוגע לסוגיות אקלים. לפי ההנחה השנייה, חשיפה פסיבית למשבר האקלים מייצרת חרדה ואדישות בקרב התלמידים והתלמידות[20]. בהתאם לכך, הפרויקט מעוגן במודל מושגי שלפיו שילוב פדגוגיה מבוססת-נתונים עם ערך רגשי מוביל לטיפוח סוכנות התלמידים והתלמידות, המוגדרת כיכולתם ונכונותם לנקוט עמדה, לקבל החלטות מושכלות ומבוססות-נתונים ולהשפיע באופן פעיל על סביבתם (התנהגות פרו-סביבתית). במסגרת זו, המתמטיקה משמשת עוגן רציונלי המעצים את התלמידים ועוזר להם לעבור ממצב של חרדה אקולוגית למצב של פעולה מבוססת-ידע.

להלן מספר דוגמאות מהכיתה:

• חישוב נטיעת העצים: במסגרת יחידה העוסקת בהתחממות גלובלית, נדרשו התלמידים לבצע משימת אקטיביזם מובנית ומורכבת — לחשב את מספר העצים שיש לנטוע לאורך כביש

[20] Rap, Blonder, Sindiani-Bsoul, & Rosenfeld, 2022; Sindiani-Bsoul, Rosenfeld, Rap, & Blonder, 2026

ירושלים-תל אביב כדי לקזז ולאזן את פליטות הפחמן המצטברות של כלי הרכב הנוסעים בעורק תחבורה מרכזי זה.

• צמצום השימוש בכוסות פלסטיק חד-פעמיות: במסגרת יחידה שחקרה את תרבות הצריכה ואת הנזק הנגרם מפלסטיק, חקרו התלמידים נתונים כמותיים הקשורים לשימוש בכלים חד-פעמיים בקהילותיהם. בעקבות הבדיקה שעשו, קיבלו התלמידים החלטה משותפת לערב את בני המשפחות שלהם — להציג להם את הנתונים שאספו ולהסביר להם על הנזק הכרוך בשימוש בפלסטיק, במטרה לצמצם את השימוש בכוסות פלסטיק חד-פעמיות במהלך החגים. דיוניהם ודרכי השכנוע שלהם התבססו על נתונים. במקביל, כדי לחולל שינוי מערכתי רחב יותר, ניסחו התלמידים מכתב מנומק שאותו הם שלחו לראש מחלקת התברואה העירונית, ובו הציגו דרישה מגובת-נתונים להגדלת פריסת פחי המִחזור הייעודיים בעירם.

הפרויקט לווה במחקר מעמיק, שכלל גם סטודנטים למחקר במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע. מחקרים אלה ניתחו היבטים שונים בפיתוח ובהפעלה של התוכנית, כמו השפעתה על פיתוח חשיבה ביקורתית, שינוי עמדות בנושאים של סביבה וקיימות וטיפוח סוכנות בקרב הלומדים.

הטמעה

מודל ההטמעה של התוכנית התבסס על התפתחות מקצועית מתמשכת ועל יצירת רשתות תמיכה למורים, מתוך הנחה שהמורה הוא סוכן השינוי המרכזי בכיתה:

קהילות אזוריות של צוותי הוראה. התוכנית הקימה והפעילה שלוש קהילות מורים מקצועיות בפריסה גיאוגרפית רחבה: קהילה מרכזית (במכון ויצמן למדע), קהילה צפונית (באזור חיפה) וקהילה דרומית (באזור באר שבע). קהילות אלה נפגשו באופן סדיר לאורך שנת הלימודים, וסיפקו למורים תמיכה פדגוגית ודיסציפלינרית מתמשכת.

התפתחות מקצועית והנחיית עמיתים. המורים בקהילות אלה עברו תהליך צמיחה מקצועית מובנה. מורות ומורים ותיקים שהשתתפו בתוכנית בשלביה הראשונים התקדמו לתפקידי מנהיגות, ובהמשך הובילו בעצמם את קהילות המורים העמיתים. התקדמות פנימית זו תרמה ליציבות ולקיימות ארוכות-טווח של הרשת המקצועית בשדה החינוכי.

מדריכים למורה. לצד המשימות הדיגיטליות, פותחו מדריכים מקיפים למורה עבור כל יחידה. מדריכים אלה כללו רקע מדעי מפורט על תופעות אקלים, דגשים פדגוגיים ספציפיים, אסטרטגיות להתמודדות עם תפיסות שגויות נפוצות של התלמידים והתלמידות ומסגרות מובנות לניהול דיונים כיתתיים פתוחים סביב נתונים סביבתיים, כדי לסייע למורים ולמורות לתווך את התוכן הבין-תחומי.

תובנות

המפגש בין תוכנית לימודים בין-תחומית לבין השדה החינוכי חשף אתגרים מבניים משמעותיים הנובעים מהחלוקה המסורתית של הדיסציפלינות בתוך המערכת החינוכית. המורים למתמטיקה חוו קושי ותחושת חוסר ביטחון נוכח הדרישה ללמד תוכן מדעי מורכב מתחומי הכימיה ומדעי הסביבה, החורגים לחלוטין מהכשרתם המקצועית המרכזית, וחלקם הביעו התנגדות ראשונית להוראת היחידות. המורים למדעים נתקלו בקשיים בניסיון לתווך לתלמידים את המיומנויות המתמטיות מסדר גבוה ואת המידול הפורמלי שנדרשים למשימות. קשיים אלה של המורים דרשו השקעה של משאבי תיווך נרחבים והכשרה ממוקדת של המורים כדי לגשר בין שני תחומי הדעת — מדעים ומתמטיקה.

התובנה המרכזית מהפרויקט היא ששילוב מוצלח של אוריינות מתמטית בתוך הקשרים בין-תחומיים מצריך מענה מותאם לחסמי הזהות המקצועית של המורה הדיסציפלינרי. כדי שמשימות המשלבות מדע, סביבה ומתמטיקה יוטמעו בהצלחה ובלי לעורר התנגדות, יש לספק למורים מעטפת תמיכה מתמשכת, כמו קהילות המורים והמדריכים המפורטים שנכתבו למורים. תמיכה זו אפשרה להם לגשר על פערי הידע הדיסציפלינריים ולפתח ביטחון בהובלת שיח כיתתי מבוסס-נתונים, המתמקד בנתונים מורכבים מהעולם האמיתי. כל אלה יכולים להעצים את התלמידים שלהם לפעול בטרם תגיע האנושות לאותן נקודות אל-חזור אקולוגיות.

3) תוכנית "מאור" — מתמטיקה אוריינית בחטיבות הביניים

רקע

התוכנית הלאומית "מאור" פותחה ועוצבה על ידי פרופ' רוזה לייקין במסגרת מרכז חמ"ה (המרכז לחקר מחוננות והצטיינות) שבפקולטה לחינוך באוניברסיטת חיפה, לבקשתה של דלית שטאובר, שהייתה אז מנכ"לית משרד החינוך, בשיתוף ובתמיכת הקרן. שטאובר ביקשה שהתוכנית תיתן מענה לכלל התלמידים, כלומר שהיא לא תתמקד רק בפיתוח ובהתאמה של משימות לרמות המצוינות (רמות 5-6 של פיז"ה) אלא גם תביא בחשבון רמות נמוכות יותר. תוכנית זו פותחה כתוכנית מעטפת לכלל התוכניות; חלק מהמשימות פותחו כבר בעבר על ידי הצוות של פרופ' לייקין (כמו "מאו"פ מתמטי" — משימות אוריינות לפיתוח מתמטי), אבל היא כוללת גם התאמה ועיבוד של משימות מתוכניות נוספות (כמו התוכניות i-MAT, "מודלים לחשיבה", "לחשוב רחוק עם מתמטיקה" ו"מהלכי"ם").

