

גורמים המשפיעים על התמדה בתוכניות הצטיינות במדעים בתיכון

מאי 2026

ד"ר עדו ליטמנוביץ

תקציר

תוכניות הצטיינות במדעים בחינוך העל-יסודי מתמודדות עם אתגר של נשירת תלמידים, כולל תלמידים בעלי יכולות גבוהות. סקירה זו מצביעה על גורמים אישיתיים, חברתיים ומערכתיים שנמצאו כמתואמים עם התמדה (persistence) ועם מניעת נשירה (dropout prevention) של תלמידות ותלמידים. כמו כן היא מפרטת שיטות הוראה והתערבויות שנמצאו במחקרים כבעלות השפעה חיובית על אותם גורמי התמדה, כולל בהקשר הספציפי של תוכניות הצטיינות במדעים.

הסקירה הוזמנה על ידי האקדמיה הלאומית למדעים. היא נועדה לשמש כחומר רקע בפעילות ועדת מומחים שעיסוקה בקידום ההתמדה בתוכניות הצטיינות מדעיות בישראל בתיכון.¹ הסקירה נשענת על ספרות קלאסית בנושא התמדה בחינוך מדעי וכן על מחקרים עדכניים.²

נמצא ששלושה גורמים עיקריים מתואמים עם התמדה:

1. תחושת מסוגלות עצמית וציפייה להצלחה בתוכנית.
2. ערך נתפס גבוה של התוכנית והשתתפות בה (בשל גורמים כמו עניין בתוכן הנלמד, גיבוש של זהות מדעית וזיהוי של תועלת עתידית בהשלמת התוכנית בהצלחה).
3. תחושת שייכות לקבוצת השווים וקבלת הכרה מהם ומהמורים (בעיקר אצל תלמידות וקבוצות בתת-ייצוג).

ממצאים אלו מעידים שהתמדה אינה תלויה רק ביכולות קוגניטיביות גבוהות אלא גם בשילוב של חוויה לימודית חיובית (מאתגרת, מסקרנת ונותנת משמעות) עם תמיכה רגשית-חברתית.

על פי זה, הספרות מצביעה על כמה כיווני פעולה עיקריים:

¹ ועדת המומחים הוקמה במענה לפניה של קרן טראמפ בנושא.
² במחקרים שבהם לא נמצאו מחקרים רלוונטיים על תלמידים בחטיבה העליונה מצוטטים מחקרים על סטודנטים בקולג' (ובעיקר סטודנטים בשנתם הראשונה).
הסקירה מוגבלת לבחינת הגורמים הרלוונטיים בהקשר הפדגוגי וכמעט אינה מתרחבת להקשרים נוספים כגון משפחה. עם זאת קיימת הקבלה חלקית בין תפקידי הורים לתפקידי צוותים חינוכיים ביצירת תנאים להתמדה בתוכניות כאלו (Castañeda et al., 2022). מנגד, לעיתים על הצוותים להתמודד עם עמדות של הורים כדי לקדם את ההתמדה של ילדיהם (Hernandez et al., 2016; Pattison et al., 2020).

1. שילוב פדגוגיות של למידה פעילה (active learning), של למידה חברתית-רגשית (SEL) ושל למידת כלים לוויסות עצמי (self-regulation), התורמות להתמדת התלמידים ואף להישגיהם.
2. שימוש בהתערבויות שמטרתן להגביר את תחושת הזהות המדעית ותחושת השייכות החברתית, והדגשה של ערך הלמידה בעיני התלמיד וסביבתו.
3. פיתוח מענה מקיף המותאם לתלמידות ותלמידים שנקודות הפתיחה שלהם שונות, בעיקר אלו המשתייכים לקבוצות בתת-ייצוג.
4. שינוי עמדות של עובדות ועובדי הוראה בנוגע למטרות של תוכניות הצטיינות במדעים ולשיטות ההוראה בהן, ובנוגע לתלמידים מרקעים שונים.

חלקה הראשון של הסקירה מציג רשימת גורמים שנמצאים בהתאמה עם צמצום נשירה ממסגרות מצוינות ב-STEM והתמדה בהן. סוגי הגורמים נחלקים למקושרים לתפיסה העצמית של הלומד; למשובים שהוא מקבל מאחרים משמעותיים על יכולתו ב-STEM ועל התועלת שיפיק מהשלמת התוכנית; ולמעטפת חינוכית שתומכת ביכולתו להתמיד בתוכנית. התמונה המצטיירת בחלק זה היא שגורמים אלו שלובים זה בזה והשפעתם משתנה בין תלמידים מרקעים שונים: חלק גדול מהמחקרים שנמצאו ושמוצגים בחלק זה עוסק בקבוצות בתת-ייצוג על בסיס מגדר, מוצא ורקע חברתי-כלכלי, שנקודת המוצא שלהם נמוכה יותר, הן באיתור ומיון לתוכניות מצוינות ב-STEM הן בהתמדה בהן.³

חלקה השני של הסקירה בוחן אילו התערבויות לצמצום נשירה ולחיזוק התמדה נמצאו יעילות במחקרים ומאילו טעמים. הוא כולל התערבויות שמטרתן ליצור חוויות למידה חיוביות; לנרמל קושי ולהקנות כלים להתמודד אתו; לאפשר לתלמיד או לתלמידה לבטא את יכולותיהם ולקבל משוב חיובי עליהן כדי שיתאפשר להם לגבש זהות מדעית; וליצור סביבת למידה מעודדת כמו קהילות למידה, או קשר חונכות, כדי לחזק את תחושת השייכות. בהמשך לממצא בחלק הקודם מסתמן שכדאי לבחון גם ביצוע של שינויי עומק באופן ההוראה (תוך כדי שימוש בכלי SEL, בכלים לוויסות-עצמי ובשיטות הוראה פעילה). וכן לשקול שימוש באסטרטגיות פעולה הוליסטיות שמציגות כמה חלופות, כדי לקדם את ההתמדה של תלמידים מרקעים שונים.

לסקירה מצורף **נספח** המציג נתונים מתוכניות מצוינות בישראל (כיתות עמ"ט, מופ"ת ונחשון).

³ היכולות הקוגניטיביות מתחלקות באופן שווה בכלל האוכלוסייה, אולם יש קבוצות אוכלוסייה (כמו גברים לבנים ממעמד חברתי-כלכלי גבוה) שייצוגם בתוכניות מצוינות ב-STEM רב יחסית, לעומת קבוצות אחרות הסובלות מתת-ייצוג. הוכח שהגורמים לכך הם חברתיים ולא מולדים, ולכן חשוב להתמודד עם התופעה באמצעות הסרת חסמים העומדים בפני קבוצות בתת-ייצוג.

תוכן העניינים

4.....	מבוא
6.....	גורמים המשפיעים על התמדה
6.....	מחקרים על עידוד ההתמדה ומניעת הנשירה
7.....	(1) תפיסה עצמית של הלומד
12.....	(2) שיקוף התפיסה העצמית בעיני אחרים: זהות מדעית
14.....	(3) המעטפת הסביבתית
17.....	התערבויות אפקטיביות
17.....	(1) התערבויות קצרות
19.....	(2) פדגוגיות
21.....	(3) מענה מקיף שמכיל כמה חלופות
23.....	דיון: גורמי התמדה במסלולי מצוינות במדעים בהקשרם הרחב
26.....	נספח: מסלולי מצוינות בישראל
26.....	כיתות עמ"ט – עתודה מדעית-טכנולוגית (משרד החינוך)
26.....	כיתות מופ"ת (מתמטיקה, פיזיקה ותרבות קהילתית)
26.....	תוכנית נחשון
26.....	התמדה בתוכניות המצטיינים

מבוא

תוכניות הצטיינות במדעים בשנות בית הספר וחשיבותן

מערכות חינוך שונות מפתחות תוכניות מצוינות במדעים בשלב החינוך העל-יסודי, ובעיקר מסלולים טכנולוגיים-מדעיים (STEM). בישראל למשל יש תוכניות ייחודיות בחטיבה העליונה (חט"ע), כגון כיתות עתודה מדעית-טכנולוגית (עמ"ט) וכיתות נחשון.⁴ תוכניות אלו, שקיימות בארץ ובעולם, נועדו להכשרה מוקדמת בזמן הלימודים של עתודת עובדות ועובדים בתחומי המדע והטכנולוגיה ולהכוונת הלומדות והלומדים ללימודים מתקדמים בתחום (National Research Council, 2011).

חשיבותן של תוכניות אלו נעוצה בעידוד תלמידים לפנות לקריירה של מצוינות מחקרית ומדעית. הן עושות זאת באמצעות יצירת בסיס ידע מדעי, מתן כלים אקדמיים רלוונטיים לתלמידים וגיבוש של תחושת מסוגלות עצמית, עניין במדע וזהות מדעית (Maltese & Tai, 2011). כל זאת כדי ליצור מנוף לניעות (מוביליות) חברתית שישמש את הפרט ובסיס איתן של מצוינות מדעית שישרת את כלל החברה (Xie & Killewald, 2012).

אתגר השימור של תלמידים בתוכניות מצוינות

מידת השפעתן של תוכניות אלו נמדדת, בין היתר, בשיעור התלמידות והתלמידים המסיימים אותן בהצלחה, כלומר לשימור (retention) התלמידים. לדוגמה, בתוכניות בארץ השימור מתבטא בהתמדה של התלמיד לאורך כל שנות התוכנית, בהיבחות בבגרות ברמת חמש יחידות לימוד במתמטיקה ובמקצוע מדעי נוסף; וכן בהשגת ציון משביע רצון שיאפשר לתלמיד להתקדם בתוכנית החיים שלו בצבא, באקדמיה ובקריירה מקצועית מדעית.

כדי לשמר תלמידים במסלולי הצטיינות במדעים נדרש לעודד כל אחד ואחת מהם להתמיד בתוכנית. ההתמדה (persistence) היא החלטה אישית ומתמשכת של כל תלמידה ותלמיד וכוללת שילוב של עמדה פסיכולוגית עם התנהלות בפועל לאורך כל המסלול בתוכנית. ניגודה הוא פרישה או נשירה (dropout) של התלמיד מהתוכנית לפני שסיים את המסלול בה.

ההתמדה חשובה, מכמה סיבות:

(1) **סיבה כלכלית:** התשומות הרבות המושקעות בתוכניות הופכות נשירה של תלמידים

שיכלו להשלים את מסלולם לבזבז משאבים של המערכת.

(2) **סיבה פסיכולוגית:** השלמת המסלול מחזקת את הידע, את הכישורים ואת גיבוש

הזהות של הלומדים כמדענים, והשפעתה החיובית עשויה להימשך לאורך זמן. לעומת

⁴ להרחבה על תוכניות הצטיינות מדעית בישראל ראו נספח.

זאת נשירה עלולה להותיר השפעה שלילית ארוכת טווח על התפיסה העצמית של התלמיד או התלמידה.

(3) **סיבה חברתית:** במקרים שבהם תלמיד בעל יכולות גבוהות פורש מהמסלול בשל משובים שליליים ממורים, למשל בגלל סטראוטיפים לא מודעים, עולה השאלה של הוגנות חברתית.

לפיכך יש להשקיע לא רק בהוראה איכותית במסלולי הצטיינות במדעים אלא גם ביצירת תנאים המאפשרים התמדה בהם הן לצרכים האישיים של הבוגרים הן לתועלת החברה.

