

שילוב יישומונים מתמטיים ברצף ההוראה

דו"ח מסכם

פרויקט במימון לשכת המדען הראשי, משרד החינוך

מרץ 2017 – פברואר 2020

פרופ' מיכל טבח, ד"ר ארנון הרשקוביץ, ד"ר ענת כהן

בית הספר לחינוך, אוניברסיטת תל אביב

פרופ' קובי גל

הפקולטה למדעי ההנדסה, אוניברסיטת בן גוריון בנגב

פברואר 2021, שבט התשפ"א

תוכן עניינים

1.	תקציר מנהלים.....	4
1.1.	רקע.....	4
1.2.	היבטים מתודולוגיים.....	4
1.3.	המלצות לאנשי המקצוע.....	4
2.	רציונל ושאלות מחקר.....	6
3.	שילוב יישומונים מתמטיים כחלק אינטגרלי מרצף ההוראה.....	7
3.1.	אילו סוגים של מטה-דאטה צריך להיות מסופק למורים, על מנת לאפשר להן קבלת החלטות מושכלת בנוגע לרלוונטיות של יישומונים מתמטיים ברצף ההוראה?	7
3.1.1.	רקע תיאורטי.....	7
3.1.2.	בניית מסגרת תיאורטית ויישומית מבוססת מטה-דאטה לבחירה מושכלת של יישומונים מתמטיים להוראה ולאופן שילובו בהוראה.....	17
3.1.3.	המחקרים האמפיריים.....	18
3.2.	כיצד יכולים יישומונים מתמטיים להשתלב באופן מובנה ברצף ההוראה, בהתאם לתפיסה החינוכית של המורה?	26
3.3.	מקורות לפרק זה.....	27
4.	כלים מבוססי-דאטה שסייעו למורים בקבלת החלטות.....	33
4.1.	כיצד להחזות מידע למורים, על מנת לסייע להם להבין מהו השימוש-בפועל של תלמידים ביישומונים מתמטיים ולתמוך בתלמידיהם?	33
4.1.1.	סקירת ספרות.....	36
4.1.2.	מחקר כמותי.....	47
4.1.3.	מחקר כמותי.....	77
4.2.	כיצד לספק למורים המלצות מבוססות-דאטה שתסייענה להם להתאים אישית חומרי למידה לתלמידיהם?	102
4.2.1.	סקירת ספרות.....	102
4.2.2.	האלגוריתם להמלצה – רקע תיאורטי.....	105
4.2.2.4.	NCFR.....	109
4.2.3.	תוצאות אמפיריות.....	111
4.2.4.	תיאור המחקר.....	116
4.2.5.	מתודולוגיה.....	116
4.2.6.	ממצאים.....	120
4.2.7.	דיון ומסקנות.....	130
4.3.	מקורות לפרק זה.....	132
5.	למידה.....	147
5.1.	מהם מסלולי הלמידה של תלמידים שמוריהם השתתפו במחקר, לעומת כאלו שמוריהם לא השתתפו בו ואשר השתמשו באותם יישומונים מתמטיים?	147

מהם ההישגים הלימודיים של תלמידים שמוריהם השתתפו במחקר, לעומת כאלו שמוריהם לא השתתפו במחקר?	147	5.2
מתודולוגיה	147	5.2.1
ממצאים	149	5.2.2
מחקר המשך	152	5.2.3
קשיים ואתגרים	153	6
שיתוף פעולה עם מפתחים של סביבות למידה מקוונות למתמטיקה	153	6.1
גיוס מורים ובתי ספר לצורך הפעלת הפרויקט	153	6.2
הרחבת מקורות המידע לנתונים	153	6.3
המלצות	155	7
המלצות מעשיות לאנשי חינוך	155	7.1
המלצות להמשך מחקר	155	7.2
תוצרי הפרויקט (פרסומים)	157	8
מאמרים בכתבי עת (בשילוב שונים של עבודה)	157	8.1
הצגות בכנסים	157	8.2
עבודות תזה (M.A.) ודוקטורט (Ph.D.)	158	8.3
סיכום אישי	160	9

1. תקציר מנהלים

1.1. רקע

שילוב טכנולוגיה דיגיטלית בחינוך מתמטי הופך לפרקטיקה מקובלת בעשורים האחרונים. בפרט, שימוש של תלמידים ביישומונים מתמטיים (mathematical applets), המעצים את הלמידה. קיימת הסכמה רחבה כי על מנת להשיג שילוב מוצלח, ההוראה והלמידה צריכות להיות מתוכננות היטב לשימוש ביישומונים מתמטיים, המורה צריך לנצל על ההוראה באופן אפקטיבי והיישומונים צריכים להיות שזורים בתכנית הלימודים באופן שיטתי ועקבי. עם זאת, למרות ריבוי העדויות אודות תרומת היישומונים בחינוך מתמטי, רמת האימוץ של שימוש בהם בפועל נותרה נמוכה. לפיכך, מטרתנו היתה כפולה: (1) לעודד שינוי פדגוגי משמעותי וארוך טווח בקרב מורים למתמטיקה בנוגע לשילוב יישומונים מתמטיים כמשאב מרכזי ברצף ההוראה באופן שיטתי ומובנה; כתוצאה מכך, (2) לשפר את דפוסי הלמידה של התלמידים תוך שימוש ביישומונים אלו. מטרת אלו הושגו על ידי שילוב של פיתוח ומחקר והובילו אותנו לגבש סדרה של המלצות מעשיות.

1.2. היבטים מתודולוגיים

המחקר כלל מרכיבים שונים, אשר יושמו באמצעות מתודולוגיות שונות. **פיתוח המסגרת לבחירת יישומונים מתמטיים להוראה** התבסס על חקר מטה-דאטה של יישומונים מתמטיים במאגרים קיימים באינטרנט ועל ראיונות עם מורים. **תכנית להתפתחות מקצועית** פותחה, יושמה, הוערכה ועודכנה על בסיס ריבוי חקרי מקרה לאורך המחקר כולו. **פיתוח כלים תומכי החלטה למורים מבוססי נתונים** התבצע באמצעות שיטות מתחום למידת המכונה (machine learning), על בסיס ניתוח נתונים המצטברים בקבצי יומן, אשר מתעדים את האינטראקציה של התלמידים עם היישומונים המתמטיים. **הערכת הלמידה של התלמידים** התבססה על קבצים דומים, תוך שיטות מתחום ניתוח הלמידה (learning analytics). בנוסף, שילבנו גם שיטות מחקר כמותיות ואיכותניות מסורתיות, על מנת להעשיר עוד יותר את הידע המחקרי הרב שהצטבר בפרויקט.

1.3. המלצות לאנשי המקצוע

פיתוח מקצועי בשילוב טכנולוגיות בהוראת המתמטיקה. הצורך לשלב טכנולוגיה במעשה ההוראה היומיומי אינו מוטל עוד בספק. ברור כי מורות צריכות סיוע בבואן לבחור מה לשלב וכיצד. נראה שליווי מקצועי לאורך זמן, יש בכוחו לפתח אצל המורה כישורים שיסייעו לה להפוך לבת-אורייין בשילוב טכנולוגיה בהוראת המתמטיקה. לאורך ההשתלמות ראינו תהליך בו מורות עברו מהתבוננות ביישומון כהפוגה "קומית" במהלך השיעור למרכיב אשר יכול לקדם ידע של תלמידים בשלבים השונים בשיעור. לצורך כך, הן למדו לנתח מהו הידע הקודם הדרוש לתלמיד כדי להשתמש ביישומון נתון, מהי רמת החשיבה הנדרשת, מה היישומון מקדם, וכיצד ניתן לנצל אותו כבמה להצמחה של שאלות ברמת חשיבה גבוהה יותר. כל זה הושג בהשתלמות בהיקף של 30 שעות. אולם, רוב המערכות מספקות בנוסף גם מידע על פעילות התלמידים במערכות, כולל חיתוכים שונים שהמורה יכולה להסתייע בהן על מנת לנצל ביעילות את זמנה במהלך השיעור. ראינו כי יש צורך להבין את הדיווחים השונים הקיימים במערכת על מנת שהמורה תמצא את זה המתאים לצרכיה – מבחינת עומס המידע הקיים.

פיתוח מקצועי מתמשך לכלל המורים. בבואנו לגייס מורות להשתלמות, נתקלנו לעיתים קרובות בתגובה האומרת: שילוב טכנולוגיה? כבר עשיתי! תגובה זו מעידה על מידת אי ההבנה של מורות באשר למגוון הרחב של יישומים

טכנולוגיים הקיימים לטובת הוראת מתמטיקה, ועל מידת ההתמקצעות הדרושה בקבוצות של כלים. לא דומה שילוב יישומונים מישחקיים לשילוב סביבות פתוחות או להפעלה של ספר לימוד דיגיטאלי. אנו מציעים לפיקוח לשקול באופן מחזורי השתלמויות ברמות שונות שייסיעו למורות לשכלל את שימושיהן ושיקולי הדעת שלהן.

קבלת החלטות נתמכת-נתונים. חלק משמעותי מפרויקט זה התבסס על נתונים שסמויים, בדרך כלל, מן העין. כפי שהדגמנו במגוון המחקרים שערכנו, השימוש בנתונים אלו עשוי לסייע רבות לטיוב תהליכי הוראה ולמידה. ברור שאין בכוונתנו להמליץ כי כל מורה צריך להיות אשף בניתוח נתוני עתק. עם זאת, חשוב להטמיע תהליכי קבלת החלטות שמבוססות על נתונים רבים ככל האפשר, גלויים וסמויים. את הנתונים הסמויים, בפרט מאפייני פעילות של תלמידים במערכות למידה מקוונות, יש להנגיש לאנשי חינוך באופן שיאפשר להם להבין אותם ולפעול בהתאם לתובנותיהם. וכמובן, יש להכשיר את אנשי החינוך לכך.

2. רציונל ושאלות מחקר

הכותרת הקצרה של הפרויקט, שילוב יישומונים מתמטיים ברצף ההוראה, טומנת בחובה מגוון נושאים וגישות מחקריות אשר השתלבו יחדיו על מנת להעשיר את הידע בתחום הוראת המתמטיקה בבתי הספר היסודיים. הגיוון הרעיוני והמחקרי הזה בא לידי ביטוי בשאלות המחקר, כפי שהוצגו בהצעת המחקר:

1. שילוב יישומונים מתמטיים כחלק אינטגרלי מרצף ההוראה
 - a. אילו סוגים של מטה-דאטה צריך להיות מסופק למורים, על מנת לאפשר להן קבלת החלטות מושכלת בנוגע לרלוונטיות של יישומונים מתמטיים ברצף ההוראה?
 - b. כיצד יכולים יישומונים מתמטיים להשתלב באופן מובנה ברצף ההוראה, בהתאם לתפיסה החינוכית של המורה?
2. כלים מבוססי-דאטה שיסייעו למורים בקבלת החלטות
 - a. כיצד להחזות מידע למורים, על מנת לסייע להם להבין מהו השימוש-בפועל של תלמידים ביישומונים מתמטיים ולתמוך בתלמידיהם?
 - b. כיצד לספק למורים המלצות מבוססות-דאטה שתסייענה להם להתאים אישית חומרי למידה לתלמידיהם?
3. למידה
 - a. מהם מסלולי הלמידה של תלמידים שמוריהם השתתפו במחקר, לעומת כאלו שמוריהם לא השתתפו בו ואשר השתמשו באותם יישומונים מתמטיים?
 - b. מהם ההישגים הלימודיים של תלמידים שמוריהם השתתפו במחקר, לעומת כאלו שמוריהם לא השתתפו במחקר?

להלן תשובותינו לשאלות המחקר, כפי שעלו ממצאי המחקרים שערכנו במסגרת הפרויקט.

3. שילוב יישומונים מתמטיים כחלק אינטגרלי מרצף ההוראה

3.1. אילו סוגים של מטה-דאטה צריך להיות מסופק למורים, על מנת לאפשר להן קבלת החלטות מושכלת בנוגע לרלוונטיות של יישומונים מתמטיים ברצף ההוראה?

לצורך מענה על שאלה זו, התבצע בשלב הראשון, תהליך חקר הספרות אודות המטה-דאטה של יישומונים מתמטיים במאגרים קיימים באינטרנט. בשלב השני, נבנתה מסגרת תיאורטית ויישומית מבוססת מטה-דאטה לבחירה מושכלת של יישומונים מתמטיים להוראה ולאופן שילובם בהוראה. מסגרת תיאורטית זו כללה את ממדי ההערכה של יישומונים מתמטיים הקיימים. המסגרת התיאורטית חברה בין שני מימדים: מימד חינוכי, המכיל את מכלול השיקולים הפדגוגיים-תכנים של המורה; ומימד טכני/טכנולוגי, המתאר את היישומונים. מסגרת זו היוותה בסיס לקיום השלב השלישי, בו נערכה סדרה של מחקרים אמפיריים (ראיונות עם מורים $N=18$; ופעילות תלמידים $N=205$). ניתוח הנתונים האמפיריים הובילו לפיתוח כלי בדמות מחוון לשילוב היישומונים. הניתוח התבצע על פי חלוקה לקטגוריות ושדות מטה-דאטה נחוצים שבאמצעותן ניתן להעריך את היישומון וכך לשלבו ברצף ההוראה. במשך הניתוח ובנית הכלי היתה התייחסות רבה לתשובות המורות לגבי שיקוליהן בנוגע לבחירת יישומונים ושילובם ברצף ההוראה המתמטית שלהן.

להלן תיאור מפורט של כל אחד מהשלבים:

3.1.1. רקע תיאורטי

כאמור, השלב הראשון כלל סקירה מקיפה על מודלים שונים של מטה-דאטה הקשורים לעולם החינוך והלמידה. מן הספרות עולה כי בפני המורים, אשר מעוניינים לנצל את כוחה של הטכנולוגיה ולהשתמש בחומרים אלו באופן מושכל, עומדים שני אתגרים משמעותיים. האחד, בבחירת החומרים היינו, אילו חומרי למידה יתאימו למטרות ההוראה בנושא אותו הם מלמדים? והשני, בשימוש מיטבי של חומרים אלו ברצף ההוראה - היינו, כיצד לשלב את החומרים הללו במהלך השיעור ואו במהלך לימוד של נושא מסוים לאורך שיעורים אחדים? בשתי הסוגיות הללו עוסק המחקר הנוכחי. על כן, מטרות הסקירה לספק עוגן תיאורטי למטרות המחקר המרכזיות, כפי שהוגדרו על ידי צוות המחקר: להבין מהו סוג המידע הנחוץ למורה בעת שילוב יישומונים ברצף ההוראה שלה; לזהות מאפיינים של יישומון אשר יאפשרו למורה שילוב מושכל שלו ברצף ההוראה; לבנות מחוון אשר באמצעותו המורה תוכל לגשת למאגרי המידע, לבחור את היישומון המתאים ולשלו בו ברצף ההוראה בכיתה.

3.1.1.1. שילוב כלים טכנולוגיים וחומרי למידה מקוונים בתהליכי הוראה ולמידה

שימוש בכלים טכנולוגיים לצורך הוראה נהיה דבר שכיח בימינו (Stehr, He, & Nguyen, 2018). רבות הפעמים שנעשה בהם שימוש לשם החדשנות ולשם הבאת גורם מרענן לתהליך ההוראה והלמידה שיעור מוטיבציה אצל הלומדים (Horzum, 2015; Smith, Shin, & Kim, 2017). לעיתים, הדבר מוביל לפיתוח של כלים טכנולוגיים חדשים, אשר אינם מותאמים בצורה מיטבית ללומד ושאינם מייחסים חשיבות לתוכן הפדגוגי. כך, שההחלטה להשתמש בטכנולוגיה מסוימת לצורכי הוראה ולמידה מבלי לקחת בחשבון את התוכן הפדגוגי, לא מניבה שום רווח חינוכי וגורמת לפספוס המטרה (Dębowska et al., 2013). יתר על כן, למרות השקעות ניכרות במחשבים, בחיבורי אינטרנט ובתוכנה לשימוש חינוכי, אין עדיין עדויות מוצקות לכך ששימוש מוגבר במחשב בקרב תלמידים מוביל לציונים טובים יותר במתמטיקה ובקריאה (OECD, 2015). בהמשך לטענה זו יש מחקרים הטוענים כי השימוש

בכלים טכנולוגיים אינו מעלה את רמת הביצועים או את רמת ההבנה כמעט בכלל (Drijvers, 2016). Cheung and Slavin (2013) טוענים ששימוש בטכנולוגיה משנה במעט את לימודי המתמטיקה, הם טוענים ששימוש בטכנולוגיה עוזר ללמידה, אך אינו פורץ דרך. מתוקף כך ניתן ללמוד שישנם חוקרים שעדיין לא משוכנעים בתרומת הטכנולוגיה ללימודי המתמטיקה ולחינוך בכלל. על כן, ניתן לראות שהיישומון עדיין לא קיבל מעמד של כבוד ככלי לימודי אפקטיבי ומוחלט, אך למרות זאת, מורות החלו לאמץ את השילוב בו בהוראה שלהן וברצף ההוראה (Gorev & Gurevich-Leibman, 2015).