כלומר, תוכנית "מאור" פותחה כתוכנית המיועדת לכלל התלמידים בכיתות חטיבת הביניים, ולא רק כתוכנית מצוינות בדומה לתוכניות הקודמות. מטרתה היא להנגיש לכלל אוכלוסיית הלומדים משימות מידול מורכבות ורב-שכבתיות. משימות אלו שזורות בהקשרים מגוונים של

התרבות האנושית, כגון מדעי הטבע, מדעי החברה, אומנויות, אדריכלות וספורט, ומיועדות לפתח חשיבה מתמטית מסדר גבוה. באמצעות גישה זו, התוכנית מבקשת להבטיח כי ההעשרה המתמטית תישאר פתוחה לכולם ותשמש אמצעי לקידום מוכנות אקדמית רחבת היקף, במקום להפוך למנגנון של ניתוב מוקדם והדרה חברתית.

הנחות פדגוגיות ותהליך פיתוח החומרים

התשתית המושגית של תוכנית "מאור" מעוגנת במסגרת תיאורטית המבדילה, ועם זאת משלבת, בין שתי צורות נפרדות של אוריינות הנדרשות לפתרון מוצלח של בעיות מהעולם האמיתי: אוריינות מתמטית ואוריינות הקשרית[21]. אוריינות מתמטית כרוכה ביכולתם של התלמידים לנסח, ליישם ולפרש מתמטיקה כדי לפתור בעיות. לעומת זאת, אוריינות הקשרית כוללת את הידע הספציפי לתחום, את המינוחים הטכניים המקובלים ואת המנגנונים העומדים בבסיס התחום הלא-מתמטי שבו הבעיה מוטמעת (למשל, הבנת הפיזיקה של האקוסטיקה במוזיקה או של נשיאת העומסים של מבנים באדריכלות). התוכנית מניחה שקשיים במידול נובעים לעיתים קרובות מחסר באוריינות הקשרית ולא מקשיים בתחום המתמטיקה בלבד. לפיכך, עיצוב המשימות צריך להתייחס באופן מפורש לשני הממדים.

כדי ליישם אתגרים אלה בכיתות הטרוגניות מבלי לרדד את הדיוק והעומק המתמטי שלהם, פיתח צוות "מאור" עיצוב מובנה ייחודי משלו המכונה "המבנה המדורג", שכולל מהלכים מלמעלה-למטה ומלמטה-למעלה[22]. במקום להקצות משימות שונות למסלולי תלמידים שונים, כל אחת מבעיות המידול שפותחה כללה פיגום מובנה המחולק לארבעה שלבים מתקדמים:

שלב 1 משמש כנקודת כניסה נגישה לכל התלמידים, במטרה למזער ככל הניתן הדרה. שלב זה מספק הסבר מפורט על התחום מהעולם האמיתי לצד דרישות מתמטיות מודרכות וישירות, כדי לבסס היכרות ראשונית.

שלבים 2 ו-3 משמשים כגשרים קוגניטיביים. מטרתם להגדיל בהדרגה את מורכבות המשימה באמצעות הגדלה של הפורמליזציה המתמטית הנדרשת, של העומק ההקשרי של התחום או של שניהם.

שלב 4 הוא השלב שבו מוצגת הבעיה המורכבת בצורתה האותנטית והלא-מודרכת, המחייבת את התלמידים לבצע את כל שלבי מעגל המידול כדי להגיע לפתרון עצמאי.

---

[21] Leikin, et al., in press

[22] Leikin, et al., in press; Leikin & Ovodenko, 2024

בהלימה עם תיאוריית הפעילות (Activity Theory)[23], פיתוח משימות "מאור" מומשג כפעילות קולקטיבית שנועדה לשלב בין שלושה סוגים של מומחיות, הפועלים לעיתים קרובות באמצעות זוגות שיתופיים של מעצבים מומחים[24]:

• מומחה ההקשר שתפקידו לספק ידע לא-מתמטי עמוק וספציפי לתחום, כדי להבטיח שהמשימות יישארו אותנטיות ולמנוע מצב שבו התרחיש מהעולם האמיתי יהפוך לסיפור-כיסוי שטחי.

• מומחה למתמטיקה שתפקידו לבסס מושגים, מבנים ופעולות מתמטיות ברמה גבוהה, כדי להבטיח שמשימת הליבה תשמור על עומק קוגניטיבי ולא תצטמצם להפעלה של פרוצדורות.

• מומחה בית-ספרי/פדגוגי אשר בוחן את ההיתכנות של הפעלת המשימה בכיתה. מומחה זה מווסת את השפה והפיגומים הניתנים כך שיתאימו לאילוצים הקוגניטיביים בפועל ולמציאות ההטרוגנית של כיתות חטיבת הביניים.

במחקרם[25] על תהליך פיתוח הבעיות ב"מאור", הראו לייקין ואובודנקו שבעוד כל המעצבים שותפים למטרה של טיפוח אוריינות מתמטית, פעולותיהם נבדלות בהתאם למומחיותם העיקרית. למשל, מומחי המתמטיקה מתמקדים באופן עקבי במשימות רבות-פתרונות ובהכללות, בעוד מפתחים בעלי אוריינטציה בית-ספרית נותנים עדיפות לרצף ההוראה ולקריאות. שילוב הפרספקטיבות המשלימות הללו מגדיל את הסיכוי לכך שהמשימות הסופיות יתאימו להפעלה בכיתה הטרוגנית.

הטמעה

אסטרטגיית הפריסה של "מאור" מכירה בכך שפיתוח אוריינות בקרב תלמידים כרוך בתהליכי למידה של מורים. לכן התוכנית מתמקדת בהתפתחות מקצועית אינטנסיבית של מורים, שמטרתה לספק להם את התמיכה הנדרשת להוראת מתמטיקה ממוקדת-אוריינות בכיתותיהם. במסגרת ההתפתחות המקצועית, המורים לומדים איך לתמוך בתלמידים שלהם כשהם נדרשים להתמודד עם נתונים עמומים מהעולם האמיתי וכשאין להם דרך מוכנה לפתרון הבעיה האוריינית. כלומר, מפגשי ההתפתחות המקצועית מקנים למורים אסטרטגיות פדגוגיות ופרקטיקות הוראה כדי שיוכלו לספק לתלמידיהם דרכים להתמודדות עם המשימות החדשות. מסגרת זו כוללת סיוע באבחון מקור הקשיים של התלמידים — האם הם נובעים מחוסר באוריינות הקשרית (המצריך הבהרה ספציפית לתחום) או מחוסר באוריינות מתמטית (המצריך פיגום מתמטי).

---

[23] Leontiev, 1978

[24] Leikin & Ovodenko, 2024

[25] Leikin & Ovodenko, 2024

בכיתה, המורים משתמשים במבנה המדורג כדי לנהל קבוצות תלמידים הטרוגניות. ההוראה לכלל הכיתה מתחילה בהקשר היסודי שבשלב 1, המאפשר לכל התלמידים והתלמידות נקודת כניסה משותפת. לאחר מכן, המורה משתמשת באופן מושכל בשלבי הביניים (שלבים 2-3) כדי להתאים את המשימה ולתמוך בתלמידים שונים בהתמודדות שלהם עם ההפשטות הנדרשות בשלב 4, בתוך אותה מסגרת לימודית.

מחקר שבדק את תפיסותיהם של מורים למתמטיקה המלמדים את משימות "מאור" הראה שמורים מעריכים מאוד את השילוב הבין-תחומי, בשל יכולתו לעורר עניין אצל התלמידים ולהדגים את התועלת של המתמטיקה בעולם שמחוץ לכיתה[26]. ואולם, ממחקרי ההטמעה גם עולה שאמונותיהם הפנימיות של המורים לגבי השאלה אם להקשר יש מקום בשיעור מתמטיקה משפיעות באופן ניכר על האופן שבו הם מבצעים את המשימות, ומחייבות את הפרויקט לספק מדריכים מקיפים למורה המציעים תשתית הקשרית ומתמטית איתנה.

