



לימוד מבוסס פרויקטים בהוראת רובוטיקה בחטיבות ביניים

יאיר צדוק ויצחק גילת

תקציר

העיסוק ב"למידה משמעותית" הוא חלק בלתי נפרד מן השיח החינוכי כיום. כפועל יוצא מכך, בתי ספר רבים מאמצים את שיטת הלמידה מבוססת פרויקטים (Project Base Learning) (להלן: למ"פ). המחקר הנוכחי בחן תפישות של מורים בנוגע להתנסותם בשיטת הוראת הלמ"פ. מקצוע הרובוטיקה נבחר להיות שדה המחקר, כמייצג סוגיה רחבה יותר הנוגעת להשלכות ההוראה בשיטת הלמ"פ על ההיבט המקצועי, האישי והאקולוגי. נתוני המחקר נאספו בעזרת שאלונים מובנים שכללו גם שאלות פתוחות. על השאלונים השיבו 173 מורים – הן מחנכים והן מורים מקצועיים. כל שאלון כלל עמדות בנוגע לחוויית ההוראה בשיטת הלמ"פ ולתרומת השיטה למורים ולתלמידים. הממצאים הראו רמה גבוהה של שביעות רצון כללית של המורים ושל תחושת מסוגלות עצמית בהוראת הלמ"פ. נוסף על כך, התרומה האישית, התרומה המקצועית וזו האקולוגית (יחסי מורה-סביבה) נתפשו כמשמעותיות. החידוש במחקר הנוכחי מתבטא בכך שהלמ"פ מאפשר חוויית הוראה משמעותית גם למורים שעוסקים בתחום דעת שונה לגמרי מתחום הדעת שבו מתמקד הלמ"פ. הדיון להלן מציג את ההשלכות של ההוראה בשיטת הלמ"פ, כסוג הוראה המעיד על שינוי בתפקידו המסורתי של המורה.

ד"ר יאיר צדוק,
המכללה האקדמית
אחווה, המחלקה למערכות
מידע. דוא"ל:
yair6655@gmail.com

פרופ' יצחק גילת,
המרכז האקדמי לוינסקי
וינגייט, רשות המחקר.
דוא"ל:
Itzik.gilat@levinsky.ac.il

לציטוט (מדעי החברה)
– צדוק, יי וגילת יי (תשפ"ב).
לימוד מבוסס פרויקטים
בהוראת רובוטיקה בחטיבות
ביניים חמדעות, טו.

מילות מפתח:
הוראה ולמידה מבוססת
פרויקטים (למ"פ);
רובוטיקה; זהות מקצועית
של מורים

מבוא

התאוריה הקונסטרוקטיביסטית, המשמשת בסיס תאורטי למחקר זה, היא מסגרת רעיונית שמסייעת להתמודד ביעילות עם החיפוש אחר הבניית ידע. כיום, אנשי חינוך רבים מאמצים השקפת עולם זו בזיקה לעשייה החינוכית (ליבמן, 2013). לפי תאוריה זו המורה והלומד הם חלק בלתי נפרד מתהליך הלמידה. הלמידה היא מעורבת ואקטיבית, המורה והתלמידים יוצרים משמעויות ומגבשים תובנות בנוגע לסיטואציות לימודיות. את הידע החדש המורה והלומד רוכשים באופן פעיל באמצעות קישור לידע הקיים (Harasim, 2017). הלמ"פ היא אחת מדרכי ההוראה, שמנסה לממש את התאוריה הקונסטרוקטיביסטית לעיל (ליבמן, 2013). שיטה זו מייצגת לא רק מתודות שונות של הוראה, אלא גם משנה ביסודיות את מטרות הלמידה המסורתית (Tsybulsky & Muchnik-Rozanov, 2019). דוח Horizon (Horizon Report, 2019) מרחיב על החשיבות של שיטה זו ומצביע על הצורך הגובר בפיתוח של תוכניות לימודים המבוססות על שיטת הלמ"פ ומשלבות אותה. בלמ"פ התהליך הוא ידע ומטרה בפני עצמה, ולא רק אמצעי להגיע לתוצר סופי מסוים. לעתים קרובות שיטת הוראה זו עדיפה על הוראת המקצועות: מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה (STEM - Science, Technology, Engineering, and Mathematics). למרות הסכמה רחבה בספרות על יתרונותיה של שיטת למידה זו, יותר מורים מודעים לקשיים בהחלת השיטה הזאת בהקשר למגבלותיה של השיטה הנלמדת בית הספר רגיל (Barak & Zadok, 2009; Thomas, 2000; Zadok, 2020). בתחילת שנות ה-90 של המאה הקודמת החל פאפרט (Papert, 1980) למזג את הרעיונות של הקונסטרוקטיביזם לשם חדש ופיתח את התאוריה המקורית – "הקונסטרוקציוניזם". המסר עיקרי של תאוריה זו הוא שהפרויקט חייב להיות סביב נושא שחשוב לתלמיד, ודרך נושא זה הוא ילמד את שאר המקצועות. כמו כן למידה משמעותית מתרחשת כאשר המורים והתלמידים בונים דגמים פיזיים בעלי משמעות עבורם, והם יכולים לחלוק את התוצר עם אחרים, כמו חברים או הורים. נוסף על כך, פאפרט הקדיש תשומת לב מיוחדת לתפקיד העשייה מן העולם האמיתי.

הוראה ולמידה מבוססת פרויקטים

כאמור הלמ"פ היא שיטת למידה אשר נעה ומאורגנת סביב פרויקט שהוא התוצר, המניע את פעילותם של המורים ושל התלמידים. הלימוד כרוך בהשלמת מטלות מורכבות בלוחות זמנים מוגדרים. בסיומו של הפרויקט התלמידים מציגים את התוצר שלהם לפני הקהילה הקרובה אליהם, מסבירים אותו, מגינים עליו ומבצעים רפלקציה על תהליך הלמידה (Holmes & Hwang, 2016). המורה נדרש לשלב רכיבים מרכזיים בלמידה. רכיבים אלה כוללים שיטות לניהול פרויקטים, תכנון זמן לביצוע משימות, התייחסות לבעיות אותנטיות הנגזרות מתוכני הלמידה, חקר מושגים חדשים, למידה המערבת חקר והבניית ידע, שילוב ידע בעשייה ממשית, הפקת תוצר והצגתו. למעשה המורה ממלא תפקיד של מנהל פרויקט ושל שותף פעיל אשר מעודד את התלמידים להתמודד עם האתגרים ולסייע להם בהתמודדות עם הקשיים הנובעים מן הפרויקט.

הלמ"פ נחשבת לשיטת למידה המתאימה לרוח הזמן והתקופה בשל יכולותיה לקדם אצל הלומדים את רכישת המיומנויות הנדרשות במאה ה-21. (Choi et al., 2019) לכן היא זוכה בשנים האחרונות ליותר ביטויים גם במערכות החינוך העולמית והישראלית (צדוק וגילת, 2021).

תפקידי המורה בתהליכי הלמ"פ שונים מהותית מתפקידיו המסורתיים של המורה. באופן מסורתי תפקידו המרכזי של המורה התמקד בהעברת ידע. תפקיד זה דרש מידה גבוהה של בקיאות מצד המורה בכמה תחומי דעת, במיומנויות ניהול ובהקניית ידע לתלמידיו (Bransford et al., 2000).

מנקודת מבטם של המורים, הלמ"פ היא שילוב של הוראה חדשנית עם למידה משמעותית, המתרחשות בשלושה היבטים: האישי, המקצועי והאקולוגי. העוסקים בתחום זה מסכימים שמדובר בתהליך התפתחותי מתמשך, המתרחש תוך כדי אינטראקציה מתמדת בין הפרט לבין הסביבה שבה הוא מתפקד (J. Vonk, 1984; J. Vonk, 1995).

מיצוב המורה במהלך הלמ"פ

ההיבט האישי

נושא חשוב למורים הוא המיצוב העצמי. הורמוט (Hormuth, 1990) טען כי הבנת העצמי של אדם מושגת ומפותחת באמצעות אינטראקציה חברתית. הוא מגדיר את רכיבי העצמי, כלומר סביבה ודברים שמספקים אינטראקציה חברתית, שמקשרים אותה ושמנציחים אותה כאקולוגיה של העצמי. העצמי מתואר כארגון פנימי של תפקידים התנהגותיים חיצוניים. התפישה העצמית היא התלות ההדדית באחרים, בעצמים ובסביבות. כל עוד האקולוגיה העצמית יציבה, גם התפישה העצמית תהיה יציבה, והיא תשאף לתחזוקה אישית. השינוי במיצוב העצמי מתרחש כתוצאה מחוסר איזון באקולוגיה של העצמי. אקולוגיה זו מובילה למיצוב מחדש בתנאי אקולוגיה שונים ולארגון מחדש של האקולוגיה העצמית. במחקר זה המורים מבצעים את השינוי בשיטת ההוראה. כלומר מורה המלמד בשיטת הוראה ובפדגוגיה חדשנית מביא לידי חוסר איזון של המערכת החברתית, וכך הוא פותח את הדרך לשינוי במיצוב העצמי.