לצד הביקורת שצויינה לעיל, בשנת 2016 ערך ה-OECD מחקר בו הדגישו את הנחיצות לאיכות הוראה במתמטיקה על ידי חומרים שנתמכים טכנולוגית. הם הראו כי אין שיפור ניכר בהישגי התלמידים במדינות שהשקיעו בצורה מסיבית בטכנולוגיות מידע ותקשורת (ICT). תוצאות אלו חשובות ונחוצות להבנה כי יש לשים דגש גדול על הערכת הכלים טרם כניסתם לכתה. Drijvers (2015) טוען כי לא מספיק לדעת אם כלים טכנולוגיים מסוימים טובים או רעים לפני השימוש, אלא שיש לבחון איך לשלב את הטכנולוגיה הזו כדי להרוויח לימוד מתמטי טוב ולעודד לימוד איכותי וברמה גבוהה.

כבר בשנת 2012 קמה "תכנית התקשוב הלאומי" "התכנית הלאומית - התאמת מערכת החינוך למאה ה-21" (המנהל למדע וטכנולוגיה, 2012). תכנית זו מסייעת לכניסת כלים טכנולוגיים למערכת החינוך ומסייעת למורים בשילוב כלים אלו בהוראה שלהם. מטרת התכנית הינה לקדם פדגוגיה חדשנית בבתי הספר על ידי עידוד המורים לשילוב מושכל של עולמות תוכן, ספרים, כלים וסביבות דיגיטליים בתהליכי הוראה, למידה והערכה ובכך להשביח את התהליכים הפדגוגיים והחינוכיים בישראל ("הענף החינוכי", אתר משרד החינוך, 2020). כחלק מהתקדמות משרד החינוך אל עבר למידה דיגיטלית, נוצרו כלים דיגיטליים שונים; הוקמו אתרים האוגרים בתוכם יישומונים, משחקי למידה, תרגולים, משובים ועוד. אתרים אלו הינם מאגרים, בהם ניתן למצוא יישומונים העוסקים ביחידות הלימוד השונות בתכנית הלימודים וכן מידע למורה לגבי השימוש בהם.

חלקם הגדול של מאגרי מידע חינוכיים אלו, הינם פתוחים לקהל הרחב, והם מכילים בתוכם חומרי למידה פתוחים (Open Educational Resources: OER). מאגרים אלו פתוחים לציבור, למורים ולתלמידים ומאפשרים גישה חופשית לחומרי לימוד מקוונים מעשירים ומעוררי תהליכי למידה שונים (De Liddo, 2010; DeRosa & Robison, 2017). מאגרים חינוכיים פתוחים (OER) מכילים קורסים, חומרי למידה, ספרי לימוד, קטעי וידאו, בדיקות, תוכנות, כלים או טכניקות אחרות המשמשים לתמיכה בגישה לידע (Hewlett, 2016). חומרי למידה אלו מצווים בחינם ברחבי הרשת האינטרנטית וניתן לעשות בהם שימוש חוזר, לשתף ואף לעצב את חומר הלמידה המתאים לך. המונח OER הוצג לראשונה בכנס של אונסק"ו בשנת 2000, בו דיברו על מתן גישה חופשית למשאבי חינוך בקנה מידה עולמי. מאז מכללות ואוניברסיטאות רבות פתחו את שעריהן בפני כל דורש והציגו את משאביהן לציבור, ביניהן MIT, Merlot ועוד.

Yaun, Macneill and kraan (2008) טוענים, שחומרי הלימוד הדיגיטליים המונגשים באמצעות האינטרנט (OER) מספקים רעיונות חדשים ללמידה והוראה ואף הזדמנויות לשיפור איכות ההוראה. הם מוסיפים ואומרים שנגישותם של חומרים אלו למורות מקלה ועוזרת לעורר עניין בדרך ההוראה וכך הן נחשפות לדרכים שונות לצורת הלימוד

הקלאסית שלהן. שימוש ב-OER יכול גם לאפשר למורה להקדיש פחות זמן לפיתוח יחידות הלימוד ולשים דגש על תמיכה בלמידה של תלמידים, המורה יכולה להתעסק יותר בלימוד מאשר בפיתוח תוצרי הלמידה (Choi & Carpenter, 2017). במחקרם של Arcos et al. (2016) ציינו המורים כי שימוש במאגרים חינוכיים פתוחים עוזר למורים לסייע לתלמידים ללמוד בצורה טובה יותר ופתוחה יותר. הם טענו שהתלמידים מפתחים למידה עצמאית, ושדרך הלמידה שלהם בעת שימוש במאגרים מדגישה את הלמידה שלהם.

אחד הסוגים הפופולריים בשנים האחרונות של חומרי למידה מקוונים הם היישומונים הלימודיים. יישומונים הם כלי עזר אינטראקטיביים (Pejuan, Bohigas, & Jaén, 2016) ובעיקרם הם תוכנות מחשב שפועלות בדרך כלל בסביבת האינטרנט וניתן אף להשתמש בהם במחשב הפרטי, בטאבלט ובפלאפון. בעולם החינוך משתמשים ביישומונים אלו על מנת להקנות נושאי לימוד שונים בצורה דיגיטלית - אינטרנטית. ניתן לומר כי היישומונים הם חלק מחיי כל לומד ומלמד בעידן הדיגיטלי, במערכת החינוך הפורמלי ובשנותיו המאוחרות. השימוש בהם חשוב היות ומחקרים מראים כי, גורמים אלו מעלים את רמת המוטיבציה של הלומד, וכי אמצעים חזותיים עוזרים ללמוד, להבין ולקשר לתוכן הפדגוגי יותר מחומרי למידה פיזיים, כמו ספרים (Kepple, Campbell, Hartshorne, & Herlihy, 2015).

ניתן לראות שלעיתים קרובות קשה למצוא יישומונים לימודיים שתואמים למטרות ההוראה ולמטרות הפדגוגיות בכל זמן נתון (Altherr, Wagner, Eckert, & Jodl, 2003). מציאת משאבים איכותיים העונים על המטרה הפדגוגית היא קשה בשל מספר גדול של אפשרויות לבחירה ומגוון של החומר הזמין (Peralta, Alarcon, Pichara, Cano, & Bozo, 2017). בחינת האפקטיביות של יישומונים אלו, נראית כטובה רק כשהיא מצליחה לענות על ההיבטים הפדגוגיים שהמורה צריך להעביר (Rohaani, Taconis, & Jochems, 2012). אפקטיביות היישומון נבחנת בהיבטים שונים כדוגמת היבטים פדגוגיים, מטרות הוראה, מראה, נוחות, צבעוניות ויצירתיות. כתוצאה משלל המאגרים, נוצר קושי בחיפוש ובחירת המאגר/ היישומון בצורה יעילה, מהירה וטובה (Pawlowski & Bick, 2012).

מחקר שפורסם בשנת 2012 הראה כי שימוש בכלים דיגיטליים בכיתות נמוכות הביאו לשיפור בהישגים המתמטיים של תלמידים אלו (Bokhove & Drijvers, 2012). בנוסף המחקר הראה כי שימוש בסביבה דיגיטלית בלימודי המתמטיקה, מגדילה את הישגי התלמידים בכיתות גבוהות יותר. מטרת היישומונים להמחיש לתלמידים נושאים במתמטיקה באופן פשוט, חזותי ואינטראקטיבי ובכך להעמיק את החשיבה (המרכז הישראלי למצוינות בחינוך, 2013). בהמשך ישיר לצמיחת המאגרים החינוכיים וריבויים צמחו גם מאגרי למידה מתמטיים אשר היו אמורים לסייע למורים לדרך לימוד קלה, מעניינת ומאתגרת יותר.

3.1.1.2. שילוב יישומונים מתמטיים בהוראה

במהלך שני העשורים האחרונים חלה התפתחות במגוון הרחב של יישומונים במתמטיקה. אינטראקציה עם האובייקטים על מסך המחשב הפכה קלה יותר ומהירה מאובייקטים פיסיים. יישומוני למידה מתמטיים ברשת, הידועים גם בשם Online Math Applets (OMAs), הם יישומונים מבוססי אינטרנט, דינמיים ובעלי ייצוג חזותי, אשר מציעים סביבת למידה אינטראקטיבית ללימוד מושגי מתמטיקה כך שבמהלכן תלמידים יוכלו להבין מספר גדול של ייצוג קונספטים של מתמטיקה (Demir, 2013). יישומונים מתמטיים לא מתקשרים רק לסביבה האינטרנטית

ולאוכליין, אלא גם בכל שדה שבו אנחנו רוצים ללמד, המורה צריכה מין מפת דרכים שתעזור לה לבחון ולדעת איך בדיוק להשתמש ביישומון ולאיזה צורך.

מחקרים מראים כי לימוד באמצעות יישומונים מתמטיים חשוב ביותר ללימוד מתמטיקה במאה ה-21 (NCTM, 2008). הם טוענים כי למידה באמצעות יישומונים מתמטיים, או כלים טכנולוגיים הקשורים ללימוד מתמטיקה מעלים את רמת המוטיבציה של הלומד, ובפרט שהם עוזרים ללמוד, להבין ולקשר לתוכן הפדגוגי יותר מחומריי למידה פיזיים, כמו ספרים (Kepple, Campbell, Hartshorne, & Herlihy, 2015). הם תורמים להבנה מושגית ומיומנויות חשיבה גבוהות יותר (Ronau et al., 2014). ניתן להשתמש ביישומונים אלו כדי לדמות תוכן מסוים או להציג רמות שונות של הפשטה בכדי לסייע לתלמידים להשיג הבנה טובה יותר. מפאת סיבות אלו, המורה משתמשת לעיתים באובייקטי מידע אלו בכדי להפשיט מושגים מורכבים לתלמידים, דבר שאולי היה להן קשה להמחשה (לדוגמה בלימודי גאומטריה) ללא אובייקטים אלו (Altherr, Wagner, Eckert & Jodl, 2003).

תכנון שיעור הוא חלק חיוני של ההוראה מכיוון שזה נותן למורים הזדמנויות לחזות את חשיבת התלמידים ופעולותיהם ובכך הם יכולים לבחון כיצד להשתמש בתגובות התלמידים הצפויות כדי לשפר את הבנת המתמטיקה שלהם (Smith & Stein, 2011). בבוא המורה לתכנן שיעור בשילוב של יישומונים, היא צריכה לקחת מספר גורמים בחשבון, כגון שהשיעור יהיה מעניין, שיענה על המטרות הפדגוגיות ושהיא תוכל ללמד את התכנים המצופים ממנה. נראה כי ישנו פער גדול בין שימוש חופשי ביישומונים, בהם המורה מוצאת לנכון להשתמש, לבין "הכתבה" מלמעלה באיזה יישום להשתמש. "הכתבה" כמובן נובעת מהצורך להיות צמוד לתוכן הפדגוגי אותו משרד החינוך מורה להקנות, זאת לצד בחירתה האישית והמושכלת של המורה – כיצד לעורר את הכיתה ולרתום אותה לשיעור עצמו (Avni & Rotem, 2016).

במחקר שנערך בשנת 2016, שאלו 102 מורים מתוך 12 בתי ספר יסודיים שונים בספרד שאלות לגבי המידע האישי שלהם, שאלו אותם על תפיסותיהם לגבי השפעת הטכנולוגיה ללמידה ושאלות על שימוש בסדרה של אפליקציות נבחרות בכיתה. במחקר נמצא כי למידה באמצעות יישומונים קשורה לתפיסת העולם של המורים וכיצד הטכנולוגיה הזו תשפיע על איכות הלמידה של התלמידים שלהם. במחקר זה המורים ציינו כי יש השפעה רבה ללימוד באמצעות יישומונים שיכולים לשפר מספר היבטים של למידה (Domingo & Garganté, 2016). מלבד לפיתוח החשיבה והבניית הידע המתמטי באמצעות יישומונים, ישנה השפעה נוספת המחזקת את ביטחון התלמיד מבחינה רגשית בלימודי המתמטיקה שלו. המחקר של Hung, Huang, and Hwang (2014) הראה כי התלמידים החלו לפתח מסוגלות עצמית ללימודי מתמטיקה והורדת רמת חרדה ממתמטיקה כשמשלבים את החומר הלימודי בצורת משחק מחשב ולא לפי הדרך המסורתית של לימוד בכיתה. הרגשה חיובית כלפי לימודי המתמטיקה חשובה כמעט כמו הלימודים עצמם, בדומה לטענת החוקרים Arcos and Beatriz (2016) שאמרו שמעבר ללמידת המתמטיקה יש לתלמידים ולמורים ערך מוסף בשימוש ביישומונים. שהתלמידים מפתחים ביטחון עצמי, ביטחון במתמטיקה שלהם ועמידה מול קהל.

בנוסף, מתן משוב מסייע ללומדים להבין את הידע המושגי ולתת להם הדרכה ברורה כיצד לשפר את הלמידה שלהם. כאשר יש הדרכה מובנית לשימוש ומשוב שיכול להוביל את הלמידה להבנות את המושגים הרצויים דרך המשחק הלמידה תהיה יותר רלוונטית ומשמעותית (Corbalan, Kester & Merrienboer, 2009). במחקר נוסף נמצאה קורלציה בין משוב להישגים בסביבות למידה ממוחשבת, מתן משוב ישיר ומידי על השימוש במשחקים המחשביים

יכול להפחית את התסכולים של התלמידים ולמנוע מהם לקבל אשליה של הבנה (Hsu & Tsai, 2013). כמו כן, בניית מסגרת לימודית כוללת יכולה לקדם את הלמידה של התלמיד בשימוש יישומונים מחשביים (Barzilai, 2014) & Blau). מתן מסגרת זו יכול לקדם את השימוש בתכנים בתוך המשחק.

3.1.1.3 מאגרי מידע מתמטיים

מאגרי מידע המכילים חומרי למידה דיגיטליים לשירות מורים התפתחו (Cohen, Kalimi, & Nachmias, 2013). מאגרים אלו – אשר הינם לרוב חינמיים (כמו, למשל, "הקטלוג החינוכי" של משרד החינוך) – מציעים חומרים ופעילויות בנושאים רבים ובפורמטים שונים, החל מטקסטים וסרטונים קצרים ועד למערכי שיעור שלמים. למורים, אם כן, ניתנת ההזדמנות להיעזר בחומרי למידה קיימים על מנת לייעל ולשכלל את הוראתם. בפרט, קיים היצע רב של יישומונים משחקיים המכוונים לנושאים שונים במתמטיקה וללומדים בטווח גילאים רחב. ידוע כי שימוש ביישומונים אלו הינו בעל השפעה חיובית על הלומדים (Hershkowitz, Tabach, & Dreyfus, 2017) וכי שימוש ביישומונים באמצעות מודל מודרך יכול לספק תוצאות טובות יותר בהקניית השפה והמושגים המתמטיים (Dijanić & Trupčević, 2017).