תובנות

במסגרת מפגשי ההתפתחות המקצועית של "מאור", הציפו המורים את תחושות המתח שלהם בנוגע לזהותם המקצועית. לצד התלהבות רבה מיכולתה של התוכנית להגביר את המוטיבציה של התלמידים ולהדגים את הרלוונטיות של המתמטיקה לעולם האמיתי, הם הביעו חוסר ביטחון לגבי היכולת שלהם ללמד משימות כאלה בכיתה. מורי מתמטיקה רבים חוו אי-נוחות במהלך הוראת נושאים שהם "מחוץ לתחום" מבחינתם — הן מבחינת הידע המתמטי שלהם והן מבחינת דרישות תוכנית הלימודים. קושי זה בלט במיוחד בהתמודדות עם הדרישות הספציפיות של אוריינות הקשרית במשימות (כגון הסברים על תיאוריה מוזיקלית או על פיזיקה בהקשר של אדריכלות). תובנה זו חושפת כי שילוב מוצלח של אוריינות מתמטית תלוי במידה רבה בנכונותו של המורה לשאת אי-ודאות הקשרית ולצאת אל מחוץ לגבולות המסורתיים של הוראה מתמטית פרוצדורלית.

אחת התובנות המרכזיות של תוכנית "מאור" היא שלמידה בקבוצות הטרוגניות וקפדנות מתמטית-אקדמית יכולות להתקיים זו לצד זו באמצעות ארכיטקטורת משימות מכוונת. התערבויות חינוכיות מסורתיות נוטות לעיתים קרובות להוריד את הדרישות הקוגניטיביות של המשימות מתלמידים בעלי הישגים נמוכים במתמטיקה. לעומת זאת, תוכנית "מאור" מספקת מודל-נגד אמפירי להרחבה מערכתית: באמצעות ניתוק המכשולים ההקשריים מהמכשולים המתמטיים דרך "המבנה המדורג", התוכנית מדגימה שאפשר לבצע בהצלחה אותה משימת מידול מורכבת עם קבוצות תלמידים מגוונות. הקיימות ארוכת-הטווח נשענת על התקדמות מעבר לחלוקה פשוטה של חומרים; היא מצריכה מהמורים ללמוד ולהכיר דרכים שונות ליצירת פיגומים שונים עבור תלמידים שונים.

---

[26] Leikin, et al., in press

4) "קהילות מחשב"ה למאה ה-21" — מהלכים מעודדי חשיבה בשיעורי המתמטיקה

רקע

בעוד שלושת חקרי המקרה הקודמים (i-MAT, "דברו אליי במספרים" ו"מאור") התמקדו בעיקר בפיתוח ובעיצוב של משימות אוריינות בהקשרים מגוונים, כגון הנדסה, קיימות ומדעים, תוכנית "קהילות מחשב"ה למאה ה-21" התמקדה בפיתוח ובהטמעה של פרקטיקות הוראה מעשיות. התוכנית, שפעלה בשנים 2020-2024 בהובלתן של פרופ' עינת הד-מצויינים מהטכניון ופרופ' טלי נחליאלי מהמרכז האקדמי לוינסקי-וינגייט, היוותה פרויקט המשך לפיילוט מוקדם יותר של התפתחות מקצועית, שהתקיים בשנים 2016-2019[27].

הפרויקט נולד מתוך התובנה כי הפצה של חומרי לימוד, איכותיים ככל שיהיו, אינה מספיקה כדי לחולל את השינוי המבוקש בשטח. כדי לעבור מהוראה מסורתית, הממוקדת במורה כמקור ידע ובשינון פרוצדורות, להוראה המציבה במרכז את תהליכי החשיבה של הלומדים, נדרש שינוי תרבותי עמוק. פרקטיקות ההוראה שפותחו בתוכנית נועדו לעודד "סוכנות" בקרב התלמידים ולזמן להם הזדמנויות לפתח רעיונות מתמטיים ולפתור בעיות מורכבות שעבורן אין להם פרוצדורות מוכנות מראש. מחקרים מראים שכדי לחולל שינוי כזה, לא די בבחירה של משימות מאתגרות להוראה בכיתה, שכן לעיתים קרובות מדי הדרישה הקוגניטיבית מהתלמידים יורדת על ידי תיווך לא יעיל מצד המורה[28] ונדרשת למידה של פרקטיקות הוראה ייחודיות המיועדות למטרה זו.

מבחינת הקרן, מטרת היוזמה הייתה להקנות למורים את הכלים הפדגוגיים להפעיל בכיתותיהם את משימות האוריינות שפותחו בתוכניות השונות, ובכך לקדם את מיומנויות המאה ה-21 של התלמידים בהלימה למדדי הערכה הבין-לאומיים של מבחני פיז"ה.

כדי ליישם חזון זה, התפתחה במסגרת הפרויקט רשת ארצית של קהילות למידה מקצועיות עבור מורי מתמטיקה בכיתות המצוינות של חטיבות הביניים. במהלך ארבע שנות פעילותו, התרחב הפרויקט מעבר לציפיות הראשוניות: בעוד היעד המקורי עמד על הקמת 12 קהילות עבור כ-200 אנשי ונשות חינוך, הרי שעד לסיומו בשנת 2024 לקחו חלק בקהילות מחשב"ה 706 מורות ומורים, הן מהחברה דוברת העברית והן מהחברה דוברת הערבית.

---

[27] Heyd-Metzuyanim et al., 2020

[28] Stein et al., 2008

הנחות פדגוגיות

התשתית המושגית של פרויקט "מחשב"ה" מעוגנת בשילוב של כמה מסגרות תיאורטיות ופדגוגיות: הגישה הקומוגניטיבית של ספרד[29], מודל "חמש הפרקטיקות לניהול דיונים מתמטיים פוריים בכיתה"[30] ועקרונות "השיח המחויב" (Accountable Talk™). גישות אלו רואות בלמידת מתמטיקה פעילות תקשורתית במהותה, ובתהליך הפיתוח המקצועי של המורה — משא ומתן מחודש, מורכב ורגיש, על זהותו המקצועית בכיתה.

בהתאם לכך, התוכנית מכוונת לחולל שינוי עמוק בשיח הפדגוגי של המורים, ולהוביל אותם מ"שיח של מסירה" (DPD — Delivery Pedagogical Discourse), שבו המורה נמצא במרכז ותפקידו להעביר ידע פרוצדורלי, אל עבר "שיח חקירתי" (EPD — Exploratory Pedagogical Discourse). שיח חקירתי זה מתייחס לכיתה כאל מערכת שבה התלמידים מפתחים נרטיבים מתמטיים, מעלים טענות מתמטיות מסדר גבוה ומתמודדים עם בעיות מורכבות שאין עבורן אלגוריתם מוכן מראש. דגם זה מציב במרכז את ה"סוכנות" של התלמידים ואת האחריות שלהם לתהליך הלמידה.

בבסיס הפרויקט עומדת ההנחה הפדגוגית כי מעבר תרבותי זה אינו יכול להתממש באמצעות הרצאות תיאורטיות בלבד. פיתוחו של שיח חקירתי דורש מפגש סינרגטי ומובנה בין הניסיון המעשי העשיר של מורים מומחים לבין הידע המחקרי והכלים המושגיים שמביא עמו הצוות האקדמי.

הטמעה

כדי להגיע למספר רב של מורים מבלי לרדד את איכות השיח הפדגוגי, פעל הפרויקט על פי מודל "מניפה" מדורג של קהילות למידה מקצועיות[31]. בליבת המודל עמדה קבוצה נבחרת של מורים-מובילים, שהשתתפה בקהילת למידה מרכזית בהנחיית הצוות האקדמי של "מחשב"ה". מורים-מובילים אלה עברו הכשרה מושגית ופרקטית אינטנסיבית בהיקף של 30 שעות עוד לפני תחילת שנת הלימודים. עם פתיחת השנה, הם החלו להוביל קהילות למידה מקצועיות אזוריות עבור מורי המתמטיקה בשטח, ובכך הניחו תשתית ארצית לצמיחה מקצועית המובלת על ידי עמיתים.

