

## חקר מורים שעשו הסבה ממקצוע בתחום ההייטק להוראת מתמטיקה בסביבה ממוחשבת

מיכל טבח

גלית סלוצקי

אוניברסיטת תל-אביב

אוניברסיטת תל-אביב

[tabachm@post.tau.ac.il](mailto:tabachm@post.tau.ac.il)

[galit.slutzky@gmail.com](mailto:galit.slutzky@gmail.com)

### Former High-Tech Employees Becoming High School Mathematics Teachers in a Computerized Environment

Galit Slutzky

Michal Tabach

Tel Aviv University

Tel Aviv University

#### Abstract

Many studies examined teaching mathematics in technological environments accessible to the teacher and students have been published. However, one can find classrooms equipped only with one computer and data projector. This study examined four different case-studies of teachers who previously worked in high-tech industry and have become mathematics high-school teachers using technology. In this study, two technological environments were examined: (1) where teachers used a computer and a projector, and (2) included also an interactive whiteboard (IWB).

This study aimed to characterize: teaching practices in these two environments; teachers' knowledge; and identify similarities and differences between cases. The Instrumental Orchestration framework has been developed lately to characterize teaching practices in technological environments. However, this framework was not compatible with the cases examined in this study. Hence, a new framework was developed, with three lenses: (1) The teachers' goals; (2) the technological resources used; and (3) the way these resources were used.

Findings indicate that a whole-class lecture-style of teaching was used, mostly for explaining concepts. The teachers attempted to demonstrate mathematical concepts in a dynamic manner, yet they either used technology in a static manner or avoided using it. The teachers used the IWB mostly as a non-digital whiteboard.

**Keywords:** Teaching mathematics in technological environment, IWB, characterizing teaching actions.

#### תקציר

בשנים האחרונות התפרסמו מחקרים רבים שבחנו את הוראת המורה בסביבה טכנולוגית הנגישה למורה ולתלמידים. בפועל, כיתות רבות מצוידות במקרן ומחשב אחד בלבד. מחקר זה מבוסס על ארבעה מקרי-בוחר, כאשר כל אחד מתייחס לעבודתו של מורה שעשה הסבה ממקצוע בתחום ההייטק להוראת המתמטיקה, ומלמד בחטיבה העליונה בסביבה טכנולוגית. במחקר נבחנו שתי סביבות טכנולוגיות: (1) למורה יש מחשב ומקרן; ו- (2) בנוסף למחשב ומקרן, יש למורה גם לוח אינטראקטיבי.

מטרת מחקר זה היא להציע מסגרת לאפיון פעולות ההוראה המתבצעות בסביבות אלו ולהפעיל אותה, ובנוסף לאפיון את מרכיבי הידע של המורים ולזהות נקודות דמיון ושוני בין המורים השונים.

המסגרת התיאורטית שנקראת *Instrumental Orchestrations* שמטרתה לאפיון פעולות של מורים בסביבה טכנולוגיה הנגישה הן למורה והן לתלמידים לא התאימה למחקר זה. לפיכך, עלה צורך להגדיר מסגרת תיאורטית חדשה. המסגרת התיאורטית שפותחה מתייחסת במקביל לשלושה רבדים: (1) מטרת המורה במהלך השיעור (2) האמצעי הטכנולוגי שנבחר ו- (3) אופן השימוש בו. נמצא שלמרות הגיוון האפשרי בדרכי הוראה כאשר קיימת טכנולוגיה בכיתה, המורים לימדו בגישה המסורתית שבה המורה במרכז. עוד נמצא כי במרבית השיעורים המורים השתמשו בטכנולוגיה בדרך סטטית או לא השתמשו בטכנולוגיה כלל. בנוסף, המורים שלימדו עם הלוח האינטראקטיבי לא ניצלו את יכולותיו הטכנולוגיות והשתמשו בו בדומה ללוח רגיל.

**מילות מפתח:** הוראה מתמטיקה בסביבה טכנולוגית, אפיון פעולות הוראה, לוח אינטראקטיבי.

## מבוא

בשנים האחרונות התפרסמו מחקרים רבים שבחנו הוראת מתמטיקה בסביבה בה טכנולוגיה נגישה למורה ולתלמידים. חוקרים התמקדו באפיון ידע מורה הפועל בסביבה טכנולוגית (למשל, Mishra & Koehler, 2006). אחרים פיתחו מסגרות תיאורטיות לאפיון פעולות של מורים בסביבה זו, במטרה לסייע בתהליכי למידת מתמטיקה של תלמידיהם (למשל, Trouche, 2004). אולם, כיתות רבות מצוידות במקור ומחשב אחד בלבד, כלומר הטכנולוגיה נגישה רק למורה. לכן, עלה צורך להתאים/לפתח מסגרת לבחינת פעולות המורה בסביבה בה הלומדים אינם מצוידים בטכנולוגיה.