היה זה טבעי שהוקמו מספר רב של פלטפורמות מקוונות המספקות מאגרי מידע חינוכיים רבים וכמו כן, גם מאגרים רבים בתחום המתמטיקה. במאגרים אלו ניתן למצוא מגוון רב של חומרי למידה, מערכי שיעור, ספרי לימוד, משחקים, תוכנות וחומרים נוספים התומכים בהוראה ולמידת מתמטיקה דוגמא למאגרים אלו: אתר גלים, יישומטיקה, עשר אצבעות, Math-drills, Count-on ועוד. "עשר אצבעות", הוא מאגר חינוכי כזה המקבץ בתוכו פעילויות ומשחקים אינטראקטיביים במתמטיקה לגילאי גן עד לגילאי כיתה ו'. באתר ניתן למצוא גם דפי עבודה אשר עוזרים למורה לתרגל את העבודה עם התלמידים. האתר מותאם גם לטאבלטים וגם למחשבים ניידים. באתר ניתן בצע חלק מן הפעילויות באופן חופשי (ללא עלות) ולרוב הפעילויות נדרש רישון או כניסה עם חשבון מסוויים בעלות. הפעילויות באתר מסווגות לפי שכבת גיל (כיתה) או לפי ספר לימוד מסוים (אתר עשר אצבעות, www.matific.com/isr). דוגמא נוספת למאגר יישומונים נוסף הוא: יישומטיקה, מאגר זה מקבץ בתוכו יישומונים העוסקים בכל הנושאים המרכזיים של תכנית הלימודים לשכבות א'-ו'. באתר זה ניתן למצוא מערכי שיעור המלווים את יחידות הלימוד כמו גם סרטוני הדרכה על כל יישומון. גם אתר זה כמו אתרים שונים דרוש ברישיונות והרשאות שרוכש בית הספר למען שימוש תקין (אתר יישומטיקה, www.yisumatica.org.il).

השימוש במאגרים חינוכיים פתוחים (OER) מצמצם עלויות על ידי שיתוף ועדכון של משאבים קיימים וכן גם על ידי שימוש חוזר (Orr, Rimini, & Van Damme, 2015). מורים אוהבים בעיקר את השימוש במאגרים אלו מכיוון שיש להם גמישות בהתאמת תוכן הלמידה ושניתן להשתמש בהם בעלות נמוכה. הדחיפות ללימוד איכותי וטוב של מתמטיקה ובעיקר של אלגברה וגאומטריה גרמה למורים להתנסות בצורות חדשות של למידה (McKinney & Frazier, 2008). בעוד טענות רבות מצדיקות קיומם של מאגרים אלו, יש קולות הטוענים כי המאגר חסר ערך למשתמשים אם לא מנצלים אותו כיאות. הכוונה היא להקשר שיש לבצע בין המאגר לבין ההוראה. יתר על כן ניתן לומר כי אם לא יתבצע שימוש חוזר או שימוש חדש במאגרים אלו המאגרים הופכים עצמם מיותרים (Richter & McPherson, 2012) כך שהמורה לא תוכל למצוא בהם תועלת מרבית והרעיון של מאגרים אלו לא ינוצל כיאות.

קולות ביקורתיים אלו מייצגים תופעה רחבה, בה עוסקת הספרות לא מעט. נראה כי למרות הפוטנציאל הגלום בחומרי למידה קיימים להוראה וללמידה ולצד התועלות הרבות, מחקרים מוכיחים כי השימוש בחומרי הלמידה והשילוב ביניהם תוך התאמתם לצרכי המשתמש הינם נמוכים יחסית (Bernstein, 2015; Hilton, Lutz, & Wiley, 2014; Pirkkalainen, Jokinen, Pawlowski, & Richter, 2012). אחת הטענות היא שאנשי חינוך רבים אינם מודעים למאגרים ההולכים וגדלים של חומרי הלמידה או שאינם משוכנעים בתועלת שלהם (Cannell, Macintyre, & Hewitt, 2015). לעיתים כמות המאגרים מקשה על המשתמשים למצוא במהירות ובקלות את המשאב המתאים להוראתם (Trgalova, Jahn, Soury, & Laverne, 2009). כמו כן, קיים החשש ששפע המידע המוצג יוביל לבלבול, לחוסר התאמה ולבזבוז זמן בחיפוש אחר מידע- בשל העדר מערכת אחידה של רישום, רישוי וקטלוג של חומרי למידה (Nash, 2005) - ולקשיים בהערכת איכות ואמינות המידע ובניהולו, בשל העדר כלים מתאימים (Clements, 2014; Pawlowski, & Manouselis, 2015; Gurung, 2017; Camilleri, Ehlers, & Pawlowski, 2014). לעיתים קרובות יש קושי רב במציאת יישומונים לימודיים שתואמים למטרות ההוראה ולמטרות הפדגוגיות בכל זמן נתון (Altherr, 2003; Wagner, Eckert & Jodl, 2003). מציאת משאבים איכותיים העונים על המטרה הפדגוגית היא קשה בשל מספר גדול של אפשרויות לבחירה ומגוון של החומר הזמין (Peralta, Alarcon, Pichara, Cano & Bozo, 2017). כתוצאה משלל המאגרים, נוצר קושי בחיפוש ובחירת המאגר/ היישומון בצורה יעילה, מהירה וטובה (Pawlowski & Bick, 2012).

3.1.1.4 הערכת מאגרי המידע והאפקטיביות שלהם

מאמרים רבים עוסקים בשאלה: האם למידה באמצעות חומרי לימוד מקוונים תורמת ללמידה טובה יותר מאשר קריאה ולמידה באמצעות ספרים וחבורות (Hilton, 2016). הדבר בעיקר בא לידי ביטוי כאשר המורה לא תמיד מכירה את המאגר, או את הטכנולוגיה שבה היא נדרשת להשתמש (Christian, Belloni, Dancy & Cox, 2003) והחשוב ביותר, היא אינה יודעת להעריך את טיב היישומון.

אחת הטענות היא שאנשי חינוך רבים אינם מודעים למאגרים ההולכים וגדלים של חומרי הלמידה או שאינם משוכנעים בתועלת שלהם (Cannell, Macintyre, & Hewitt, 2015). כמו כן, קיים חשש ששפע המידע המוצג יוביל לבלבול, לחוסר התאמה ולבזבוז זמן בחיפוש אחר מידע - בשל העדר מערכת אחידה של רישום, רישוי וקטלוג של חומרי למידה (Nash, 2005) ולקשיים בהערכת איכות ואמינות המידע ובניהולו, בשל העדר כלים מתאימים (Clements, Pawlowski, & Manouselis, 2015). משאבים רבים מוצגים כבעלי איכות גבוהה, חופשיים ונגישים, אך טרם ניתן לנצל את השימוש המיטבי בהם, רבים מהם זמינים באינטרנט וחפים מתשלום (Andrade et al., 2011; De Liddo, 2010; Hilton et al., 2012). מצד אחד, המורה נמצאת בקשר יומיומי עם תלמידה, ולפיכך מכירה את הצרכים הלימודיים שלהם. מצד שני, המורה מכירה את תכנית הלימודים, מכירה שיטות הוראה ועזרי למידה בתחומה, והיא זו שמתווה את רצף ההוראה-למידה לכיתתה. עם זאת, השאלה כיצד לשלב ברצף ההוראה עזרים טכנולוגיים עדיין אינה פתורה (Bielaczyc, & Ow, 2014).

כאשר מתבצעת ההשוואה בין חומרי לימוד פיזיים למאגרי למידה פתוחים הניתנים בחינם, יש התייחסות רבה לאופן הלמידה, לתועלות של הלמידה ושל הבניית ידע אך גם לשיקולים כלכליים ושיקולי מקום וזמן יש התייחסות רבה

(Johnson, Adams, Cummins, Estrada, Freeman, & Ludgate, 2013). ההתייחסות הכלכלית נוגעת לקניית חומרי הלמידה שלרוב מתומחרת במחירים גבוהים מאוד, בעוד ניתן לגשת למאגרי מידע חינוכיים בחינם ולקבל את כל המידע, אם בחוברת דיגיטלית או אם בפורמט אחר. במחקר שנערך בגיורגיה, אטלנטה תלמידים דיווחו כי שימוש במאגרי המידע נתן להם עומק רב ממה שהיו מקבלים דרך ספר פיזי וכי הם היו מרוצים שלא היו צריכים להוציא כסף ולקנות אותם, התגובות היו חיוביות (Choi & Carpenter, 2017). הזמן והמקום הם פקטורים לא פחות חשובים כשמעריכים את השימוש במאגרי מידע חינוכיים. הזמן והמקום קריטיים ללמידה משמעותית כאשר ניתן לחסוך זמן רב בתכנון השיעור ובמיקומו, כאשר יש שפע והיצע כה רב של מאגרים כאלו.

מאז שמספר המאגרים גדל המורים יכולים להציע לתלמידיהם מגוון רב של פעילויות ולכן הערכת המאגרים נעשית קשה אף יותר. במאגרי הלמידה המתמטיים ניתן לראות, שהמורים מחפשים יישומונים ומאגרים יעילים שמהם ניתן ללמד מושגים קריטיים במתמטיקה כגון אלגברה וגאומטריה (De Los Arcos, Farrow, Pitt, Weller, & McAndrew, 2016). הערכת היישומונים והמאגרים מאתגרת, היות ולא כל יישומון מתאים לכל שיטת לימוד או לכל צורך לימודי. ישנם יישומונים המתאימים לצורך הקניית חומר ואלו שמתאימים לצורך תרגול. לכן, מורים למתמטיקה נדרשים לפתח את יכולותיהם לבחירה ושימוש בכלים הטכנולוגיים המתאימים (CBMS, 2012). עם זאת, תכנון השיעור עם כלי הטכנולוגיה המתאימים מורכבים ומורים מתקשים לבחור כלים מתאימים ולשלב אותם ביעילות בתוכניות הלימוד שלהם (Koehler, Mishra, Kereluik, Shin, & Graham, 2014).

איכות היישומון תלויה במאפיינים הפנימיים שלו (של היישומון), יישומון אחד יכול להיות טוב בקונטקסט מסוים והשני חסר בכך. השאלות שנשאלות בנוגע לטיב החומר הן רבות וחשובות וכדי לענות עליהן, Trgalova וחבריה (2009) אפיינו **תשעה פקטורים** רלוונטיים לכך: ¹ מטא-דאטה – התאמה בין הידע של היישומון לבין יעילותו; ² היבט טכני - הכוונה לבעיות טכניות העולות לצורך במהלך השימוש (איכות תצוגה, הדפסה, הקרנה ועוד); ³ מימד התוכן המתמטי - מכון לשימושים שונים במטרות הפדגוגיות לצורך העברתו לתוכן המתמטי; ⁴ מיומנויות - פיתוח מיומנויות אינסטרומנטליות אשר יובילו לאפקטיביות הלמידה המתמטית; ⁵ DG's (Dynamic Geometry systems) - השוואה בין הוראת גאומטריה באמצעות טכנולוגיה מחשובית לעומת הוראת גאומטריה על פי השיטה המסורתית של נייר ועפרון; ⁶ יישום דידקטי - משוב לתלמיד; הם טוענים שככל שהמשוב יהיה מדויק יותר כך הלמידה תשתפר; ⁷ הטמעה פדגוגית - בחירת שיטות פדגוגיות מתאימות ויצירת פעילויות סביב משאבים לתמיכה בלמידה; ⁸ אינטגרציה של המשאב לרצף ההוראה - התאמה בין תכנית הלימודים, הציפיות המוסדיות והפעילויות המתוכננות, ⁹ ודוחות - הכוונה ליצירת דוחות מנקודת מבטה של המורה (קבלת המידע). המחקר שלהם נעשה בהקשר של לימודי גאומטריה. לטענתם, קשה למצוא משאבים פדגוגיים מתאימים להקשר חינוכי ספציפי, והם מייחסים את זה לחוסר מטא-דאטה על המאגרים המתמטיים עצמם.

בהינתן ליווי מתאים, ניתן לסייע למורה להרחיב את טווח אמצעי הלמידה המוכרים לה, כך שיכלול גם שילוב מיטבי של טכנולוגיה כחלק אינטגרלי מתהליכי ההוראה. לכן, הערכת מאגרים אלו היא משימה לא פשוטה עבור המורה (Smith, Kim & McIntyre, 2016). המורה צריכה להחליט באיזה מאגר לבחור מבין שלל המאגרים ולאחר מכן לבחור איזה יישומון יענה על התכנים אותם היא רוצה ללמד בשיעור מסוים. כאשר המורה נדרשת להעביר רעיון מסוים לתלמידה יש לה מגוון אפשרויות מהן היא יכולה לבחור פעילות מותאמת לכיתה אם בסביבה האינטרנטית –

האוניברסיטה או אם בסביבה רגילה. אך מרוב כמות המאגרים, המורה יכולה ללכת לאיבוד ולא לבחור את היישומון הטוב והמתאים ביותר לפדגוגיה אלא דווקא את זה שהיא מצאה בסביבה הזו (Kimeswenger, 2016).

אך בשל קצב זרימת אינספור יישומונים חדשים ומאתגרים, ופריצת הגבולות בין בית הספר ומחוצה לו, קשה לתאר שהגבלות רגולציה ימנעו כניסת יישומונים על פי צורך ובחירה מקומית של מורה או לומד כחלק בלתי נפרד של החינוך (Trgalova, Jahn & Soury-Lavergne, 2009). מאחר ואינספור יישומונים מתחרים על תשומת ליבם של המורים, יש חשיבות רבה להציע דרכים לאפיין ולבחור באופן מקצועי ומושכל ביישומונים המתאימים, תוך התייחסות הן למאפיינים גנריים של היישומונים, והן להתאמתם עבור היעד וההקשר, כמו שכבת הגיל, תחום הדעת, הנושא וכד.

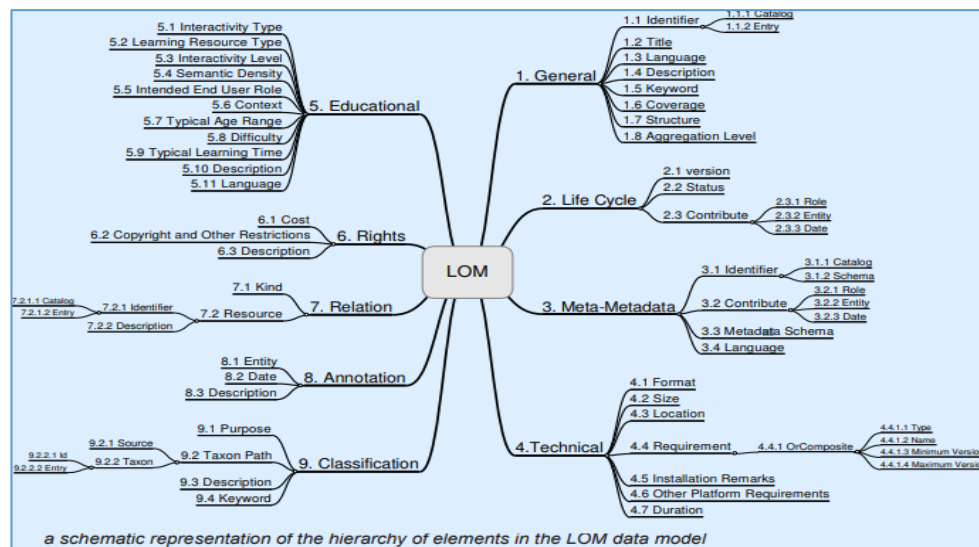
3.1.1.5 מטא-דאטה של חומרי למידה מקוונים

שם הנפוץ של חומרי למידה מקוונים, לפחות בעבר, הינו אובייקטי למידה או בשם הקצר LO (Learning Objects). אלו יכולים להיות כל סוג של פורמט כגון טקסט, תמונה, גרפיקה, אודיו או וידאו (Sabitha, Mehrotra, & Bansal, 2014). ניתן לומר כי, אובייקט למידה הוא מדיה-עצמאית של המידע המשמש אבן בניין מודולרי עבור תוכן דיגיטלי או לא דיגיטלי, אשר ניתן להשתמש בו שימוש חוזר או בהפניה במהלך נתמך טכנולוגיית הלמידה (Sabitha, Mehrotra, & Bansal, 2014).