במהלך שנת הלימודים נמשכה הכשרתם של המורים-המובילים בקהילה המרכזית, במקביל לתפקידי הובלת הקהילות האזוריות שלהם, במטרה לגשר באופן עקבי בין תיאוריה לפרקטיקה.

---

[29] Sfard, 2008

[30] Stein & Smith, 2011

[31] Levy et al., 2020

כדי להבטיח שהמובילים יפתחו ניסיון אותנטי וממקור ראשון עם המורכבות של הוראה חקירתית, הם נדרשו ליישם את משימות האוריינות של "מחשב"ה" בכיתותיהם שלהם. התנסות זו אפשרה להם לבחון בזמן אמת את יעילותן של פרקטיקות ההוראה שרכשו, ובהן "חמש הפרקטיקות" לניהול דיונים ומהלכי "השיח המחויב".

נוסף לכך, כדי לסייע למורים-המובילים החדשים להתמודד בהצלחה עם אתגרי ההנחיה הראשוניים, הם הובילו את הקהילות בצוותים של שלושה או ארבעה עמיתים. מערך שיתופי זה סיפק להם מעטפת רגשית ומקצועית בטוחה, והעניק להם מרחב מוגן לניתוח משותף של תהליכי ההנחיה והדינמיקה בקבוצות המורים.

תובנות

שינוי השיח הפדגוגי כרוך בשינוי בשיח הזהות של המורים. התובנה הפדגוגית המרכזית מחקר המקרה של "מחשב"ה" היא שהמעבר משיח פדגוגי מסירתי (DPD) לשיח פדגוגי חקירתי (EPD) כרוך בשינויים עמוקים בזהות המקצועית של המורה. מתן אפשרות לתלמידים להתמודד עם בעיות שפתרונותיהן אינם ידועים מראש, פירושו ויתור על שליטה מסוימת מצד המורה. הפרויקט הדגים שפרקטיקות הוראה המתבססות על מודל "חמש הפרקטיקות" ומהלכי "השיח המחויב" יכולות לשמש עוגן חיוני, המונע מדיונים פתוחים להידרדר לשיח ריטואלי המתמקד בפעולות טכניות בלבד. בכך הן מעניקות למורים ולמורות את הביטחון המעשי הדרוש לשמירה על דרישות קוגניטיביות גבוהות.

התפקיד הכפול של המורים המובילים כמובילי קהילות ומורים בפועל. אחת התובנות המשמעותיות שעולה מתוכנית זו היא שהדרישה מהמורים-המובילים ללמד אותן משימות בדיוק בכיתותיהם מבססת אותנטיות מקצועית עמוקה. במהלך הובלת הקהילות, המורים המובילים יכלו לשתף מניסיונם, וכן לנתח את הקשיים וההתמודדויות שהעלו המורים מתוך היכרות והבנה אישיות, באופן ששיפר באופן ניכר את האמון ההדדי ואת הביטחון בתוך קהילות הלמידה המקצועיות.

הובלת קהילות על ידי צוותים של מורים-מובילים. תובנה נוספת מהתוכנית מתייחסת להתפתחות המקצועית של מובילי הקהילות. הבחירה לאפשר למורים המובילים החדשים להוביל בשנתם הראשונה קהילות בצוותים של שלושה-ארבעה מובילים יחד, ולצמצם את גודלן של קהילות הלמידה המקצועיות, מיתנה את תחושות הבידוד והפגיעות שמאפיינות מהלך הובלה של רפורמות מערכתיות. הרחבה (upscaling) בת-קיימא מותנית לא רק במהירות שבה קמות קהילות נוספות, אלא גם בחוזקן של הקהילות המקצועיות, שמושתת על הביטחון הקוגניטיבי והמנטלי של מובילי הקהילות.

5) "היבטים רגשיים-חברתיים של למידת מתמטיקה" — פלטפורמה פסיכו-פדגוגית לטיפוח מוכנות, מסוגלות ומימוש עצמי

רקע

התוכנית "היבטים רגשיים-חברתיים של למידת מתמטיקה" הוקמה כשיתוף פעולה בין מרכז מיטיב לפסיכולוגיה חיובית באוניברסיטת רייכמן, מטח והקרן. בהובלה אקדמית של פרופ' ענת שושני, הפרויקט נועד לתת מענה לאתגר חינוכי לאומי קריטי: הגדלת מספר התלמידים והתלמידות הבוחרים מסלולי מתמטיקה ברמה גבוהה ומצליחים בכך, ובמקביל הרחבת ההשתתפות בקרב אוכלוסיות תלמידים ותלמידות מגוונות מאוד.

התוכנית פותחה מתוך הבנה שצוואר בקבוק מרכזי בחינוך המתמטי אינו נוגע רק לידע של התלמידים, אלא גם לאופן שבו הם מתמודדים הן עם הידע והן עם היעדר הידע. במתמטיקה, באופן ייחודי בקרב הדיסציפלינות האקדמיות, הידע, היכולת והזהות האישית שזורים זה בזה. התוכנית מיועדת לתלמידי ותלמידות חטיבת הביניים, לקראת המעבר לתיכון. בשלב התפתחותי ופדגוגי קריטי זה, התלמידים מתחילים לקבל החלטות בעלות השלכות ארוכות-טווח בנוגע למסלוליהם האקדמיים, למקצועות הבחירה שלהם ולאופקי חייהם העתידיים. התוכנית מבקשת לשנות מן היסוד את ההגדרה המסורתית והצרה של מצוינות מתמטית — מעבר מעיסוק בלעדי בציונים ובביצוע פרוצדורלי אל הערכה הוליסטית ופסיכו-פדגוגית של המוכנות הרגשית, המוטיבציונית והזהותית של התלמידים ללמידת מתמטיקה ברמה גבוהה.

הנחות פדגוגיות ותהליך פיתוח החומרים

התשתית המושגית של התוכנית מעוגנת בשלוש הנחות ליבה פדגוגיות השזורות זו בזו:

<u>תלות-הדדית בין מסוגלות לקוגניציה.</u> ההישג המתמטי מתווך במידה רבה על ידי שילוב של אמונות, רגשות וציפיות. חסמים מבניים סמויים, כגון חרדת מתמטיקה, היעדר תחושת שייכות מוסדית או תפיסה הרואה ביכולת המתמטית תכונה מולדת ובלתי-ניתנת לשינוי, כל אלה פועלים לעיתים קרובות באופן בלתי נראה ברקע ומכתיבים את מידת ההתמדה של התלמידים, את נכונותם לקחת סיכונים קוגניטיביים ואת בחירותיהם האקדמיות בהמשך.

<u>מבני זהות המכתיבים בחירות התנהגותיות.</u> במהלך גיל ההתבגרות, התלמידים מאמצים לעיתים קרובות אמירות זהות נוקשות ומגבילות (למשל, "אני לא תלמידה של חמש יחידות מתמטיקה" או "אף אחד במשפחה שלי לא טוב במתמטיקה"). הסכנה היא שנרטיבים אלה יופנמו ויכתיבו בחירות אמפיריות: תלמיד המתרגם קושי קוגניטיבי להוכחה חד-משמעית לחוסר המסוגלות שלו יימנע מאתגרים אקדמיים.

הערכה לשם למידה ולא תיוג-חסר. כיתות מסורתיות עשירות בדירוגים מעריכים ובמדדים השוואתיים. כדי למנוע מהאבחון להידרדר לתיוג לא מקדם, פיתחה התוכנית מודל דינמי של "הערכה לשם למידה", שעוצב כדי להניע מסלול גדילה מעצב.