מחקר זה עקב אחרי מורים למתמטיקה, שעשו הסבה ממקצוע בתחום ההיי-טק להוראה, בשתי סביבות בהן רק המורה משתמש בטכנולוגיה. האחת, כוללת מחשב ומקרן, ובשנייה, נוסף לוח אינטראקטיבי ("לוח חכם"). מטרת המחקר להציע מסגרת תיאורטית בעזרתה ניתן לאפיון פעולות הוראה, ולהפעילה על מקרי-בוהן אחדים. בנוסף, לבחון את ידע המורים ולחפש זיקה בין ידע ופעולות הוראה של המורים המתבצעות בסביבות אלו. שימוש בכמה מקרי-בוהן מאפשר לזהות נקודות דמיון ושוני בין המקרים.

## סקר ספרות

TPACK Technological Pedagogical Content Knowledge היא מסגרת תיאורטית שנועדה לתאר את הידע הדרוש למורה המלמד בסביבה טכנולוגית, שהוצעה על ידי Mishra and Koehler (2006), בהתבסס על המסגרת שהציע Shulman (1986). תיאור תחומי הידע השונים המרכיבים את ה-TPACK:

1. TK Technological Knowledge – ידע לגבי שימוש בסביבה טכנולוגית.
2. CK Content Knowledge – ידע לגבי תחום התוכן של ההוראה.
3. PK Pedagogical Knowledge – ידע בנוגע לשיטות הוראה ותהליכי למידה.
4. TPK Technological Pedagogical Knowledge – ידע לגבי שילוב טכנולוגיה בהוראה.
5. TCK Technological Content Knowledge – ידע לגבי לימוד המקצוע בסביבה טכנולוגית.
6. PCK Pedagogical Content Knowledge – ידע פדגוגי ספציפי לתחום התוכן, בדומה להגדרתו של Shulman (1986).
7. TPACK Technological Pedagogical Content Knowledge – תחום הידע המשלב את כולם יחד. היכולת לשלב בצורה טובה את הטכנולוגיה המתאימה להוראת המקצוע המסוים.

בעקבות הצגת מודל ה-TPACK, נערכו מחקרים רבים שבחנו את הידע של מורים והתפתחותו, ובפרט מחקרים שבחנו TPACK עבור לימוד מתמטיקה. Hofer and Harris (2010) טענו כי שילוב הטכנולוגיה בהוראה ובלמידה בכיתה הוא מורכב יותר ממה שחשבו תחילה. מחקרים קודמים שעקבו אחרי מורים המלמדים מתמטיקה בסביבה טכנולוגית, מצאו כי למורים ידע PCK חזק אך ידע TK חלש (Drijvers, Tacoma, Besamusca, Doorman, & Boon, 2013; Voogt, Fisser, Pareja, )

(Tondeur, & Braak, 2013). מחקר זה משתמש במסגרת התיאורטית TPACK כדי לנתח ידע מורים, אך בשונה ממחקרים קודמים, למשתתפים ידע TK חזק.

המסגרת התיאורטית שנקראת "Instrumental Orchestrations" (IO) שפותחה בשנים האחרונות (Drijvers, Tacoma, Besamusca, Doorman & Boon, 2013; Tabach, 2011; Trouche, 2004) שמטרתה לאפיין פעולות של מורים בסביבה טכנולוגית הנגישה הן למורה והן לתלמידים אינה מתאימה במקרים שנבחנו במסגרת מחקר זה. לפיכך, עלה צורך להגדיר מסגרת תיאורטית נוספת. המסגרת התיאורטית שפותחה במחקר זה, מתייחסת לשלושה רבדים המנותחים במקביל: (1) מטרת המורה במהלך השיעור (2) האמצעי הטכנולוגי שנבחר ו- (3) אופן השימוש בו. הפיתוח נשען על מחקרים שבחנו שילוב טכנולוגיה בהוראה.

Blau (2011) בחנה היבטים פדגוגיים של שילוב לוח אינטראקטיבי בהוראה. היא בחנה, בין השאר, אינטראקציות של תלמיד מול מורה או עמיתים, ואינטראקציה של מורה-לוח או תלמיד-לוח. בהשראת חלוקה זו, מחקר זה מציע הבחנה דומה לגבי מטרותיו של המורה למתמטיקה בשיעור (ראה טבלה 2). רותם ופלד (2008) הבחינו באופני לימוד שונים באמצעות טכנולוגיה בעזרת שימוש במושג **עצמי למידה** (learning object), כדי לאפיין את אופני השימוש בטכנולוגיה. מחקר זה נעזר בהבחנה של Wiley (2000) לגבי עצמי למידה. עצמי למידה הם למעשה טיפוסים של יחידות לימוד דיגיטליות קטנות יחסית בהיקפן, הניתנות לשימוש חוזר ולמטרות למידה. Wiley (2000) הבחין בחמישה טיפוסים של עצמי למידה.