מספר מודלים פותחו להתמודדות עם בעיית המבחר של אובייקטי למידה. קבוצה אחת של מודלים עוסקת במטא-דאטה. מטא-דאטה (MD: Meta Data) הוא מידע על המידע (Steinacker, Ghavam, & Steinmetz, 2001). הכוונה היא שלצורך ניתוח נתונים ולצורך בחירת יישומונים מהמאגר הענק שקיים יש להיחשף למידע על המידע הקיים על מנת לסייע בבחירה מושכלת באובייקט הלמידה הרצוי (Najjar, Ternier, & Duval, 2008).

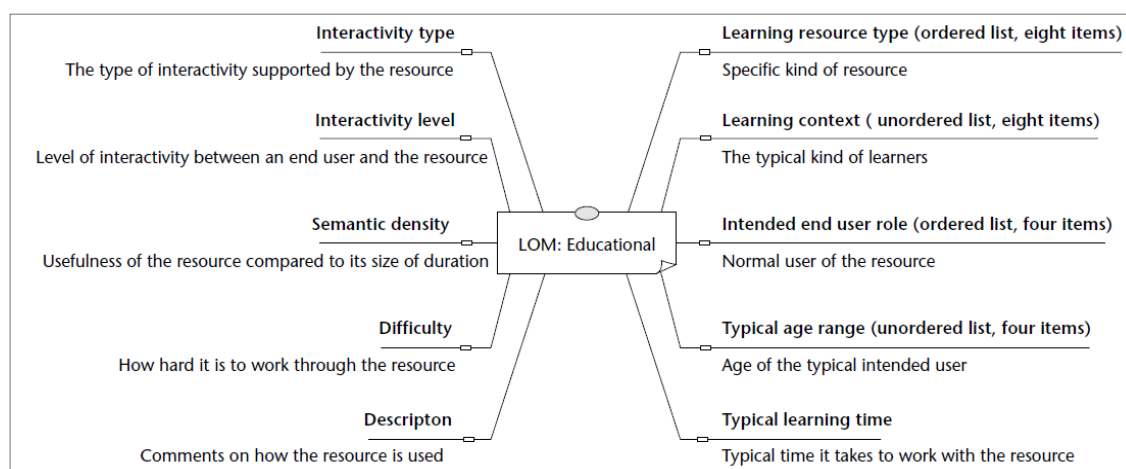
מספר מודלים של מטא-דאטה נחקרו עד היום בספרות והבולט מביניהם הוא של Dublin Core. Dublin Core הוא סט של מונחים שניתן להשתמש בהם לתיאור משאבים דיגיטליים. הסט מורכב מ-15 שדות בסיסיים של מטא-דאטה המשמשים לאיפיון פריטים דיגיטליים כקבצי טקסט, תמונות, וידאו, אודיו ועוד. שדות המטא-דאטה מקובצים לקטגוריות שבניהן: כותרת, מחבר, נושא, תיאור, מוציא לאור, תאריך, פורמט ועוד. על בסיס שדות אלו נבנו עוד רמות שונות של שדות מטא-דאטה נוספים. ניתן להתבסס על שדות מטא-דאטה אלו כאשר מעוניינים להסיק ולהתוות דרך של שימוש באובייקטי מידע (LO) (DCMI, 2012).

מודל נוסף שקיים הוא IEEE Learning Object Metadata, כאשר יש בו התייחסות יותר נרחבת לתחומי הלמידה. תקן IEEE נועד לפתח סטנדרטים טכניים מוכרים, ומונחי טכנולוגיית למידה. הוא מקובץ לקטגוריות שונות ובניהן: מחזור חיים, מטא-מטא נתונים, חינוך, טכני, זכויות, יחסי, ביאור וקטגוריות סיווג (Barker, 2005). LOM מטא-דאטה של אובייקטי מידע התפתח ועסק בעיקר ביצירת תיאורים מובנים של משאבי למידה והוא מרחיב את הקטגוריות של Dublin Core ומאפיינים המותאמים לצורכי הלומדים והמחברים המחפשים באינטרנט חומרי למידה (Steinacker, Ghavam, & Steinmetz, 2001). תיאורים אלו אמורים לשפר את תהליכי הגלוי, האיתור, ההערכה והרכישה של משאבי למידה על ידי סטודנטים, מורים ותוכנות. באיור מספר 1 ניתן לראות את המודל שעל פיו מתבססים LOM.

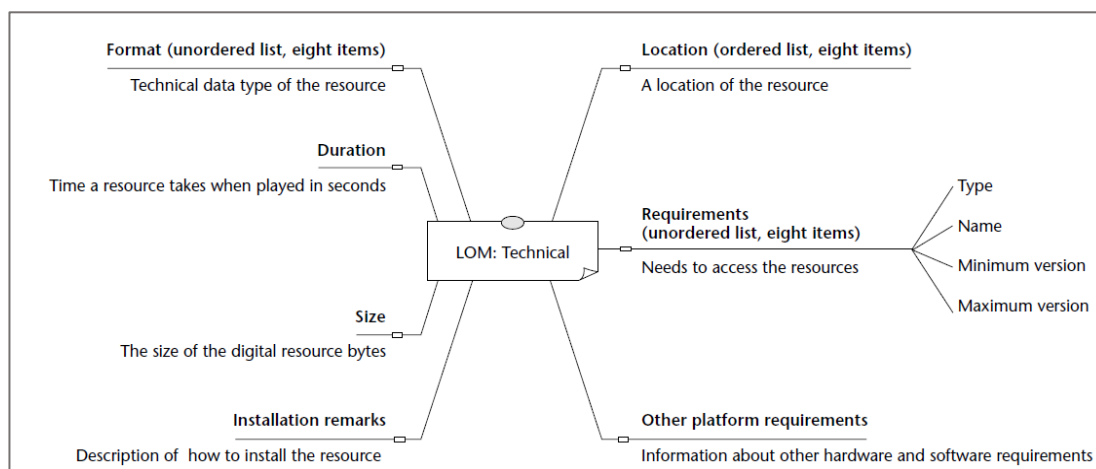


איור מספר 1 - LOM

במודל זה יש 9 קטגוריות כאשר לכל קטגוריה יש מספר שדות שעליהן מתבססים בניתוח. כל קטגוריה מורכבת ממרכיבי משנה בעלי מאפיינים בסיסיים משותפים, והם מופיעים כאלמנט אחד או כצבירה של אלמנטים אחרים. ניתן לראות לדוגמה כי בשדה של חינוך, מופעים תתי שדות של מידת אינטראקטיביות, מקורות הלמידה, רמת האינטראקטיביות, קושי, שפה ועוד. כל תת שדה מנסה לספק מידע יותר מקיף ועמוק על כל שדה מטא-דאטה מוגדר. במחקר זה נתמקד בחלק הטכני והחינוכי. באיורים 2 ו-3 מוצגים שדות המטא-דאטה במבט יותר מעמיק לכל שדה על, באיור מספר 2 ניתן לראות את שדות המטא-דאטה ממבט חינוכי ובאיור מספר 3 ניתן לראות את שדות המטא-דאטה ממבט טכני. כאשר שני האיורים מתקיימים גם ביחד וגם בנפרד. הכוונה היא שניתן לבצע אינטגרציה בין כל תשעת הקטגוריות אך ניתן גם להתייחס למספר קטגוריות בודדות ואיתם לבצע את הקישורים (Steinacker, Ghavam, & Steinmetz, 2001).



איור מספר 2 - מטא-דאטה ממבט חינוכי



איור מספר 3 - מטא-דאטה ממבט טכני

בהמשך לצמיחת הקטגוריות השונות בעולם של מטא-דאטה צמחו עוד מודלים אשר סייעו להתמודדות עם המגוון והמבחר הרב של אובייקטי מידע ברשת. אחד מהם הוא Context awareness metadata כאשר הוא ניזון ומונע מהסטנדרטים שקבעו Dublin Core ו- LOM IEEE. במודל זה מתייחסים להקשר שבין אובייקט אחד למשנהו. הם טוענים שאם מתבססים על המודלים הקודמים ניתן לקבל תוצאה מדויקת יותר וטובה יותר כאשר מוסיפים את מרכיב ההקשר (Cardinaels, Duval & Olivié, 2006). בנוסף, הם טוענים שבעזרת פיתוח המרכיבים הקיימים ופיתוח אינדקס אשר ישמש מפתח מטא-דאטה, ניתן לבצע הערכות טובות יותר ומקודדות בצורה הנכונה.

מחקר נוסף שהביא לשינוי בהגדרות היה מחקרם של Sabitha, Mehrotra & Bansal (2014). שם הם סוקרים מודלים של LO (learning Objects) וגם של KO (knowledge Objects). הם מציעים להוסיף על מטא-דאטה קיים את המידע של ה- KO ולשלב בין השניים בכדי להשיג את מירב המידע לשימוש בלמידה. ניתן לשפר את תוכן הלמידה הסטטיסטית על ידי הוספת ידע (KO) כתוכן נוסף ללומדים. תוכן זה הוא דינמי ומועשר ובכך יכול לעזור ללומדים להגיע למיומנויות מסדר חשיבה גבוה יותר. הטמעת ה- KO עם LO מעניקה ארכיטקטורה מונחית-הקשר, שבה ללומד יש עובדות ומידע, וכך ניתנות פרספקטיבות מרובות על התוכן.

במודל מתקדם יותר חילקו החוקרים את מאפייני היישומנים לשתי קטגוריות (Kieran & Drijvers, 2016): פדגוגיה-חינוך ומידע טכני. בוצע קטלוג בכל אחת משתי הקטגוריות למאפיינים שונים שיש אליהם לב בבחירת אובייקט המידע הרצוי ללימוד. בקטגוריית הפדגוגיה יש התייחסות לזמן, איזה סוג לומדים יש לפנינו, מה המיומנויות הנדרשות, רמת הלימוד, הקנייה/תרגול, פורמט הלמידה, קושי הלמידה, מה המטרה ועוד. בקטגוריית הטכניקה נמצאו המאפיינים הבאים: היכן יתבצע הלימוד, ידע קודם נדרש, גודל הקובץ/המערכת, תווך נדרש, משוב ועוד. לדוגמא, באתר של "עשר אצבעות" יש מרכז מידע, אשר אמור לסייע למורים לנווט ולחשב באיזה יישומון עליהם לבחור (כמו במטא-דאטה). רק שכאן המטא-דאטה מאוד מצומצם והוא מדבר על האתר ברמת מקרו, הכוונה בראייה כוללת של האתר ולא דווקא בראייה מצומצמת על יישומון אחד. זה גורם לכך שהמטא-דאטה הקיים אינו מסייע למורים לבחור ביישומון זה או אחר אלא מסייע להם בבחירה האם להשתמש באתר או לא.

על מנת להנגיש למורה מידע שעשוי לסייע לה באשר לשילוב טכנולוגיה ברצף ההוראה של נושא מסוים, כמו גם בשיעור הבודד, נציג סוגיה זו בשתי רמות: בחירת יישומונים משחקיים ושימוש בהם. כלומר, שילוב יישומונים משחקיים ברצף ההוראה בהלימה למטרות הפדגוגיות-תכניות של המורה והבנת סוג המידע הדרוש למורה בבואה לבחור את היישומון. המחקר הנוכחי מציע דרך להתמודד עם סוגיה זו, על ידי הגדרת מחוון שימש ככלי בידי המורה לבחירה מושכלת של יישומונים ועל ידי התוויה של "מפת דרכים" שתחבר בין מכלול השיקולים הפדגוגיים-תכניים של המורה לבין מידע המתאר את היישומונים.

לסיכום, בפני המורים אשר מעוניינים לנצל את כוחה של הטכנולוגיה ולהשתמש ביישומונים אלו באופן מושכל עומדים שני אתגרים משמעותיים. האחד, בבחירת החומרים היינו, אילו חומרי למידה יתאימו למטרות ההוראה בנושא אותו הם מלמדים? והשני, בשימוש מיטבי של חומרים אלו ברצף ההוראה - היינו, כיצד לשלב את החומרים הללו במהלך השיעור ו/או במהלך לימוד של נושא מסוים לאורך שיעורים אחדים?

על כן, מחקר זה שם לעצמו למטרה לעזור למורה להבין כיצד היא יכולה לשלב יישומונים מתמטיים ברצף ההוראה שלה. במחקר זה אנו מציגים את הדרך אותה עוברת המורה למתמטיקה בבואה לבחירת יישומון ובפרט את שיקוליה המרכזיים בעת ההכנה לשיעור או הכנת יחידת הלימוד. בנוסף, מחקר זה בא לבחון מהו המטא-דאטה (מידע על) אותו המורה צריכה בעת בחירתה. מחקר זה בא לעזור למורה בהתמודדות מול העומס הרב של המאגרים ולסייע לה בהתנהלות היומיומית שלה בתכנון יחידות הלימוד.

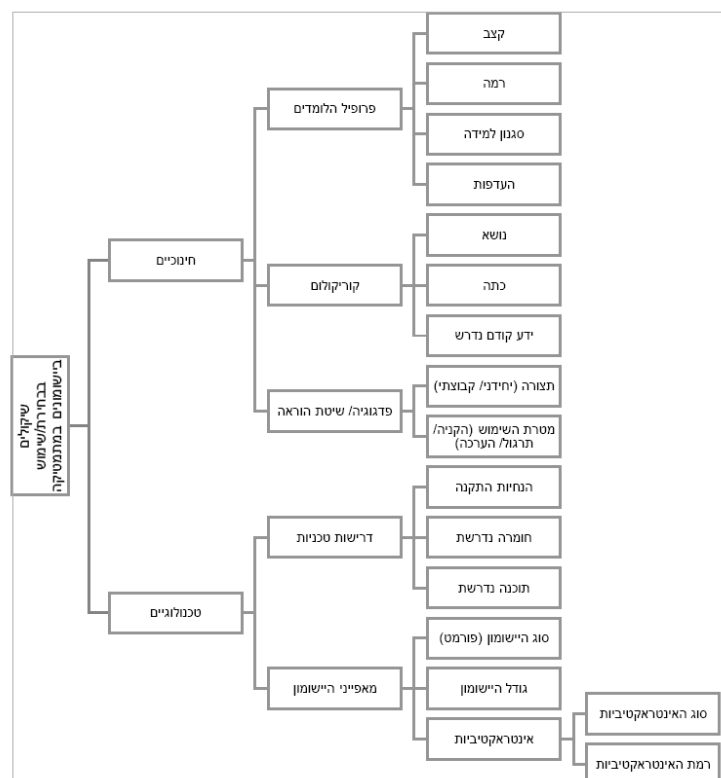
חשיבות המחקר רבה והיא מתבטאת בתרומה למורים ולמורות לשילוב יישומונים בצורה מושכלת ונכונה ברצף ההוראה. על כן, בוצע מחקר איכותני שבא לבחון את בחירות המורה ושיקוליה ביחס למטרות ורצף ההוראה שלה. מחקר זה בחן מהו המידע אותו צריכה המורה בכדי לבצע בחירת מושכלת של היישומונים ואיך לשלבו ברצף ההוראה. המחקר הנוכחי מציע דרך להתמודד עם קושי זה, על ידי מחוון שימש ככלי בידי המורה לבחירה מושכלת של יישומונים, וזאת על ידי התוויה של "מפת דרכים" שתחבר בין מכלול השיקולים הפדגוגיים-תכניים של המורה לבין מידע המתאר את היישומונים.

3.1.2. בניית מסגרת תיאורטית ויישומית מבוססת מטא-דאטה לבחירה מושכלת של יישומונים מתמטיים להוראה ולאופן שילובו בהוראה

המסגרת התיאורטית נבנתה על סמך ספרות מקצועית מקיפה אודות מודלים שונים של מטא-דאטה הקשורים לעולם החינוך והלמידה, וכללה את ממדי ההערכה של יישומונים מתמטיים קיימים. בין המודלים הנפוצים היו המודל של Dublin Core (1995)¹ ו- LOM (2002)², כששני המודלים התבססו על חלוקה לפי מימד חינוכי ומימד טכני/טכנולוגי. המסגרת התיאורטית במחקר זה חיברה בין שני מימדים אלו. המימד החינוכי מכיל את מכלול השיקולים הפדגוגיים-תכניים של המורה; והמימד הטכנולוגי מתאר את היישומונים (איור 4).