כדי לתרגם מנגנונים פסיכולוגיים אלה לכלים שניתן ליישם בכיתה, פותחה פלטפורמה דיגיטלית, הפועלת הן בעברית והן בערבית וכוללת שלושה רכיבים:

מיפוי פסיכומטרי. מערך מתוחכם של שאלונים המעוגנים במחקר פסיכולוגי עכשווי ובכלים מתוקפים מחקרית. מרכיב זה ממפה באופן שיטתי ממדים רגשיים-חברתיים ומוטיבציוניים, ובהם תפיסות צמיחה לעומת תפיסות מקבעות, מסוגלות עצמית מתמטית, נחישות (Grit), עמדות כלפי שגיאות, חוסן אקדמי, רשתות תמיכה סביבתיות, תחושת שייכות, אוריינטציה עתידית, רלוונטיות לעולם האמיתי, סטריאוטיפים מגדריים וחרדת מתמטיקה.

משוב מעצב. המערכת שפותחה לא נותנת ציון רגשי מספרי ואינה קובעת אחוזים של חרדה או מסוגלות. במקום זאת, מנוע המשוב מייצר נרטיבים איכותניים, מילוליים ובונים. משוב זה ממסגר את הנתונים דרך החוזקות הסמויות של הלומדים כפי שעלו בשלב ההערכה, כדי להמשיג מחדש את התסכול כתהליך למידה גמיש ומותאם.

יחידות ממוקדות של למידה רגשית-חברתית. בעקבות שלבי האבחון והמשוב, התלמידים לומדים יחידות למידה רפלקטיביות, שכל אחת מהן פותחה סביב היבט פסיכולוגי ספציפי של למידת המתמטיקה. יחידות אלה מלוות במערכי שיעור מובנים למורים, שבמסגרתם הם לומדים שיח פסיכולוגי חדש כדי להטמיע אותו בשיח הקולקטיבי היומיומי של הכיתה.

יחידות הלמידה כוללות תרגום של תיאוריה פסיכולוגית להתערבויות כיתתיות מכוונות. בחלק הבא אתייחס לדוגמאות של יחידות למידה שונות.

אחת היחידות בתוכנית הוקדשה לפיתוח תבניות חשיבה מתפתחות (Growth Mindset), תוך יצירת זיקה ישירה לבסיס הנוירופסיכולוגי של הלמידה באמצעות מושג "המוח הגמיש". ביחידה זו נחשפים התלמידים להבחנה בין תפיסת יכולת כנתון קבוע מראש לבין תפיסתה כפוטנציאל דינמי המתפתח דרך מאמץ, אסטרטגיות פעולה, קבלת משוב והתמדה. בהקשר של לימודי המתמטיקה, הבחנה זו נושאת משקל סגולי רב שכן תלמידים רבים נוטים לפרש קושי קוגניטיבי כהוכחה חותכת לחוסר כישרון מולד. המטרה המרכזית של שילוב תכנים אלו איננה להקנות ידע נוירולוגי פורמלי, אלא לבסס אצל הלומדים הבנה אינטואיטיבית ומדעית מוצקה שלפיה מאמץ מנטלי אינו מהווה סימן לכישלון, אלא משנה את מבנה המוח ובונה יכולת חדשה. בכך, היחידה מבקשת לחולל מסגור מחדש (Reframing) ולהפוך את רגע הקושי מנקודת שבר לנקודה של פתיחה והזדמנות — ממצב של "אני לא מבין ולכן אני לא מתאים" לתפיסה אקטיבית של "אני לא מבין עדיין, ולכן עליי לשנות דרך, לשאול, לתרגל אחרת או להיעזר באחרים".

מתוך שאיפה לחבר את הלמידה המופשטת לעולמם הממשי של התלמידים, הוקדשו יחידות הוראה נוספות לנושאי תפיסת העתיד, הרלוונטיות ופירוק סטריאוטיפים חברתיים ומגדריים. עבור מתבגרים רבים, המתמטיקה נחווית לעיתים קרובות כמקצוע מרוחק ונטול משמעות אישית. השאלה המסורתית "למה אני צריך את זה?" אינה נובעת מסקרנות בלבד, אלא מבטאת ניתוק עמוק בין חומר הלימוד לבין תמונת העתיד שלהם. היחידה שעסקה ברלוונטיות ביקשה לגשר על פער זה ולסייע לתלמידים לראות כיצד המחשבה המתמטית נפתחת לשדות חיים מגוונים — לא רק במסלולים קלאסיים של מדע, טכנולוגיה והנדסה (STEM), אלא ככלי מעשי לפיתוח חשיבה ביקורתית, לקבלת החלטות מבוססת-נתונים ולפתרון בעיות יומיומיות. המטרה לא הייתה לשכנע את כלל הלומדים לבחור בקריירה מתמטית, אלא לאפשר להם להרחיב את "הדמיון העצמי" שלהם ולראות במקצוע חלק ממנעד רחב של אפשרויות בחירה.

חיבור זה אל העתיד נקשר באופן בלתי נפרד ביחידה אחרת, שעוסקת בסטריאוטיפים ובפערים חברתיים ומגדריים, מתוך הבנה שדעות קדומות חודרות לתוך הציפיות של התלמידים מעצמם ומכתיבות את נכונותם להעז. תלמידה שסופגת לאורך השנים מסר סמוי ולפיו בנים ניחנו יותר בכישרון "טבעי" למספרים, או תלמיד מקבוצת מיעוט שחש כי הסביבה אינה מחשיבה אותו כמועמד למסלולי מצוינות, עלולים להפנים חסמים אלו ולסגת מהאתגר. העבודה המשותפת ביחידה זו מבקשת להציף את הסטריאוטיפים המגדריים והחברתיים הללו באופן גלוי, לערער באופן מדעי ועובדתי על תוקפם ולחזק בקרב כלל הלומדים את תחושת הזכאות המלאה להשתייך למרחב המתמטי, להצליח בו ולראות בו שער פתוח לעתידם.

הטמעה

אסטרטגיית ההטמעה וההפצה של היוזמה התבססה על ההכרה בכך שהמורה מהווה את החוליה המרכזית בכל שינוי תרבותי בכיתה. בהתאם לכך, פותחה תוכנית להתפתחות מקצועית של מורים שמתמקדת בהקניית כלים להבנת האקלים הרגשי המלווה את העבודה הקוגניטיבית של התלמידים, ושעוזרת למורים לפתח פרקטיקות הוראה קונקרטיות. תהליך זה מוביל לשינוי מהותי במשוב שנותן המורה: במקום להתמקד בתוצאות בינאריות ("נכון" לעומת "לא נכון") המורים עוברים למשוב המטפח חוסן (Resilience), תוך הדגשת הגיוון באסטרטגיות הפעולה וההזדמנות הלימודית הטמונה בטעויות.

הפלטפורמה מספקת למורים תמונת מצב אנונימית של הפרופיל הרגשי-חברתי בכיתתם. מדד זה משמש כמצפן פדגוגי: אם הנתונים המקובצים מצביעים על חסר מערכתי בתחושת המסוגלות העצמית של הכיתה, המורה מונחה להציג חוויות הצלחה מדורגות ומתווכות; אם הנתונים מעידים על פחד חזק מטעויות, המורה פועל כדי לייצר מרחב שיח בטוח להגדרה מחדש של מקומן ותפקידן של טעויות כחלק מתהליכי הלמידה.

כדי להתעלות מעבר למגבלותיהם של פרויקטים נקודתיים וקצרי טווח, היוזמה חתרה לאסטרטגיית הרחבה (Upscaling) מכוונת. שיתוף הפעולה עם מטח הבשיל לכדי שילוב של רכיבי הלמידה הרגשיים-חברתיים הללו בתוך ספרי הלימוד הדיגיטליים החדשים במתמטיקה לכיתות ז' ו-ח'. סביבות הלמידה הדיגיטליות המרכזיות משמשות כבר כעת כחלק מהשגרה היומיומית בבתי הספר בישראל, וכך ניתן להטמיע אוריינות רגשית-חברתית כחלק מהוראת המתמטיקה בכיתה. בנוסף, מרכז מיטיב מיסד את הפלטפורמה הזו באופן מבני, והפך אותה לתשתית המושגית המרכזית בכל תוכניות הכשרת מורי המתמטיקה שלו, במטרה לבסס לקסיקון מקצועי אחיד.