1. יסודי (Fundamental) – לדוגמה: תמונה של יד המנגנת אקורד על לוח הקלידים של הפסנתר.
  2. משולב-סגור (combined-closed) – לדוגמה: קטע וידאו המציג יד המנגנת אקורד על לוח הקלידים של הפסנתר, מלווה בצלילים עצמים.
  3. משולב-פתוח (combined-open) – לדוגמה: דף אינטרנט המשלב בצורה דינמית את טיפוסים 1 ו-2 המלווים בקטע טקסט.
  4. יצירתי-ייצוגי (generative-presentation) – לדוגמה: יישומון אנימציה, כאשר היישומון מציג סדרה של תווים, סולמות ומפתחות וממקם אותם כך שהתלמיד יידרש למלא מטלה (לפתור בעיה) מוזיקלית שעיקרה זיהוי אקורד נתון.
  5. יצירתי-הוראתי (generative-instructional) – לדוגמה: מטלת ביצוע הכוללת הנחיות כלליות והנחיית הלומד בשלבי העבודה/התרגול.
- לצורך מחקר זה, באופן דומה אפשר להבחין בשלושה טיפוסים של דרכי הוראה-למידה המתאימים למידה בשיעור פרונטלי ממוחשב:

1. הצגה סטטית – הצגת מסמך, תמונה בודדת או מצגת (מקביל לטיפוס 1).
2. הצגה כוללת מולטימדיה – שימוש באמצעי המחשה או הדגמה הכולל מולטימדיה (סרטונים, אנימציות, סימולציות) (מקביל לטיפוס 2 או 3).
3. יישומון – שימוש בכלים דיגיטליים להמחשה. כלי שיש בו יכולת למניפולציה או אינטראקציה עם החומר באמצעות מגע, מקלדת, עכבר (מקביל לטיפוס 4).
4. טיפוס 5 מתאים למצב בו גם ללומדים יש טכנולוגיה, ולכן לא נעשה בו שימוש במחקר זה, אולם עלה צורך להבחין בעוד טיפוס של דרך הוראה-למידה:
4. שימוש בתוכנה שמוצגת על הלוח כמערכת לארגון למידה ותכנים – המורה מארגן את התכנים הנלמדים בשיעור בתוכנה הניתנת לעריכה. התלמידים צופים ויכולים להשפיע על המוצג.

## מתודולוגיה

### שאלות המחקר

מחקר זה כולל ארבעה מקרי-בוהן. שתי השאלות הראשונות מתייחסות לכל מקרה בנפרד והשאלה השלישית קושרת ביניהם.

- (1) מהן דרכי ההוראה בהן נוקט מורה בסביבה טכנולוגית בכיתה שבה מחשב ומקרן?
- (2) מהם מרכיבי הידע של המורה?
- (3) מהן נקודות הדמיון והשוני בין המורים שונים שנחקרו?

## אוכלוסיית המחקר

אוכלוסיית המחקר כוללת ארבעה מורים למתמטיקה (מאיר, גלעד, אלי ורותם. כולם שמות בדויים) שלמדו באותה תכנית הסבת אקדמאים ממקצוע בתחום ההייטק להוראת מתמטיקה. כל המורים מלמדים בכיתות שיש בהן מחשב אחד ליד המורה, לוח רגיל, ומקרן. בנוסף, לשניים מהמורים יש לוח אינטראקטיבי. בכל הכיתות לתלמידים אין טכנולוגיה.

## כלי המחקר

המחקר השתמש בשני כלים: ריאיון ותצפית. נערכה צפייה בשלושה שיעורים ולאחריה נערך למורה ריאיון חצי מובנה כדי לברר את הידע שלו לפי מסגרת ה-TPACK. הראיונות והתצפיות תועדו באמצעות וידאו ותומללו במלואם. בנוסף, נערכו רשימות שדה במהלך הצפייה בשיעורים.

## אופן ניתוח הנתונים

הריאיון של כל אחד מהמורים נותח על-פי המסגרת התיאורטית TPACK כמתואר בטבלה 1. התצפיות בשיעורים של כל אחד מהמורים נותחו בעזרת המסגרת אשר פותחה במחקר זה. כאמור, המסגרת מורכבת משלושה רבדים: מטרת המורה בהוראה באמצעות הטכנולוגיה (טבלה 2), האמצעי הטכנולוגי בו המורה משתמש (טבלה 3) ואופן השימוש באמצעי הטכנולוגי (טבלה 4).