¹ <https://dublincore.org/> - Dublin Core Metadata Initiative

² LOM <https://www.imsglobal.org/metadata/index.html>



איור 4. השיקולים בבחירת/שימוש ביישומים במתמטיקה

3.1.3. המחקרים האמפיריים

על בסיס הקטגוריות שמופיעות במסגרת התיאורטית, נאספו נתונים מהשטח בדרכים שונות. בוצעו ראיונות עומק עם 12 מורות למתמטיקה בבתי ספר יסודיים, אשר משתמשות ביישומים מתמטיים בכתתן (נקש, 2018). בנוסף, התקיימו ראיונות נוספים עם 6 מורות נוספות מבתי ספר יסודיים, אשר משלבות סרטוני אנימציה בתהליך ההוראה שלהן (צור, 2019). ראיונות העומק (חצי מובנים) התקיימו עם המורות על פי המתודולוגיה של שקדי (2003), בה גם המשתתף-הדובר וגם המאזין-השואל מפתחים את המשמעות במשותף. מטרת הראיונות הייתה להרחיב ולבסס את המסגרת התיאורטית, תוך בחינת התפיסות של המורות לגבי שילוב יישומים וסרטוני אנימציה ברצף ההוראה שלהן בהתאם למטרות ההוראה שלהן. לצורך מיקוד המורות בראיון, השאלות בראיון אורגנו בארבעה חלקים בהלימה לשלבים השונים הקשורים לשילוב היישומים ברצף ההוראה: חיפוש, איתור/בחירה, שימוש ומשוב על השימוש. מהראיונות למדו החוקרים אודות ההיבטים הפדגוגיים וההיבטים הקשורים בפרופיל התלמיד בהקשר של למידה באמצעות יישומים. חשוב לציין כי בנוסף, נבחנו היבטים טכנולוגיים של הסביבות שהמורות בוחרים להשתמש בהן, ונערך מחקר נוסף בקרב מורים ותלמידים הבוחן את התצורות השונות של הוויזואליזציה והקשר שבין סוגה לסוג הלומדים. מחקר זה מתואר בפירוט בהמשך הפרק.

ניתוח הממצאים חולק לשתי רמות: התייחסות לשיקולי הדעת שהמורות מפעילות לצורך שילוב יישומים ברצף ההוראה והתייחסות למטא-דאטה אשר עשוי לסייע למורות בעת קבלת ההחלטות. משתי רמות אלו נבנה מחוון כולל.

מניתוח הממצאים עלו מספר שיקולים בבוא המורה לבחירה ביישומן ותכנון רצף ההוראה: בעיקרם שיקולים פדגוגיים ושיקולים טכנולוגיים. השיקולים הפדגוגיים כוללים בתוכם את מטרות ההוראה, הפדגוגיה, התוכן המתמטי, מיקום וזמן הלמידה ועוד. בעוד שהשיקולים הטכנולוגיים כוללים בתוכם הרשאות, רישיונות ועוד. השיקולים הפדגוגיים והטכנולוגיים מיוצגים באמצעות מפת תהליך. במפה זו מוצגת דרך החשיבה של המורה בבואה לבצע את הבחירה בארבעה שלבים: שלב החיפוש, שלב האיתור, שלב השימוש ושלב מתן המשוב. בכל אחד מהשלבים התייחסו המורות למספר קטגוריות שונות. בשלב החיפוש התייחסו המורות בעיקר לזמינות המידע, שיקולים פדגוגיים ומודל תבניתי. בשלב האיתור התייחסו המורות בעיקר למידע הקיים להן ביישומן ולמידע העל שעדיין לא קיים, כאשר הן התייחסו בעיקר למידע המוכר להן ולניסיון שלהן. בשלב השימוש התייחסו המורות למטרות העל שלהן, לגורמים המוטיבציוניים ולזמן ומקום השימוש ביישומן. בשלב הרביעי והאחרון, התייחסו המורות לאפקטיביות של המשוב, לסוג המשוב הנדרש, לאינטראקטיביות המשוב ולמשוב ככלי למידה.

מעבר לשיקולים שהמורה נדרשת לבצע בעת בחירת יישומן או מאגר ישנה חשיבות רבה למידע הספציפי אותו היא צריכה. לכן, המורות התייחסו למטא-דאטה בהיבטים פדגוגיים והיבטים טכנולוגיים. בהיבטים הפדגוגיים המורות התייחסו לפדגוגיה, לקוריקולום שהתייחס למטרת השימוש, אופן הלימוד, מיומנויות נרכשות, לפרופיל הלומדים המתיחס לרמת קושי, לזמן השימוש, לרמת התיווך ועוד, לחוויית הלומד אשר העלו גורמים מוטיבציוניים ותצורה. בהיבטים הטכנולוגיים המורות התייחסו להגנת מידע, תקינות היישומן לשימוש חוזר, הנחיות התקנה ואינטרנט זמין, הרשאות, סוג הפורמט ועוד. בהתאם לניתוח הממצאים, פותחו שדות מטא-דאטה לצורך סיוע אופטימלי אחר היישומן המתאים לרצף ההוראה שלהן.

הראיונות עם המורות העלו היבטים פדגוגיים כגון: מטרות ההוראה, דרכי הוראה שהמורה בוחרת ליישם באמצעות היישומן, המיומנויות הנרכשות במהלך הלימוד, התוכן של היישומן והקשרו לרצף ההוראה, רמות התרגול ועוד. המורות העלו גם ההיבטים הקשורים בפרופיל התלמיד בהקשר של למידה באמצעות יישומונים: עד כמה הלומד מתפתח מהמשוב, מפתח ידע חדש באמצעות האינטראקטיביות, חוויית הלמידה שלו כמשתמש ועוד. כמו כן, עלו גם היבטים טכנולוגיים של הסביבות שהמורים בוחרים להשתמש בהן, תוך בחינת התצורות השונות של הוויזואליזציה והקשר שבין סוגה לסוג הלומדים.

מהראיונות עם המורות עלו שני אתגרים משמעותיים העומדים בפני מורים המעוניינים לשלב יישומונים במהלך השיעור במתמטיקה: האחד הוא בחירת היישומונים–היינו, אילו יישומונים יתאימו למטרות ההוראה בנושא אותו הם מלמדים?–והשני הוא השימוש המושכל ביישומונים אלו ברצף ההוראה–היינו, כיצד לשלב את היישומונים הללו במהלך השיעור ו/או במהלך לימוד של נושא מסוים לאורך שיעורים אחדים? מודל המטה-דאטה מתמקד בשני אתגרים אלו.

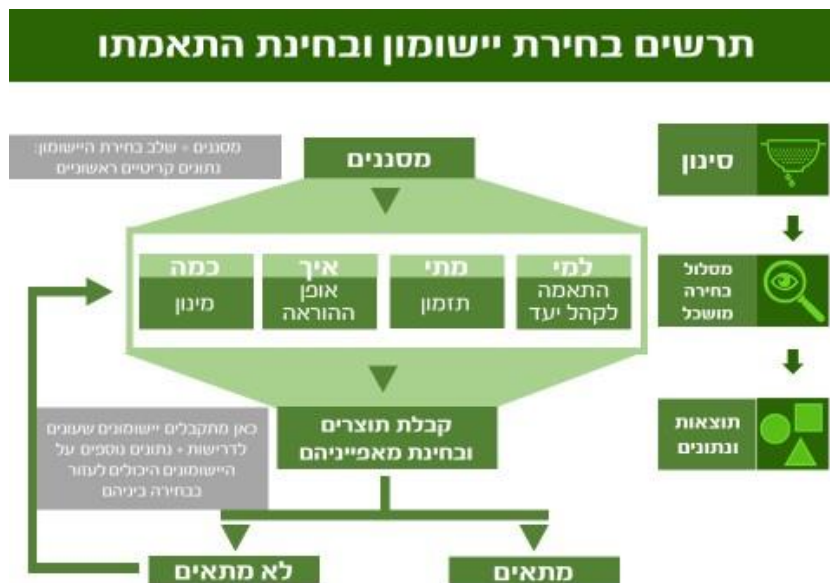
3.1.3.1 מחוון מבוסס מטה-דאטה לבחירת יישומונים מתמטיים

בהמשך לניתוח השיקולים של המורות ולשדות המטא-דאטה, פותח מחוון, המסייע למורה בבחירה מיטבית ביישומן המתאים לרצף ההוראה שלה. מטרת המחוון לתת למורה את שדות המטא-דאטה הנחוצים לה כאשר היא בונה את רצף השיעור או ההוראה שלה בשילוב כלים טכנולוגיים.

המחווה מתאר את אופן בחירת היישומונים על ידי המורים, כך שיאפשרו בחירה מושכלת ושימוש יעיל שלהם ברצף ההוראה. האסטרטגיה לבחירה מושכלת של יישומונים נבנתה על בסיס שדות מטה-דאטא, המאפשרים שאילת שאילתות לשליפת מידע על היישומונים. כאמור, הן השדות והן הערכים פותחו על בסיס הספרות ומחקר אמפירי.

המחווה משלב המסננים הכולל בתוכו את הידע המקדים של המורה ועד לשלב ההחלטה אם היישומון מתאים או שלא. על פי מחווה זו, יכולה המורה לסנן את השיקולים המובילים אותה להחלטה בנוגע לבחירה ביישומון (ראו איור 5).

המחווה מתייחס לבחירת היישומונים על פי ארבעה מימדים ראשיים—**התאמה לקהל היעד** (למי מיועד היישומון?), **תזמון** (מתי יופעל?), **ומינן** (כמה יישומונים?) ו**אופן ההוראה** (איך להשתמש בו?) — ומתאר את בחירת היישומונים באמצעות **סינון ראשוני וחפוש**; שלבי הסינון והחפוש מתבצעים על ידי המורים, בהתאם לשיקולים השונים המנחים אותם – שיקולים פדגוגיים כגון נושא הפעילות, שכבת הגיל, ידע קודם נדרש; ושיקולים טכניים כגון הרשאות, מאפייני הקובץ ודרישות המדיה. שלב ראשון זה כולל בתוכו את כל הידע המקדים הדרוש למורה בבואה לבחור ביישומון הכולל את הידע המקצועי שלה, אישיותה, המטרה המתמטית שלה ועוד. בשלב זה המורה גם מגדירה את קהל היעד שלה, אופן ההוראה והתזמון ברצף ההוראה שלה. לאחר הסינון הראשוני שיוביל למבחר יישומונים, בשלב השני נדרשת **התאמה מדויקת יותר לקהל היעד** הן ברמת מאפייני הלומד – כגון התייחסות לקצב הלמידה, לרמת הלומד, ולהעדפת/סגנון הלמידה שלו והן ברמת מאפייני היישומון – כגון מטרת היישומון, רמת הקושי שלו, כישורים, מיומנויות ואסטרטגיות נדרשות, אופי הגרפיקה ורמת האינטראקטיביות שלו. באשר ל**תזמון**, יש לקחת בחשבון את כמות הזמן שלוקחת הפעילות, את מקום הלימוד – כיתה/בית/חדר מחשבים, את את שילוב ברצף ההוראה : במקרו – בין השיעורים, או במיקרו – בתוך השיעור. באשר ל**אופן ההוראה**, יש לקבוע את אופן הלימוד – פרטני/זוגות/קבוצות, את מטרת השימוש ביישומון – הטרמה/ הקנייה/ תרגול/ הערכה / ריענון ואת רמת התיווך – האינטראקטיביות (סוג ורמה). בנוסף לכל אלו, מאפייני היישומון חשובים לא פחות בעת הבחירה והיישום : מאפייני קובץ (גודל, פורמט, תאריך שינוי), אופי המשוב, סוג האינטראקציה (לדוגמה : קליק/גרירה/הזנת ערך/תקשורת בין שחקנים), דרישות מדיה אם אינן קריטיות (לדוגמה סאונד שאינו הכרחי אבל יכול להוסיף), תקינות לשימוש שוטף ואף מאפיינים דוגמת רמת הנאה / פופולריות. השלב השלישי המוגדר כקבלת התוצרים ובחינת מאפיינים, הוא מאין שלב בו מתבצעת אינטגרציה בין כל המידעים שיש בידי המורה נכון לשלב זה ובו היא מבצעת בחינה לגבי המשך התהליך במטרה לבחירת היישומון. בשלב הרביעי והאחרון בתהליך המורה מגיעה לצומת דרכים בה היא צריכה לקבל את ההחלטה : האם לבחור ביישומון הנוכחי או שלחזור לשלבים השני והשלישי ולבחון מחדש את היישומונים השונים.



איור 5. בחירת יישומון ובחינת התאמתו לרצף ההוראה

התרשים הבא (איור 6) מתאר את אופן פעולת המודל, ובו מופיעים שדות לדוגמא בכל אחד מן המימדים, כאשר שדות אלו מתחלקים ל: **ערכים קבועים**, אשר מוגדרים למורים א-פריורי (למשל, שכבת גיל); **ערכים סטטיסטיים**, אשר מחושבים על ידי המערכת (למשל, רמת קושי); ו**שאלות למורים**, עליהן הם עונים על פי שיקוליהם השונים והיכרותם עם כיתת היעד (למשל, רמת הלומד).

מבט על של המחווה			
	מסגרים - נושא - שכבת גיל - ידע קודם נדרש	טכני - דרישות טכניות (הרשאות, פורמט, גודל) - דרישות מדיה - הנחיות התקנה	
	התאמה לקהל יעד - קצב הלמידה - רמת הלומד - העדפה / סגנון למידה	מאפייני הלומדים - מטרת היישומון - רמת הקושי - כישורים, מיומנויות ואסטרטגיות - אופי הגרפיקה (מורכבות, סכמטיות)	
	תזמון ומינון - כמות הזמן שלוקחת הפעילות - מקום הלימוד	שיתוף ההוראה - אופן הלימוד (פרטני/זוגות/קבוצות) - מטרת השימוש ביישומון (הטרמה, הקנייה...)	
	אופן ההוראה - שילוב ברצף ההוראה - כין השיעורים - בתוך השיעור	רמת התווך הנדרש - אינטרקטיביות היישומון - סוג האינטראקטיביות - רמת האינטראקטיביות - רמת הנאה - פופולריות	

ערך קבוע: ערך סטטיסטי; שאלות למורה

איור 6. מבט על של המחווה/ המסגרת המוצעת

בנוסף לראיונות, כאמור, נבחנו היבטים טכנולוגיים של הסביבות שהמורים בוחרים להשתמש בהן. באחד המחקרים שנערך בקרב מורים ותלמידים נבחנו התצורות השונות של הוויזואליזציה של היישומון והקשר שבין סוגה לסוג הלומדים.

בחינה אמפירית בוצעה על מנת לבחון את השיקולים בבחירת יישומון על פי העיצוב הגרפי שלו. נבחנה ההתאמה של יישומונים בעלי עיצוב גרפי שונה להישגי הלומדים. לשם כך, הגדיר המחקר שני סוגי גרפיקה: "גרפיקה מונפשת" ו"גרפיקה סכמתית", אשר שונות אחת מהשנייה בעומס הפרטים וברמת הסחת הדעת. המחקר השווה בין שני משחקי מחשב ללימוד מתמטיקה הנבדלים בסוג העיצוב הגרפי בלבד, כאשר התרגילים שלהם היו זהים. המשחק הראשון מבוסס על גרפיקה מונפשת של משחקי למידה מתוך המאגר של "עשר אצבעות", ואילו המשחק השני עוצב לצורך מחקר זה באופן סכמתי על בסיס אותם תרגילים. 287 תלמידים בכיתות ה'ו', משלושה בתי ספר ממלכתיים במרכז הארץ, חולקו באופן רנדומלי לשני המסלולים: המסלול הסכמתי הכיל גרפיקה פשוטה ומופשטת, המבוססת על צורות גיאומטריות וצבעים שטוחים (ללא הצללה) נטולי גוונים; לעומת זאת, המסלול המונפש הכיל גרפיקה מורכבת וצבעונית יותר, המכילה הנפשה פשוטה (אנימציה) ועיצוב מפורט. במסלול זה נוצרת תחושת תלת ממד עם נפח ועומק. האלמנטים בגרפיקה זו הינם פיגורטיביים וכוללים דמויות עם הבעה כך שנוצר נרטיב נלווה ראו איור 7.