ההיבט האקולוגי

כפי שנטען לעיל, מורים מתפתחים באופן אישי בהקשר לבית הספר. הם חייבים להסתגל לתרבות של בית הספר ולאמונות הקיימות בו או למטרות חינוך ולשיטות עבודה מקצועיות נכונות. כלומר ביצועי מורה נאותים, יחסי מורה-תלמיד ועוד.

בסביבת בית ספר, שבה קיימות כמה תרבויות לימוד, יש חוקים כתובים ובלתי כתובים, והמורים מצפים כי הם יקוימו. הארגריבס (Hargreaves, 1997) מצביע על כך שמורים המתחילים פרויקט אינם מכירים תמיד את החוקים הכתובים והבלתי כתובים של אנשי המפתח הסובבים בבית הספר החדש. הם מגלים אותם בדרך כלל בהפתעה או במהלך בעיה שנוצרה.

במקצועות הלימודים יש מסורות לימוד שהמורים והתלמידים רגילים להן. כאשר מורה מנהיג שיטות לימוד חדשות, שאר המורים והתלמידים אינם יודעים איך להתמודד איתן. הארגריבס מוסיף כי רוב המורים אינם מפרשים שיטות חדשות כאתגר, אלא כמשהו מבלבל: צריך ללמד את המורים ואת התלמידים שהם ילמדו על פי התנאים החדשים. כתוצאה מכך מורים רבים מחליטים לחזור לשיטות הקיימות והמסורתיות.

הקשיים שהוזכרו לעיל מכריחים את המורה שמתחיל את הפרויקט לנסח מחדש את תפישת ה'אני' כמורה' שלו. כתוצאה מהלחץ הסביבתי להסתגל לסביבה

חדשה, מורים רבים מתחילים להרגיש כי הידע והכישורים שהם רכשו ושפעלו היטב במהלך ההדרכה הראשונית אינם פועלים תמיד בסביבת בית הספר. לעיתים קרובות התהליך מסתמן כהליך ההסתגלות לחברת המורים (Lacey, 2011). מורים שמתחילים פרויקטים חייבים ללמוד איך לטפל באחריות החדשות, איך להתנהג כמנהלי פרויקט, איך לכוון את תפישתם בנוגע לשיטות עבודה מקצועיות נכונות למציאות בית הספר שבו הם פועלים ולשמור עליהן בהרמוניה עם אישיותם. האמור לעיל נכון במיוחד במצבים שבהם מורים אינם מקבלים את התמיכה הנדרשת, ואז הם חווים את הפרויקט בשלבים הראשונים יותר כמעין טקס קבלה מאשר כניסיון לימודי חשוב, אף שתהליך ההסתגלות לסביבה חדשה הוא אינטראקטיבי מטבעו (J. Vonk, 1984).

ההיבט המקצועי

הידע המקצועי של המורה מתחיל פרויקט וכישוריו חייבים להתפתח בשלושת הממדים להלן:

1. ידע תוכן פדגוגי;

2. כישורי ניהול;

3. כישורים ארגוניים.

השנים הראשונות הן בלתי נפרדות מלימוד ומהדרכה, כפי שהציע קגן (Kagan, 1992). מורים נוטים לחשוב על חוסר יכולתם לטפח את לימודי התלמידים ולקדם אותם כחוסר בכישורי ניהול כיתה.

מורים רבים שמתחילים פרויקט חדש צריכים להשקיע זמן רב בלמידה מחדש של החומר. גם אם יש להם ידע אקדמי נרחב, הם פוגשים בעיות בלתי צפויות בתרגום הידע האקדמי לידע בית הספר, ולמעשה הם צריכים לעצב מחדש את בסיס הידע שלהם. שולמן (Shulman, 1986) התייחס לבעיית פיתוח הידע של המורה. בבחינה מקרוב של הידע של מורים מנוסים בהוראה ובפרויקטים, מצא שולמן כי הם שואבים את הידע ממקורות ידע המזוהים כסוגי ידע אקדמי, פדגוגי, מטרות ויעדים, ידע של תלמידים, ידע של תוכן חינוכי וידע של הגדרות ומינהל. בהמשך שולמן מציע כי מקורות ההבנה האלה, שמהם מגיע ידע התוכן הפדגוגי של המורים, הם הרכיב החשוב ביותר. ידע זה מאפשר את הליך החשיבה, את הפעולה הפדגוגית ואת הניתוח המעשי של המושג ידע תוכן פדגוגי.

על אף כל ההכשרה הראשונית של הידע הפדגוגי של המורה מתחיל פרויקט, חסרים לו לעיתים העומק והרוחב בידע הנושאים. הוא אינו שולט בחומר, בבית הספר וברמת

התלמיד, וחסרים לו הידע וההבנה על הדרכים הרבות שבהן אפשר ללמד נושא. שיפור של סוג ידע זה ולמידתו אפשריים אך ורק באמצעות עשייה. כך למשל, מורה שמחזק את אמונתו ביכולתו המקצועית (רכיב אישי) עשוי להשתמש ביעילות יתר בידע שרכש (מרכיב מקצועי) ולחזק את מעמדו בכיתה ובבית הספר (רכיב אקולוגי).

תפקיד המורה בלימוד מבוסס פרויקטים

תפקידו של המורה בלמידה המשמעותית, ובפרט בלמ"פ, שונה מהותית מהלמידה המסורתית (דרסלר, 2016). מנקודת מבטו של המורה, פרויקטים בשיטת הלמ"פ הם פתוחים ולטווח ארוך הם אינטגרטיביים. חקירה המתקיימת במסגרת משותפת עם התלמידים נוצרת או מתפתחת על פי תרומתם של התלמידים. רצוי שהפרויקטים יהיו אותנטיים ככל האפשר, דהיינו שהם יהיו מטרת אמיתיות וישתייכו למקורות מן "העולם האמיתי" (Thomas, 2000). למורה יש תפקיד חיוני בתהליך הלמידה: הוא האחראי ליצור סביבה הפותחת הזדמנויות להתנסות ואחראי לעזור לתלמידים ללמוד איך ללמוד. על המורה להיות ערוך לכיוונים שתלמידים יכולים לקחת ולחשוב עליהם, עליו לדעת היכן התלמידים יכולים לחפש מידע ואיך הם יוכלו להטמיע באופן הטוב ביותר את הידע החדש. המורה צריך לקיים שיעורים ושיחות ולבחור חומרי קריאה משותפים או כתיבת לוחות זמנים לכלל הכיתה (Rose et al., 2017). בנוגע לפרויקטים חשוב לזכור כי יש כמה דרכים לעשותם. על המורה לגשת בדרך המתאימה לרעיון הפרויקטים, להקשרו ולנקודות החוזק שלו. בעת העבודה על הפרויקטים, לעיתים רחוקות המורה עומד ומרצה לכלל הכיתה. במקום זאת, המורה עובר בין קבוצת תלמידים, שואל שאלות, מציע הצעות ומאתגר את חשיבתם. המורה מתפקד יותר כמאמן (מנטור), כמדריך, כמנחה משאב ובמיוחד כמנהל פרויקט לאורך זמן (Zadok, 2020).

עמדות מורים כלפי יתרונות וחסרונות שיטת הלמ"פ בנוגע לתלמיד

מחקרים רבים (Holm, 2011; Tal et al., 2006) בוצעו בעבר לשם בחינת הלמ"פ, והם נעשו תוך השוואה ללמידה המסורתית. מחקרים אלה מציגים כמה יתרונות בולטים יש בשיטת הלמ"פ לעומת ההוראה המסורתית, ובהם שיפור היכולת לתקף הנמקות בעזרת טיעונים ברורים; פיתוח יכולת גבוהה לתכנן פרויקט, לאחר עבודה על בעיה מאתגרת מקבילה; שיפור הישגיהם של תלמידים המתקשים ללמוד בהוראה המסורתית; שיפור המיומנויות של חשיבה ביקורתית ושל היכולות החברתיות, שיפור בתחום ידע התוכן ובפיתוח כשירויות למידה; שיפור הפיתוח של כישורים קבוצתיים ואוריינות מידע ופיתוח ידע גמיש ושימושי המעודד חקירה וחשיבה עצמית.