הקשיים העיקריים בתוכניות מצוינות

תוכניות הצטיינות במדעים כוללות מיון מוקדם וקבלה על בסיס תחרותי.⁵ הן מאופיינות בעומס לימודי (למידה מואצת ומעמיקה) ובאופי תחרותי או לכל הפחות מדיר (אקסקלוסיבי). מאפיינים אלו יוצרים במקרים רבים הישגיות ותחרותיות במסגרות מצטיינים. לעיתים הצוות החינוכי מדגיש שני היבטים אלו של תוכניות הצטיינות במדעים מתוך תפיסה פדגוגית שהדבר מתמרץ תלמידות ותלמידים להשקיע בהם. ואכן, תחרותיות עשויה לאתגר תלמידים ולסייע למיצוי יכולתם. עם זאת היא גם עלולה להוביל להדגשה של הישגיות יתר (performance-oriented goals) על חשבון התמקצעות (mastery-oriented goals).⁶ בסביבה כזו תלמיד יכול לפרש קושי אקדמי לא כאתגר אלא כהוכחה לחוסר התאמתו למסלול ולעולם המדע ככלל. אפקט שלילי זה מכונה "חוסר ודאות בשייכות" (Walton & Cohen, 2011) והוא בבחינת תמרוץ שלילי ולא רצוי.

נוסף על כך, בסביבה הישגית ותחרותית חלק מהתלמידים עלולים לחוש היעדר הכרה ביכולותיהם מצד הסגל הלימודי או אי-קבלה חברתית מצד קבוצת השווים שלהם (Carlone & Johnson, 2007). גורמים אלו, לצד העומס הלימודי והקוגניטיבי המובנה בתוכנית, עלולים להביא לנשירת תלמידים מוכשרים, כלומר מי שעברו את המיון לתוכנית ויכולים עקרונית להשלים את המסלול בהצלחה.

סקירה זו מבקשת לענות על השאלה אילו גורמים הניתנים להשפעה תורמים להתמדה של תלמידות ותלמידים בתוכניות מצוינות במדעים בתיכון, ואילו התערבויות חינוכיות נמצאו יעילות בחיזוק גורמים אלו.

⁵ יש שני נושאים נכבדים שמקושרים לנושא ההתמדה בתוכניות הצטיינות במדעים: היצירה של תנאים לאיתור הוגן – כגון עניין מוקדם של ילדות וילדים במדע, עידוד של מורים ובני משפחה (Campbell et al., 2018) – והיצירה של תנאים למיון הוגן, למשל מיון שאינו מתבסס על ידע מדעי מוקדם או על ידע בשפת אם (Guzman-Orth et al., 2021; Ziegler & Stoeger, 2023). עם זאת הסקירה הנוכחית אינה עוסקת בנושאים אלו.

⁶ מונחים אלו נטבעו בידי קרול איימס וג'ניפר ארצ'ר (Ames & Archer, 1988) ונקלטו במחקר הפדגוגי.

גורמים המשפיעים על התמדה

כדי לשפר את ההתמדה יש להבחין בין קשיים בלתי נמנעים, שהם חלק בלתי נפרד ממסלול הצטיינות במדעים, לבין קשיים שניתן להקל אותם. בחלק זה של הסקירה יפורטו שלושה גורמים עיקריים שתומכים בשימור תלמידים, בדגש על שימור המוטיבציה שלהם:

- **תחושת ההתאמה של תלמיד לתוכנית (היבט אישי):** תחושת מסוגלות עצמית, ערך עצמי ועניין בלימודים ובהשלמתם מתואמים עם התמדה במסלולי לימוד מאתגרים.
- **אקלים כיתה ותחושת שייכות (היבטים חברתיים):** עידוד גיבוש חברתי ויצירת קבוצת שווים תורמים להפחתת תחרות יתר ומתח חברתי.
- **תמיכה לימודית ורגשית (היבטים מערכתיים):** לתפיסה חיובית של הסגל החינוכי את כלל המשתתפים בתוכנית, ולשיקוף של תפיסה חיובית זו לתלמידים, השפעה מיטיבה גדולה על תפיסת העצמי של כל אחד ואחת מהתלמידים. שיקוף כזה גם מסייע לנרמול הקושי בלימודים המואצים והמעמיקים, ולהקניית כלים להתמודדות עם לחץ לימודי.⁷

ההתמדה איננה רק תוצר של תהליך ליניארי, שבו תמיכה מעודדת הצלחה, והצלחה מעודדת התמדה. התמדה היא גם תהליך מעגלי, שבו תמיכה והצלחה מחזקות זו את זו. יתר על כן, הקבלה לתוכנית מצטיינים וההשתתפות בה נתפסות בעיני מי שהשלימו אותן כהוכחה ליכולות שלהם. כלומר, הן מעלות את תחושת המסוגלות העצמית, כפי שקורא לה אלברט בנדורה (Bandura, 1997), או את הצפי להצלחה, כפי שמכנים זאת ז'קלין אקלס ואלן ויגפילד (Eccles & Wigfield, 2002). למשל, כאשר ויקטור לביא ויואב גולדשטיין (Lavy & Goldstein, 2022) בחנו השפעות של כיתות למחוננים בחינוך העל-יסודי בישראל, הם מצאו שאין הבדלים בתפיסה העצמית בין תלמידים שהחלו את השתתפותם בתוכניות בחטיבת הביניים (חט"ב) לאלו שהחלו אותן בחט"ע. מסקנתם היא שעצם הקבלה למסלול וההשתתפות בו עשויות להוביל לעלייה בהתמדה.

מחקרים על עידוד ההתמדה ומניעת הנשירה

המחקרים בחלק זה מתוארים לפי ארבע רמות:

- (1) תפיסה עצמית של הלומד
- (2) שיקוף התפיסה העצמית בעיני אחרים

⁷ לעיתים תמיכה ביכולת של תלמידה או תלמיד בתוכנית הצטיינות תורמת למוטיבציה שלהם. אך במקרים שתלמיד חווה ניתוק רגשי, יכולת גבוהה לבדה אינה מבטיחה את התמדתו במסלול הצטיינות. ניתוק רגשי הוא תוצר נפוץ של חוויות שליליות. על כן יצירת חוויה חיובית במסלול הצטיינות חשובה אף היא, לצד הוראה איכותית של תחומי הלימוד.

(3) מעטפת סביבתית וחברתית חיובית

(4) תמיכה לאורך המסלול

בכל רמה יוצגו תאוריות מובילות בתחום וכן מחקרי המשך שמאשרים אותן. בחלק הבא יוצגו מחקרים המתבססים על תאוריות אלו ומציגים התערבויות יעילות להתמדה.

(1) תפיסה עצמית של הלומד

התאוריות המוצגות בסעיף זה משתייכות לגישה הקוגניטיבית-חברתית בפסיכולוגיה. לפי גישה זו, התנהגות מעוצבת על פי תפיסות העצמי המתבססות על מידע שנשאב מהסביבה ועל עיבודו ופרשנות שלו. בהקשר של התמדה בלימודים הגישה מדגישה כי תלמידים יתמידו במשימות מאתגרות אם יאמינו ביכולתם להצליח, ואם הם רואים במאמץ שהם משקיעים ערך בהווה ותועלת עתידית.

א. מסוגלות עצמית (self-efficacy)

האמונה העצמית של אדם ביכולתו מכונה "מסוגלות עצמית" או "חוללות עצמית". המושג נטבע בידי בנדורה (1997) ומוגדר כאמונה הסובייקטיבית של הפרט ביכולתו לארגן ולבצע פעולות הנדרשות להשגת יעדים. במסלול הצטיינות במדעים תחושת המסוגלות העצמית מתווכת בין המידע שברשות התלמידה (על המסלול ועל הישגיה שלה בו) לבין הפרשנות שלה לחווייתיה בתוכנית.⁸ תלמידה בעלת רמת מסוגלות גבוהה תפרש קושי כאתגר; תלמידה שרמת מסוגלותה העצמית נמוכה תפרש את אותו קושי כעדות לחוסר יכולתה.

לפי בנדורה, אמונה בסיכוי להצליח מעלה את נכונותו של התלמיד להשקיע מאמץ, מה שמניע אותו להמשיך ולבחור במשימות מאתגרות ולא לסגת מהן. הוא גורס שאף שלתפיסת המסוגלות העצמית יש בסיס אישיותי, ניתן ואף רצוי לפתח אותה משום שהיא מעודדת התמדה.

ב. ציפייה להצלחה, וערך המשימה

אקלס וויגפילד (Eccles & Wigfield, 2002) מציגים מושג מקביל לזה של בנדורה ומכנים אותו "ציפייה להצלחה" (expectancy for success). ככל שציפייתו של התלמיד להצלחה בתוכנית הצטיינות במדעים תהיה גבוהה יותר, כך סביר יותר שיתמיד בה. על זה הם מוסיפים את הערך שמייחס התלמיד להצלחה במשימה (task value). המודל שהם מציעים מזכיר נוסחה מתמטית: לשיטתם, מצד אחד כל תלמיד או תלמידה שוקלים את המאמץ שיידרש מהם להשקיע כדי להצליח בתוכנית (העלות הנתפסת), ומצד אחר נבחנת המכפלה של הציפייה

⁸ מכאן ואילך הטקסט יתייחס לתלמיד או לתלמידה לחלופין, אלא אם הנושא מתייחס במפורש רק לאחד המינים.

להצלחה בתוכנית עם הערך הטמון בה. אם מכפלה זו גדולה מהמאמץ המשוער, התלמיד יתמיד בתוכנית, ואם היא קטנה ממנו – הוא יפרוש ממנה.

לדברי אקלס וויגפילד, ערך המשימה מושפע משלושה משתנים:

- מידת העניין של התלמיד במשימה.
- מידת החיבור של המשימה לזהותו של התלמיד.
- מידת התועלת העתידית (למשל יכולת לעסוק בתחום מדעי) שמייחס התלמיד לפעולה בהווה (הלימוד המאומץ).

בתוכניות מצטיינים העלות נתפסת גבוהה בשל העומס הלימודי ובשל החשש מכישלון. יתרה מזו, ההצלחה או הכישלון בתוכנית ההצטיינות נתפסים בעצמם כמקושרים לזהות העצמית ומשפיעים עליה. כלומר, תלמיד שמתמסר רגשית להצלחתו בתוכנית, אך הישגיו בה אינם מספקים אותו, יחוש דיסוננס גם באשר למקומו בתוכנית וגם באשר לזהותו כתלמיד מצטיין וכמשתייך לעולם המדע. לכן החוקרים גורסים שיש לחזק הן את הציפייה להצלחה (כפי שטוען בנדורה) הן את העניין במשימה (במקרה שלפנינו – בתוכן הלימוד) והתועלת העתידית שלהם.

בד בבד חשוב לוודא שהעומס הלימודי אינו כבד מדי ואינו שוחק את שני הממדים הללו.

רוברט טאי ועמיתיו (Tai et al., 2006) מדגישים במיוחד את העניין בתוכנית הלימודים כגורם להתמדה. במחקר אורך שנמשך שנים-עשרה שנה הם מצאו שהסבירות שתלמידים בכיתה ח', שהביעו עניין בקריירה אקדמית, ישלימו בהצלחה תואר אקדמי במדעים (ועוד לפני כן ישלימו בהצלחה את הלימודים המדעיים בתיכון) גבוהה פי שלושה מבמקרה של תלמידים שלא הביעו עניין כזה. זאת, גם כאשר פיקחו על רמות היכולות שלהם בתחום. לפי החוקרים הללו, הדבר מדגיש את הקשרים בין תפיסת ערך מיידית לתפיסת תועלת עתידית, שמסייעות כאמור יחד להתמדה.