1. **נרטיביות** - בניית סיפור מסגרת לתרגיל מול אבסטרקטיות העוסקת במספרים בלבד שאינם משויכים לחפצים מהמציאות.
2. **הנפשה** - אנימציה של הדמויות ופריטים ברקע יוצרת סביבה "חיה" מול הצגה סטטית. העין תמיד נמשכת לתנועה ומתמקדת בה.
3. **האנשה / הבעה** - הבעות פנים יוצרות מיקוד של המבט, ומעורבות רגש כלפי התרגיל.
4. **פירוט** - כמות הפרטים הוויזואליים משפיעה על העומס ועל יכולת המיקוד בפרטים הרלוונטיים.

איור 7. דוגמא למשחק במסלול המונפש ובמסלול הסכמתי

תוך הקפדה על שמירת הפרטיות של הנבדקים (שמות בתי הספר הוחלפו במספרים וכמובן שלא הוזכרו שמות התלמידים), במסגרת המחקר נותרה פעילות התלמידים במהלך המשחק ביישומונים במתמטיקה בעלי מאפיינים גרפיים שונים, ונאספו נתוני התנהגות התלמידים, דבר שאפשר לזהות רמות הצלחה שונות בין המסלולים, הבדלים בפרקי זמן עבודה, וכן השוואה של דיווח התלמידים על רמת ההנאה שלהם מהפעילות. במחקר נבחנו ההבדלים בתהליך הלימוד של התלמידים בשני המסלולים (גרפיקה מונפשת לעומת סכמתית). בנוסף, אוכלוסיית הנבדקים, משני המסלולים, חולקה לשתי קבוצות בהתאם לרמת הבקאות שלהם בחומר הלימוד. במחקר נבחנו ההבדלים בביצועי שתי הקבוצות, בהתאם לסוג הגרפיקה. בוצעו מבחנים סטטיסטיים (מבחני T, אנובה ו Chi -בריבוע) לבדיקת

מובהקות ההבדלים. ממצאי המחקר העידו על כך שהתלמידים שביצעו את המסלול הסכמתי הגיעו לתוצאות טובות יותר (עם פחות טעויות ובפחות זמן) לעומת התלמידים שביצעו את המסלול המונפש. הבדל זה מתבטא במיוחד עבור התלמידים המתקשים. לעומתם, חשוב לציין כי לומדים המתמצאים בנלמד נהנו ותפקדו טוב יותר באינטראקטיביות. העובדה שתלמידים מתקשים בחומר הלימוד מגיעים להישגים טובים יותר במסלול הסכמתי תואמת את הספרות המקצועית המבוססת על תיאוריית העומס הקוגניטיבי ואפקט הייצוג הכפול. כלומר, העובדה שההבדלים בין המסלולים נצפתה בתרגיל אחד ולא בשני משוייכת לאופי השונה של התרגילים. בניגוד למצופה, לא נמצאו הבדלים ברמת ההנאה שעליה דיווחו התלמידים. התלמידים בשני המסלולים דיווחו על רמת הנאה דומה, וכן, ניצפו דיווחים דומים בין התלמידים הבקיאים לבין המתקשים. ממצאי המחקר מצביעים על כך שהגרפיקה המונפשת, שנבדקה במחקר זה, אינה מעניקה יתרון חווייתי ללמידה. ממצאים אלו מחזקים את הספרות הטוענת שעל מנת לממש את הפוטנציאל של משחקי למידה דיגיטליים, נדרשת הטמעה של התוכן הפדגוגי בממשק המשחק, ואין להסתפק רק בעיצוב המקשט את סביבת הלמידה ומנותק מהחומר הנלמד.

המסקנות הנובעות ממחקר זה עוזרות בגיבושה מחוון למורים שיעזור להם להתאים את המשחק הנכון לקהל ולסיטואציה הנכונה. מחוון זה מאפשר למורים התייחסות הן לשיקולים האישיים/חוויתיים של התלמיד והן לשיקולים הקוגניטיביים של תהליך הלמידה. לאור מחקר אמפירי זה ניתן לנסח שלושה כללי אצבע עבור מפתחים, מעצבים ומורים, אשר יכולים לסייע באפקטיביות השילוב של היישומונים ללימוד מתמטיקה בבתי הספר היסודיים (א) עיצובים גרפיים שונים מתאימים לקהלים שונים ולסיטואציות שונות של למידה. גרפיקה מורכבת ומונפשת יכולה להקשות על הלמידה אם היא מאתגרת; (ב) עיצוב סכמתי, הממעיט בפרטים מיותרים, מתאים למשחקים היוצרים עומס קוגניטיבי גבוה; (ג) יש ליצור קשר בין נרטיב המחבר את עולמו של הילד אל עולם התוכן של החומר הנלמד.

מחקר זה בוצע בשמירה על אובייקטיביות וניטרליות עד כמה שניתן באיסוף וניתוח הנתונים. עם זאת, יש לציין את המגבלות וההסתייגויות של המחקר. משיקולים פרקטיים, אוכלוסיית הנבדקים היתה מצומצמת, וכן ההשוואה בין המסלולים נערכה בין שני משחקים בלבד מתוך מאגר משחקים רחב. לכן, אוכלוסיית הנבדקים אינה מייצגת את כלל התלמידים בארץ והפעילות אינה מייצגת את כלל משחקי הלמידה במתמטיקה. יחד עם זאת מחקר זה מהווה בסיס למחקרי המשך בתחום.

חשוב לציין כי מקום מרכזי ניתן לגורם האנושי, למורות, בתהליך הבחירה והשילוב של היישומונים. למורה תפקיד מרכזי בהתאמת היישומון לקהל היעד, בתזמון שלו ובאופן הוראתו. המורה תשכיל לעשות זאת על בסיס המטרה המתמטית שהיא מגדירה, על בסיס הידע המקצועי שלה, סגנון ההוראה שלה, אוריינותה הטכנולוגית ואישיותה. להלן מוצע טופס, המסייע למורה בבחירת היישומון ובשילובו. מילוי הטופס יעלה למודעות המורה שאלות הקשורות לבחירת יישומון ושילובו ברצף ההוראה שלה וסייע לה בהפעלת השיקולים הנכונים. הטופס מובא באיור 8.

אני מלמדת כיתות:

א' ב' ג' ד' ה' ו'
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

אילו משתנים חשובים ביותר בבחירת יישומון, ואילו אינם חשובים כלל?

1. בחרי 3 משתנים חשובים ביותר בעינייך כשאת בוחרת יישומון בו תשתמשי בשיעור. רשמי לצידם מספר מ-1 עד 3 (אין לתת אותו מספר פעמיים). 3 = החשוב ביותר / 1 = הכי פחות חשוב מבין שלושת החשובים ביותר.
2. בחרי 3 משתנים הכי פחות חשובים בעינייך, ורשמי לצידם מספר 1- / 3- כאשר 3- מסמן את המשתנה הכי פחות חשוב ברשימה.

מסמך/הנושא של היישומון	☐	משך הזמן שלוקחת הפעילות	☐
רמת הקושי של היישומון	☐	רמת התיווך הנדרשת במהלך הפעילות	☐
מיומנויות נדרשות מצד התלמיד לביצוע היישומון	☐	עד כמה היישומון דומה ליישומונים שהכיתה ביצעה בעבר	☐
אופי הגרפיקה, המורכבות שלה, ורמת ההנפשה	☐	התאמה לעבודה ב: פרטנית/בזוגות/בקבוצות	☐
עד כמה היישומון פופולרי ומהי רמת ההנאה מהמשחק	☐	סוג המשוב שהתלמיד מקבל	☐
אחר, פרטי _____	☐	רמת המעקב שהיישומון מאפשר למורה	☐
		רמת האינטראקטיביות	☐

תזמון היישומון במערך ההוראה

הקיפי בעיגול את התזמון במערך ההוראה שמתאים עבור כל מאפיין של היישומון (ניתן להקיף יותר מאחד בכל שורה)

5	4	3	2	1	משחק עם רמת קושי גבוהה מתאים ל:
הטרמה	הקנייה	תרגול	הערכה	ריענון	
5	4	3	2	1	משחק מובנה (אפשרויות בחירה מעטות) מתאים ל:
הטרמה	הקנייה	תרגול	הערכה	ריענון	
5	4	3	2	1	משחק עם גרפיקה סכמתית ומינימלית מתאים ל:
הטרמה	הקנייה	תרגול	הערכה	ריענון	
5	4	3	2	1	משחק מוכר לתלמידים מתאים ל:
הטרמה	הקנייה	תרגול	הערכה	ריענון	

איור 8. טופס המסייע למורה בבחירת היישומון ובשילובו (המשך בעמוד הבא)

השפעת העיצוב הגרפי של היישומון

מוצגים צילומי מסך של יישומונים שונים (כל זוג בעלי אותו נושא לימוד ועיצוב גרפי שונה) סמני בכל שורה איזה יישומון מתאים יותר למשפט. אם אין לדעתך הבדל, סמני את המשבצת האמצעית



☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר יותר אפקטיבי ללמידה
☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר ילהיב את התלמידים
☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר יקח זמן רב יותר
☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר יהיה מבלבל לתלמידים
☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר ימאס על התלמידים מהר יותר



☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר יותר אפקטיבי ללמידה
☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר ילהיב את התלמידים
☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר יקח זמן רב יותר
☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר יהיה מבלבל לתלמידים
☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר ימאס על התלמידים מהר יותר



☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר יותר אפקטיבי ללמידה
☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר ילהיב את התלמידים
☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר יקח זמן רב יותר
☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר יהיה מבלבל לתלמידים
☐	ללא הבדל	☐	סמני את המשחק אשר ימאס על התלמידים מהר יותר

לסיכום, במחקר זה מיפינו את השיקולים של המורה והמידע הנחוץ לה - בבואה לחפש יישומונים או מאגרים מתמטיים ובנינו גוף ידע בדמות מחוון. המחוון מרכז את כל המידע שהמורה צריכה לצורך בחירה ביישומון ושילובו ברצף הוראה. אנו חושבים כי המחוון שפותח יכול לסייע בפיתוח כלי דיגיטלי שבאמצעותו תוכל המורה לבצע אינטגרציה בין כל הדברים הנחוצים לה להוראתה. בהמשך לתהליכי למידתה של המורה את המאגרים והיישומונים, נדרש לפתח כלי בדמות Google של מאגרים ויישומונים מתמטיים, אפשרות להזנת קריטריונים שעל פיהם ניתן יהיה לקבל את התוצר הרצוי ושיכול לסייע למורה בבחירת ביישומון וכן בקיצור זמני החיפוש.

בעידן זה בו דברים משתנים בתכיפות גבוהה, יש לשים לב כי המורים נדרשים להשמת טכנולוגיות חדישות באופן יומיומי כחלק ממערך השיעור. ומכאן חשיבות המחקר, בסיוע למורה בשילוב כלים טכנולוגיים במהלך השיעור בכתה. המורים והמורות כיום מתמודדים עם עומס רב של מאגרים ויישומונים לכן, פותח מחוון שעשוי לסייע להן בשילוב יישומונים ברצף ההוראה שלהן. מורים ומורות רבים מתמודדים כיום עם הכנסת כלים טכנולוגיים רבים ולכן נדרשת מהם יכולת אוריינות גבוהה מאוד. על כן, חשוב שמחקר המשך יעסוק בדרך הלמידה של המורה את הכלים הטכנולוגיים ובדרך יישומה בכיתה בפועל. דבר זה יכול לקדם יצירת כלי טכנולוגי, כפי שהן ביקשו.

3.2. כיצד יכולים יישומונים מתמטיים להשתלב באופן מובנה ברצף ההוראה, בהתאם לתפיסה החינוכית של המורה?

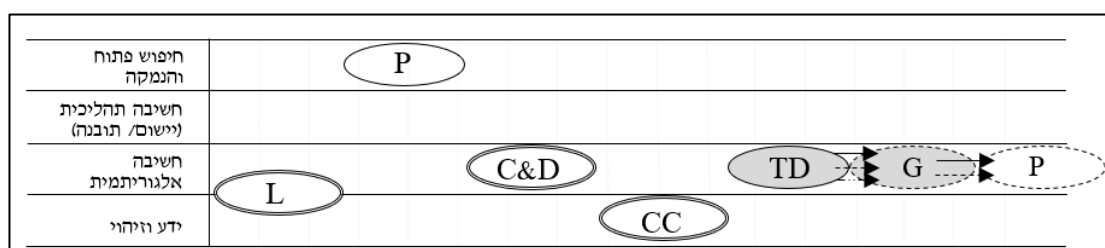
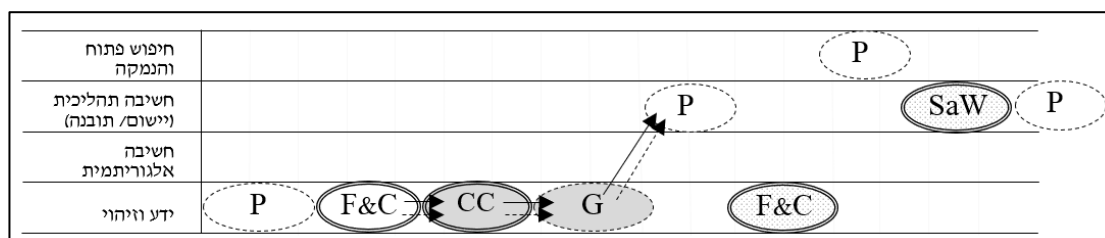
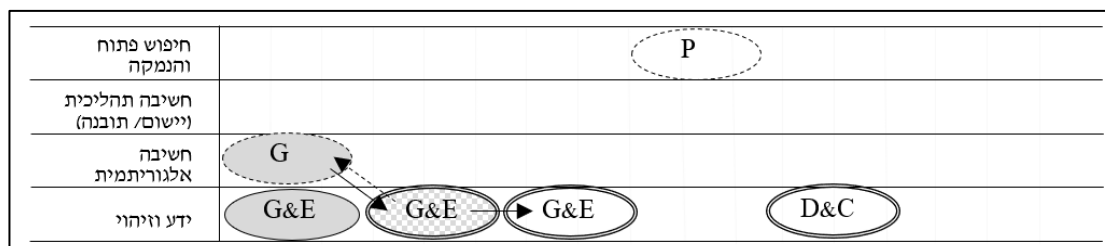
יישומונים מתמטיים הם ניטרליים מבחינת שילובם ברצף הוראה. כלומר, הם אינם מכוונים לחלק מסויים בשיעור. לפיכך, שילובם ברצף ההוראה תלוי בבחירה אותה עושה המורה, בהתאם למטרות ההוראה. כחלק מהשתלמות המורים, נערכו דיונים על אפשרויות שונות של שילוב יישומונים במהלך השיעור- כפתיחה, כחלק מתרגול או כסיכום. כמו כן דנו בשאלה כיצד ניתן להשתמש ביישומון, אפילו אם במהותו הוא מתאים לרמת חשיבה נמוכה, כדי ליצור דיון כיתתי המאפשר רמת חשיבה גבוהה. זאת במטרה לאפשר למורות גמישות באשר לאופני השילוב בהתאם לצרכים הפדגוגיים.

כל אחת מהמורות שהשתתפה בהשתלמות תכננה והפעילה לפחות שיעור אחד בו שילבה יישומון ברצף ההוראה שלה. על מנת למצוא דרך להשוות בין השיעורים, במסגרת המחקר פיתחנו כלי מתודולוגי - תמונת שטף שיעור. נציג להלן את הכלי (מודגם באיור 9).