כמו כן נמצא כי שיטת הלמ"פ מאפשרת מעורבות רבה יותר של הלומדים בתחום הדעת. מורים דיווחו שהתמקדות בבעיות מציאותיות מאפשרת דווקא לתלמידים החלשים יותר לשתף עמיתים בידע שלהם בתחום הנלמד. המורים גם דיווחו על צורך מופחת בהתערבות משמעתית במהלך הלמידה לאור המעורבות הגדולה יותר בלמידה. בחלק מן המחקרים נמצא שההשפעות האקדמיות ניכרו בעיקר בקרב תלמידים בינוניים וחלשים (Tal et al., 2006).

לעומת זאת, ממצאים שונים עלו במחקר שביצעו טרטן וזכריוס (Holm, 2011). במחקרם נמצא כי מורים דיווחו שעל אף השיפור במיומנויות נדרשות, כמו אחריות ויכולת לפתרון בעיות, מיומנויות של חשיבה ביקורתית ושל שיתוף פעולה, המיומנות של למידת ידע ותוכן חדש קיבלה במחקר זה את הציון הנמוך ביותר. במחקר נמצאו חסרונות נוספים של השיטה – הלומדים בשלב הראשון אינם מתייחסים למאפיינים קריטיים של בעיות ואינם משתמשים באסטרטגיות יעילות לפתרון בעיות. עוד נמצא כי בשיטה זו קיימת סכנה של החמצת מטרות ושל שימור תפישות שגויות, בגלל השארת פעילות רבה מדי ברשות הלומד. זאת כתוצאה מהיעדר התערבות אסטרטגית ומהדרכה של המורה.

עמדות מורים כלפי יתרונות וחסרונות של שיטת הלמ"פ בנוגע לעצמם

יישום הלמ"פ הוא מאמץ מאתגר לכל מורה. היישום דורש ביצוע שינויים בכל ההיבטים המרכזיים, שהם ההוראה, תוכנית הלימודים, אסטרטגיות ההוראה ותפקיד המורים והתלמידים בתהליך ההוראה

(Thomas, 2000). הרעיון הוא, כאמור, להעביר את מרכז הכובד מרצון לעודד "תשובות נכונות וודאיות" לתהליך של חיפוש התשובה ושל גיבושה. בשיטה זו תפישת תהליך ההוראה משתנה ומתקיימת תפישה מחודשת של מהות ההוראה ככזאת המאפשרת ליצור הזדמנויות שונות ללמידה. כלומר המורה הופך מספק ידע למנהל פרויקט ומנחה לפתרון בעיות (Zadok, 2020; Zadok & Voloch, 2018).

במחקרם של רוג'רס וחבריו (Rogers et al., 2011), שנערך בקרב מורים במהלך שנת ההוראה הראשונה שלהם באמצעות שיטת הלמ"פ, ניכרים החשיבות בהכנת המורים לקראת השינוי בצורת עבודתם וכן הצורך הרב בליווי המורים בתהליך. לפי מחקר זה, שינויים אלה אינם נעשים בקלות ובמהירות, מאחר שהנטייה הטבעית של המורה קשורה ישירות לתפישתו את ההוראה, כלומר מהי מטרת ההוראה בשבילו. היבט זה משפיע במידה ניכרת על יישום שיטת הלמ"פ בבית הספר.

כאשר מורים נדרשים לעשות שינוי בדרך הוראתם, נטייתם הראשונית משמשת מעין סנן בדרך שבה יאמצו את שיטת הלמידה החדשנית. נוסף על כך, במחקרים (Tal et al., 2006) שהתמקדו בדילמות של מורים ושפועלות ביישום הלמ"פ נמצא כי מורים הצריכים ליישם פרויקט שנכפה עליהם כחלק מתוכנית הלימודים, נקלעים לא פעם לדילמות שהוזכרו לעיל: באיזו דרך לפעול ואם להישאר נאמנים לדרך עבודתם ואמונתם או ללמד את הפרויקט על פי התהליך הנתון.

מאפייני שיטת הלמ"פ, המעמידים את המורה בעמדת מנחה הפרויקט ולא כבעל הידע, מציבים בפני המורה דילמות שלעיתים הוא אינו יודע כיצד לפתור. בחלק מן הדילמות אפשר למצוא את דילמת השליטה במידע, שעל פיה מורים מרגישים צורך לשלוט על זרימת המידע כדי שהבנת התלמידים תיבנה נכון והיטב, לעומת הצורך לתת לתלמידים לבנות את הידע בעצמם באופן פעיל. לכן עולות שאלות בקרב המורים, ובהן השאלה אם יש לתת לתלמידים את האחריות ללמידתם או שהמורה בעל הידע צריך לשאת באחריות להנחיית הפעילויות והפצת הידע. שאלה נוספת שעולה היא אם יש לאפשר לתלמידים לחפש מגוון של תשובות או שהמורה שולט על תשובתם, ועל כל התלמידים להגיע לתשובות אלו.

דילמה נוספת העולה בשיטת הלמ"פ נוגעת לזמן המוקדש ללמידה לעומת ההספק. מכיוון השיטה דורשת יותר זמן לעומת ההוראה שבה המורה הוא הדמות המרכזית, הלמ"פ מעלה את השאלה הנצחית של היקף החומר הנלמד לעומת ההעמקה בו. דילמה אחרת מתמקדת במורים, הזקוקים למיומנות של ניהול פעילויות רבות במקביל וכן לשליטה על תחומי דעת רבים, גורם שהופך את ההוראה להיות מורכבת יותר. פרויקטים רבים נעזרים בטכנולוגיות, כגון שימוש בסימולציות, מחקר דרך האינטרנט או שיתוף פעולה מקוון בין לומדים הנמצאים במקומות שונים. כל אלה מצריכים דרישות נוספות מן המורים. על סמך כל האמור לעיל, נראה כי מורה שתפקידו משתנה למנחה פרויקטים ולמנהלם צריך להיות בעל כישורים שונים מאלה שנדרשו מהמורה ה"מסורתית". המורה צריך להיות בעל מיומנויות לניהול כיתה, לרכוש ידע טוב בתחום הדעת, להיות מסוגל להציב מטרות למידה ברורות ולצפות קשיים אפשריים בתהליך הלמידה. יתרעלכן, המורה צריך להביע נכונות לתמוך בתלמידים עלפי צורכיהם, לגלות הבנה וסובלנות לשונות של כל אחד מן התלמידים וכן להיות בעל גישה חיובית ומעודדת לאינטראקציות עם התלמידים. מדובר במיומנויות רבות ומורכבות, העשויות להיות טבעיות עבור חלק מן המורים ומסובכות עבור אחרים. עובדה זו עשויה לעורר רתיעה בקרב חלק מן המורים

בקשר לנושא (Tsybulsky et al., 2018; Tsybulsky & Muchnik-Rozanov, 2019). לכן, כדי לאפשר הטמעה טובה של שיטת הלמ"פ בבית הספר, ובפרט בהיבט של עמדות מורים כלפי הנושא, יש לבצע שינוי מערכת. במסגרת שינוי זה, בית הספר תומך במורים ונותן להם את התנאים האופטימליים כדי להצליח ביישום שיטת הלמידה החדשה. אפשר לעשות זאת הן בשיתוף פעולה הן במחויבות של כלל צוות בית הספר לנושא. בדרך זו אפשר להרחיב את התמיכה הפדגוגית במורים, הן בתמיכה טכנולוגית הן בעזרה בפיתוח תוכניות לימודים, כך שהטכנולוגיה תשמש כלי קוגניטיבי ולא רק סיוע לימודי (Tal et al., 2006). מעבר לשינוי המערכתי, כדי שהשימוש בלמ"פ יהיה אפקטיבי, על המורים להבין היטב את המושגים ואת הרעיונות הגלומים בפרויקט שהם מנהלים וכן להדגים לתלמידים בצורה איכותית אסטרטגיות חשיבה ופתרון בעיות. כל אלה צריכים להתבצע באמצעות הדרכת הצוות וליווי של המורים בתהליך ההטמעה והעבודה על פי השיטה. כמו כן מן המחקרים עולה כי פרויקטים בעלי ערך דורשים גם שיתוף פעולה בתוך צוות בית הספר ופיתוח של שיטות מדידה לתוצאות הלמידה המצופות. ללא מטלות המתוכננות בקפידה, מורים מיומנים ותנאי למידה בית ספריים המתאימים לתמיכה בפרויקטים, שיטת הלמ"פ עלולה להפוך ולהיות לאוסף של פעילויות ללא תכלית או תוצרים ברורים (Tal et al., 2009).