תובנות

הפרדוקס של הרחבה (Upscaling) לעומת הטמעה תרבותית. הפעלת התוכנית חשפה הבחנה יסודית בין הטמעה טכנולוגית גרידא לבין הטמעה פדגוגית עמוקה. בעוד העלאת חומרים לפלטפורמה דיגיטלית לאומית מבטיחה נגישות מערכתית וחשיפה רחבת היקף, רפורמה חינוכית אמיתית אינה מושגת באמצעות הפצת קישורים בלבד. שינוי עמוק מתרחש רק כאשר כלים דיגיטליים אלה הופכים לחלק מהשפה המקצועית הסדירה של המורים והמורות ומהשיח היומיומי של הכיתה. כך, אף שהטכנולוגיה הדיגיטלית פועלת כמניע חיוני להרחבה, היא לא יכולה להחליף קהילות מקצועיות, הכשרה מתמשכת ותיווך אנושי.

מוכנות רגשית-חברתית כתנאי מבני מקדים לקפדנות. תובנה מערכתית קריטית שהפיקה התוכנית היא שהתערבויות רגשיות-חברתיות וסוציו-קוגניטיביות אינן תוספות רכות, משניות או שוליות ללימודים האקדמיים. נהפוך הוא, הן מהוות את התשתית ההכרחית ללמידה קוגניטיבית מאומצת ברמה גבוהה. התלמידים לא מתמידים במסלולי מתמטיקה תובעניים רק משום שהתוכן חשוב אובייקטיבית או בעל ערך אינסטרומנטלי לסיכויי הקריירה העתידיים שלהם. הם מתמידים כאשר הם מאמינים שהמאמץ שלהם עשוי להניב שיפור, כאשר יש סביבם מערכת תמיכה בטוחה וכאשר הם יודעים בוודאות שכישלון רגעי אינו מגדיר את גבולות היכולת שלהם. הפרויקט מדגיש את העובדה שתלמידים מצליחים טוב יותר ללמוד מתמטיקה ברמה גבוהה כאשר למידה זו אינה כרוכה במנגנון של מיון והדרה, אלא מתנהלת בסביבה הפתוחה להתפתחות אנושית.

6) תוכנית "הידאטה"

רקע

תוכנית "הידאטה" צמחה מתוך צורך אסטרטגי של הקרן לעבור מהשלבים הראשונים של פיתוח משימות ממוקדות אוריינות והטמעתן לשלב של מדידה, הערכה והבטחת איכות. לאחר שקמו במימונה של הקרן מספר רב של תוכניות פדגוגיות לטיפוח אוריינות מתמטית בתוך מסלולי המצוינות בחטיבות הביניים, נזקקה הקרן למכשיר מערכתי שיספק נתונים לגבי האופן שבו התערבויות אלה משפיעות על תהליכי הלמידה בפועל. התוכנית הובלה על ידי ד"ר יניב ביטון וד"ר אורנה לביא ממטח, ופותחה בשיתוף פעולה הדוק עם פסיכומטריקאים מובילים ומומחי הערכה חינוכית. המטרה העיקרית הייתה לבנות מערכת אבחון מתוקפת, נגישה ומונעת-טכנולוגיה, שתתפקד כמצפן מבוסס-נתונים עבור המורים והמורות בכיתה.

ואולם, ההפעלה של חזון זה נתקלה בשני מכשולים מערכתיים ששינו את מסלולו של הפרויקט. ראשית, הפרויקט ניצב בפני אתגר מתודולוגי בניסיון לעצב מנגנון יחיד המסוגל להעריך תלמידים ותלמידות שלמדו דרך תוכניות פדגוגיות שונות (כגון i-MAT, "מאור" ו"דברו אליי במספרים"). מכיוון שתוכניות אלה הטמיעו אוריינות מתמטית בתוך הקשרים מתמטיים ומבניים שונים, וכן הציעו פרשנויות שונות למונח "אוריינות מתמטית", מציאת אמת-מידה פסיכומטרית מאוחדת להערכת מסלולי למידה מגוונים אלה התבררה כמורכבת במיוחד. שנית, הפרויקט נתקל בחומה בירוקרטית מצד גורמים במשרד החינוך, שדחו על הסף איסוף ריכוזי של נתונים על הישגי התלמידים מטעמי פרטיות ואבטחת מידע.

הנחות פדגוגיות ותהליך פיתוח החומרים

המסגרת המושגית של "הידאטה" מעוגנת בשלוש הנחות פדגוגיות השזורות זו בזו ומגדירות מחדש את תפקיד הערכת התלמידים בסביבות שבהן הופעלו התוכניות החדשות:

הערכה מעצבת לעומת מסכמת. התוכנית ממצבת את ההערכה ככלי גמיש ומעצב שנועד לבחון תהליכי למידה של התלמידים בזמן אמת ונמנע מהפרדיגמה המסורתית של מיון מסכם ודירוג סטטי.

"מראה אבחנתית" לכיתות. "הידאטה" עוצבה כדי לשמש מראה אובייקטיבית עבור המורה — מטרתה הייתה לחשוף היבטים שונים בחשיבת התלמידים, כגון האופן שבו הם מתמודדים עם קשיים, עם משימות מידול רב-שלביות או עם פירוק בעיות מילוליות מורכבות לבעיות קטנות יותר.

פדגוגיה מבוססת-נתונים. המערכת מניחה שכדי להטמיע רפורמה חינוכית בהיקף רחב, נדרשת בחינה מעמיקה מבוססת-נתונים, אשר מספקת למורים מידע ונתונים באמצעות לוחות בקרה דיגיטליים (Dashboards). אלה מתורגמים לתוצאות אמפיריות שעליהן המורים יכולים להתבסס כדי להתאים את ההוראה כבר בשיעור הבא.

כדי להפוך הנחות אלה לכלי שאותו ניתן להפעיל, צוות פיתוח הכולל פסיכומטריקאים, מומחי טכנולוגיה ואנשי חינוך מתמטי תכנן ובנה יחידות מבחן דיגיטליות, אשר ניתן למפות על פי מחזור המידול של פיז"ה מטעם ה-OECD — ניסוח, יישום, פירוש והערכה. כל משימה דיגיטלית נבנתה כך שתכיל מנגנוני הערכה מוטמעים, שיאפשרו לפלטפורמה לבחון לא רק את התשובה הסופית, אלא גם את הבחירות האסטרטגיות, השגיאות והקצב של התלמידים במהלך תהליך פתרון הבעיה.

הטמעה

בפועל, המיקרו-דינמיקה של ההטמעה בשדה החינוכי יצרה איזון עדין בין סטנדרטיזציה פסיכומטרית לבין פיצול בתוכנית הלימודים. מכיוון שלא הייתה תוכנית לימודים מאוחדת המשותפת לתוכניות השונות של הקרן, צוות "הידאטה" נאלץ לנהל באופן מתמיד משא ומתן לגבי אופן כתיבת פריטי מבחנים. זאת במטרה להבטיח שהמבחנים יהיו הוגנים, מהימנים ונגישים לתלמידים ולתלמידות שהגיעו ממסגרות פדגוגיות מגוונות ומתוכניות לימוד בעלות מאפיינים שונים. בהתאמה לכך, הצוות נאלץ להפשיט הקשרים ספציפיים מאוד של התוכניות כדי לבודד את מיומנויות הליבה של האוריינות המתמטית — תהליך שהצריך הלימה בין-מוסדית אינטנסיבית.

יתרה מכך, מודל ההטמעה נאלץ להשתנות כדי להכיל את אילוצי הנתונים המחמירים של משרד החינוך. מכיוון שהמשרד אסר על יצירת מאגר נתונים לאומי ריכוזי של ציוני תלמידים מחשש לדליפות נתונים ולהפרות חוקי פרטיות, הפלטפורמה לא יכלה לפעול לצורך איסוף נתונים. אי לכך היא נפרסה ככלי מקומי המיועד אך ורק לעיני המורה הבודד, מה שהגביל באופן חמור את פוטנציאל ההרחבה המערכתית שלה ומנע את צבירת הנתונים בכלל מערכת בתי הספר בישראל.