מינג-טה ואנג וג'סיקה דגול (Wang & Degol, 2013) מצאו ראיות אמפיריות נוספות שמוכיחות את המודל של אקלס וויגפילד, בעיקר בכל האמור בתלמידות בחינוך העל-יסודי. הן הראו שהתלמידות לא חישוב את העלות של התמדה במסלול ההצטיינות לעומת התועלת שבה רק על בסיס הציפייה להצלחה במסלול הספציפי. בשקלול שערכו הביאו התלמידות בחשבון גם את הציפייה להצלחה במסלולים חלופיים. למשל, תלמידה ישראלית בעלת יכולת מתמטית גבוהה יכולה (סטטיסטית) להיות גם בעלת יכולת מילולית גבוהה. במקרה כזה היא עשויה להעדיף מסלול של מדעי חברה ורוח (מח"ר) על פני מסלול מדעי. זאת משום שלמרות ציפייתה להצליח בכל אחד משני המסלולים, היא מעריכה שמסלול המח"ר יהיה קל יותר להשלמה ויגבה ממנה פחות מאמצים. מכאן שכדי למשוך תלמידה כזו למסלול מדעי יש לחזק את התועלת הנתפסת של מסלול זה בעיניה, למשל בהדגשת העניין שבו.

ג. אמונה באפשרות לפתח יכולות אישיות (growth mindset):

קרול דואק (Dweck, 2006) מציעה בספרה *Mindset: The New Psychology of Success*, שהמפתח להתמדה נמצא בפרשנות של תלמידים לחוויה של כישלון לימודי (למשל במבחן). תלמידה שמאמינה ב"תבנית חשיבה מקובעת" (fixed mindset) תופסת כישלון כעדות לחוסר כישרון מולד שלה. תפיסה זו מובילה אותה לנסיגה ולהימנעות. לעומתה, תלמידה המאמינה ב"תבנית חשיבה מתפתחת" (growth mindset) רואה בכישלון איתות שמסייע ללמידה וצמיחה עתידית. פרשנות זו מאפשרת לה להתמיד ולהמשיך להשקיע מאמץ גם לנוכח קשיים.

מחקריה של דואק מראים גם שאם מלמדים את התלמידים על יכולת החשיבה המתפתחת, הדבר ישפיע לחיוב על התמדתם ועל הישגיהם. עם זאת יש לציין כי רוב עבודתה היא עם תלמידים שנחלו כישלונות בעבר ולא דווקא עם תלמידים מצטיינים.

במחקר עדכני שפרסמו כמה חוקרים (כולל דואק), בהובלת דיוויד ייגר (Yeager et al., 2019), בנושא תבנית חשיבה מתפתחת, המחברים מדגישים שהשפעתה של תבנית חשיבה זו אינה אוטומטית אלא תלויה בהקשר הסביבתי: ההתערבויות המקדמות תפיסת חשיבה מתפתחת יעילות רק כאשר הן מלוות בשיטות הוראה ברמה הבית-ספרית שמקדמות תמיכה רגשית בלומדים, כמו משוב בונה, שיתופיות ונרמול טעויות. לעומת זאת כאשר מערכת חינוכית מטיפה ל"צמיחה" אך מקדמת תחרותיות בין תלמידים ונוקטת סנקציות על כישלונות (כפי שעלול לקרות בתוכניות מצטיינים), המסר מאבד מתוקפו. במקרים כאלו מסר של צמיחה אף עלול לשחוק את המוטיבציה של הלומדים במקום לחזק אותה. מכאן שניתן עקרונית לקדם את האמונה של תלמידים בתבנית חשיבה מתפתחת גם במסלול הצטיינות מדעית, אולם רק אם הדבר עולה בקנה אחד עם מסרים אחרים שהתלמידים מקבלים ועם שיטות הוראה שצוותי חינוך משתמשים בהן.

ג'יאג'ו יו ועמיתותיה (Yu et al., 2022) מראות שהוראה המבוססת על חקר וכן תפיסה של פיתוח הוליסטי של תלמידים מתואמות שתיהן עם תבנית חשיבה מתפתחת בקרב תלמידים. זאת משום שהמסר שפדגוגיות אלו מעבירות הוא של אפשרות צמיחה והתפתחות לאורך זמן. לעומת זאת הן מצאו שהוראה דיפרנציאלית בכיתה, מעבירה מסר של פער בין יכולות תלמידים, ולכן מתואמת עם תבנית חשיבה מקובעת.⁹

⁹ שאלת הלמידה הדיפרנציאלית לא עולה בדרך כלל במסלול הצטיינות מדעי שנתפס כמסלול הומוגני. אולם כפי שנראה בהמשך, על מנת לעודד תלמידות וכן תלמידים בקבוצות בתת-ייצוג להתמיד במסלולי הצטיינות כאלו יש לנקוט בשיטות פדגוגיות שונות, מה שמתקרב להוראה דיפרנציאלית. האתגר פה הוא שלא ליצור הבחנה בין תלמידים שהרקע שלהם שונה כאשר נותנים להם את המענה הפדגוגי והחברתי-רגשי המותאם לכל אחד.

המחקרים של ייגר ועמיתיו (2019) ושל יו ועמיתותיה (2022) מעידים ששיטות הוראה שמספקות תמיכה לימודית ושיטות הוראה שמחזקות מוטיבציה – כרוכות זו בזו. על כך נרחיב בהמשך.

ד. מוטיבציה פנימית (Self-Determination Theory)

תאוריית ההגדרה העצמית (Self-Determination Theory – SDT) פותחה בידי אדוארד דסי וריצ'רד ראיין (Deci & Ryan, 2000). תאוריה זו מציעה הסבר נוסף להיווצרותה של מוטיבציה פנימית הפועלת לטווח הארוך. לפי התאוריה, מוטיבציה פנימית נוצרת כאשר שלושה צרכים פסיכולוגיים בסיסיים מתמלאים: אוטונומיה, מסוגלות (competence) ותחושת שייכות (relatedness). צרכים אלו מחזקים את הנחישות להתמיד למרות האתגר.

לפי תאוריית ההגדרה העצמית, צרכים אלו מתמלאים בתוכנית הצטיינות במדעים כאשר התלמיד:

- משתתף מתוך עניין (בדומה לדברי אקלס וויגפילד וכן טאי ועמיתיו).
- חש שביכולתו להתמודד עם האתגרים שהתוכנית מציבה (בדומה למודלים של בנדורה ושל אקלס וויגפילד).
- חש מוערך וקשור לקהילה הלומדת בכיתה ובתוכנית (כפי שעולה מהמחקר של ייגר ועמיתיו וכפי שנרחיב בהמשך).

לפי דסי וראיין, תגמולים חיצוניים (כגון ציונים גבוהים, תעודות הצטיינות ופרסים) עלולים לפגוע במוטיבציה פנימית, ולכן גם בהתמדה לאורך זמן. למשל, אם מציעים לתלמידה תגמול חיצוני על משימה שהיא מוצאת בה ערך פנימי (כחלק מהאוטונומיה שלה לבחור בתוכנית ומתוך רצון לחזק את הכשירות שלה בנושא), המשימה הופכת בעיניה ל"מטלה" שנעשית עבור תגמול ולא כבעלת ערך בפני עצמה. כך המוטיבציה הפנימית נעלמת, מה שעלול להוביל לבסוף לנשירה. הם מכנים זאת אפקט "הצדקת היתר" (overjustification effect).

ה. מכוונות-מטרה (goal orientation)

תאוריה זו בוחנת את תגובתם של אנשים, ובכללם תלמידות ותלמידים, למשימות. כפי שהוזכר במבוא, אחת ההבחנות היא בין מי שמתייחס למשימה לימודית בכוונה להתמקצע בה (mastery goal) לבין מי שמעוניין להציג ביצועים גבוהים (performance goals) ביחס לאחרים.

לפי פול פינטריץ' (Pintrich, 2000), תלמיד שבוחר ביעד של התמקצעות נוטה יותר להתמקד בלמידה, בהבנה ובשיפור יכולותיו. נוסף על זה, נמצא כי תלמיד כזה נוטה יותר להשתמש

באסטרטגיות קוגניטיביות עמוקות יותר ומפגין מסוגלות עצמית גבוהה יותר. אלו מביאים ליכולת התמדה גבוהה מזו של תלמיד שמתמקד בביצועים גבוהים.

פינטריץ' גם הצביע על יכולות קוגניטיביות חשובות שמסייעות להתמדה:

- **שליטה בקשב:** מיקוד הקשב במידע התומך בכוונה ללמוד ודיכוי הסחות דעת.
- **שליטה ברגש:** ריסון מצבים רגשיים שעלולים לפגוע ביעילות הלמידה.
- **שליטה במוטיבציה:** חיזוק הקשר בין תהליכי הוויסות לבסיס המוטיבציוני של הלומד.
- **שליטה בסביבה:** שינוי הסביבה הפיזית לפי הצורך כדי להפחית הסחות דעת.

כלל היכולות הללו מכוונות למיקוד שליטה ומכונות "יכולות ויסות עצמי" (self-regulated learning). ולפי פינטריץ' מדובר ביכולות נלמדות.

פינטריץ' ואקין זושו (Pintrich & Zusho, 2002) מרחיבים את הקשר בין מוטיבציה למיומנויות קוגניטיביות אלו. הם מתבססים על המודל של אקלס וויגפילד ומצביעים על הקשר שבין ההתמקדות בהתמקצעות לבין תפיסת מסוגלות עצמית ולמציאת ערך במשימה. לדבריהם, נוצר מעגל קסמים חיובי שבו תלמידים שמאופיינים בתפיסה כזו יכולים להתמקד בלמידה ולווסת את עצמם. מכאן שהמיקוד שלהם מסייע להם לצמצם את המאמץ הכרוך בלמידה. לעומתם, תלמידים הממוקדים בהישגים חרדים יותר (כלומר תפיסת המסוגלות העצמית שלהם נמוכה יותר). מטעם זה הם פחות מווסתים, ולכן הלמידה שלהם יעילה פחות ומאמצת יותר.

הוברט לנט ועמיתיו (Lent et al., 1994) כבר הציעו תאוריה מאחדת שלפיה מסוגלות עצמית, הערך המיוחס להשלמת המשימה והאמונה במנגנון להשיגה (למשל עבודה קשה) מסבירים יחד התמדה. זוהי ראשיתם של כל המודלים המאוחרים יותר של בנדורה, של אקלס וויגפילד ושל דסי וראיין. במחקר מאוחר יותר של לנט ושל מחבר נוסף של המאמר המקורי – סטיבן בראון (Lent & Brown, 2019) – הם הציגו אישושים לכך שתפיסת מסוגלות עצמית מתווכת את העניין של התלמיד בנושא ואת ההתמדה, וכן שקביעת מטרות מראש מתואמת עם התמדה.

מהסקירה בחלק זה עולים שלושה מנגנונים עיקריים:

- (1) תחושת מסוגלות וציפייה להצלחה
- (2) ערך נתפס של הלמידה הכולל עניין, זהות אישית ותועלת עתידית

(3) תחושת שייכות והכרה

מנגנונים אלו אינם פועלים בנפרד אלא מזינים זה את זה: תחושת המסוגלות מחזקת עניין, תחושת שייכות מחזקת את הערך הנתפס, ויחד הן תומכות בהתמדה.

עד כה הוצג הקשר של התמדה לתחושות האישיות של תלמידות ותלמידים בהדגשת המוטיבציה הפנימית. עם זאת ראינו שיש קשר בין תחושות ותפיסות אישיות למשויבים המתקבלים מהסביבה, ובייחוד – מאחרים משמעותיים. כעת נעבור להתמקד בקשר זה.