הוראת רובוטיקה בארץ ובעולם

בעשור האחרון התרחבה מאוד הוראת מקצוע הרובוטיקה במערכת החינוך בישראל (צדוק וגילת, 2021). קצב הדרישה להוראת רובוטיקה, כחלק מן השינוי במיומנויות הנדרשות במאה ה-21, היה גבוה יותר מקצב הכשרת מורים להוראת רובוטיקה בחטיבות. נוסף על כך, בשנים האחרונות חלה ירידה בהוראת המקצועות הטכנולוגיים בבתי הספר העליסודיים בישראל. ירידה זו צמצמה את כמות המורים להוראה שהם בעלי רקע מקצועי בהנדסה, במדע ובטכנולוגיה (Barak & Zadok, 2009; Zadok, 2020). כתוצאה מכך נוצר מצב שבו מנהלי בתי ספר גייסו מורים חסרי הכשרה דיסציפלינרית מתאימה להוראת הרובוטיקה כדי שינחו בשיטת הלמ"פ. זאת מתוך הנחה שבגיוס מורים אלה הוראת הלמ"פ אינה מחייבת מומחיות בתחום התוכן, אלא דורשת יכולת בניהול פרויקטים. ברוב המקרים העדיפו המנהלים מחנכים על פני מורים מקצועיים, בגלל האוריינטציה האקולוגית של המחנכים שדורש הפרויקט. אוריינטציה זו באה לידי ביטוי בקשרים עם גורמים בבית הספר ובקהילה, כגון הורים המעורבים בשיטת הלמ"פ (פישר ופרידמן,

2009). בבתי הספר נוצר מצב שבו כמה מן המורים שהנחו למי"פ היו בעלי רקע דיסציפלינרי מתאים, כגון הנדסה, תכנות ופיזיקה, ואחרים היו ללא רקע כזה, ובעיקר הוא כלל מחנכים. מציאות זו יצרה הזדמנות טבעית לבחון עד כמה נדרש ידע מקצועי ייחודי בהנחיית תלמידים בשיטת הלמי"פ ברובוטיקה (Zadok, 2020).

לכן מתוך מכלול המחקרים שבוצעו בנושא, מחקר זה מנסה לבדוק מנקודת המבט של המורים את רמת שביעות רצונם מן השיטה ואת תחושת המסוגלות שלהם וכיצד מעריכים מורים המלמדים רובוטיקה בשיטה זו את תרומת הלמידה. כמו כן המחקר הנוכחי מנצל הזדמנות זו כדי לבחון את משמעותה של הוראת הרובוטיקה בשיטת הלמי"פ. בבחינה זאת נערכה השוואה בין עמדות של מחנכים לבין עמדות של מורים מקצועיים בנוגע להיבטים של שביעות רצון כללית ושל תחושת מסוגלות בהוראת מקצוע הרובוטיקה. כמו כן נבחנה תפישת המורים את המקצועות הומניים וריאליים, לעומת תפישת המורים למקצועות ההנדסה.

הידע המחקרי על אודות תהליכי הלמידה המיטביים בהוראת הרובוטיקה הוא מצומצם. לפיכך, מחקר זה יכול לתרום להבנה טובה יותר בתחום שהדרישה בו הולכת ומתרחבת. **מטרת המחקר:** לבחון תפיסות של מורים ומחנכים בנוגע לשילוב למידה מבוססת פרויקטים בהוראה שלהם.

שאלות המחקר:

1. מה הן רמות שביעות הרצון ותחושת המסוגלות של מורים המלמדים רובוטיקה בשיטת הלמי"פ?
2. כיצד מעריכים מורים המלמדים רובוטיקה בשיטת הלמי"פ את התרומה של הלמידה בהיבט האישי, המקצועי והאקולוגי? האם קיימים הבדלים בין שלושת סוגי התרומה לעיל בעקבות ההתנסות בלמי"פ?
3. מה הם ההבדלים בין מחנכים לבין מורים מקצועיים בתפישות בנוגע ללמי"פ: שביעות רצון, תחושת מסוגלות והערכת התרומה של הלמידה?
4. מה הם ההבדלים בין מורים בשלושה תחומי דעת – הנדסה, ריאלי והומני, בנוגע ללמי"פ: שביעות רצון, תחושת מסוגלות והערכת תרומה הלמידה?

מתודולוגיה

הגישה המחקרית

מחקר זה התבסס על עקרונות המחקר הכמותי מתוך נקודת הנחה כי ממנו אפשר גם להשליך על האוכלוסיות השונות. הנחת היסוד של מחקר מסוג זה היא שהדרך הטובה ביותר להבין תופעות היא באמצעות מדגם גדול ומדידה מספרית (N=176). זאת מתוך חשיבה שייתכן שהתמקדות במקרה אחד, או בכמה מקרים מצומצמים, תניב תמונה חלקית.

המדגם

המחקר נערך בחטיבות הביניים בישראל שבהן הוראת הרובוטיקה התקיימה במסגרת חוץ-קוריקולרית, אך בתוך תוכנית הלימודים של מדע ושל טכנולוגיה. את רוב המורים גייסו מנהלי בתי הספר, וחלק מן המורים אף השתתפו ביוזמתם האישית. רוב המורים אינם עוסקים בהוראת מדעים או בהוראת טכנולוגיה. במחקר השתתפו 176 מורים ומורות בשיעור של 43.8% גברים ושל 56.3% נשים, המלמדים את מקצוע הרובוטיקה בחטיבות הביניים. הגיל הממוצע הוא 37.2 וסטיית התקן היא 6.8. חשוב לציין שרוב המורים (58%) מלמדים מקצועות שאינם קשורים ישירות להוראת המדעים והטכנולוגיה, וחלק מן המורים הם מחנכי כיתות. כ-33.5% מן המשתתפים מלמדים את תחומי ההנדסה, כ-42% מהם מלמדים מקצועות הומניים וכ-24.4% מהם מלמדים מקצועות ריאליים. 50% מהם הם בעלי תואר ראשון, 28.4% הם בעלי תואר שני, והשאר הם בעלי השכלה על-תיכונית, ואף יש חמישה מורים שהם בעלי תואר שלישי. כשני שלישים הם בעלי ותק של 1–4 שנים בהנחיית פרויקטים, והשאר הם בעלי ותק של יותר מחמש שנים ועד יותר מעשר שנים. רוב המורים – 64% מהם, עברו השתלמות מקצועית בנושא הלמ"פ.

תרשים 1: מאפייני המורים המשתתפים במחקר



כלים

שאלון עמדות מורים כלפי הוראת רובוטיקה

הנתונים הכמותיים נאספו באמצעות שאלון מובנה שפותח לצורך המחקר. מטרת השאלון הייתה לבחון עמדות של מורים כלפי הוראת רובוטיקה בשיטת הלמ"פ. השאלון כלל את החלקים הבאים: א. מאפיינים אישיים ב. שביעות רצון ג. תחושת מסוגלות ד. תפישת תרומת הלמ"פ. בשאלות הסגורות התבקשו המשתתפים לדרג היגדים על סולם ליקרט של שש דרגות. כמו כן ענו המשתתפים על שאלות פתוחות.

להלן תיאור השאלונים, בדיקת הרכיבים וקביעת הסולמות (השאלון המלא מוצג בנספח): שביעות רצון – השאלון בוחן את שביעות הרצון של המורים מהוראת הרובוטיקה בשיטת הלמ"פ. היגדים לדוגמה: אני מרוצה מכך שאני מנחה פרויקטים; אני רואה את עצמי כמנחה פרויקטים גם בעוד חמש שנים; אמליץ לעמיתי להנחות פרויקטים מעין אלה. חושב מדד אחד גלובלי של שביעות רצון המורכב מכל השאלות. רמת המהימנות אלפא של קרונבך היא גבוהה – 844. הממוצע של שביעות הרצון הוא 4.98, וסטיית התקן – 1.09. תחושת המסוגלות – השאלון בוחן את תחושת המסוגלות של המורים בהנחיית הפרויקטים. היגדים לדוגמה: הידע שלי בתחומי תכנות הרובוט הוא טוב; הידע שלי בתחום בניית הרובוט הוא טוב; הידע שלי בהנחיית פרויקטים הוא טוב. חושב מדד אחד גלובלי של מסוגלות המורכב מכל השאלות. רמת המהימנות אלפא של קרונבך היא גבוהה – 802. הממוצע של המסוגלות הוא 4.22, וסטיית התקן – 0.86.