### טבלה 1. הדרכים בהם יזוהו מרכיבי הידע של המורה לפי מסגרת ה-TPACK

סוג הידע	דרכים לזהות את הידע	דוגמאות
TK	<ul style="list-style-type: none"> <li>המורה ידבר על משהו שקשור להפעלה של המחשב או להפעלת תוכנת מסוימת.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>היכן לשמור קובץ.</li> <li>איך להפעיל את התוכנה.</li> </ul>
PK	<ul style="list-style-type: none"> <li>המורה ידבר על משהו שקשור להוראה ולמידה (בלי קשר לתוכן מתמטי).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>שיטות הוראה ולמידה.</li> <li>משמעת בכיתה.</li> </ul>
CK	<ul style="list-style-type: none"> <li>המורה ידבר על ידע מתמטי.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>מהי נגזרת?</li> <li>איך פותרים משוואה?</li> </ul>
PCK	<ul style="list-style-type: none"> <li>המורה ידבר על אופן ההוראה ולימוד המתמטיקה.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ההבנה של מה משפיע על הלימוד בתחומי תוכן שונים.</li> <li>מה נתפס בעיני התלמידים כנושא קל או קשה.</li> <li>תפיסות שגויות של תלמידים.</li> <li>התפיסות הקודמות איתם הגיעו התלמידים.</li> <li>היכולת הטובה ביותר לתת דוגמאות, אנלוגיות וכדומה.</li> </ul>
TPK	<ul style="list-style-type: none"> <li>המורה ידבר על הפעלת הטכנולוגיה בדרך שבה אפשר לשלב אותה בהוראה (בלי קשר לתוכן).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>איך להשתמש בלוח האינטראקטיבי להוראה.</li> <li>יתרונות השימוש בטכנולוגיה להוראה.</li> </ul>
TCK	<ul style="list-style-type: none"> <li>המורה ידבר על הפעלת התוכנה בדרך שבה אפשר להציג בה תוכן מתמטי.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>הסבר על תוכנה מסוימת ללימוד מתמטיקה.</li> </ul>
TPACK	<ul style="list-style-type: none"> <li>המורה ידבר על הפעלת התוכנה בדרך שבה אפשר לשלב אותה להוראת ולימוד מתמטיקה.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>איך לבחור את הייצוג הדיגיטאלי לתוכן הנלמד.</li> <li>איך לבחור טכניקה פדגוגית שתסתייע בטכנולוגיה ללמד תוכן מסוים.</li> <li>המורה ידבר על ידע מסוים שהוא קל או קשה להבנה וכיצד יכולה הטכנולוגיה לפשט אותו.</li> </ul>

## טבלה 2. מטרת המורה בהוראה

סוג הפעולה	דרכים לזהות את סוג הפעולה
הוכחת טענה Proving (Prov)	המורה מוכיח טענה מתמטית.
רעיון Concept (ExpC)	המורה מסביר רעיון מתמטי או מציג טענה מסוימת.
טכניקה Technique (ExpT)	המורה מסביר את הטכניקה לפתרון באופן כללי.
איך לפתור תרגיל How to Solve (ExpH2S)	המורה מסביר איך לפתור תרגיל בנושא מסוים או עושה חזרה בנושא מסוים. התרגול או החזרה נעשים במליאת הכיתה.
תרגול בהנחיית המורה Monitor & Guide (M&G)	הכיתה מתרגלת נושא מסוים והמורה יכול להסתובב ביניהם.
ארגון Management (Mng)	המורה עוסק בנושאים כללים או מנהלתיים, כמו הודעות, מתן שיעורי בית וכדומה.

## טבלה 3. האמצעי להצגת התוכן המוקרן

סוג התוכנה	דרכים לזהות את סוג התוכנה
תוכנה מתמטית Math Program (MP)	תוכנה שיכולה לפעול על עצמים מתמטיים. כמו למשל: נוסחאות מתמטיות, גרפים, צורות גאומטריות, חישובים וכדומה. לדוגמה: גיאוגברה ו-Excel.
תוכנה לא מתמטית Math Program (nMP)	תוכנה שלא יכולה לפעול על עצמים מתמטיים. יש אפשרות שהתוכנה יכולה להציג עצם מתמטי. לדוגמה: Word, Acrobat Reader, PowerPoint ו-ActivInspire (תוכנת העריכה של הלוח האינטרקטיבי).

Not applicable (Na) – כאשר לא הוצג תוכן על-ידי המקרן.  
הסימן ! יתווסף כשיש תקלה /עיכוב הקשור לטכנולוגיה שהמורה מטפל בזה במקביל להוראה שלו

## טבלה 4. אופן השימוש באמצעי הטכנולוגי

אופן השימוש	דרכים לזהות את סוג השימוש	הבחנה
הצגה סטטית (Stat)	שימוש בתוכנה להצגת מסמך או תמונה או שילוב שלהם כדף בודד או יותר (מצגת), בדומה למטול שקפים.	אינטראקציה או למניפולציה לא ניתן
הצגה כוללת מולטימדיה (MM)	שימוש באמצעי המחשה או הדגמה הכולל מולטימדיה, כמו למשל: סרטונים, אנימציות, סימולציות.	אינטראקציה או למניפולציה לא ניתן
יישומון (Applet)	שימוש בכלים דיגיטליים להמחשה שיש להם יכולת למניפולציה או אינטראקציה עם החומר באמצעות מגע, מקלדת, עכבר.	אינטראקציה או למניפולציה כן ניתן
מערכת לארגון למידה ותכנים (OrgTeach)	שימוש בתוכנה שמוצגת על הלוח לארגון התכנים הנלמדים בשיעור. התוכנה משמשת לעריכה התכנים. התלמידים צופים ויכולים להשפיע על המוצג. לדוגמה: Word או ב-PowerPoint או בתוכנה של הלוח אינטראקטיבי.	אינטראקציה או למניפולציה כן ניתן