(2) שיקוף התפיסה העצמית בעיני אחרים: זהות מדעית (science identity)

שתי תאוריות סוציולוגיות מבססות את הבחינה כיצד העמדות של אחרים בנוגע לפרט משפיעות על תפיסתו את עצמו: הראשונה היא התאוריה הביקורתית של פייר בורדייה (Bourdieu, 1988). לפי בורדייה, תלמידים ממעמד חברתי-כלכלי גבוה נחשפים במשפחותיהם לידע, להתנהגויות ולערכים שמזוהים לאחר מכן בבית הספר עם הצלחה לימודית ותורמים לה. לעומתם, תלמידים מוחלשים חסרים את הידע והניסיון הללו ו"נקנסים" על כך. אף שמדובר בהבניה חברתית, היא נתפסת כקשורה לכישורים טבעיים של תלמידים. התלמידים בעלי היתרון מפנימים את הצלחתם לתוך זהותם, ואילו התלמידים המוחלשים מפנימים את כישלונותיהם כ"חוסר יכולת אישית" שלהם.

התאוריה השנייה היא האינטראקציה הסימבולית של ארווין גופמן (Goffman, 2002) ([1959]). לפי גופמן, בני אדם מושפעים מהדרך שבה אחרים תופסים אותם. אם למשל למורים יש ציפיות נמוכות מתלמידים מרקע מסוים, הם יתייחסו לאותם תלמידים בהתאם, והתלמידים יפנימו תפיסה זו של המורים. כל כישלון לימודי של תלמיד שאין מצופה ממנו להצליח יאשר ויחזק את התפיסה הזו אצל מורים אלו, ואילו מהצלחות לימודיות הם יתעלמו. לכן גם התלמיד ייחס משקל רב יותר לכישלונות לימודיים שלו ויקל ראש בהצלחותיו.

המודל של היידי קרלון ואנג'לה ג'ונסון (Carlone & Johnson, 2007) מתאר התמדה בתוכניות חינוכיות במדעים באמצעות המושג "זהות מדעית" (science identity). לפי המודל, זהות מדעית אינה רק עמדה פנימית של התלמיד, ואין היא נובעת רק מתחושה של מסוגלות עצמית. אדרבה, על התלמיד לממש בפועל את יכולתו ולהפגינה מול אחרים כדי לאשרר אותה לעצמו.

ההיבט הראשון במודל המשולש שלהן הוא תחושת הכשירות, שהיא התחושה הפנימית של התלמידה. ההיבט השני הוא היכולת לבצע (perform) פעולות שמעידות על הכשירות, למשל לפתור כהלכה תרגיל מסובך או לבצע כהלכה ניסוי מדעי. כך התלמידה מקבלת אישוש (או ערעור) לתחושת הכשירות שלה. ההיבט השלישי הוא של אישור והכרה חיצונית

(recognition) – מהמורה, מקבוצת השווים או מהמעגל המשפחתי. הכרה זו מאותתת לתלמידה שהישגיה נתפסים כמבטאים כשירות גבוהה בתחום. הדבר מסייע בתורו לגיבוש זהותה העצמית כחוקרת. אם לא, תחושת הכשירות שלה מתערערת, גם אם הצליחה בביצועים.

חשיבות המודל היא בהדגישו נקודה אחרונה זו: תפקידה של ההכרה החיצונית בעידוד להתמדה הוא קריטי. תלמידה עשויה להיות בעלת כשירות גבוהה וביצועים מעולים, אך ללא הכרה מצד הסביבה בזהותה המדעית (למשל בגלל תפיסות מוקדמות בנושאי מגדר ומוצא) הזהות המדעית שלה תתערער, והסיכוי לנשירה יגבר. לכן התמדה, לפי קרלון וג'ונסון, היא תהליך חברתי: אינטראקציות חיוביות של הכרה הן שבונות את החוסן של התלמידה ומאפשרות לה לראות בעצמה חלק בלתי נפרד מהקהילה המדעית.¹⁰

זהרה הזרי ועמיתיה (Hazari et al., 2010) אימצו את המסגרת התאורטית של קרלון וג'ונסון ובחנו את חוויות הלימודים בתיכון שתורמות לגיבוש זהות מדעית, או מערערות אותה. מחקרם מאשש את חשיבותם של שלושת ההיבטים של הזהות המדעית, ובעיקר את ההכרה החיצונית לזהות המדעית של תלמידות בנות. נוסף על זה חוקרים אלו מצאו כי –

- **שלושת ההיבטים מחזקים זה את זה:** הכרה מצד המורה בונה לתלמידה עניין רב יותר בחומר הנלמד, מה שמוביל למאמץ רב יותר ומחזק את ביצועיה ואת התמדתה.
- **ההכרה בזהות המדעית של התלמידה:** הכרה זו היא הגורם המשפיע ביותר על הזהות המדעית שהיא מפתחת (יותר מהישגים וציונים).
- **חווית הלמידה (classroom experience) משפיעה ישירות על הזהות המדעית:** שיעורים המשלבים חיבור לעולם האמיתי ודיונים פתוחים על חשיבות הפיזיקה תורמים לזהות המדעית (בעיקר אצל תלמידות) הרבה יותר מלימוד פורמלי.
- **תלמידות זוכות להכרה בהן כמדעניות פחות משתלמידים בנים זוכים לה, גם כשהן מציגות הישגים דומים להישגיהם:** כלומר, ניתן להסביר נשירת תלמידות מלימודי STEM בעובדה שלא סיפקו להן את ההכרה הדרושה לגיבוש זהות מדעית ולא בשל חוסר יכולת ואף לא בשל הישגים נמוכים.

יש לציין ששני המחקרים, של קרלון וג'ונסון (2007) ושל הזרי ועמיתיה (2010), מתמקדים גם באפליה מצטלבת (מגדרית ואתנית – כלפי תלמידות אפרו-אמריקאיות או היספניות).

¹⁰ לואיז ארצ'ר ועמיתיה (Archer et al., 2010) חיברו את הממד החיצוני של ההכרה לזהות שהתלמיד מפנים. הם הראו כיצד תלמידים מוכשרים במדעים נשרו ממקצועות STEM כיוון שהפנימו דמות של מדען (גבר לבן) שלא הזדהו איתה מגדרית או אתנית.

לדבריהם, ככל שהעמדה שהתלמידה נמצאת בה מוחלשת יותר (למשל תלמידה שהיא גם אפרו-אמריקאית), כך ההכרה שתזכה לה כמדענית נמוכה יותר.¹¹

בהמשך למגמת מחקר זו מצאו פרסיליה וינסנט-רוז וכריסטיאן שון (Vincent-Ruz & Schunn, 2018) שהתפיסה העצמית של זהות מדעית, בקרב תלמידות, מתואמת עם התמדה יותר מאשר עניין בנושא או תחושת מסוגלות. ממצא זה סותר מחקרים קודמים שהציגו דווקא את העניין ואת המסוגלות כחשובים, אך לא התמקדו בתלמידות. מכאן הן הסיקו שתלמידות זקוקות לחיזוקים שונים מאלה שתלמידים זקוקים להם.

לסיכום, גיבוש של זהות מדעית חשוב מאוד להתמדה. גיבוש כזה נשען גם על תפיסות בסיסיות כלפי העצמי, על תפיסות חברתיות שמופנמות על ידי העצמי וגם (ואולי בעיקר עבור תלמידות ותלמידים מקבוצות בתת-ייצוג) על התגובות שמקבלים תלמידות ותלמידים מסביבתם. עולה מכך שכדי לסייע לשימור תלמידים, ובעיקר תלמידות, על סביבות לימוד לטפח לא רק תחושת מסוגלות עצמית אלא גם זהות מדעית.

(3) המעטפת הסביבתית

א. אווירה לימודית

המחקר הקלאסי של קרול איימס וג'ניפר ארצ'ר (Ames & Archer, 1988) מראה שנורמות כיתתיות (classroom goal structures) מעצבות את הדרך שבה תלמידים תופסים כישלון והצלחה. כאשר האווירה בכיתה מעודדת למידה מעמיקה (mastery oriented), תלמידים נוטים להשקיע יותר בלמידה ולראות בטעויות חלק טבעי ממנה. במקרה ההפוך, אווירה כיתתית המאופיינת בתחרותיות והישגיות (performance oriented) מייצרת חרדה מטעויות, מביאה לידי פרשנות שמצביעה על חוסר יכולת ומצמצמת עניין בתחום הנלמד – היבטים שמתואמים עם נשירה ולא עם התמדה.

לפי איימס וארצ'ר, נורמות בכיתה נובעות הן מהתפיסה של התלמידים את הנורמות הלימודיות הן מגישת ההוראה של המורה ומהמסרים שהיא מעבירה בנוגע ללימודים. לכן הן ממליצות שהמורה תקדם הוראה הממוקדת בלמידה ולא בהישגים, וכן שתקפיד על אווירה לא תחרותית בכיתה.

ב. ציפיות מורה

¹¹ ההתמדה של תלמידות במסלולי הצטיינות במדעים היא נושא חשוב שיש להתעמק בו. על פערי מגדר במסלולים מדעיים ראו דייטש וליטמנוביץ (2021). על קידום שוויון מגדרי בחינוך STEM ראו זורמן ואח' (2021).

בנוגע לתפיסת יכולת עצמית ולבניית זהות, התלמידים מפנימים את היחס של המורה אליהם. לפיכך ציפיות המורה מכל תלמיד או תלמידה ספציפיים (ולא רק מהכיתה ככלל) משפיעות על היחס לאותם תלמיד או תלמידה. ציפיות אלו בתורן מתואמות עם היבטים של עמדות שהתלמיד או התלמידה מפנימים, ולכן משפיעות גם על התמדתם (Archer et al., 2017;)¹² (Gullberg et al., 2018).

(4) תמיכה לאורך המסלול

א. תכנון מוקדם של קריירה מדעית

טאי ועמיתיו (Tai et al., 2006) מצאו שלציפיות לקריירה בתחומי המדעים בגיל 13 יש מתאם חזק עם הסיכוי להשלים את הלימודים בנושא ולקבל תואר אקדמי במדעים כעבור עשור. מכאן הסיקו שתכנון מוקדם של קריירה מדעית מתואם עם התמדה. על בסיס זה הציעו החוקרים לעודד תלמידים כבר בגיל צעיר למצוא ערך עתידי במדעים באמצעות יצירת חוויות מדעיות חיוביות וגיבוש זהות מקצועית.

ב. שימור העניין לאורך הלמידה

אדם מלטיז ורוברט טאי ערכו מחקר המשך (Maltese & Tai, 2011) העוסק בחוויות למידה במסלולי STEM שמתואמות עם התמדה במסלולים אלו. לדבריהם, תלמיד מתמיד הוא מי שמצא עניין בנושא מלכתחילה ושממשיך להתעניין בו לאורך זמן. לפי ממצא המחקר, החוויות החיוביות שמסייעות לכך הן הוראה מרתקת, שימוש בשיטות הוראה של למידה פעילה בכלל וניסויים בפרט, וכן קישור בין חומר הלימוד לבין העולם האמיתי. כלל התובנות האלו מקושרות לטענות התאורטיות שכבר הוזכרו בחלק הקודם של הסקירה.

החידוש של מלטיז וטאי הוא בצורך לשמר את העניין בלימודים לאורך זמן (ולא רק ברגע ההחלטה, כפי שמופיע אצל אקלס וויגפילד). מסקנתם היא שתפקיד מרכזי של ההוראה במסלולי STEM הוא לשמר עניין ורלוונטיות של התכנים הנלמדים בעולמם של התלמידים.

הגורמים העיקריים להתמדה במסלולי הצטיינות במדעים מסוכמים בטבלה 1, לפי הקריטריונים של ממדים אישיים, חברתיים ופדגוגיים ואזכור מונחים בולטים.