תרומת הפרויקט – החלק בשאלון של הערכת התרומה האישית בפרויקט התבסס על המודל התאורטי של וונק (J. Vonk, 1984; J. Vonk, 1995), אשר מחלק את העשייה של מורים לשלושה רכיבים: אישי, מקצועי ואקולוגי. בהתאם לכך נוסחו היגדים המתארים את תרומת הלמידה בכל אחד משלושת הרכיבים. על מנת לבחון את רמת המהימנות של כל אחד משלושת ההיבטים, חושבו מקדמי מהימנות אלפא של קרונבך לכל היבט. להלן פירוט ההיבטים בשאלון ותוצאות ניתוח המהימנות:

אישי – היבט זה מורכב מארבעה היגדים: להתפתחות היצירתיות שלך, להנאה שלך מן ההוראה, לעצמאות שלך בהוראה ולשיפור מיומנויות החשיבה שלך. מהימנות אלפא של קרונבך – 0.92.

מקצועי – היבט זה מורכב מחמישה היגדים: להתפתחות המקצועית שלך, לידע שלך על הוראת מקצוע רובוטיקה, לתלמידים המשתתפים בפרויקט, לקשר שלך עם התלמידים

שמשותפים בפרויקט וליצירת אווירה חיובית בכיתה. מהימנות אלפא של קרונבך, אחרי הוצאת היגד המוריד את המהימנות – 0.62.

אקולוגי – רכיב זה מורכב משבעה היגדים: לקבלת תפקידים בבית הספר, לתרומה ולהגברת השיתוף בין מקצועות הלימוד השונים, לקשר עם הורי התלמידים המשותפים בפרויקט, לידע ולהבנה של התלמידים ללמידה אחרת, לשמו של בית הספר, לקשר שלך עם מורים אחרים שמלמדים את התוכנית וליצירת תרבות של עשייה בבית הספר. מהימנות אלפא של קרונבך, אחרי הוצאת היגד המוריד את המהימנות – 0.71.

שלושה מדדים כלליים חושבו באמצעות ממוצע התשובות להיגדים הכלולים בכל קטגוריה. כדי לבדוק את תוקפן של שלוש הקטגוריות, חושבו מתאמי פירסון בין שלושתן. נמצאו מתאמים חיוביים מובהקים בעוצמה בינונית גבוהה, הנעים בין 0.50 ל-0.75. הם מעידים על כך ששלוש הקטגוריות קשורות זו בזו, אך לכל אחת מהן יש משמעות ייחודית.

מהלך המחקר

בשלב הראשון התקבל היתר מהמדען הראשי של משרד החינוך לבצע את המחקר, שמספרו 10025. השאלונים הועברו למורים מחוץ למסגרת בית הספר במהלך השתלמויות מקצועיות במקצועות מדע וטכנולוגיה. השאלונים חולקו למורים באופן ידני. הובהר למורים שהשאלונים הם אנונימיים ומיועדים לצורכי מחקר בלבד.

ממצאים

שביעות רצון ותחושת מסוגלות

כדי לבחון את ההבדלים בין מחנכים למורים מקצועיים נערכה השוואה בנושאי שביעות רצון, תחושת מסוגלות בין מחנכים ומורים מקצועיים ותרומת הלמ"פ בשלושה היבטים: אישית, מקצועית ואקולוגית.

לוח 1. שביעות רצון, מסוגלות ותרומה של מחנכים ומורים מקצועיים

סה"כ		מורים מקצועיים		מחנכים		
ממוצע	סטיית תקן	ממוצע	סטיית תקן	ממוצע	סטיית תקן	
4.98	1.10	5.04	0.98	4.91	1.24	שביעות רצון
4.23	0.90	4.13	0.89	4.36	0.89	תחושת מסוגלות
4.99	1.07	4.89	1.05	5.13	1.08	תרומה אישית
5.01	0.91	4.95	0.94	5.10	0.85	תרומה מקצועית
4.43	0.79	4.24	0.80	4.69	0.70	תרומה אקולוגית

טווח הציונים בכל אחד מן המשתנים נע בין 1 (נמוך מאוד) ל-6 (גבוה מאוד). הממוצעים המוצגים לעיל בלוח 1, מעידים על רמה גבוהה של שביעות רצון כללית מן ההתנסות בהוראת הלמ"פ. הממוצע הוא כמעט 5 בסולם של שש דרגות. תחושת המסוגלות היא ברמה בינונית, בממוצע של 4.2. התרומה בהיבטים האישי והמקצועי נתפסה כגבוהה (ממוצעים סביב 5), והתרומה בהיבט האקולוגי נתפסה כבינונית.

כדי לבחון את מובהקות ההבדלים בתרומתם של שלושת היבטים, נערך ניתוח שונות עם מדידות חוזרות ומבחן בונפרוני. בניתוח השונות נמצא אפקט מובהק של סוג התרומה:

$$F(2,173) = 41.57, p < 0.001, \eta^2 = 0.32$$

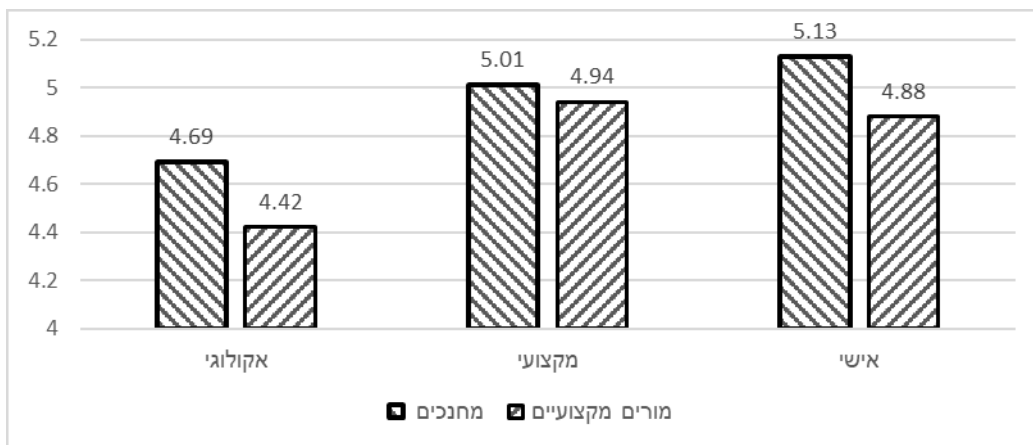
מבחן בונפרוני הראה שמקור השונות הוא ההבדל בין התרומה האקולוגית, שנתפשת כנמוכה יותר, לבין התרומה בהיבטים האישי והמקצועי.

השוואה בין מחנכים לבין מורים מקצועיים

כדי לבחון את ההבדלים בין מחנכים למורים מקצועיים, נערך ניתוח שונות רב-משתנים, שבו המשתנה הבלתי תלוי היה התפקיד (מחנכים, מורים מקצועיים), והמשתנים התלויים

היו שלושת המדדים (המוצגים לעיל, בלוח 1) של התפישות ללמ"פ. בנייתו הרב-משתני נמצא קשר בין תפיסות התרומה של הלמ"פ לבין תפקיד המורה (מורה מקצועי לעומת מחנך): $F(5,179) = 3.48, p < 0.005, \eta^2 = 0.09$. מחנכים הם בעלי תפיסות חיוביות יותר של תרומת הלמ"פ לעומת מורים מקצועיים. בנייתו החד-משתני נמצא קשר בין תרומת הלמ"פ ברכיב האקולוגי לבין תפקיד המורה $F(1,174) = 15.15, p < 0.001, \eta^2 = 0.08$. מחנכים תופסים את התרומה כגבוהה יותר ($M = 4.69$) לעומת מורים מקצועיים ($M = 4.42$).

תרשים 2: השוואה בין המחנכים לבין המורים המקצועיים



השוואה בין מורים בשלושת תחומי הדעת

כדי לבחון את ההבדלים בין המורים בשלושת תחומי הדעת לעיל, חושבו ממוצעים וסטיות תקן של חמשת המדדים לעיל: שביעות רצון; תחושת מסוגלות; התרומות – אישית, מקצועית, ואקולוגית. כל זאת בקרב מורים משלושת תחומי הדעת: הנדסה, ריאלי והומני. ניתוח התשובות נעשה על פי סולם ליקרט של שש דרגות. הממצאים מוצגים להלן, בלוח 2.