במקרה של מורה שמלמד בלוח רגיל יתווסף במידת הצורך לאופן השימוש מאפיין נוסף:  
Write Beside (WB) – כאשר המורה כותב ליד מה שמוקרן. Write On (WO) – כאשר המורה כותב על מה שמוקרן.  
not Write(nW) – כאשר המורה לא כותב על מה שמוקרן.

**ממצאים**

ניתוח דרכי ההוראה עבור כל מורה יוצג בנפרד, ולאחר מכן יוצג ניתוח ידע עבור כל המורים יחד.

**דרכי ההוראה של המורה מאיר כפי שעלו מהתצפיות**

מאיר לימד בכיתה בה לוח אינטראקטיבי ולוח רגיל, אך השתמש רק בלוח האינטראקטיבי להקרנת תוכן ולכתיבה. הוא השתמש בגיאוגברה, בקבצים מוכנים או בשרטוטים שיצר במהירות. כאשר מאיר כתב על הלוח האינטראקטיבי הוא השתמש בו בדומה ללוח רגיל. טבלה 5 מסכמת את ניתוח התצפיות בשיעורים של המורה מאיר וממוינת לפי מטרת ההוראה.

**טבלה 5. התפלגות דרכי ההוראה בשלושת השיעורים הנצפים של המורה מאיר**

מטרת ההוראה	האמצעי הטכנולוגי	אופן השימוש באמצעי הטכנולוגי
ExpC הסבר מושג (56%)	MP (42%)	Applet (42%)
	nMP (14%)	OrgTeach (14%)
ExpT הסבר טכניקה (2%)	MP (2%)	OrgTeach (2%)
ExpH2S הסבר כיצד לפתור (24%)	nMP (24%)	OrgTeach (24%)
Mng ארגון (18%)	nMP (12%)	Stat (12%)
	Na (6%)	

הערה: האחוזים מעוגלים למספרים שלמים

**דרכי ההוראה של המורה גלעד כפי שעלו מהתצפיות**

גלעד לימד בכיתה בה לוח אינטראקטיבי ולוח רגיל, אך השתמש רק בלוח האינטראקטיבי להקרנת תוכן ולכתיבה. הוא השתמש בגיאוגברה, בקבצים מוכנים או בשרטוטים שיצר במהירות. כאשר גלעד כתב על הלוח האינטראקטיבי הוא השתמש מידי פעם ביכולת העריכה של הלוח (שינוי צבע, הזזה, הקטנה, שרטוט קווים וכדומה). טבלה 6 מסכמת את ניתוח התצפיות בשיעורים של המורה גלעד וממוינת לפי מטרת ההוראה.

**טבלה 6. התפלגות דרכי ההוראה בשלושת השיעורים הנצפים של המורה גלעד**

מטרת ההוראה	האמצעי הטכנולוגי	אופן השימוש באמצעי הטכנולוגי
Prov הוכחת טענה (6%)	nMP (6%)	OrgTeach (6%)
ExpC הסבר מושג (58%)	MP (18%)	Stat (8%)
	nMP (40%)	Applet (10%)
		Stat (13%)
		OrgTeach (27%)
ExpT הסבר טכניקה (11%)	MP (1%)	Applet (1%)
	nMP (10%)	OrgTeach (10%)
ExpH2S הסבר כיצד פותרים (13%)	nMP (13%)	OrgTeach (13%)
Mng ארגון (12%)	nMP (5%)	Stat (4%)
		OrgTeach (1%)
	Na (7%)	

הערה: האחוזים מעוגלים למספרים שלמים

### דרכי ההוראה של המורה אלי כפי שעלו מהתצפיות

אלי לימד בכיתה ללא לוח אינטראקטיבי, כיתה שבה מחשב ומקרן אשר היה מכוון ללוח רגיל. אלי השתמש בגיאוגברה, בקבצים מוכנים או בשרטוטים שיצר במהירות. כאשר היה מוקרן תוכן על הלוח, הוא כתב עם הטוש המחיק על וליד מה שמוקרן. טבלה 7 מסכמת את ניתוח התצפיות בשיעורים של המורה אלי וממוינת לפי מטרת ההוראה.