¹² דייטש וליטמנוביץ (2021) מציגים סקירה של מחקרים שעוסקים במנגנון שלפיו תפיסות חברתיות סטראוטיפיות משפיעות על סגל ועל תלמידות ותלמידים, באות לידי ביטוי בהתנהגות (לא מודעת) של הסגל שמאשרת לתלמידות ולתלמידים את אותם סטראוטיפים ומובילה תלמידות, יותר מתלמידים, לנשור ממסלולי STEM, ובכלל זה ממסלולי מצוינות. סקירה רחבה ועדכנית על השפעות של סטראוטיפים מגדריים על חינוך מדעי נמצאת במחקרה של גילה מנוביץ-מלול (2025).

טבלה 1. גורמים המשפיעים על התמדה

סוג	גורם
אישי	מסוגלות עצמית/ציפייה להצלחה/כשירות
	מציאת ערך: עניין בתוכן הלימודי, תחושת חיבור לעולם המדע (גיבוש זהות מדעית), ציפיות מקצועיות עתידיות
	קבלת החלטה להשתתף בתוכנית עד תומה
	אישוש של תחושת המסוגלות באמצעות ביצוע מוצלח
	ויסות עצמי בלימודים לצורך צמצום המאמץ
	תחושת שייכות לקבוצת שווים
חברתי	אישור של היכולת העצמית ממורים או מעמיתים
	תחושה שציפיות המורה מהתלמיד גבוהות
	התמקדות בשליטה בתוכן הנלמד וצמצום ממד התחרותיות
פדגוגי	תמיכה לימודית
	נרמול קושי ומתן כלים להתמודד איתו
	אישיותי
רקע	מגדרי
	אתני
	חברתי-כלכלי

מהצגת המודלים העיקריים להתמדת תלמידים עולות כמה תובנות:

ראשית, המודלים מצביעים שוב ושוב על **תחושות מסוימות כלפי המקצועות הנלמדים** (עניין, סקרנות, רלוונטיות ואתגר), על **תפיסה עצמית** של התלמיד או התלמידה (מסוגלות וציפייה להצלחה, הזדהות וגיבוש זהות מדעית, קביעת מטרות ותוכנית לעתיד), על **השפעת אחרים משמעותיים** (שיקוף של המסוגלות והשייכות) ועל **תנאים פדגוגיים תומכים** (צמצום תחרותיות, מתן הזדמנויות להצלחה, תמיכה לימודית וחיזוק רגשי ונרמול קושי).

שנית, נראה שתלמידים **מרקעים שונים** נתקלים בקשיים שונים, למשל תלמידות ותלמידים בתת-ייצוג סובלים יותר מתחושת אי-ודאות באשר לשייכות, ונדרש להם שיקוף רב יותר של יכולותיהם. לעומת זאת תלמידים אחרים מתקשים יותר לשמר עניין בנושאים הנלמדים. משתי תובנות אלו עולה שיש כמה דרכים עיקריות שחוזרות על עצמן במודלים שונים לחיזוק ההתמדה, ושיש צורך לנקוט כמה מהן כדי לסייע לתלמידים ותלמידות מרקעים מגוונים.

התערבויות אפקטיביות

בחלק זה נציג התערבויות שמבוססות על המודלים שנסקרו בחלק הקודם ושנבחנו בניסויים ונמצאו מתואמות עם התמדה. סוגי ההתערבויות הם אלה:

- (1) התערבויות קצרות (נרמול קושי, יצירת ערך, חשיפה למודלים לחיקוי, חונכות עמיתים).
- (2) שימוש בפדגוגיות (למידה פעילה ולמידה חברתית-רגשית).
- (3) מענה מקיף המכיל כמה חלופות.

(1) התערבויות קצרות

א. נרמול קושי (בהתבסס על המודל של בנדורה)

הרעיון של נרמול קושי מוצג אצל בנדורה (1997), ומטרתו להזכיר לתלמיד שקושי הוא חלק הכרחי מן הלימוד, ושכלל הלומדים חווים אותו. הרעיון נבחן בהתערבות של וולטון וכהן (Walton & Cohen, 2011), שהתמקדו בתלמידים מרקע מוחלש שנוטים לחוש, יותר מתלמידים אחרים, "חוסר ודאות באשר לשייכות" (belonging uncertainty).¹³ כדי להתמודד עם חרדה זו, שעלולה להוביל לנשירה של תלמידים מוכשרים, ערכו החוקרים התערבות פסיכולוגית קצרה מאוד שמטרתה להגביר תחושת שייכות. במהלך ההתערבות קראו סטודנטים מתחילים עדויות של סטודנטים בוגרים שסיפרו שגם הם חשו קושי, אך בהמשך התגברו. תוצאת ההתערבות הייתה שיפור דרמטי בביצועים האקדמיים של הסטודנטים שנחשפו לסיפורים אלו.¹⁴

ניתן להסיק ממחקר זה שלתחושת שייכות יש השפעה חיובית על הרצון להתמיד ושהיא גם משמשת בעצמה משאב קוגניטיבי: תלמיד שבטוח במקומו יכול להפנות את כוחותיו ללמידה במקום להשקיע אותם בחיפוש סימנים לקבלה או דחייה חברתית.

¹³ תופעה שזכתה גם לשם "תסמונת המתחזה".

¹⁴ בהמשך נערכו מחקרים כאלה על תלמידים בגיל התיכון שהממצאים בהם בהקשר של תחושת השייכות היו דומים (Williams et al., 2020).

ב. תמרוץ תלמידים המבוסס על יצירת ערך (בהתבסס על תפיסת הערך של אקלס וויגפילד) אקלס וויגפילד (2002) הצביעו על חשיבות הערך שמוצאת התלמידה בלימודים (כולל עניין בהווה, ציפייה להפקת ערך עתידי וזהות עצמית). ציפייה זו היא חלק מהמנגנון שמבהיר לתלמידה את הצורך להשקיע מאמץ בלמידה. ג'ודית האראקייביץ' ועמיתיה מוצאים אישורים למודל זה בניסויים של התערבויות קצרות שנערכים כבר שני עשורים. להלן יוצגו שלושה מהם: כריס הולמן והאראקייביץ' (Hulleman & Harackiewicz, 2009) בחנו את ההשפעה של רפלקציה על תלמידים במסלול STEM וביקשו מהם לכתוב אחת לכמה שבועות על הרלוונטיות של הלימודים לחייהם. במחקר נוסף פנו החוקרים (Harackiewicz et al., 2012) להורי תלמידים לפני החלטה על מסלול לימודים, העבירו להם מידע על חשיבות ההשתתפות במסלולי STEM והפנו אותם לאתר ייעודי שבו מידע נוסף. במחקר עדכני יותר (Harackiewicz et al., 2023) ביקשו החוקרים מסטודנטים למדעים מדויקים לכתוב רפלקציה על יכולתם לסייע לאחרים בזכות לימודיהם. בכל המחקרים נמצא שההתערבויות הקצרות היו בעלות השפעה מובהקת על המוטיבציה של התלמידים ושל הסטודנטים להתקבל למסלול ולהתמיד בו. בחלק מההתערבויות נמצאה השפעה חיובית גם על הישגי התלמידים. משלושת המחקרים עולה שהתערבות קצרה מספיקה כדי להדגיש את הערך ואת הרלוונטיות של ההשקעה בלימודים למטרות מיידיות ועתידיות.

ג. חונכות מדעית (מבוסס על תאוריית ההגדרה העצמית של דסי וראיין)

דסי וראיין מציגים מודל שבו התמדה במסלולי לימוד מאתגרים מתבססת על תחושה של אוטונומיה, מסוגלות ושייכות. התערבות של חונכות מדעית נמצאה כתורמת לשלושת היבטים אלו. שתי קבוצות חוקרים בחנו חונכות של סטודנטים ל-STEM שהוצמדו לתלמידי תיכון במסלולי STEM: אלכסנדרה בושמפ ועמיתיה (Beauchamp, et al., 2022) ולויס שנק ועמיתותיה (Schenk et al., 2026). שני המחקרים מצאו שחונכות כוללת עידוד מצד החונכים והדרכה מעשית באסטרטגיות למידה, מה שחיצק את המוטיבציה של התלמידים להשלים את המסלול או לפחות בלם ירידה של מוטיבציה זו.

המחקר של שנק ועמיתותיה (2026) בחן את השפעתה של תוכנית חונכות על מוטיבציה של תלמידים. נמצא שהחונכות הייתה גורם בולט למה שהן מכנות "הירידה הטבעית במוטיבציה במהלך גיל ההתבגרות". הממצאים האיכותניים הראו כי תלמידים רבים חשו שהחונכות תרמה למוטיבציה שלהם בזכות הבנת חשיבותם של הלימודים, שיפור במיומנויות למידה ותכנון, וחיזוק תחושת הערך העצמי.

במחקר המוקדם שבשני המחקרים (Beauchamp et al., 2022) נבחנה ההשפעה של חונכות ושל מיזם חקר על התמדה במסלולי הצטיינות במדעים בקרב תלמידים מקבוצות בתת-ייצוג.

נמצא שחונכות חיזקה את תחושת השייכות והקשר החברתי ואף הייתה מתואמת עם השפעה חיובית גבוהה יותר של השתתפות במיזם חקר.

שני המחקרים מעידים שחונכות יוצרת סביבה תומכת, חברתית ולימודית, ושהחונכים משמשים מודלים לחיקוי, ובכך מסייעים ליצירת תחושת שייכות לקהילה המדעית.

(2) פדגוגיות

א. למידה פעילה

סקוט פרימן ושותפיו (Freeman et al., 2014) ערכו מטא-אנליזה נרחבת הבוחנת את השפעתה של למידה פעילה (active learning) על קידום התמדה והישגים בתחומי STEM. מהמטא-אנליזה עולה שסטודנטים למקצועות STEM שלומדים בשיטות הוראה שונות המשלבות למידה פעילה (החל מעבודה בקבוצות בכיתה וכלה ב-PBL ארוך טווח) נוטים להיכשל בקורסים פחות מסטודנטים שלומדים בשיטות הוראה מסורתיות, ולכן נוטים גם להתמיד במסלול. נמצא גם שסטודנטים מרקע מוחלש וסטודנטים בתת-ייצוג מפקינים יותר מלמידה פעילה, כלומר היא מתואמת עם צמצום פערים בין קבוצות אוכלוסייה.

החוקרים מצביעים על מאפיינים של למידה פעילה שנמצאה אפקטיבית:

- מגוונת וכוללת יותר מסוג אחד של פעילות.
- מקדמת חשיבה מסדר גבוה (כלומר למידה שיש בה מאפיינים שדורשים התמודדות מצד התלמידים, דוגמת PBL).
- נערך בה שימוש הוליסטי בתוכנית הלימודים (למשל גם במטלות הבית ולא רק בהרצאות, או שימוש בכלים שמאפשרים למידה פעילה לאורך כל הקורס ולא רק בשיעורים מסוימים).

מטא-אנליזה עדכנית של ליזט וינייה ועמיתיה (Wijnia et al., 2024) בוחנת את השפעותיהן של שיטות למידה מבוססות חקר (חקר בעיות, מיזמים וחקר מקרה) על המוטיבציה של סטודנטים ושל תלמידים.¹⁵ מרבית המחקרים שנבחנו במטא-אנליזה עוסקים במסלולי לימוד מדעים. המטא-אנליזה מצאה מתאם חיובי קטן בין השימוש בשיטות למידה אלו (1) לתחושת מסוגלות עצמית (או ציפייה להצלחה); (2) למציאת עניין בלימודים ו-(3) לעמדות חיוביות כלפיהם. כל אלו מתואמים עם התמדה גבוהה יותר. יש לציין שמתאם ישיר עם מוטיבציה פנימית או חיצונית היה קטן. החוקרים מסיקים שמתאם זה מתווך במידת הסיוע או בפירוט ההנחיות (scaffolding) שמקבלים הלומדים מהמורה או המרצה.