לוח 2. ההבדלים בין המורים בשלושת תחומי הדעת

	הנדסה		ריאלי		הומני	
	ממוצע	סטיית תקן	ממוצע	סטיית תקן	ממוצע	סטיית תקן
שביעות רצון	5.18	0.92	5.05	1.20	4.79	1.14
מסוגלות	4.11	0.81	4.31	1.07	4.27	0.86
תרומה אישית	4.83	0.98	5.05	1.28	5.08	1.00
תרומה מקצועית	4.90	0.73	5.09	1.10	5.05	0.91
תרומה אקולוגית	4.11	0.74	4.55	0.89	4.62	0.70
ציון כללי	4.62	0.83	4.81	1.10	4.76	0.92

נערך ניתוח שונות רב־משתנים, שבו המשתנה הבלתי תלוי היה התפקיד בהוראה (הנדסה, ריאלי, הומני), והמשתנים התלויים היו חמשת המדדים של התפישות באשר ללמ"פ. נמצא אפקט מובהק בניתוח הרב־משתנים $F(10,340) = 2.63, p < 0.004, \eta^2 = 0.07$. עיון בממוצעים של הציון הכללי מראה ממוצע גבוה יותר בקרב המורים למקצועות ההומניים והריאליים לעומת הממוצע בקרב המורים למקצועות ההנדסה. בניתוחים החד־משתנים נמצא גם הבדל מובהק בתרומה האקולוגית: $F(2,173) = 8.10, p < 0.001, \eta^2 = 0.09$. לבדיקת מקורות ההבדלים נערך פוסטריורי מן הסוג tukey ברמת מובהקות 0.05, ונמצא שתפישת התרומה האקולוגית של סביבת למידת הלמ"פ גם גבוהה יותר בקרב המורים למקצועות ההומניים והריאליים לעומת התפישת בקרב המורים למקצועות ההנדסה.

ניבוי שביעות רצון

כדי לנבא את שביעות הרצון של כל המורים מן ההתנסות בהוראת הלמ"פ, נערך ניתוח של רגרסיה מרובה, שבה הציון בשביעות הרצון היה מנובא. המנבאים היו: תחושת מסוגלות, הכשרה מקצועית, תפקיד, תחום הוראה וותק. תוצאות הניתוח שהתקבלו מוצגות להלן, בלוח 3:

לוח 3. ניבוי שביעות הרצון של המורים מן ההתנסות בהוראת הלמ"פ

מובהקות	בטא	המנבא
0.001	0.51	תחושת מסוגלות
0.01	0.17	הכשרה מקצועית
ל.מ.	0.03	תפקיד (מחנך/מורה)
0.01	-0.21	הוראת מקצועות הומניים
ל.מ.	-0.1	הוראת מקצועות ריאליים
0.06	-0.23	ותק בהוראה
0.02	0.29	ותק בבית הספר
0.02	0.29	ותק בהנחיית פרויקטים
***0.62		מתאם מרובה

הלוח מראה כי המנבא החזק ביותר הוא תחושת המסוגלות. כמו כן שביעות הרצון הגבוהה יותר נמצאה בקרב מורים שעברו הכשרה, מורים בעלי ותק בבית הספר ובוותק בהנחיית פרויקטים ומורים שאינם מלמדים במקצועות הומניים. כדי לנבא את הערכת התרומה של ההתנסות בכל אחד משלושת ההיבטים לעיל בהוראת

הלמ"פ, נערכו ניתוחים של גרסיה מרובה, ובהם המנבאים זהים לאלה שברגרסיה לשביעות הרצון.

לוח 4. הצגת התוצאות להערכת התרומה של ההתנסות בכל אחד משלושת ההיבטים

תרומה אקולוגית		תרומה מקצועית		תרומה אישית		המנבא
מובהקות	בטא	מובהקות	בטא	מובהקות	בטא	
0.001	0.53	0.001	0.7	0.001	0.93	תחושת מסוגלות
	ל.מ.	0.001	0.2	0.05	0.06	הכשרה מקצועית
	ל.מ.	ל.מ.	0.02	ל.מ.	-0.001	תפקיד (מחנך/מורה)
0.05	0.16	ל.מ.	0.038	ל.מ.	-0.002	הוראת מקצועות הומניים
	ל.מ.	ל.מ.	0.04	ל.מ.	0.03	הוראת מקצועות ריאליים
	ל.מ.	ל.מ.	-0.07	ל.מ.	0.01	ותק בהוראה
	ל.מ.	ל.מ.	0.12	ל.מ.	0.09	ותק בבית הספר
0.003	-0.21	ל.מ.	-0.001	ל.מ.	0.05	ותק בהנחיית פרויקטים
$R = 0.66$		$R = 0.72$		$R = 0.93$		מתאם מרובה

נמצאו דפוסים שונים של ניבוי התרומה האקולוגית לעומת התרומה האישית והתרומה המקצועית. התרומה האישית והתרומה המקצועית קשורות, נוסף על המסוגלות, גם להכשרה המקצועית. לעומת זאת, התרומה האקולוגית אינה קשורה להכשרה, אלא להוראת המקצועות ההומניים. כלומר מורים שאינם מקצוענים בהוראת הרובוטיקה רואים את התרומה לבית הספר ולסביבה כמשמעותית יותר.

ניתוח של שאלה פתוחה

המשתתפים במחקר התבקשו לענות על שאלה פתוחה שבה הם יצטרכו להשלים את המשפט: "עבורי ללמד רובוטיקה, זה...". עיון ראשוני בתשובות העלה ממצא מעניין, שבא לידי ביטוי בכך שרוב המורים לא התייחסו ישירות בתשובותיהם לנושא הרובוטיקה. רובם תיארו חוויות הקשורות בהוראה, וחלק מהם התייחסו במפורש להוראה בשיטת הלמ"פ. עיון מפורט בתשובות לעיל מגלה שהחוויה מורכבת מכמה ממדים, ובהם: אתגר ("כיף צרוף, אם כי יש רגעים מעט מורכבים, אתגר לא שגרתי, תובעני, מחכים, ומרתק"), תחושה של משמעותיות ושל שליחות, העצמות אישית ומקצועית ("חוויה מעצימה למורה ולתלמיד") והנאה רגשית.

בשלב זה נערך ניתוח תוכן מונחה תאוריה (Theory-driven analysis) שבו הקטגוריות

הוגדרו מראש ונגזרו מהמודל התאורטי של וונק (Vonk, 1995). מטרת הניתוח הייתה להדגים את שלושת הממדים במודל של וונק: האישי, המקצועי והאקולוגי, כפי שהם באים לידי ביטוי בחוויה של הוראת הלמ"פ. תשובות המורים הראו כי אכן קיימת עדות לכל אחד משלושת ההיבטים, ולוח 5 להלן מציג ציטוטים מדגימים לשלושת ההיבטים האלה.

לוח 5. ציטוטים מדגימים לשלושת ההיבטים: אישי, מקצועי, אקולוגי

הממד	ציטוטים
אישי	"להיות מסוגל להזיז את עצמי מן המרכז, להפוך להיות מורה מאמץ/מנחה ואף עמית ללמידה". "חוויה מעצימה למורה ולתלמיד". "ללמוד יחד עם ילדים צעירים ממך". "כף, לומד בעצמי מהילדים".
מקצועי	"להבין כי היום אין תחום ידע שאי אפשר ללמוד עליו בדרך חווייתית ומהנה, שנצרכת מתוך פעילות ולא מתוך לימוד בעל פה לשם מבחן". "הזדמנות נפלאה להוראת לימוד מבוסס פרויקטים". "למידה מסוג חדש עם הרבה עמימות". "לראות דרך עיניהם של הילדים כאשר מצליחים".
אקולוגי	"לדעת לספר סיפור, הרגשה של כתיבת ספר מתחילתו ועד סופו". "זה כמו להיות נהג, מפני שאני צריך לשלוט באוטו שלי, לדעת מה הן הבקשות של הרחוב שבו אני הולך, צריך לתכנת מההתחלה מה אני צריך לעשות ולעבור את הקשיים שיש בדרך". "דרך חיים, משימה חברתית". "לתת להם חוויות וקשרים אישיים שאפשר ליצור רק בעבודת צוות של קבוצה ייחודית".

רובוטיקה היא תחום מקצועי מוגדר הדורש ידע מקצועי ייחודי ושימוש בטכנולוגיה מתקדמת. למרות זאת, מנהלי בתי ספר גייסו מורים מתחומי דעת שונים, שלרובם לא היה רקע קודם ברובוטיקה למעט השתלמות קצרה, לשיעורים של הוראת הרובוטיקה בשיטת הלמ"פ. ההנחה הייתה שהוראה בשיטה זאת יוצרת תנאים המאפשרים גם למורים שאינם מומחים בתחום הדעת לנהל בהצלחה את הפרויקט. המחקר הנוכחי בחן הנחה זאת באמצעות לימוד התפישות של מורים ומחנכים בנוגע להתנסותם בשיטת הלמ"פ. מקצוע הרובוטיקה נבחר להיות שדה המחקר, כמייצג שאלה רחבה יותר הנוגעת למאפייני ההוראה בשיטת למ"פ ולהשלכותיה על חוויית ההוראה של המורים.