#### טבלה 7. התפלגות דרכי ההוראה בשלושת השיעורים הנצפים של המורה אלי

מטרת ההוראה	האמצעי הטכנולוגי	אופן השימוש באמצעי הטכנולוגי	שינוי שהמורה עושה המתבצע בכתב יד על הלוח בעזרת הטוש המחיק
Prov הוכחה (9%)	MP (8%)	Stat (2%)	WO & WB (2%)
		Applet (7%)	WO & WB (7%)
ExpC הסבר מושג (46%)	MP (44%)	Stat (25%)	WO (7%) WB (11%) WO & WB (7%) WO (12%) WO & WB (6%) nW (1%)
	Na (2%)	Applet (19%)	
ExpH2S הסבר כיצד פותרים (36%)	Na (36%)		
M&G תרגול מונחה (6%)	MP (6%)	Stat (6%)	nW (6%)
Mng ארגון (3%)	Na (3%)		

Write Beside (WB) – כאשר המורה כותב ליד מה שמוקרן.

Write On (WO) – כאשר המורה כותב על מה שמוקרן.

not Write(nW) – כאשר המורה לא כותב על מה שמוקרן.

#### הצגה וניתוח דרכי ההוראה של המורה רותם כפי שעלו מהתצפיות

המורה רותם לימד בכיתה ללא לוח אינטראקטיבי, כיתה שבה מחשב ומקרן. האמצעי הטכנולוגי בו השתמש היה ספר דיגיטלי בלבד. כאשר היה מוקרן תוכן על הלוח, רותם כתב עם הטוש על וליד מה שמוקרן. טבלה 8 מסכמת את ניתוח התצפיות בשיעורים של המורה רותם ועל פי מטרת ההוראה.

#### טבלה 8. התפלגות דרכי ההוראה בשלושת השיעורים הנצפים של המורה רותם

מטרת ההוראה	האמצעי הטכנולוגי	אופן השימוש באמצעי הטכנולוגי	שינוי שהמורה עושה המתבצע בכתב יד על הלוח בעזרת הטוש המחיק
ExpC הסבר מושג (9%)	Na (1%)	Stat (8%)	nW (4%) WB (3%) WO & WB (1%)
ExpT הסבר טכניקה (2%)	nMP (8%)	Stat (2%)	nW (2%)
ExpH2S הסבר כיצד פותרים (73%)	nMP (73%)	Stat (73%)	nW (1%) WO (21%) WB (37%) WO & WB (14%)
Mng ארגון (16%)	Na (12%)		

nW (4%)	Stat (4%)	nMP (4%)
---------	-----------	----------

**הצגה וניתוח מרכיבי הידע של ארבעת המורים כפי שעלו מהראיונות**

ניתוח מרכיבי הידע של המורים נעשה בעזרת מחוון ה-TPACK שנבנה (טבלה 1). בטבלה 9 מוצגת תמונה כללית עבור כל המורים. האוכלוסייה שנחקרה במחקר זה היא ייחודית. מצד אחד, המורים מוכשרים מאוד מבחינה טכנולוגית ומבחינת ידע מתמטי, אך מצד שני הם חסרי ניסיון מבחינת ידע פדגוגי. לכל המורים, פרט לרותם, כל מרכיבי הידע שקשורים לטכנולוגיה חזקים עד חזקים מאוד. ניתן לראות כי לא כולם באותה רמה מבחינת ידע PK וגם מבחינת ידע PCK. ייתכן שכל אחד מהם עבר תהליך הכשרה קצת שונה בתכנית ההסבה בעקבות השוני בכיתות בהם צפו והתנסו בהוראה ובעקבות ההתנסות שלהם בהוראה מאז שסיימו את התכנית.

הממצאים מאמתים את הטענה של Voogt et al. (2013) כי ידע TK הוא תנאי הכרחי לקיום TPACK, בנוסף לידע PK ו-CK, וכי ידע TK טוב תורם ליכולת להסתגל לשינויים בקלות כאשר הכלים הטכנולוגיים מתעדכנים.

**טבלה 9. התפלגות מרכיבי הידע של המורים כפי שעלו מהראיונות**

TPACK	TCK	TPK	PCK	CK	PK	TK	
חזק	חזק	חזק	חלש	חזק	חלש	חזק	מאיר
חזק מאוד	חזק מאוד	חזק	בינוני	חזק	בינוני	חזק	גלעד
חזק	חזק	חזק	חזק	חזק	בינוני	חזק	אלי
חלש	חלש	חלש	חזק	חזק	חלש	חזק	רותם

**דיון**

מהן נקודות הדמיון והשוני בין המקרים שנחקרו?

מבחינת מטרת ההוראה, ניתן לראות (טבלה 10), כי כל המורים לימדו בשיטת מתן הסבר (ExpC, ExpT, ExpH2S), כ-80% מזמן ההוראה. כלומר, רוב הזמן המורים לימדו בשיטת המורה במרכז, המורה המרצה, המסביר. נתון זה מתאים לממצא של Zevenbergen and Lerman (2008) שחקרו הוראה בעזרת לוח אינטראקטיבי. הם טענו כי למרות הפוטנציאל הרב שיש ללוח אינטראקטיבי לטפח צורות חדשות של הוראה, הגישה הדומיננטית של המורים בשימוש בלוח אינטראקטיבי הייתה בהוראה מול כל הכיתה. לדבריהם, סגנון ההוראה זה לא תמיד מאפשר דיון משמעותי מכיוון שהוא עסוק בהפעלת הטכנולוגיה.