¹⁵ כל שיטות ההוראה הללו נחשבות חלק ממשפחת שיטות ההוראה הפעילה.

המלצות החוקרים במטא-אנליזה זו היו לעצב בעיה או מיזם שיהיו רלוונטיים לעולמה של הלומדת ושיאגרו אותה במידה אופטימלית (אתגר גדול מדי מייצר תסכול, ואילו אתגר זניח אינו מועיל למוטיבציה).

שתי המטא-אנליזות מראות שיש קשר בין למידה פעילה (כולל PBL) לבין (1) חיזוק תחושת המסוגלות העצמית; (2) תפיסת הערך של המקצוע הנלמד; (3) שיפור בהישגים ו-(4) צמצום בנשירה.

ב. פיתוח מיומנויות רגשיות-חברתיות (SEL)¹⁶

ג'וזף דורלאק ועמיתיו (Durlak et al., 2011) ערכו מטא-אנליזה שהקיפה יותר מ-200 מחקרים ועסקה בהשפעותיו של השימוש בלמידה חברתית-רגשית (SEL). הממצאים מעלים כי תוכניות SEL מובילות לשיפור רב בעמדות חיוביות של לומדים כלפי עצמם וכלפי הסביבה. הן מתואמות גם עם התנהגות חברתית חיובית לצד ירידה מובהקת בבעיות התנהגות ובמצוקה רגשית. ולבסוף, הן מתואמות עם עלייה בהישגים.

פאטי אוזקאן וטוד קטלר (Ozkan & Kettler, 2022) בחנו במטא-אנליזה התפתחות חברתית רגשית של תלמידים מחוננים במסלולי הצטיינות במדעים שבהם השתמשו בשיטות SEL שונות. הם מצאו שהשימוש בשיטות SEL מתואם עם שיפור בהישגים האקדמיים, במיוחד בתחומי המתמטיקה ובכישורי החשיבה. עם זאת קשה, לדברי החוקרים, לדעת מה מקור ההשפעה.

החוקרים גורסים גם שחינוך STEM מספק לתלמידים מחוננים העשרה והאצה שנדרשות להם, מה שמשפיע לטובה על התפתחות חברתית ורגשית שלהם, וכן על פיתוח כישורים אקדמיים ועל הישגים. זאת ועוד, שימוש בשיטות SEL מסייע לתחושת המסוגלות העצמית, לגיבוש זהות מדעית וליצירת מוטיבציה פנימית. כמו כן נמצא כי שימוש בשיטות SEL בקרב סטודנטים מסייע לשימור ולהתמדה בעיקר בקרב נשים וקבוצות אחרות בתת-ייצוג: קבוצות אלו נתרמות מהפחתת החרדה ומשיפור תחושת השייכות לעולם המחקר. כאן יש להזכיר שדואק מצאה גם שעצם ההוראה של דפוס חשיבה מתפתח מעלה את המוטיבציה בקרב תלמידים וששילוב של שיטות הוראת SEL מבססות על אפקט זה.¹⁷

ג. פיתוח ויסות עצמי לימודי (SRL)

זיהונג קסו ועמיתיו (Xu et al., 2023) חיברו מטא-אנליזה שנועדה לבחון את יעילותן של התערבויות למידה בוויסות עצמי לימודי (SRL) כשמדובר בהישגים אקדמיים בסביבות למידה מקוונות ומשולבות (blended) בבתי ספר ובאקדמיה. מתוך חמישים מחקרים שסקרו, כעשרים

¹⁶ להדגמה של שיטות הוראה פעילה במקצוע הפיזיקה. ראו גרטל (2020).

¹⁷ לסקירה קודמת בעברית על הוראת SEL ראו בבנישתי ופרידמן (2020).

מקרים עסקו בהתערבויות של ויסות עצמי בלימודי מדעים בבתי ספר. ממצאי המטא-אנליזה מראים שלהתערבויות SRL יש השפעה חיובית במקצועות המדעים (החורגת מזו שיש להתערבויות אלו במקצועות אחרים). כמו כן הם מצאו שבחינוך היסודי ההשפעה חיובית מזו שבחינוך העל-יסודי. החוקרים הסיקו שהתערבויות שמשלבות מגוון אסטרטגיות (קוגניטיביות, מטא-קוגניטיביות, רגשיות וניהול משאבים) משיגות תוצאות טובות מאלה שמשיג שימוש באסטרטגיה בודדת. כמו כן נמצא כי תמיכה הניתנת לאורך כמה שלבי למידה (הכנה, ביצוע והערכה) ומגיל צעיר יעילה מהתמקדות בשלב אחד בלבד ובשלבי לימוד מתקדמים.

(3) מענה מקיף שמציג כמה חלופות

קתרין ריגל-קראמב ועמיתותיה (Riegler-Crumb et al, 2011) בחנו את המוטיבציה של תלמידים מקבוצות מוחלשות שונות (מגדרית ואתנית) ללמוד במסלול מדעי. מסקנותיהן דומות לאלו של קרלון וג'ונסון (2007) ושל זהרה ועמיתיה (2010), שהוצגו בחלק הקודם של הסקירה, בעיקר בכל האמור על תמיכה הנוספת שתלמידות זקוקות לה לעומת תלמידים. בעקבות זאת המלצתן היא להשתמש במענה משולב וב"עיצוב אוניברסלי" שכולל גם היבטים של פיתוח תחושת מסוגלות עצמית, יצירת רלוונטיות ועניין בתחום הנלמד, צמצום תחרותיות ותמיכה לימודית. כל זאת כדי לענות בעת ובעונה אחת לצרכים הלימודיים, החברתיים והרגשיים של קבוצות אוכלוסייה שונות.¹⁸

ואנג ודגול (Wang & Degol, 2013) קוראות לשנות מיסודה את הגישה של תוכניות המצוינות במדעים, להדגיש בהם את התועלת החברתית והקהילתית שיישומים מדעיים מקדמים; לחזק בהם את התמיכה הרגשית ולשנות את דפוסי החשיבה על המקצוע גם בקרב הורים וסגל הוראה. במילים אחרות, הצעתן חורגת מיצירת תמיכה מקיפה ומציגה שינוי רדיקלי באופן החשיבה על מסלולי STEM והלימוד בהם.

צעד מקדים להכנה של צוות חינוכי לשינויים אלה הוא חשיפתו לצורך בהם - הן בהתייחסות ייחודית לתלמידים מרקעים שונים הן בהוראה בעיצוב אוניברסלי. דואק למשל מזכירה שהראשונים שיש ללמד אותם על חשיבה מתפתחת הם צוותי החינוך.

בהקשר המגדרי מוצע לחשוף את צוותי ההוראה להטיות מגדריות לא מודעות. למשל, מתכשרים להוראה התבקשו לצייר את הדימוי הראשון שעולה בראשם למילה "מדען" (scientist), ואז לערוך רפלקציה על העובדה שרובם ציירו גבר (Davis, 2016). כמו כן התבקשו מורים ומתכשרים להוראה לצפות בהקלטות וידאו של שיעורים שהם עצמם או

¹⁸ כלל המאפיינים המוצעים כאן עולים גם בתיאור של פדגוגיה "רגישה מגדרית". כאן השתמשנו במונח "עיצוב אוניברסלי" משני טעמים: ראשית, תפקידה של הפדגוגיה הרגישה מגדרית אינו לייצר מנגנון פיצוי או אפליה מתקנת לתלמידות, אלא ליצור הוגנות בהוראה. המונח "עיצוב אוניברסלי" ממחיש עמדה זו; שנית, המטרה היא לסייע לא רק לתלמידות אלא גם לקבוצות אחרות בתת-ייצוג.

שקולגות שלהם העבירו, ולנתחם ניתוח מגדרי. לבסוף הם התבקשו לערוך יומן עם רפלקציה על תפיסותיהם המגדריות (Simmie & Lang, 2018).

כדי לקדם הוגנות מגדרית בקרב צוותים חינוכיים מציעים חוקרים לנקוט את שיטות הפעולה האלה:

- שילוב תכנים מגדריים ותאוריות מגדריות בהכשרת מורים ומורות למדעים. נמצא שיש צורך במודעות ספציפית להטיות מגדריות במדעים (Gullberg et al., 2018).
 - יצירת מרחבי דיון משותפים בין מורים למורי מורים על מגדר, וראייה בתפיסה המגדרית בהוראת מדעים חלק בלתי נפרד מחדשנות פדגוגית (Simmie & Lang, 2018).
 - הצגת שוויון מגדרי כמרכיב חיוני של צדק חברתי ושל רצון להימנע מבזבוז של משאב אנושי קריטי של מחצית האוכלוסייה (Davis, 2016).
 - הצגת דמויות מופת של נשים במדע כדי לשבור את הזיקה האוטומטית בין מדע לגבריות. נמצא שיש צורך להציג סדרה של דמויות מופת נשיות במדעים, בהקשרים שונים, כדי שלא יראו בעיני מורים כ"יוצאות דופן" שמעידות על הכלל (Davis, 2016).
- כמו כן לפי סימי ולאנג, התהליך של חשיפת הטיות לא מודעות, פעולה אקטיבית נגדן ורפלקציה על פעולה זו מחזקת תפיסת הוגנות מגדרית של מורים ומתכשרים להוראה (Simmie & Lang, 2018).
- לבסוף, לעיתים הדרך לקדם הוגנות מגדרית במדעים היא ליצור כיתות המיועדות לתלמידות בלבד. בכיתות כאלו קל יותר להשתמש בשיטות הוראה רגישות למגדר, וקל יותר לתלמידות לחוש שייכות חברתית, למצוא עניין בחומר ולגבש זהות מדעית. כפועל יוצא של זה, הן גם משקיעות יותר בלימודים והישגיהן גבוהים יותר (Franklin & Rangel, 2024).
- ההתערבויות שמתבססות על הגורמים המתואמים עם התמדה מסוכמות בטבלה 2 לפי אורך ההתערבות ועומקה.¹⁹

¹⁹ חשוב לציין שרשימת ההתערבויות קצרה מרשימת הגורמים האפשריים, משום שלא תמיד ניתן להציג פתרון לקידום של גורם המתואם עם התמדה. למשל, בתאוריה החברתית-קוגניטיבית, העוסקת בתפיסת עצמי, עלה שיש מתאם בין הציפייה העתידית של הלומד למידת ההתמדה שלו בתוכנית ההצטיינות במדעים. אולם לא תמיד ניתן להטות את המציאות שיהיה בה כדי לענות על ציפיות הלומד העתידיות: תלמיד ערבי שמסיים בהצלחה כיתת עמ"ט לא יזמן למיונים ביחידה טכנולוגית בצה"ל, וגם סיכויי להתקבל בעתיד לעבודה בהיי-טק נמוכים מאלה של מקבילו היהודי (Avent-Holt, et al., 2025). יהיה צורך בשינוי חברתי כולל במדינה כדי שתלמיד ערבי יוכל לפתח ציפיות זהות לאלה של התלמיד היהודי. יתרה מכך, לעיתים שינויים במציאות משפיעים על הציפיות של כלל הלומדים. כך למשל הביקוש ללימודים במגמת מחשבים יורד ככל שהצורך בתכנות מתייטר בשל הבינה המלאכותית.