הממצאים הכמותיים הראו רמה גבוהה של שביעות רצון כללית, הן בקרב המחנכים הן בקרב המורים המקצועיים. הממצאים הכמותיים נתמכו על ידי ניתוח התשובות לשאלה הפתוחה, שבה השתמשו המורים בביטויים עוצמתיים של התלהבות ושל תחושת אתגר. הניתוח מלמד ששביעות הרצון הגבוהה נבעה מן המאפיינים הייחודיים של ההתנסות בהוראת הלמ"פ. המאפיין המרכזי של תפקיד המורים בהוראה הלמ"פ בא לידי ביטוי בניהול הפרויקט. הניהול התבטא במשימות של הכוונת הלומדים ועידודם, גיוס מומחי ידע, יצירת קשרים עם הסביבה (מנהל, מורים עמיתים, הורים ועוד) ופתרון בעיות שהתעוררו במהלך הפרויקט. הממצאים מרמזים שלצורך חוויית הצלחה בניהול הלמ"פ לא נדרשת מומחיות גבוהה בתחום הדיסציפלינרי הייחודי, אלא נדרשים כישורי ניהול, גמישות מחשבתית ויכולת לעבודה משותפת עם צוות בית הספר. מסקנה זו עקבית עם המדווח בספרות, בנוגע להוראה באמצעות הלמ"פ (Holm, 2011; Rogers et al., 2011; Thomas, 2000; Zadok, 2020). המחקר הנוכחי מחזק את יכולת ההכללה של מסקנה זאת, בכך שהוא מספק עדויות תומכות בה בתחום דעת נוסף. עם זאת, הממצאים מראים שוותק בהוראה וניסיון קודם בהנחיית למ"פ תורמים לשביעות רצון מההוראה בלמ"פ. ההסבר המוצע לממצא זה גורס כי עם הוותק בבית הספר, המנחים יכולים לעשות שימוש עשיר יותר במשאבים התורמים להצלחת הלמ"פ, הן בבית הספר, כגון גישה למשאבים פיזיים, הן בסביבת בית הספר והקהילה, כגון גיוס הורים ומומחי ידע (פישר ופרידמן, 2009). יש להוסיף שהעלייה בשביעות הרצון עם הוותק היא ממצא חשוב. במקרים רבים ותק בעבודת ההוראה גורם שחיקה (Friedman, 2006) והתרופפות בהתלהבות מההוראה. הממצאים מלמדים על כך

שהוראה בשיטה של למ"פ עשויה להעניק למורים אתגר ומשמעות, להיות מקור של שביעות רצון ולהיות בלם למניעת שחיקה.

כדי לתאר את חוויית ההצלחה בניהול הפרויקט, במושגים תאורטיים, בחן המחקר את הממצאים שהתקבלו בנוגע לתרומת ההוראה באמצעות המודל של וונק (Vonk, 1995). מודל זה מציע שלושה היבטים, שבהם באה לידי ביטוי פעילותם המקצועית של מורים: מקצועי, אישי ואקולוגי. הממצאים הראו שבקרב כלל המורים התרומות המקצועית והאישית נתפשות כגבוהות (הממוצעים קרובים מאוד ל-5 בסולם של שש דרגות), בעוד התרומה האקולוגית נמוכה קצת יותר. סביר להניח שממצא זה משקף את המשקל היחסי הגבוה של הרכיב האקולוגי בהתנסות המורים בניהול הלמ"פ. דהיינו, הקשר עם הסביבה (מורים שאינם קשורים לפרויקט, הורים) אינו דומיננטי יחסית לרכיב המקצועי, שהוא ניהול הלמידה (קשר עם תלמידים) ולרכיב האישי (הרחבת תחושת המסוגלות). עם זאת, ניתוח מפורט יותר של השוואה בין תת-קבוצות של המורים שהשתתפו בלמ"פ מגלה תמונה מורכבת יותר.

ניתוח זה העלה שני ממצאים מעניינים:

- א. התרומה האקולוגית של ההוראה באמצעות למ"פ נתפשת בקרב המחנכים כגבוהה יותר מאשר בקרב המורים המקצועיים. סביר להניח שהבדל זה מעוגן בעצם תפקידו של המחנך, שנמצא בקשר שוטף עם מורים אחרים בבית הספר ועם ההורים, יותר ממורים מקצועיים (Zadok, 2020; Zadok & Voloch, 2018).
- ב. מצב זה מאפשר למחנך לראות את הפוטנציאל הגלום בתרומה האקולוגית של הלמ"פ ולממש את יכולותיו בתחום זה, כגון גיוס משאבים אנושיים ומשאבים אחרים בקהילות לצורך הצלחת הפרויקט. ההשלכות האפשריות של ממצא זה על עבודתו של המחנך חורגות מן התחום הדיסציפלינרי של הוראת רובוטיקה. אפשר להרחיב את תפקידם המסורתי של מחנכים ולמנות אותם לניהול פרויקטים בתחומי דעת שונים, וכך לאפשר להם התנסות בלמידה ובהוראה משמעותיות.
- ג. הממצא מראה שמורים למקצועות ההומניים והריאליים מדווחים על התנסות חיובית יותר באופן מובהק בלמ"פ לעומת מורים למקצוע ההנדסה. סביר להניח שדווקא היעדר ידע קודם בתחום הרובוטיקה ובהוראה למ"פ הגדיל את תפישת התרומה. עוד סביר להניח שהתנסות המורים בשיטה הרחיבה את

תחומי הידע המקצועי. היא אפשרה להם לבטא כישורים שלא היו מוכרים להם קודם, העלתה את תחושת המסוגלות וחוללה חוויה של אתגר ושל משמעותיות. אפשר לראות בתהליך שהמחנכים עוברים שינוי ממעלה שנייה, שמעניק חוויה משמעותית יותר מאשר השינוי ממעלה ראשונה (ואצל אוויק, וויקלנד, פיש, 1979). לעומתם, המורים להנדסה תפסו את החווייה של הלמ"פ ברובוטיקה כהמשכיות להוראה המסורתית שלהם, ולכן לא הפגינו התלהבות דומה לעמיתיהם מן הדיסציפלינות האחרות.

מגבלה של המחקר הנוכחי באה לידי ביטוי בכך שהוא מבוסס על נקודת מבטו של אחד השותפים בתהליך הלמידה-הוראה, שהוא המורים שהנחו את הפרויקט, ואילו נקודת מבטם של התלמידים בלמ"פ לא נחקרה. מן הראוי להמשיך את המחקר הנוכחי ולהרחיב אותו באמצעות בחינת נקודת המבט ותפישותיהם של התלמידים המשתתפים בלמ"פ, שבה המורים אינם מומחים בתחום הדעת. אחת מן ההשלכות היישומיות הנובעות מהמחקר הנוכחי נוגעת להכשרה המקצועית של מורים המיועדים ללמד באמצעות למ"פ. מן הראוי לתת משקל יתר בהכשרות אלו למיומנויות של ניהול הפרויקט, ולא להגביל הכשרות אלו להעשרת הידע בתחום הדעת של הלמ"פ. המלצה נוספת היא לא להגביל את בחירת הצוות שיוביל את הלמ"פ בבית הספר למורים המומחים בתחומי הדעת לעיל, אלא לשלב גם מחנכים ומורים מתחומי דעת שונים. שילוב כזה עשוי לסייע בהעשרת התפקיד והרגשת שייכות לעולם ההוראה.

רשימת מקורות

- דרסלר, מ' (2016). למידה מבוססת על בעיות בלימודי מדע וטכנולוגיה. *אאוריקה*, 39, 30–24.
- ואצלאוויק, פ', ויקלנד, ג'יה ופיש, ר' (1979). שינוי: עקרונות של יצירת בעיות ושל פתירת בעיות (ו' רזיאל-ויזלטר, מתרגמת). ספרית פועלים. (המקור פורסם ב-1974) ליבמן, צ' (2013). קונסטרוקטיביזם בחינוך. בתוך צ' ליבמן (עורכת), *ללמוד, להבין, לדעת: מסע בנתיבי ההוראה הקונסטרוקטיביסטית* (עמ' 13–52). הקיבוץ המאוחד; מכון מופ"ת.
- פישר, י' ופרידמן, י' (2009). ההורים ובית הספר: יחסי גומלין ומעורבות. דפים, 47, 40–11.
- פרידמן, י' ופישר, י' (2002). הזדהות וערות: יסודות במעורבות ההורים בעבודת בית-הספר. עיונים במינהל ובארגון החינוך, 26, 7–34.
- צדוק, י' וגילת, י' (2021). לימוד מבוסס פרויקטים במדע וטכנולוגיה: תפיסות תלמידים בדואים ותלמידים יהודים. הלאה, 2, 77–96.
- Barak, M., & Zadok, Y. (2009). Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(3), 289–307.
<https://doi.org/10.1007/s10798-007-9043-3>
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school* (Exp. ed.). The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9853>
- Choi, J., Lee, J.-H., & Kim, B. (2019). How does learner-centered education affect teacher self-efficacy? The case of project-based learning in Korea. *Teaching and Teacher Education*, 85, 45–57.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2019.05.005>
- Friedman, I. A. (2006). Classroom management and teacher stress and urnout. In C. M. Evertson & C. S. Weinstein (Eds.), *Handbook of classroom management: Research, practice, and contemporary issues* (pp. 925–944). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Harasim, L. (2017). *Learning theory and online technologies* (2nd ed.). Routledge.
- Hargreaves, A. (1997). Cultures of teaching and educational change. In B. J. Biddle, T. L. Good, & I. F. Goodson (Eds.), *International handbook of teachers and teaching* (pp. 1297–1319). Kluwer Academic Publishers.
- Holm, M. (2011). Project-based instruction: A review of the literature on effectiveness in prekindergarten through 12th grade classrooms. *Rivier Academic Journal*, 7(2), 1-13.