רצף פעולות ההוראה משתקף בסידור האופקי משמאל- תחילת השיעור, לימין- סיומו. המקום האנכי של כל אליפסה בתוך התמונה מבטא את רמת החשיבה של הפעילות. אליפסות המונחות זו על גבי זו, מתארות פעולה בו-זמנית. קווי המתאר של האליפסות מבחינים בין: פעולות המורה עם מליאת הכיתה (קו כפול); פעולות המורה עם תלמיד בודד (קו יחיד); ופעולות תלמיד בעבודה עצמית (קו מקוקו). אליפסות מוצללות מסמנות שימוש ביישומונים ממוחשבים. גם התזמור אותו מיישמת המורה במהלך השימוש במשחקון משתנה בין: הנחיה-והסבר (G&E) של תוכן המשחקון; הדגמה טכנית (TD) לשימוש במשחקון; משחק עצמי של התלמידים במשחקון (G); והבהרת מושגים מתמטיים (CC) על ידי תצוגת המשחקון. הסימון בחיצים מתאר את הקשר שיש לשימוש במשחקון עם חלקי השיעור הסמוכים לו (מתמטי, פדגוגי או טכנולוגי). כמו כן דרך תמונת שטף שיעור ניתן לבחון את קיומו של קשר בין השימוש במשחקון למשימה מסדר חשיבה גבוה, או העדרו.

בהשוואה בין השיעורים, ניתן לראות באיורים כי מקום השילוב של המשחקים הממוחשבים (מסומן בהצללה) בתוך השיעור משתנה, וכך גם התזמור אותו מיישמת המורה במהלך השימוש במשחקון. תיאור סכמתי ומצומצם זה

מאפשר, פרט להשוואה בין שיעורים שונים, גם לבחון את מידת הקוהרנטיות בשילוב היישומון ברצף ההוראה. בפרט, מן ההיבט של רמות החשיבה הבאות לידי ביטוי בחלקי השיעור השונים.



קשר תוכן מתמטי →
קשר פדגוגי →
קשר ריגושי/מוטיבציוני →

איור 9. כלי מתודולוגי לבחינת שטף שיעור – הדגמה באמצעות שיעורים של שלוש מורות שונות

3.3 מקורות לפרק זה

נקש, ג. (2018). בניית מחוון לשילוב יישומונים מתמטיים ברצף ההוראה. בית הספר לחינוך, אוניברסיטת תל אביב.
צור, ר. (201). שילוב סרטוני אנימציה ברצף ההוראה בתחום הדעת מתמטיקה בבית ספר היסודי. בית הספר לחינוך, אוניברסיטת תל אביב.
שקדי, א. (2003). מילים המנסות לגעת. מחקר איכותני – תיאוריה ויישום. הוצאת רמות, אוניברסיטת תל אביב.

- Altherr, S., Wagner, A., Eckert, B., & Jodl, H. J. (2003). Multimedia material for teaching physics (search, evaluation and examples). *European Journal of Physics*, 25(1), 7-14.
- Andrade, A., Ehlers, U., Caine, A., Carneiro, R., Conole, G., Kairamo, A. M., & Mundin, P. (2011). Beyond OER: Shifting focus to open educational practices.
- Avni, E., & Rotem, A. (2016). Digital Competence: A Net of Literacies. In *Handbook of Research on Technology Tools for Real-World Skill Development* (pp. 13-41). IGI Global
- Barker, P. (2005). What is IEEE Learning Object Metadata/IMS Learning Resource Metadata. *CETIS Standards Briefing Series, JISC (Joint Information Systems Committee of the Universities' Funding Councils)*.
- Barzilai, S., & Blau, I. (2014). Scaffolding game-based learning: Impact on learning achievements, perceived learning, and game experiences. *Computers & Education*, 70, 65-79.
- Bernstein, S. (2015). OER and the value of openness: Implications for the knowledge economy. *Globalisation, Societies and Education*, 13(4), 471-486.
- Bielaczyc, K., & Ow, J. (2014). Multi-player epistemic games: Guiding the enactment of classroom knowledge-building communities. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 9(1), 33-62.
- Bokhove, C., & Drijvers, P. (2012). Effects of a digital intervention on the development of algebraic expertise. *Computers & Education*, 58(1), 197-208.
- De los Arcos, B., Farrow, R., Pitt, R., Weller, M., & McAndrew, P. (2016). Personalising learning through adaptation: Evidence from a global survey of K-12 teachers' perceptions of their use of open educational resources. *Journal of Online Learning Research*, 2(1), 23-40.
- Camilleri, A. F., Ehlers, U. D., & Pawlowski, J. (2014). *State of the art review of quality issues related to open educational resources (OER)* Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Cannell, P., Macintyre, R., & Hewitt, L. (2015). Widening access and OER: Developing new practice. *Widening Participation and Lifelong Learning*, 17(1), 64-72.
- Cardinaels, K., Duval, E., & Olivié, H. (2006, October). A formal model of learning object metadata. In *European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 74-87). Springer, Berlin, Heidelberg.

- Cheung, A. C., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Educational research review*, 9, 88-113.
- Choi, Y. M., & Carpenter, C. (2017). Evaluating the impact of open educational resources: A case study. *Portal: Libraries and the Academy*, 17(4), 685-693.
- Christian, W., Belloni, M., Dancy, M., & Cox, A. (2003, September). Authoring and assessing Physlet/spl reg/-based interactive curricular material. In *The IEEE Region 8 EUROCON 2003. Computer as a Tool*. (Vol. 1, pp. 41-44). IEEE.
- Corbalan, G., Kester, L., & van Merriënboer, J. J. (2009). Dynamic task selection: Effects of feedback and learner control on efficiency and motivation. *Learning and Instruction*, 19(6), 455-465.
- Cohen, A., Kalimi, S., & Nachmias, R. (2013). The use of digital repositories for enhancing teacher pedagogical performance. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, 9, 201-218.
- Clements, K., Pawlowski, J., & Manouselis, N. (2015). Open educational resources repositories literature review—Towards a comprehensive quality approaches framework. *Computers in Human Behavior*, 51, 1098-1106.
- Dublin Core Metadata Initiative (DCMI). (2012). Dublin core metadata element set, version 1.1.
- De Liddo, A. (2010). From open content to open thinking. *Proceedings of ED-MEDIA 2010--World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications* (pp. 3178-3183). Toronto, Canada: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE)
- Demir, M. (2013). online applets in mathematics teaching: The case of linear functions. Paper presented at the *E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, 2013(1), 352-358.
- Dębowska, E., Girwidz, R., Greczyło, T., Kohnle, A., Mason, B., Mathelitsch, L., Silva, J. (2013). Report and recommendations on multimedia materials for teaching and learning electricity and magnetism. *European Journal of Physics*, 34(3), 47-54.
- DeRosa, R., & Robison, S. (2017). From OER to open pedagogy: Harnessing the power of open. *Open: The Philosophy and Practices that are Revolutionizing Education and Science*. London.

- Domingo, M. G., & Garganté, A. B. (2016). Exploring the use of educational technology in primary education: Teachers' perception of mobile technology learning impacts and applications' use in the classroom. *Computers in Human Behavior*, 56, 21-28.
- Drijvers, P. (2015). Digital technology in mathematics education: Why it works (or doesn't). Paper presented at the *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education*, 135-151. Springer International Publishing.
- Drijvers, P. (2016). Evidence for benefit? Reviewing empirical research on the use of digital tools in mathematics education. Paper presented at the 13th International Congress on Mathematical Education Hamburg.
- Dijanić, Ž., & Trupčević, G. (2017). The impact of using GeoGebra interactive applets on conceptual and procedural knowledge. In *The Sixth International Scientific Colloquium Mathematics and Children (Mathematics education as a science and a profession)*, Osijek, Hrvatska.
- Gorev, D., & Gurevich-Leibman, I. (2015). Experience of integrating various technological tools into the study and future teaching of mathematics education students. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 46(5), 737-751.
- Gurung, R A R. 2017. Are OE Resources High Quality?. In: Jhangiani, R S and BiswasDiener, R. (eds.) *Open: The Philosophy and Practices that are Revolutionizing Education and Science*. Pp. 79–86. London: Ubiquity Press.
- Hershkowitz, R., Tabach, M., & Dreyfus, T. (2017). Creative reasoning and shifts of knowledge in the mathematics classroom. *ZDM*, 49(1), 25-36.
- Hilton, J. (2016). Open educational resources and college textbook choices: A review of research on efficacy and perceptions. *Educational Technology Research and Development*, 64(4), 573-590.
- Hilton III, J. L., Lutz, N., & Wiley, D. (2012). Examining the reuse of open textbooks. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 13(2), 45-58.
- Horzum, M. B. (2015). Interaction, structure, social presence, and satisfaction in online learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(3), 505-512.

- Hung, C., Huang, I., & Hwang, G. (2014). Effects of digital game-based learning on students' self-efficacy, motivation, anxiety, and achievements in learning mathematics. *Journal of Computers in Education*, 1(2-3), 151-166.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Ludgate, H. (2013). Technology Outlook: Community, Technical, and Junior Colleges 2013-2018. An NMC Horizon Project Sector Analysis. *New Media Consortium*.
- Kepple, M., Campbell, L. O., Hartshorne, R., & Herlihy, C. (2015). An introductory examination of factors influencing K-12 teachers perceptions and use of emerging technological tools in the classroom. Paper presented at the *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 2154-2156.
- Kieran, C., & Drijvers, P. (2016). Digital technology and mathematics education: Core ideas and key dimensions of michèle Artigue's theoretical work on digital tools and its impact on mathematics education research. *The didactics of mathematics: Approaches and issues* (pp. 123-142) Springer.
- Kimeswenger, B. (2016). Identifying and assessing quality criteria for dynamic mathematics materials on platforms. Paper presented at the *10th CERME congress of European reaserch in mathematics education*, Dublin, Irland.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The technological pedagogical content knowledge framework. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 101-111). Springer, New York, NY.
- Le Donné, N., Fraser, P., & Bousquet, G. (2016). Teaching Strategies for Instructional Quality. OECD (2016)
- McKinney, S., & Frazier, W. (2008). Embracing the principles and standards for school mathematics: An inquiry into the pedagogical and instructional practices of mathematics teachers in high-poverty middle schools. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 81(5), 201-210.
- Najjar, J., Ternier, S., & Duval, E. (2008). Learning object metadata: Opportunities and challenges for the middle east and north africa. Paper presented at the *E-Learning Excellence in the Middle East Conference*, 1-21.

- Nash, S. S. (2005). Learning objects, learning object repositories, and learning theory: Preliminary best practices for online courses. *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*, 1(2), 217-228.
- OECD (2015), Students, Computers and Learning: Making the Connection, PISA, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>
- Orr, D., Rimini, M., & Van Damme, D. (2015). Open Educational Resources: A catalyst for innovation. OECD.
- Pawlowski, J. M., & Bick, M. (2012). Open educational resources. *Business & Information Systems Engineering*, 4(4), 209-212.
- Pejuan, A., Bohigas, X., & Jaén, X. (2016). An evaluation tool for physics applets. *Journal of Technology and Science Education*, 6(1), 36-51.
- Peralta, M., Alarcon, R., Pichara, K. E., Mery, T., Cano, F., & Bozo, J. (2017). Understanding learning resources metadata for primary and secondary education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*.
- Pirkkalainen, H., Jokinen, J. P., Pawlowski, J. M., & Richter, T. (2014). Removing the barriers to adoption of social OER environments. Paper presented at the *International Conference on Computer Supported Education*, 19-34.
- Richter, T., & McPherson, M. (2012). Open educational resources: Education for the world? *Distance Education*, 33(2), 201-219.
- Rohaan, E. J., Taconis, R., & Jochems, W. M. (2012). Analysing teacher knowledge for technology education in primary schools. *International Journal of Technology and Design Education*, 22(3), 271-280.
- Ronau, R. N., Rakes, C. R., Bush, S. B., Driskell, S. O., Niess, M. L., & Pugalee, D. K. (2014). A survey of mathematics education technology dissertation scope and quality: 1968–2009. *American Educational Research Journal*, 51(5), 974-1006.
- Sabitha, A., Mehrotra, D., & Bansal, A. (2014). Enhanced learning by extending metadata of learning objects with knowledge objects. *International Journal of Education and Learning*, 3(1), 1-12.

- Smith, R. C., Kim, S., & McIntyre, L. (2016). Relationships between prospective middle grades mathematics teachers' beliefs and TPACK. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 16(4), 359-373.
- Smith, M. S., & Stein, M. K. (2011). Five practices for orchestrating productive mathematics discussions. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Steinacker, A., Ghavam, A., & Steinmetz, R. (2001). Metadata standards for web-based resources. *IEEE Multimedia*, 8(1), 70-76.
- Stehr, E. M., He, J., & Nguyen, H. (2018). Selecting, Sequencing, and Connecting: Using Technology to Support Area Measurement through Tasks, Strategies, and Discussion. In *Proceedings of the Interdisciplinary STEM Teaching and Learning Conference* (Vol. 2, No. 1, pp. 13-26).
- Trgalova, J., Jahn, A. P., & Soury-Lavergne, S. (2009). Quality process for dynamic geometry resources: The intergeo project. Paper presented at the *Proceedings of the Sixth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*. Lyon, France.
- Yuan, L., MacNeill, S., & Kraan, W. G. (2008). Open Educational Resources-Opportunities and challenges for higher education.

4. כלים מבוססי-דאטה שיסייעו למורים בקבלת החלטות

4.1 כיצד להחזות מידע למורים, על מנת לסייע להם להבין מהו השימוש-בפועל של תלמידים ביישומונים מתמטיים ולתמוך בתלמידיהם?

קיבלנו נתונים עשירים ומגוונים מחברת גדולה המפתחת סביבת למידה מקוונת למתמטיקה, המבוסס על אוסף בן מאות יישומונים. באמצעות נתונים אלו פיתחנו אבות-טיפוס להחזיות אשר יספקו בידי המורים מבט כולל על עבודת התלמידים במערכת, ובכך יאפשרו שימוש יעיל בזמן המורה במהלך עבודת התלמידים עם היישומונים, וכן בחירה מושכלת של היישומונים להמשך מהלך ההוראה.

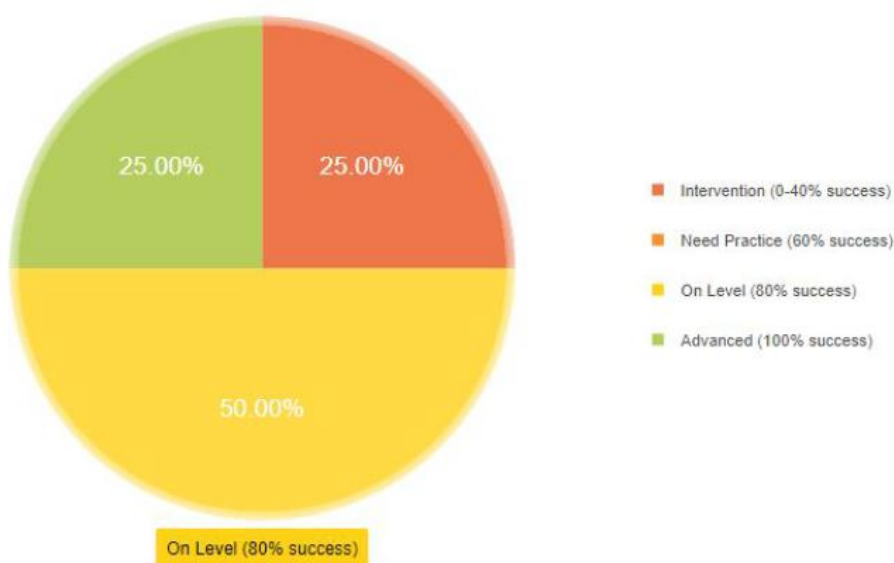
במסגרת זו פיתחנו החזיות המאפשרות מבט במספר רמות, החל מרמת הכיתה כולה, דרך מבט על קבוצות תלמידים וכלה ברמת התלמיד הבודד. בין היתר, המורים יכולים לקבל מידע, באמצעות החזיות אלו, על קבוצות של תלמידים בכיתה שמתנהגות באופן מובדל זו מזו, וכך להתאים ההוראה לפי מאפייני הקבוצות.