**טבלה 10. התפלגות מטרת ההוראה (ב-%) עבור כל אחד מהמורים**

מטרת ההוראה	מאיר	גלעד	אלי	רותם
Prov הוכחה		6	9	
ExpC הסבר מושג	56	58	46	9
ExpT הסבר טכניקה	2	11		2
ExpH2S הסבר כיצד פותרים	24	13	36	73
M&G פתרון מונחה			6	
Mng ארגון	18	12	3	16
סה"כ	100	100	100	100

הערה: המורים המסומנים באפור הם המורים שלימדו בלוח אינטראקטיבי

כשמצליבים מידע המופיע בטבלאות 9 ו-10, ניתן לקשר בין דרכי ההוראה של המורים לידע הפדגוגי (PK) שלהם. לכל המורים ידע פדגוגי (PK) חלש עד בינוני, ובשיעורים שלהם כולם לימדו בדרך

המסורתית של המורה במרכז. רוב הזמן המורים דיברו והסבירו לתלמידים, ורק אצל מורה אחד (אלי) היה פרק זמן קצר בו המורה הסתובב בין התלמידים שתרגלו לבד או בזוגות.

כל המורים השתמשו באמצעי הטכנולוגי בדרך של הצגת מסמך או שרטוט בצורה סטטית (טבלה 11). בנוסף, חלק מהמורים השתמשו ביישומון (Applet). המורים שלימדו בכיתה שבה היה לוח אינטרקטיבי נעזרו בטכנולוגיה לארגון תכני למידה (OrgTeach). בשיעורים שנצפו אף מורה לא השתמש בהצגה הכוללת מולטימדיה (MM), אך המורים סיפרו שהם כן משתמשים בדרך זו מידי פעם בשיעורים או לפני ואחרי השיעור.

Kaput (1998) שחקר שיטות הוראה במתמטיקה והדגיש את חשיבותם של ייצוגים חזותיים דינמיים למושגים מתמטיים, טען כי ייצוג חזותי דינמי מסייע בבניית הייצוג המנטאלי של המושג המתמטי. רוב המורים שהשתתפו במחקר זה השתדלו לשלב ייצוג חזותי ודינמי ללימוד מושג מתמטי (בעזרת התוכנה גיאוגברה), אך בפועל הם השתמשו הרבה מהזמן בייצוג סטטי. נתון זה תואם לטענתם של Hofer and Harris (2010) כי שילוב הטכנולוגיה בהוראה ובלמידה בכיתה הוא מורכב ומסובך יותר ממה שחשבו תחילה.

עוד ניתן לראות בטבלה 11 שרק המורים שלימדו עם לוח אינטראקטיבי השתמשו בטכנולוגיה לארגון תכני לימודים (OrgTeach). מורים אלה השתמשו רק בלוח האינטראקטיבי, בפרט לארגון תכני השיעור. כמו כן, הם השתמשו יותר בטכנולוגיה לעומת המורים האחרים (אחוז זמן Na אצלם יותר נמוך). לעומתם, המורים שלימדו בכיתות ללא לוח אינטראקטיבי לא השתמשו בתוכנת עריכה לארגון תכני לימודים (OrgTeach), כמו פתיחת דף Word לרישום הוכחה.

ניתן לראות בטבלה 11, שאחוז ה-Na אצל אלי דומה לאחוז ה-OrgTeach אצל מאיר וגלעד. למעשה, מאיר וגלעד כתבו את תכני השיעור על הלוח האינטראקטיבי, ובאופן דומה השתמשו אלי בלוח הרגיל. נתון זה עומד בהלימה למה שמצאו (2013) Drijvers et al., כי Board-Instruction, (המורה עומד ליד הלוח לפני הכיתה ללא שימוש בטכנולוגיה), היא יחסית נפוצה. לטענתם, נראה כי המורים לא הרגישו צורך לשנות באופן דרסטי את שיטת ההוראה שלהם.

המורה שיוצא דופן הוא רותם: הוא לא לימד עם לוח אינטראקטיבי, אך השתמש בטכנולוגיה כמעט בכל זמן השיעורים שנצפו (ראה טבלה 11). הוא יוצא דופן גם באופן השימוש (Stat), וכמעט כל הזמן עם אותה טכנולוגיה (ספר דיגיטלי).