- Holmes, V.-L., & Hwang, Y. (2016). Exploring the effects of project-based learning in secondary mathematics education. *The Journal of Educational Research*, 109(5), 449–463.
<https://doi.org/10.1080/00220671.2014.979911>
- Horizon Report. (2019). <https://library.educause.edu/resources/2019/4/2019-horizon-report>
- Hormuth, S. E. (1990). *The ecology of the self: Relocation and self-concept change*. Cambridge University Press.
- Kagan, D. M. (1992). Professional growth among preservice and beginning teachers. *Review of Educational Research*, 62(2), 129–169.
<https://doi.org/10.2307/1170578>
- Lacey, C. (2011). *The socialization of teachers (RLE Edu N)*. Routledge.
- Papert, S. A. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas* (2nd ed.). Basic Books.
- Rogers, M. A. P., Cross, D. I., Gresalfi, M. S., Trauth-Nare, A. E., & Buck, G. A. (2011). First year implementation of a project-based learning approach: The need for addressing teachers' orientations in the era of reform. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(4), 893–917. <http://dx.doi.org/10.1007/s10763-010-9248-x>
- Rose, S. P., Habgood, J. M. P., & Jay, T. (2017). An Exploration of the Role of Visual Programming Tools in the Development of Young Children's Computational Thinking. *The Electronic Journal of e-Learning*, 15(4), 297–309. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1154629.pdf>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
<https://doi.org/10.3102%2F0013189X015002004>
- Tal, T., Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). Urban schools' teachers enacting project-based science. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(7), 722–745. <https://doi.org/10.1002/tea.20102>

נספח - שאלון המחקר

מורה יקר,¹

תודה לך שהסכמת לפגוש אותנו ולשתף איתנו פעולה. ישנן מספר שאלות שברצוננו לשאול על שיטת לימוד והוראה מבוססת פרויקטים בהוראה שלך. שאלות אלו הן חלק מעבודת מחקר שאנו עורכים.

השאלון אנונימי והסודיות תישמר.

א. פרטים כלליים

השכלה: תיכונית על תיכונית תואר ראשון תואר שני תואר שלישי
 תחום ההתמחות: _____
 תפקיד בבית הספר (אפשר למלא יותר מאחד): _____
 מנכ"ל כיתה מורה מקצועי רכז שכבה רכז מקצוע, אחר: _____
 ותק בהוראה: _____ ותק בבית הספר: _____ ותק בהנחיית פרויקטים: _____
 אזור בית הספר: מרכז דרום צפון ירושלים תל אביב
 מגדר: זכר נקבה טווח גיל: 20-30 31-40 40 ומעלה

האם קיבלת הכשרה כלשהי בנוגע ללמידה מבוססת פרויקטים? כן לא
 במידה וכן, אנא פרט באיזו מסגרת (אפשר למלא יותר מאחד): _____
 לימודים אקדמיים השתלמות בבית הספר למידה עצמית השתלמות מיוחדת למורים
 אחר: _____

עבורי להנחות פרויקט זה: _____

ב. למידה מבוססת פרויקטים לעומת למידה מסורתית

בלוח הבא השוואה בין ההוראה בשיעורים רגילים לבין הוראה בפרויקט. לגבי כל משפט סמן אם הוא מתקיים רק בשיעורים רגילים, רק בפרויקט או בשניהם.

בפרויקט	בשניהם אותו הדבר	בשיעור רגיל	
			1. אני יכול להעלות יוזמות אישיות שלי
			2. הצוות המקצועי אוהב את הרעיונות שלי
			3. התלמידים יותר קשובים לרעיונות שלי
			4. אני אוהב ללמוד
			5. יש לי קשר טוב עם התלמידים
			6. יש לי קשר טוב עם צוות המורים
			7. היצירתיות שלי בא לידי ביטוי
			8. קיימת אווירה חיובית בכיתה
			9. העצמאות שלי בא לידי ביטוי
			10. הנהלת בית הספר אוהבת את הרעיונות שלי

¹ כל הנאמר בשאלון זה מתייחס לגברים ונשים כאחד

ג. תפיסות לגבי שיטת לימוד מבוסס פרויקטים

לפניך היבטים שעוסקים הנחיית פרויקט. דרג את מידת הסכמתך לכל אחד מהתחומים, מ-1 – בכלל לא מסכים, עד 6 – מסכים במידה רבה מאוד.

מסכים במידה רבה מאוד					בכלל לא מסכים	
6	5	4	3	2	1	1. ברור לי מה תפקידי בפרויקט
6	5	4	3	2	1	2. אני מרוצה מכך שאני מנחה פרויקטים
6	5	4	3	2	1	3. אמליץ לעמיתיי להנחות פרויקטים מעיין אלה
6	5	4	3	2	1	4. קיימים מדדים ברורים לבחינת הצלחת הפרויקט בסיומו
6	5	4	3	2	1	5. ישנם אילוצים שמונעים ממני לנהל באופן יעיל את הפרויקט.
6	5	4	3	2	1	6. הידע שלי בהנחיית פרויקטים הוא טוב
6	5	4	3	2	1	7. אני רואה את עצמי כמנחה פרויקטים גם בעוד חמש שנים

ד. הנחיית פרויקטים

לפניך היבטים הקשורים בהנחיית פרויקטים. דרג את מידת הסכמתך, מ-1 – בכלל לא מסכים, עד 6 – מסכים במידה רבה מאוד.

במידה רבה מאוד					בכלל לא	הוראה מבוססת פרויקטים היא:
6	5	4	3	2	1	1. שיטה לימוד והוראה טובה לכלל המקצועות
6	5	4	3	2	1	2. דורשת השקעה מרובה מצד המורה
6	5	4	3	2	1	3. לא מכסה את כל החומר הנדרש
6	5	4	3	2	1	4. מקבלת תמיכה מבית הספר
6	5	4	3	2	1	5. משנה את אינטראקציה בין המורה והתלמידים
6	5	4	3	2	1	6. משנה את תפקיד המורה בכיתה
6	5	4	3	2	1	7. משנה את אסטרטגיית הלמידה של המורה

תן דוגמה למקצוע שאי אפשר ללמד אותו בעזרת שיטת לימוד מבוססת פרויקטים: _____

הערות והארות: מה יכול לעזור לך בהנחיית פרויקטים?

תודה על שיתוף הפעולה

צוות המחקר

¹כל הנאמר בשאלון זה מתייחס לגברים ונשים כאחד.

Project-based learning in robotics meets junior high school

Zair Zadok Itzik Gilat

Abstract

The purpose of this study is to examine the teachers' perceptions of their experience in teaching using the PBL approach. The subject of robotics was chosen as the field of research as it represents a much broader issue concerning the implications of teaching using PBL on the professional, personal and, ecological aspects. The study data were collected using structured questionnaires, which also included open-ended questions. These questionnaires were answered by 173 teachers, some of whom are educators (class tutors), and some professional teachers from three fields of knowledge: human studies, sciences and engineering. Each questionnaire included attitudes relating to the PBL teaching experience and the contribution of the PBL approach to both teachers and students. The findings show a high level of general satisfaction among the teachers and a sense of self-efficacy in teaching PBL. The findings also indicate a personal, professional, and ecological (teacher – environment relationship) contributions that were perceived as significant. The findings additionally indicate that class tutors perceived the ecological contribution more than professional teachers, and professional teachers in the fields of human studies and sciences perceived it is more significant than engineering teachers.

Keywords: Project Based Learning (PBL), Robotics in education, Teachers' Professional Identity