טבלה 2. התערבויות לקידום התמדה

מה עושים בפועל	סוג התערבות
חיבור לרלוונטיות אישית – כתיבה על הקשר בין מדע לחיי התלמיד	קצרה
יצירת תחושת שייכות – נרמול קשיים והצגת חוויות של בוגרי המסלול	
חיזוק שייכות חברתית – חיבור לחונך תומך והמשמש מודל לחיקוי	
מסגור יכולת כמתפתחת	
הוספת פעילויות של הוראה פעילה	
שילוב שיטות הוראה פעילה בכלל תוכנית הלימודים, בדגש על PBL – ויסות רגשי, התמודדות עם קושי ומיומנויות חברתיות	רחבה
שילוב SEL – מתן כלים לוויסות רגשי, התמודדות עם אתגרים ותמיכה חברתית לאורך כל המסלול	
מתן כלים לוויסות עצמי בלימודים (SRL) לצורך התמודדות עם קושי	
יצירת מענה משולב לקבוצות אוכלוסייה שונות של תלמידים	מקיף והוליסטי
שינוי תפיסתי בנוגע למסלולי STEM וצמצום הממד האקסקלוסיבי בהם	

דיון: גורמי התמדה במסלולי מצוינות במדעים בהקשרם הרחב

התמדה היא תוצר של שילוב בין יכולת לחוויה לימודית

התמדה במסלולי מצוינות במדעים מושפעת מהאופן שבו התלמידים חווים את הלמידה מבחינת מסוגלות, ערך ושייכות. מכלל המחקרים שנסקרו (ועל בסיס המשוואה של אקלס וויגפילד) נשירה ממסלולי מצוינות במדעים בתיכון מתרחשת כאשר העלות הנתפסת של הישגות בתוכנית (עומס ושחיקה ופגיעה בזרות או בשייכות) עולה על המכפלה של תחושת המסוגלות העצמית (הסיכוי להצליח במשימה) והערך הנתפס להצלחה (עניין, תחושת זהות ושייכות לתחום או לקבוצה, תוכנית עתידית ודבקות בהחלטה).

מאחר שמדובר במסגרות הצטיינות שהכניסה אליהן וההתמדה בהן היא וולונטרית, ניתן לפרוש מהן בכל רגע. לכן נדרש שהמסגרת החינוכית תספק בקביעות תמיכה ולא רק הוראה.

אפשרות ההשפעה על גורמי התמדה עיקריים

הגורמים להתמדה שחוזרים במודלים השונים הם תחושת מסוגלות, ערך נתפס ותחושת שייכות. שלושתם ניתנים לחיזוק: תחושת מסוגלות אינה רק "תכונה"; היא ניתנת לבנייה או לשחיקה באמצעות התערבות חינוכית. לצורך בנייתה נדרשים חוויות הצלחה מדורגות, משוב איכותי, צפייה במודלים לחיקוי ועידוד של סגל ההוראה לראות בקושי אתגר, ובלומד – מי שמסוגל לעמוד באתגר. בהקשר זה הוראה פעילה, ויסות עצמי לימודי והוראה רגשית חברתית הן שלוש פדגוגיות מבטיחות.

בדומה לכך, ניתן לחזק את ערך התועלת הנתפסת באמצעות יצירת חיבור בין עולם היום-יום של התלמידה לחומר הנלמד, בחיזוק הזהות שלה כחוקרת ובהצפה של האפשרויות שסיום מוצלח של המסלול יפתח בפניה בעתיד. הוראת המדע כבעל השפעה חברתית חיובית על החברה כולה או על קבוצת המקור של הלומדות והלומדים היא שיטה נוספת שמוזכרת כאן, ורלוונטית בעיקר לתלמידות ולתלמידים בקבוצות בתת-ייצוג.

תחושת שייכות ותחושת זהות חיוניות במיוחד במסלול בעל אופי אקסקלוסיבי (שבפועל הוא מסלול מדיר). חיבור עם חונכים, שינוי תפיסות לא מודעות של התלמידים ושל סגל ההוראה וחיזוק הוראה פעילה וכזו שמבוססת על התמקצעות ולא על הישגיות – כל אלה יכולים לחזק את תחושות השייכות והזהות כאשר המרוויחים העיקריים יהיו תלמידים בתת-ייצוג. לפיכך יש הממליצים לשנות מיסודו את תחום ה-STEM ולהופכו מראש לפחות מדיר. גם ההיבטים השונים של מוטיבציה פנימית תומכים זה בזה ואף בהישגי התלמיד.

שאלת ההקשר הרחב

השאלה "מה עובד" תלויה גם בהקשר הרחב יותר שבו נערכת ההתערבות וגם באופי היישום שלה. התערבות קצרה לנרמול קושי כמו זו שהציעו וולטון וכהן, או הוראה של דפוס חשיבה מתפתח כמו שמציעה דואק, יעילות יותר אם ישולבו בתוכנית לימודים שאינה מדגישה רק הישגים ואינה משתמשת בחיזוקים שליליים. לכן מוטב לתכנן שימוש בכלים של הוראה חברתית-רגשית בתוכניות אלו, שיתמכו בהתערבות וגם יאותתו שהיא משקפת כוונה אמיתית.

הוראה חברתית-רגשית תורמת להוראת תוכן לימודי ומשתקפת בהישגים של תלמידים מכל שכבות הגיל. כלומר, SEL אינו בא על חשבון מצוינות לימודית, אלא דווקא יכול לתמוך בה, כפי שמראים דורלאק ועמיתיו (Durlak et al., 2011). כמו כן ראוי להוסיף את ההורים למעגל ההשפעה החיובית החל משלב ההכוונה למדעים ודרך התמיכה בתלמידות ובתלמידים המשתתפים בתוכניות הצטיינות במדעים.

לבסוף, חשוב לבחון לא רק את ההתמדה בתוכנית אלא גם את השלב המקדמי של איתור מועמדים לתוכנית ומיונם, משום שלפחות בחלק מהמקרים מועמדים בעלי פוטנציאל לא יאותרו לתוכנית או לא ייגשו בעצמם למיונים מטעמים לא רלוונטיים.

מגבלות הסקירה באשר לתנאים בישראל

חלק הארי מהממצאים ומההתערבויות שהוצגו בסקירה זו מגיע מהקשרים של החינוך ושל חקר החינוך בארצות הברית. כמו כן יש ממצאים שמגיעים מסטודנטים ולא רק מתלמידי חט"ע. לכן אף שניתן לערוך התאמות למקרה הישראלי, יש צורך בשימוש זהיר במסקנות ובהתאמה תרבותית לישראל.

המאפיינים של קבוצות אוכלוסייה מוחלשות בארץ שונים מאלו שבארצות הברית, למשל בחלק מהחינוך בארץ (בדגש על החינוך העצמאי, אך במידה מסוימת גם בחמ"ד) תלמידים מוכשרים מוסללים ללימוד מקצועות קודש ולא דווקא מקצועות STEM.

כמו כן חשוב לזכור שהמתאם בין מוטיבציה להישגים ולהתמדה אינו מעיד על סיבתיות. שלושת הגורמים מזינים זה את זה, הן לחיוב הן לשלילה. כלומר, גם ההתמדה עצמה עשויה להשפיע על תפיסה עצמית חיובית ועל הישגים גבוהים, כפי שלביא וגולדשטיין טענו בנוגע להקבלה לתוכנית (2019). ומנגד, גם שקילת נשירה עלולה להשפיע על תפיסה עצמית או להביא להישגים נמוכים יותר. בהקשר זה יש להזכיר את המטא-אנליזה של רורי לזובסקי וכריס הולמן (Lazowski & Hulleman, 2016), שממנה עולה שהאפקט של התערבויות ליצירת מוטיבציה שנערכות בהקצאה אקראית קטן מזה של אלה שנערכות במערך כמו-ניסוי. כלומר, לפני קביעה שהתערבות היא מועילה וראויה יש לבחון אותה בניסוי מבוקר ולהביא בחשבון את הקושי לבודד משתנים.

נספח: מסלולי מצוינות בישראל

בישראל כמה מסלולי מצוינות במדעים בחט"ע. אלה שלושה מהעיקריים שבהם: (1) עתודה מדעית טכנולוגית (עמ"ט), (2) כיתות מופ"ת ו-(3) כיתות נחשון.

כיתות עמ"ט – עתודה מדעית-טכנולוגית (משרד החינוך)

עמ"ט היא תוכנית מצוינות של החינוך הטכנולוגי במשרד החינוך, שמטרתה להגדיל את שיעור המסיימים עם תעודת בגרות מדעית-טכנולוגית איכותית. היא פועלת במסלול שש-שנתי (ז-יב) ומופעלת בהיקף רחב ארצי. על פי פורטל עובדי הוראה של משרד החינוך (pop.education.gov.il), התוכנית מופעלת בכ-270 בתי ספר בישראל. על פי פרסומים, בכיתות הללו לומדים כ-40 אלף תלמידים (סלע, 2025). בבתי ספר שמפעילים עמ"ט נהוגה תוספת שעות/האצה והעמקה במקצועות ליבה מדעיים-טכנולוגיים (למשל מתמטיקה/פיזיקה/מדעי המחשב) לצד העשרה.

קשה למצוא הערכות פומביות הנוגעות לתוכנית. לפי עידית פסט ויריב פניגר, שעורכים מבחן על המיונים לתוכנית, קיים חשש שיש בה הסללה ואי-שוויון בשלבי המיון. הדבר רלוונטי משום שהוא עלול לפגוע הן בקבלה של קבוצות מוחלשות לתוכנית הן בהתמדה שלהן אם הן אכן בתת-ייצוג.²⁰

כיתות מופ"ת (מתמטיקה, פיזיקה ותרבות קהילתית)

זוהי מסגרת מצוינות נוספת בבתי ספר, שהלימודים בה סובבים סביב מתמטיקה/פיזיקה ולעיתים גם מדעי המחשב. התוכנית מופעלת באמצעות רשת מופ"ת ופונה מלכתחילה לפריפריה גאוגרפית-חברתית. לפי אתר הרשת (reshetmofet.org) לומדים בכיתות מופ"ת כ-20,000 תלמידים בכ-160 בתי ספר.

תוכנית נחשון

התוכנית לפיתוח נוער מצטיין/ערכי (נחשון) פועלת אף היא במסגרת כיתות ייעודיות בבתי ספר (<https://www.nachshon.education/>). בתוכנית משתתפות לפי האתר כ-190 כיתות. על פי הערכה מדובר בכ-5,000 תלמידים.

התמדה בתוכניות המצטיינים

מעט מאוד ידוע על שיעורי התמדה בתוכניות אלו. לפי חנה דוד (David, 2023), הדבר נובע מדיווחים של בתי הספר שמצוינים בהם מספרי כיתות אך לא מספרי תלמידים. עם זאת מחקר של נעם זוסמן ודוד מעגן (2019) מציג נתוני גלם של השנתון שמהם ניתן להסיק שקיימת

²⁰ המחקר טרם פורסם. בדף נחיתה זה מתוארות מטרותיו.

נשירה בתוכניות הצטיינות בחט"ע בשיעור של כ-21.7%²¹ לעומת זאת לפי נעה עמיאל-לביא (2018), כשליש מתלמידי כיתות עמ"ט בתיכון באשדוד פורשים לאורך המסלול השש-שנתי. חנה דוד, המצטטת את עמיאל-לביא, טוענת שזה ככל הנראה המצב הכללי בתוכניות ההצטיינות, אף שמשדד החינוך אינו מציג נתונים מסודרים בנושא.

²¹ המחקר מצא שכ-2,500 תלמידים מתוך כ-36,000, החלו את לימודיהם בתוכנית עמ"ט ובתוכנית "לתת חמש" בשנת 2015 אך לא השלימו אותם בשנת 2017 (עמ' 28).