תובנות

ניסיון הטמעת תוכנית "הידאטה" חשף את הפער שבין השאיפה הפילנתרופית לשקיפות מערכתית מבוססת-נתונים לבין העמדה הנמנעת מסיכון של משרד החינוך. מיסוד הפלטפורמה נחסם משום שמשרד החינוך דחה את המעקב אחר הישגי התלמידים והתלמידות.

כמו כן, "הידאטה" חשפה את הקושי המתודולוגי העמוק שבהתאמה בדיעבד של מנגנון הערכה יחיד וסטנדרטי לנוף תוכנית לימודים מבוזר מאוד ורב-תוכניות. תוכנית "הידאטה" אמורה הייתה להעריך את האוריינות המתמטית של תלמידים אשר למדו תחום זה באמצעות משימות מתוכניות שונות במהותן, הפועלות על פי הנחות פדגוגיות שונות ובתוך הקשרים שונים. הערכה משותפת לכלל התוכניות דורשת הסכמה מראש לגבי התכנים הנבדקים והפדגוגיה המוערכת, או שהמערכת צריכה להיות גמישה דייה כדי להעריך מסלולים רב-אופניים של חשיבת התלמידים.

תובנה אחרונה נוגעת לאיזון העדין הנדרש בניהול עיצוב תוכנה פילנתרופית וחינוכית. מצד אחד, על פלטפורמת האבחון הדיגיטלית להיות בעלת תוקף פסיכומטרי ותוכני גבוה, ומצד שני — הכלי צריך להיות ידידותי למשתמש — המורה במקרה זה, כדי שאפשר יהיה לפעול איתו בסביבה הלחוצה של הכיתה. כאשר שימוש במערכת מוסיף מתח לשגרת המורה או גורם לחששות בקרב התלמידים, ערכה האבחנתי נפגע.

מסקנות ודיון

מהלך הפעולה האסטרטגי שנקטה קרן טראמפ בשלב השני התבסס על ההנחה שהשקעה אינטנסיבית בפיתוח תכנים פדגוגיים איכותיים ובטיפוח תשתית אנושית בשדה החינוכי יכולה להוביל לשינוי, שבסופו של דבר יניע את משרד החינוך לאמץ ולמסד את הרפורמה. כלומר, אנשי הקרן סברו ששינוי אשר יתחיל מלמטה למעלה יגרור שינוי מלמעלה למטה. במבט לאחור, בחינת המתח המובנה בין איכות התוכן לבין מוכנות המערכת החינוכית הריכוזית חושפת תמונה מורכבת של הישגים מבניים מובחנים לצד חסמים מוסדיים.

המהלך אכן נחל הצלחה בכל הקשור ליצירת מערכת עשירה, מגוונת ונגישה של חומרי הוראה ולמידה איכותיים. בזכות 17 התוכניות המובחנות שמימנה הקרן והבחירה בתוכנית אחת מאגדת אשר פותחה כתוכנית לאומית — תוכנית "מאור" (שעדיין ממשיכה לפעול ולהתפתח), מערכת החינוך מחזיקה כעת במאגר עשיר ואיכותי של משימות אוריינות מתמטית מורכבות ויישומיות, המלוות במדריכים פדגוגיים מפורטים למורה. לצד חומרי הוראה אלה, ההטמעה ביססה בהצלחה מסגרות התפתחות מקצועית מתקדמות, ובמיוחד את קהילות הלמידה המקצועיות (PLCs), שהחלו להניע שינוי אמיתי בתוך בתי הספר המשתתפים.

חשוב לציין כאן את המהלך שהוביל לפיתוח תוכנית "מאור" כתוכנית לאומית — הקרן השקיעה ב-17 התוכניות בשלב שבו השדה עדיין לא היה בשל ומשרד החינוך טרם היה שותף, לא עסק בפיז"ה ולא היה מוכן לשנות את תוכנית הלימודים. לאחר פיתוח התוכניות השונות, כשהמשרד הבשיל, הוא ביקש לגבש תוכנית לאומית אחת. זה היה הרגע שבו המערכת ביקשה בעלות על המהלך. ואכן, המשרד פנה לאוניברסיטת חיפה לצורך הובלה אקדמית על תוכנית לאומית, וסיוע מקצועי בהתאמת תוכנית הלימודים. אוניברסיטת חיפה

פנתה לקרן בבקשה שתסייע, בדגש על פיתוח והתאמה של חומרי לימוד, ליווי פדגוגי והכשרת מורים מובילים. מכאן ההיגיון שבאיחוד התוכניות תחת תוכנית לאומית אחת.

האסטרטגיה היזומה של הקרן הייתה אפקטיבית גם בטיפוח רשת לאומית של מורי ומורות מתמטיקה מובילים, הפרוסה על פני מוסדות אקדמיים שונים — הן אוניברסיטאות מחקר והן מכללות להכשרת מורים. רשת זו אפשרה למידה משותפת של משמעות האוריינות המתמטית וחשיבה משותפת על פרקטיקות הוראה ומשימות המעוררות חשיבה מסדר גבוה. מסגרת זו העניקה לגיטימציה ותנופה לרעיונות מתקדמים שאנשי חינוך מתמטי רבים ניסו לקדם במשך שנים, כגון מידול מתמטי ולמידה דרך פתרון בעיות מורכבות. ניסיונות כאלה לא צלחו בארץ בעבר היות שהם אינם מהווים חלק מתוכנית הלימודים הלאומית הרשמית וממבחני ההערכה הסטנדרטיים, שמשרד החינוך מייחס להם חשיבות גדולה.

מהי מידת ההצלחה של בחירה אסטרטגית יזומה זו? נראה שבשלב זה עדיין לא ניתן לקבוע אם האסטרטגיה הצליחה או נכשלה. נדרשים נתונים נוספים כדי לבדוק זאת.

מצד אחד, ניתוח התוצאות האמפיריות של ישראל במבחני פיז"ה הבין-לאומיים חושף שיפור אסטרטגי בדירוג היחסי של המדינה, ומצד אחר, בחינה מדוקדקת של הנתונים מראה שתנועה כלפי מעלה זו אינה בהכרח נובעת מעלייה מוחלטת בציוני התלמידים והתלמידות בישראל. בנוף החינוכי שלאחר הקורונה, ביצועי התלמידים והתלמידות צנחו ברוב מדינות ה-OECD. מכיוון שתלמידים ותלמידות בישראל חוו ירידה מתונה במקצת, מיקומה היחסי של המדינה השתפר עקב ירידת הציונים הגלובלית ולא עקב צמיחה פנימית מוחלטת.

במקביל, התוכנית העלתה אל קדמת הבמה שלוש תובנות מערכתיות עמוקות, והותירה מאחוריה שאלות חדות ובלתי פתורות לגבי עתיד החינוך המתמטי:

• בעיית המדידה: התוכנית חשפה מצב בעייתי שבו הממשלה משקיעה משאבים גדולים של הון, זמן ומוניטין במבחני פיז"ה, ובו-זמנית נכשלת ביצירת התנאים הנדרשים להצלחה בהם. המערכת בוחנת את האוריינות המתמטית של בני הנוער (מיומנויות המידול המתמטי שלהם) וכן מיומנויות של חשיבה ביקורתית, אך היות שאלה לא מופיעות כחלק אינטגרלי בתוכנית הלימודים, היא למעשה בוחרת במודע שלא ללמד אותן. אם כך, מהי המטרה בהערכת תלמידים באמצעות מבחנים בעלי חשיבות בין-לאומית גבוהה, המנותקים מהמציאות הבית-ספרית היומיומית?