**טבלה 11. התפלגות אופן השימוש באמצעי הטכנולוגי (ב-%) עבור כל אחד מהמורים**

אופן השימוש באמצעי הטכנולוגי	מאיר	גלעד	אלי	רותם
Stat סטטי	12	25	33	87
MM שימוש במולטימדיה				
Applet יישומון	42	11	26	
OrgTeach מערכת ניהול הוראה	40	57		
Na לא רלוונטי	6	7	41	13
סה"כ	100	100	100	100

הערה: המורים המסומנים באפור הם המורים שלימדו בלוח אינטראקטיבי

ניתן לראות בטבלה 12 שהמורים שלימדו ברמה של 4-5 יחידות, שהם גם בעלי TCK חזק, השתמשו בתוכנה מתמטית כדי ללמד. כל המורים פרט לאלי, השתמשו גם בתוכנות לא מתמטיות ללימוד: המורים בכיתה של הלוח האינטראקטיבי השתמשו בעיקר בתוכנה לארגון תוכני הלמידה, ורותם השתמש בהצגת הספר הדיגיטלי.

הקושי של המורים בתחום הפדגוגיה ובכל מה שקשור בזה מתבטא גם באופן הלימוד שלהם וזאת בהתאמה למחקרם של Hofer and Harris (2010), שטענו כי שילוב הטכנולוגיה בהוראה ובלמידה בכיתה הוא מורכב יותר ממה שחשבו כאשר הוצגה המסגרת של TPACK (Mishra & Koehler, 2006). המורים שרוצים לשלב ביעילות את הטכנולוגיה בהוראתם חייבים לעשות סינתזה בין הידע שלהם בתכנית הלימודים, בין ידע בשימוש באסטרטגיות הוראה ובין ידע בשימוש בכלים טכנולוגיים המתאימים להוראה של המקצוע שלהם.

## טבלה 12. התפלגות האמצעי להצגת התוכן המוקרן (ב-%) עבור כל אחד מהמורים

האמצעי להצגת התוכן המוקרן	מאיר	גלעד	אלי	רותם
MP תוכנה מתמטית	44	19	58	
nMP תוכנה לא מתמטית	50	74		87
Na לא רלוונטי	6	7	41	13
סה"כ	100	100	99	100

## המלצות

מתוך ניסיון לאפיין את דרכי ההוראה של המורים ואת הידע של המורים המשתתפים במחקר זה, הוגדרו שתי מסגרות תיאורטיות חדשות: האחת היא מסגרת לניתוח עבודת מורה בסיטואציה שרק למורה יש גישה לטכנולוגיה, והשנייה היא מסגרת לאפיון מרכיבי הידע של מורה לפי TPACK בארבע רמות שונות: חלש, בינוני, חזק וחזק מאוד. מסגרות אלה יכולות להוות לעזר למחקרים דומים.

המלצה לתת יותר דגש על לימוד TCK ו-PCK בתכניות ההסבה לאקדמאים שמגיעים ממקצוע בתחום ההייטק להוראת מתמטיקה, כדי שיוכלו לשלב טכנולוגיה בהוראת המתמטיקה. בנוסף, כדאי להוסיף בשיעורי ההתנסות המעשית שיעורים שכוללים הוראה באמצעות טכנולוגיה.

## מקורות

- רותם, א' ופלד, י' (2008). לקראת בית ספר מקוון. רעננה: הוצאת מכון מופ"ת.
- Blau, I. (2011). Teachers for "Smart classrooms": The extent of implementing of an Interactive Whiteboard-based professional development program on elementary teachers' instructional practices. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, 7, 275-289
- Drijvers, P., Tacoma, S., Besamusca, A., Doorman, M., & Boon, P. (2013). Digital resources inviting changes in mid-adopting teachers' practices and orchestrations. *ZDM Mathematics Education*, 45(7), 987-1001.
- Hofer, M. & Harris, J. (2010). Differentiating TPACK development: Using learning activity types with inservice and preservice teachers. In C. D. Maddux, D. Gibson, & B. Dodge (Eds.). *Research highlights in technology and teacher education 2010* (pp. 295-302). Chesapeake, VA: Society for Information Technology and Teacher Education (SITE).
- Kaput, J. (1992). Technology and mathematics education. In D.A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 515-556). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Tabach, M. (2011). A Mathematics Teacher's Practice in a Technological Environment: A Case Study Analysis Using Two Complementary Theories. *Technology, Knowledge and Learning*, 16(3), 247-265.
- Trouche, L. (2004) Managing the complexity of the human/machine interaction in computerized learning environments: guiding students' command process through instrumental orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9(3), 281-307.
- Voogt, J., Fisser, P., Pareja Roblin, N., Tondeur, J., & van Braak, J. (2013) Technological pedagogical content knowledge – a review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(2), 109-12.

- Wiley, D. (2000). Connecting learning object to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. Utah State University.
- Zevenbergen, R., & Lerman, S. (2008). Learning environments using interactive whiteboards: New learning spaces or reproduction of old technologies? *Mathematics Education Research Journal*, 20(1), 108-126.