רשימת מקורות

בנבנישתי, ר' ופרידמן, ט', 2020. טיפוח למידה רגשית-חברתית במערכת החינוך. ירושלים: יוזמה – מרכז לידע ומחקר בחינוך, האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים.

גרטל, ג' (2020). פיזיקה ניסויית בתוכנית הלימודים: טעמים, דרכי פעולה ואתגרים. ירושלים: יוזמה – מרכז לידע ולמחקר בחינוך.

דייטש, ו' וליטמנוביץ, ע' (2021). פערי מגדר בלימודי מדעים בבתי ספר. ירושלים: יוזמה – מרכז לידע ולמחקר בחינוך.

זוסמן, נ' ומעגן, ד' (2019). הערכת האפקטיביות של התוכניות "עתודה מדעית-טכנולוגית" ו"לתת חמש", בנק ישראל, אוקטובר 2019, סדרת מאמרים לדין.

זורמן, ר', ברוש, ת' ומרליון, ע' (2021). קידום שוויון מגדרי בחינוך – STEM: מן הנעשה בעולם. סקירת מדיניות שבוצעה עבור המועצה לקידום נשים במדע ובטכנולוגיה 2020–2021. מכון הנרייטה סאלד.

https://www.gov.il/BlobFolder/generalpage/szold_institute_report/he/25.4.21_%D7%A1%D7%A7%D7%99%D7%A8%D7%AA_%D7%9E%D7%93%D7%99%D7%A0%D7%99%D7%95%D7%AA_%D7%9C%D7%A7%D7%99%D7%93%D7%95%D7%9D_%D7%A9%D7%99%D7%95%D7%95%D7%99%D7%95%D7%9F_%D7%9E%D7%92%D7%93%D7%A8%D7%99_%D7%91%D7%97%D7%99%D7%A0_%D7%95%D7%9A_STEM_%D7%9E%D7%9F_%D7%94%D7%A0%D7%A2%D7%A9%D7%94_%D7%91%D7%A2%D7%95%D7%9C%D7%9D.pdf

מנביץ'-מלול, ג. (2025). תלמידות ב"מסלול ההייטק" בחינוך העל-יסודי בישראל: בחירה, התמדה ונשירה. מחקר לשם מילוי חלקי של הדרישות לקבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה", אוניברסיטת בן-גוריון בנגב.

סלע, א' (2025). "למרות הכישלון במבחנים הבינלאומיים: משרד החינוך הנחה לסגור כיתות מצוינות", וואלה, 6.1.25, <https://news.walla.co.il/item/3717337>

עמיאל-לביא, נ' (2018). "מחיר ההצלחה: מה נשאר לנו מכיתת המצוינות שבה למדנו?" הארץ, 8.2.2018, <https://www.haaretz.co.il/magazine/2018-02-08/ty-article-magazine/.premium/0000017f-e550-d568-ad7f-f77b3ae30000>

Ames, C., & Archer, J. (1988). Achievement goals in the classroom: Students' learning strategies and motivation processes. *Journal of Educational Psychology, 80*(3), 260–267.

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). 'Doing' science versus 'being' a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. *Science Education, 94*(4), 617–639.

Archer, L., Moote, J., Francis, B., DeWitt, J., & Yeomans, L. (2017). The "exceptional" physics girl: A sociological analysis of multimethod data from young women aged 10–16 to explore gendered patterns of post-16 participation. *American Educational Research Journal, 54*(1), 88–126.

Avent-Holt, D., Kristal, T., & Garmash, L. (2025). Ethnic conflict and workplace inequality: Hiring Arabs during conflict escalation in Israel, 1997–2015. *Research in Social Stratification and Mobility, 96*, 101021.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.

Beauchamp, A. L., Roberts, S. J., Aloisio, J. M., Wasserman, D., Heimlich, J. E., Lewis, J. D., ... & Tingley, K. (2022). Effects of research and mentoring on underrepresented youths' STEM persistence into college. *Journal of Experiential Education, 45*(3), 316–336.

Bourdieu, P. (1988). *Homo academicus*. Stanford University Press.

Campbell, C., Speldewinde, C. A., Howitt, C., & MacDonald, A. (2018). STEM practice in the early years. *Creative Education 9*, 11–25.

Carlone, H. B., & Johnson, A. (2007). Understanding the science experiences of successful women of color: Science identity as an analytic lens. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(8), 1187–1218.

Castañeda, C. L., Callanan, M. A., Shirefley, T. A., & Jipson, J. L. (2022). Early strengths in science: Young children's conversations about nature in Latine families. *Journal of Applied Developmental Psychology, 83*, 101453.

David, H. (2023). The failure of gifted education in Israel. *Journal of Gifted Education and Creativity, 10*(3), 141–155.

Davis, K. (2016). Promoting sustainability in science education programmes: becoming aware of gender stereotyping and improving practice, *Science Teacher Education, 76*, 11-20.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry, 11*(4), 227–268.

Durlak, J. A., Weissberg, R. P., Dymnicki, A. B., Taylor, R. D., & Schellinger, K. B. (2011). The impact of enhancing students' social and emotional learning: A meta-analysis of school-based universal interventions. *Child development, 82*(1), 405–432.

Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. Random House.

Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology, 53*(1), 109–132.

Franklin, D., & Rangel, V. S. (2024). Estimating the effect of single-sex education on girls' mathematics and science achievement. *Leadership and Policy in Schools, 23*(1), 97–114.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the national academy of sciences, 111*(23), 8410–8415.

Goffman, E. (2002). The presentation of self in everyday life. 1959. *Garden City, NY, 259*, 2002.

Gullberg, A., Andersson, K., Danielsson, A., Scantlebury, K., & Hussénus, A. (2018). Pre-service teachers' views of the child: Reproducing or challenging gender stereotypes in science in preschool. *Research in science education, 48*(4), 691–715.

Guzman-Orth, D., Supalo, C. A., Smith, D. W., Lee, O., & King, T. (2021). Equitable STEM instruction and assessment: Accessibility and fairness considerations for special populations. *ETS Research Report Series, 2021*(1), 1–16.

Harackiewicz, J. M., Hecht, C. A., Asher, M. W., Beymer, P. N., Lamont, L. B., Wheeler, N. S., ... & Thoman, D. B. (2023). A prosocial value intervention in gateway STEM courses. *Journal of Personality and Social Psychology, 125*(6), 1265.

Harackiewicz, J. M., Rozek, C. S., Hulleman, C. S., & Hyde, J. S. (2012). Helping parents to motivate adolescents in mathematics and science: An experimental test of a utility-value intervention. *Psychological science, 23*(8), 899–906.

Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P. M., & Shanahan, M. C. (2010). Connecting high school physics experiences to science identity. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(8), 971–1003.

Hernandez, D., Rana, S., Alemdar, M., Rao, A., & Usselman, M. (2016). Latino parents' educational values and STEM beliefs. *Journal for Multicultural Education, 10*(3), 354–367.

Hulleman, C. S., & Harackiewicz, J. M. (2009). Promoting interest and performance in high school science classes. *science, 326*(5958), 1410–1412.

Lavy, V. & Goldstain, Y. (2022). *Gifted children programs' short and long-term impact: Higher education, earnings, and the knowledge-economy*. Working Paper 29779. National Bureau of Economic Research.

Lazowski, R. A., & Hulleman, C. S. (2016). Motivation interventions in education: A meta-analytic review. *Review of Educational Research, 86*(2), 602–640.

Lent, R. W., & Brown, S. D. (2019). Social cognitive career theory at 25: Empirical status of the interest, choice, and performance models. *Journal of vocational behavior, 115*, 103316.

Lent, R. W., Brown, S. D., & Hackett, G. (1994). Toward a unifying social cognitive theory of career and academic interest, choice, and performance. *Journal of vocational behavior, 45*(1), 79–122.

Maltese, A. V., & Tai, R. H. (2011). Pipeline persistence: Examining the association of educational experiences with earned degrees in STEM among US students. *Science Education, 95*(5), 877–907.

National Research Council, Board on Testing, Assessment, Board on Science Education, & Committee on Highly Successful Schools or Programs for K-12 STEM Education (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. National Academies Press.

Ozkan, F., & Kettler, T. (2022). Effects of STEM education on the academic success and social-emotional development of gifted students. *Journal of Gifted Education and Creativity, 9*(2), 143–163.

Pattison, S., Svarovsky, G., Ramos-Montañez, S., Gontan, I., Weiss, S., Núñez, V., ... & Benne, M. (2020). Understanding early childhood engineering interest development as a family-level systems phenomenon: Findings from the head start on engineering project. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 10*(1), 6.

Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In *Handbook of self-regulation* (pp. 451–502). Academic Press.

Pintrich, P. R., & Zusho, A. (2002). The development of academic self-regulation: The role of cognitive and motivational factors. In *Development of achievement motivation* (pp. 249–284). Academic Press.

Riegle-Crumb, C., Moore, C., & Ramos-Wada, A. (2011). Who wants to have a career in science or math? Exploring adolescents' future aspirations by gender and race/ethnicity. *Science Education*, *95*(3), 458–476.

Schenk, L. de Meijer, L., & Severiens. S. (2026) Mentoring for motivation: A mixed-method study on a school-based mentoring program for secondary school students. *Mentoring & Tutoring: Partnership in Learning*, *34*:1, 81–99

Simmie, G. M., & Lang, M. (2018). Deliberative teacher education beyond boundaries: discursive practices for eliciting gender awareness. *Teachers and Teaching: Theory and practice*, *24*(2), 135–150.

Tai, R. H., Liu, C. Q., Maltese, A. V., & Fan, X. (2006). Planning early for careers in science. *Science*, *312*(5777), 1143–1144.

Vincent-Ruz, P., & Schunn, C. D. (2018). The nature of science identity: A cross-domain analysis. *International Journal of STEM Education*, *5*(1), 1–17.

Walton, G. M., & Cohen, G. L. (2011). A brief social-belonging intervention improves academic outcomes of black college students. *Science*, *331*(6023), 1447–1451.

Wang, M. T., & Degol, J. (2013). Motivational pathways to STEM career choices: Using expectancy–value perspective to understand individual and structural differences in STEM. *Developmental Review*, *33*(4), 304–340.

Wijnia, L., Noordzij, G., Arends, L. R., Rikers, R. M., & Loyens, S. M. (2024). The effects of problem-based, project-based, and case-based learning on students' motivation: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, *36*(1), 29.

Williams, C. L., Hirschi, Q., Sublett, K. V., Hulleman, C. S., & Wilson, T. D. (2020). A brief social belonging intervention improves academic outcomes for minoritized high school students. *Motivation Science, 6*(4), 423–437.

Xie, Y., & Killewald, A. A. (2012). *Is American science in decline?* Harvard University Press.

Xu, Z., Zhao, Y., Zhang, B., Liew, J., & Kogut, A. (2023). A meta-analysis of the efficacy of self-regulated learning interventions on academic achievement in online and blended environments in K-12 and higher education. *Behaviour & Information Technology, 42*(16), 2911–2931.

Yeager, D. S., Hanselman, P., Walton, G. M., Murray, J. S., Crosnoe, R., Muller, C., ... & Dweck, C. S. (2019). A national experiment reveals where a growth mindset improves achievement. *Nature, 573*(7774), 364–369.

Yu, J., Kreijkes, P., & Salmela-Aro, K. (2022). Students' growth mindset: Relation to teacher beliefs, teaching practices, and school climate. *Learning and Instruction, 80*, 101616.

Ziegler, A., & Stoeger, H. (2023). Talent denied: Equity and excellence gaps in STEMM. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1530*(1), 32–45.