• הריק הפדגוגי של חטיבת הביניים: המיקוד האסטרטגי של הקרן הפנה זרקור ישיר אל חטיבות הביניים (כיתות ז'-ט') כזירה פדגוגית מוזנחת היסטורית. התוכנית חשפה את ההבנה שחטיבת הביניים מתפקדת לעיתים קרובות כ"זמן מבוזבז" מבחינה מבנית, ומתאפיינת בהיעדר יעדים תפעוליים ברורים מצד משרד החינוך ובהיעדר הערכה שיטתית או מחקרי אורך העוקבים אחר החומרים הנלמדים במהלך שנים התפתחותיות קריטיות אלה.

• פער נתוני הביצוע בפועל: חרף יצירת ספרייה נרחבת של משימות אוריינות ופיתוח פלטפורמת "הידאטה", המערכת החינוכית עדיין חסרה נתונים אמפיריים אמינים ורחבי היקף לגבי מה שמתרחש באמת מאחורי דלתות הכיתות ברחבי המדינה. האם בוצעו שינויים פדגוגיים בקרב מורים שהשתתפו בקהילות המורים הלומדות במסגרת 17 התוכניות השונות? האם התלמידים פיתחו מיומנויות של אוריינות מתמטית? תשובה ראשונית לשאלות אלה החלה להתגבש בשטח: בשלב הראשון צוות התוכנית יכין מסגרת של סטנדרטים שתשלב את המיומנויות החדשות במושגים הנוכחיים של תוכנית הלימודים של חטיבות הביניים. לפחות 90 משימות למידה שכבר פותחו על ידי שותפי הקרן, בעברית ובערבית, ייבחרו לצורך התאמה למסגרת הסטנדרטים החדשה, ויוטמעו במאגר משימות הלמידה המרכזי של משרד החינוך המשמש את מורי המתמטיקה. מיומנויות ונושאים נוספים, שמשימות אלה עדיין אינן כוללות, יפותחו ויוטמעו במאגר.

רפלקציה אישית ומבט קדימה

כמי שהייתה שותפה באופן פעיל בפרויקט "קהילות מחשב"ה למאה ה-21", וכן ברשת השיתופית הרחבה יותר של מפתחי התכנים, אני חשה סיפוק מקצועי לצד דאגה עמוקה.

ההישג הגדול ביותר של פרויקט קהילות "מחשב"ה" — ושל שלל התוכניות שפעלו לצידו — היה יכולתנו להביא אל הכיתה, באופן מפורש ומעשי, רעיון שנדון תיאורטית במשך עשורים אך נכשל שוב ושוב בפריצת שערי בית הספר: הענקת זמן אמיתי והזדמנויות אותנטיות לתלמידים ולתלמידות לחשוב ולהתמודד עם בעיות מתמטיות מורכבות בהקשרים שונים, אשר אין להן פרוצדורה מוכנה לפתרון. באמצעות חומרי הלמידה שפותחו והתמיכה במורים במסגרות של קהילות מקצועיות לומדות, יכלו המורים לספק לתלמידים מעטפת חברתית וקוגניטיבית בטוחה כדי לעבוד בשיתוף פעולה ולהתמודד עם האתגרים הכרוכים במצבים של אי-ודאות במהלך פתרון בעיות. מסגרת זו הקנתה לתלמידים הזדמנויות אמיתיות לגלות כיצד המתמטיקה משמשת ככלי חיוני לפענוח המציאות, ולבנות חוסן קוגניטיבי במצבים של אי-ודאות. על ההזדמנות הזאת, ועל הזכות לעבוד כחלק מרשת מקצועית של מורים וחוקרים לקידום המתמטיקה בחטיבת הביניים, אני אסירת תודה.

עם זאת, ניסיוננו המצטבר מדגים באופן חד-משמעי שהתלהבות מקומית מהשדה החינוכי ומסירות אקדמית אינן מספיקות כדי להבטיח קיימות ארוכת-טווח. כדי שזרעים פדגוגיים אלה ישרדו מעבר למחזור החיים של המימון הפילנתרופי, המערכת החינוכית זקוקה למחויבות מהותית, מפורשת ואחראית הרבה יותר מצד משרד החינוך. רק בעלות ממשלתית עמוקה, המעגנת באופן רשמי את האוריינות המתמטית היישומית בליבת תוכנית הלימודים הלאומית, תוביל לשינוי המיוחל. מהלך כזה, המעודד את השתתפות המורים בקהילות למידה מקצועיות כחלק ממערך שעות רשמי ומתוגמל, יכול להפוך איים מבודדים אלה של למידה חקרנית לתרבות לאומית מתמשכת. בכך הוא יאפשר לשינויים שהותנעו בשדה לשגשג עבור כל תלמידי ישראל.

מקורות

Brown, K. L. (2003). From teacher-centered to learner-centered curriculum: Improving learning in diverse classrooms. Education, 124(1), 49-55.

De Lange, J. (1996). Real-world mathematics and evaluation: An overview. In International handbook of mathematics education (pp. 513-542). Springer, Dordrecht.

Draper, R. J. (2002). School mathematics reform, constructivism, and literacy: A case for literacy instruction in the reform-oriented math classroom. Journal of Adolescent & Adult Literacy, 45(6), 520-529.

English, L. D. (2017). Advancing STEM education through service-learning and mathematical modelling. International Journal of Science and Mathematics Education, 15(1), 5-24.

Freudenthal, H. (1973). Mathematics as an educational task. Reidel, Dordrecht.

Freudenthal, H. (1991). Revisiting mathematics education: China lectures. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Gravemeijer, K. (1994). Developing realistic mathematics education. CD-B Press, Utrecht.

Gravemeijer, K. (1999). How emergent models may foster the constitution of formal mathematics. Mathematical Thinking and Learning, 1(2), 155-177.

Leikin, R. (2009). Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks. In Creativity in mathematics and the education of gifted students (pp. 129-145). Sense Publishers.

Leikin, R., & Ovodenko, R. (2024). Math-LIGHT problem posing by three experts with different fields of expertise: Why? What? and How? The Journal of Mathematical Behavior, 75, 101158.

Nachlieli, T., & Tabach, M. (2019). Ritual-enabling opportunities-to-learn in mathematics classrooms. Educational Studies in Mathematics, 101(2), 253-271.

Nachlieli, T., & Heyd-Metzuyanim, E. (2021). Commognitive conflicts as a learning mechanism towards explorative pedagogical discourse. Journal of Mathematics Teacher Education, 25(3), 347-369.

Niss, M., & Blum, W. (2020). The learning and teaching of mathematical modelling. Routledge.

OECD. (2023). PISA 2022 Assessment and Analytical Framework. PISA, OECD Publishing, Paris.

Rap, S., Blonder, R., Sindiani-Bsoul, A., & Rosenfeld, S. (2022, October). Curriculum development for student agency on sustainability issues: An exploratory study. In Frontiers in education (Vol. 7, p. 871102). Frontiers Media SA.

Sfard, A. (2008). Thinking as communicating: Human development, the growth of discourses, and mathematizing. Cambridge University Press.

Sindiani-Bsoul, A., Rosenfeld, S., Rap, S., & Blonder, R. (2026). A model for evaluating programs to promote pro-environmental attitudes and behavior. RSC Sustainability, 4(6), 2636-2652.

Smith, M. S., & Stein, M. K. (2011). 5 practices for orchestrating productive mathematics discussions. National Council of Teachers of Mathematics.

Van den Heuvel-Panhuizen, M. (2003). The didactical principles of Realistic Mathematics Education. The Design and Production of Textbooks for a Shield of Quality Mathematics Education, 9-43.

יסודות של מצוינות
פילנתרופיה וחטיבת הביניים בישראל

צילום כריכה
פורטרט של תלמידה ביום הראשון ללימודים, ספטמבר 1968, אוסף מיתר, האוסף הלאומי לתצלומים על שם משפחת פריצקר, הספרייה הלאומית.

עריכה ועריכת לשון
כל טקסט

עיצוב גרפי
נסטיה פייביש

דפוס
ע.ר. הדפסות

ישראל | 2026

© כל הזכויות שמורות לקרן טראמפ
www.trump.org.il