להלן מספר דוגמאות להחזיות (לדוגמאות נוספות, ר' נספח ב'). חשוב לציין כי ההחזיות הן אינטראקטיביות ודינמיות, כלומר המורים יכולים ללחוץ על אלמנטים מסויימים בתרשימים על מנת לקבל מידע נוסף.

מבט כולל על ביצועי הכיתה - התפלגות התלמידים בכיתה על פי התקדמותם במערכת:

Class performance overview

Demo Class

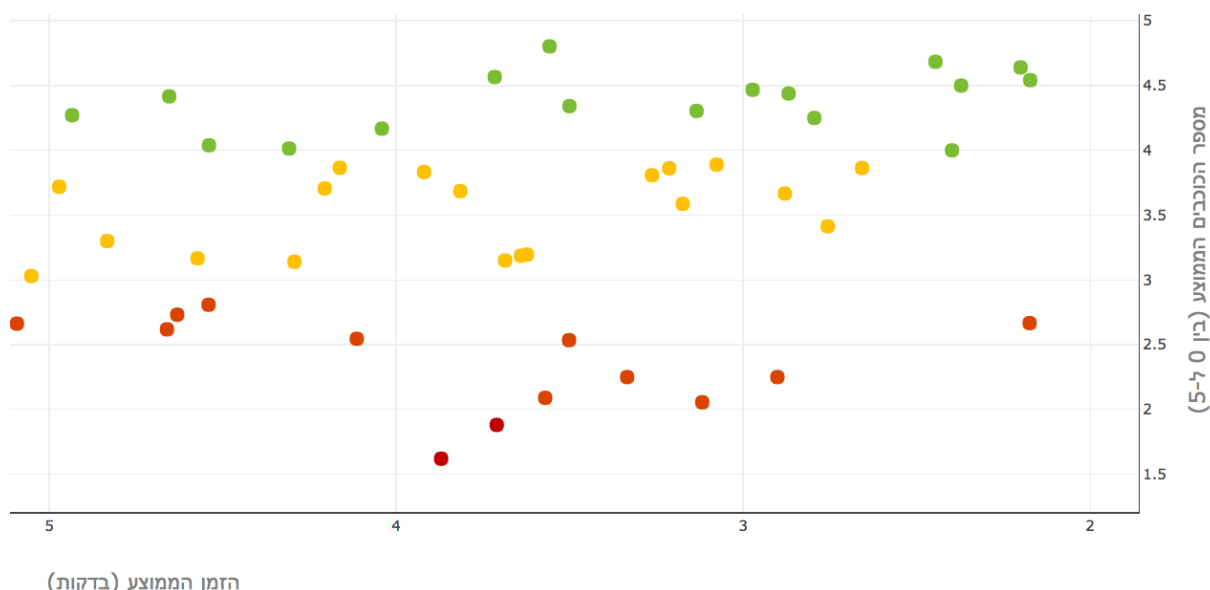


Student achievement snapshot

Demo Class

	Not finished	Intervention	Need Practice	On Level	Advanced
Student	Birds of Pass...	Classifying S...	In the Cards I...	Making 10 an...	Subtraction w
Class average	90	60		80	73.33
shaked's Student 1 Student					
shaked's Student 2 Student					
shaked's Student 3 Student					

מבט אינטראקטיבי זמן מול ביצועי התלמיד - כל נקודה בגרף מייצגת תלמיד במרחב דו-ממדי.



ציר ה-X מייצג את הזמן הממוצע שלקח לתלמיד לפתור את קבוצת האפיזודות וציר ה-Y מייצג את מספר הכוכבים הממוצע בקבוצת האפיזודות. כפי שניתן לראות כל תלמיד נצבע באחד מהצבעים הבאים: ירוק, צהוב, כתוב ואדום, כאשר כל צבע מייצג רמה אחרת של תלמידים. ירוק מסמל תלמידים מצטיינים (קיבלו ציונים גבוהים ופתרו את האפיזודות בזמן יחסית קטן), צהוב מסמל תלמידים ממוצעים בכיתה שפותרים את האפיזודות בצב טוב, כתום מסמל תלמידים מתקשים ואדום מסמל תלמיד שמתקשה מאוד בקבוצת משימות זו וזקוקה התערבות של המורה. מעבר עם העכבר על אחת הנקודות בגרף יציג עבור המורה את שם התלמיד, מספר הכוכבים הממוצע עבורו והזמן הממוצע שלקח לאותו תלמיד לפתור את האפיזודות. ניתן להפיק את הגרף על פי כיתה.

חלוקה לקבוצות של התלמידים - הטבלה הבאה מציגה תוצאות של חלוקה לקבוצות של כל התלמידים במערכת. החלוקה לקבוצות נעשתה לפי המאפיינים הבאים של התלמידים: זמן ממוצע על אפיזודה, מספר כוכבים ממוצע, אחוז שאלות נכונות באפיזודה בממוצע וזמן ממוצע על שאלה באפיזודה. חלוקה לקבוצות זאת נעשית על פי אלגוריתם אשר מחלק באופן אוטומטי את התלמידים למספר קבוצות לפי מאפיינים נבחרים.

תיאור קבוצה	מספר תלמידים	זמן ממוצע על אפיזודה (שניות)	מספר כוכבים ממוצע	אחוז שאלות נכונות באפיזודה בממוצע	זמן ממוצע על שאלה באפיזודה (שניות)
תלמידים מתקדמים שפותרים מהר משימות	7442	194.41	4.4	0.78	37.99
תלמידים ממוצעים שפותרים מהר שאלות	2725	218.45	4.06	0.64	40.68
תלמידים מתקשים שפותרים לאט שאלות	4201	267.34	3.28	0.49	49.23

לאחר פיתוח ההחזיות, ניגשנו לחקור אותן, על מנת לדעת כיצד המורים מבינים את החזיות הללו, אילו תובנות הם יעלו בעקבות צפייה בהן, אילו פעולות יחליטו לנקוט לאחר מכן, וכיצד הדבר תורם להתפתחותם המקצועית.

4.1.1. סקירת ספרות

4.1.1.1. לוחות בקרה בהוראה

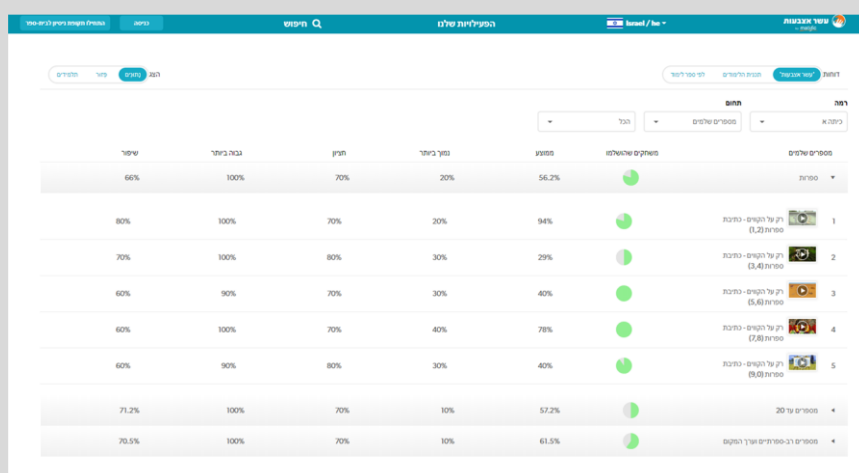
לוח בקרה (Dashboard) של מערכת מבוססת-מחשב הינו רכיב במערכת המציג למשתמש באופן ויזואלי מידע אשר רלוונטי עבורו ומאפשר לו להתעדכן באופן מהיר, פרקטי ויעיל בנתונים רלוונטיים. המידע המוצג מבוסס על נתונים אשר נאספים באופן שוטף על ידי המערכת. לוח הבקרה מלווה בדרך כלל בממשק גרפי עדכני וידידותי למשתמש ומתאפיין בהצגת נתונים דינמיים המתעדכנים באופן אוטומטי כאמור. Few (2006) היטיב להגדיר את לוח הבקרה כתצוגה חזותית המרוכזת על גבי מסך אחד. התצוגה מכילה את המידע החשוב ביותר הדרוש למשתמש להשגת מטרותיו וניתנת לניטור במבט חטוף. המידע המוצג על גבי לוח הבקרה עשוי לכלול מיצגים גרפים מסוגים שונים, למשל, דיאגרמות, תרשימי זרימה וטבלאות. ישנה חשיבות רבה לאופן בו המידע מוגש, מאורגן ומעוצב, כדי שהמשתמש יוכל להבינו בקלות ולעשות בו שימוש (Few, 2006b; Schwendimann et al., 2017). לוחות בקרה משמשים במערכות ממוחשבות בתחומים שונים, ובשנים האחרונות – בעיקר בשל התפתחות המערכות ללמידה מקוונת – החל להיעשות שימוש בלוחות בקרה גם בתחום החינוך. בספרות המחקרית, אנו מוצאים את המונח Education Dashboard לתיאור לוחות בקרה אלו; מכאן ואילך, נכנה אותם בקיצור "לוחות בקרה", וזאת כיוון שההקשר החינוכי ברור מאליו.

ישנם מספר מקורות מהן לוח הבקרה יכול לשאוב מידע, כך למשל: קבצי יומן (Log files) המתעדים את פעילות המשתמש במערכת; תוצרי למידה שהופקו על ידי המשתמשים, כגון: מבחנים ותוצרי למידה שונים הניתנים לניתוח; מידע ישיר המגיע מהמשתמש למטרות איסוף וניתוח מידע, כגון: שאלונים וסקרים; מידע מאגרי מידע חיצוניים (למשל, מאגרי מידע מוסדיים) (Schwendimann et al., 2017).

לוח בקרה המשמש להוראה מציג, בדרך כלל, מידע הקשור להתקדמות התלמידים במערכת ולהישגיהם (למשל, כמה שאלות פתרו, או כמה תשובות נכונות נתנו). הצגת נתונים באמצעות טכניקות תצוגה מתקדמות ונוחות למשתמש, מאפשרות למורים ו/או לתלמידים לבחון, לעקוב ולפקח אחר דפוסי התנהלותם בזמן אמת, הן מבחינת הוראה והן מבחינת למידה (Yoo et al., 2015).

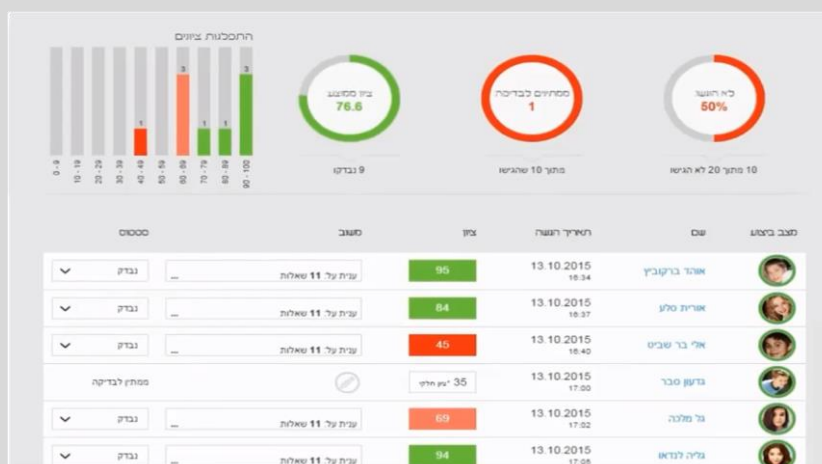
דוגמה ללוח בקרה בתחום ההוראה ניתן למצוא באתר "עשר אצבעות" מבית חברת Matific. "עשר אצבעות" הינו אתר המיועד להוראה ולמידה של מקצוע המתמטיקה מגיל גן שחובה ועד כיתה ו'. באיור 10 ניתן לראות שלוח הבקרה מכיל מידע ברמה הכיתתית וברמה האישית לגבי כל תלמיד והמידע מוצג במערכת באמצעות טבלה המכילה בין היתר, סטטוס התקדמות בלמידה, ממוצע, ערכי קיצון ונתוני שיפור האחוזים.

איור 10: לוח בקרה מאתר "עשר אצבעות" - הצגת נתונים ברמה הכיתתית



דוגמה נוספת ללוח בקרה ניתן למצוא באתר "הילקוט הדיגיטלי – אופק יסודי" מבית חברת מט"ח. "אופק" הינה סביבת למידה דיגיטלית המשמשת להוראה, למידה והערכה. סביבת הלמידה מכילה פעילויות אינטראקטיביות בשלל מקצועות למידה שונים, כגון: מתמטיקה, אנגלית, היסטוריה ועוד. סביבת הלמידה מכילה מערכת למידה מקוונת המיועדת למורים ולתלמידים, המספקת למורים נתונים מתוך פעילות התלמידים במערכת על גבי לוח בקרה. איור 11 מהווה דוגמה ללוח הבקרה במערכת. ניתן לראות כי לוח הבקרה מציג את הנתונים הנאספים במערכת במספר דרכים שונות (טבלה, גרף ותרשים עוגה). בנוסף, המערכת מספקת למורה נתונים על ההתקדמות כל אחד מתלמידיו באופן אישי, לרבות ציון ותאריך הגשה, וגם נתונים על מצב הכיתה, כגון: התפלגות ציונים וציון ממוצע.

איור 11: לוח בקרה אתר "הילקוט הדיגיטלי – אופק יסודי"



בעולם החינוך ניתן למצוא לוחות בקרה במערכות לניהול למידה (LMS – Learning Management Systems), מערכות לימוד מתוככמות (ITS – Intelligent Tutoring Systems), בקורסים מקוונים למיניהם (MOOCs וכדומה) ובעולם החינוך הפורמאלי והבלתי פורמאלי (Xhakaj et al., 2016).

שימוש בלוחות בקרה בהוראה לוח בקרה הפך לכלי פופולרי, המאפשר לזהות, לנתח ולהציג נתונים ספציפיים מתוך מידע רב, והכל עבור המשתמש ובהתאם לצרכיו (Gast, 2011; O'Malley et al., 2013). שימוש בלוח בקרה בקרב מורים יכול לספק להם מידע רב בקשר לתלמידיהם, לרבות מידע בדבר יכולות ודפוסי הלמידה שלהם, צורכיהם הפדגוגיים ואף צורכיהם החברתיים.

המידע המוצג בפני המורים בלוח הבקרה יכול לסייע בידיהם לקבל החלטות מבוססות נתונים בזמן אמת בקשר לתלמידיהם ובקשר לאסטרטגיית הלימוד שלהם. כך למשל, שינוי והתאמת השיעורים, פתרון בעיות נסתרות המתגלות מעיבוד נתונים רבים ושימוש בעזרים טכנולוגיים (Holstein et al., 2010; Mottus et al., 2015; O'Malley et al., 2013). בנוסף, שימוש המורים בלוח הבקרה יכול להביא גם להתפתחות המורים עצמם, למשל באמצעות שיתוף פעולה עם עמיתים ורפלקציה מבוססת נתונים בדבר התנהלותם ויכולותיהם המקצועיות (Schwendimann et al., 2017; Xhakaj et al., 2017).

השימוש בלוחות בקרה עשוי להועיל גם לתלמידים. נתונים המוצגים בלוח הבקרה יכולים לסייע בהעלאת המודעות העצמית של תלמידים, בהרחבת ידיעותיהם האישיות, בהעלאת המוטיבציה האישית שלהם וביצירת מודעות חברתית. כמו כן, באמצעות לוחות בקרה, תלמידים יכולים לקבל בזמן אמת מידע המותאם אישית עבורם המופק באופן אוטומטי מתוך קבצי יומן (Log Files) שנאגרו במערכות LMS (Yoo et al., 2015). על אף קיומם של שימושים מגוונים של תלמידים בלוחות בקרה, מחקר זה עוסק בשימוש בלוחות בקרה בקרב המורים. לצד חשיבותו של המידע, עודף מידע, כמו גם מידע רב שאינו מאורגן באופן יעיל, יכולים להפוך למכשול עבור המורים ולהובילם לחוסר התמצאות במרחב המידע. לפיכך, על מנת שמורים יעשו שימוש יעיל במידע, יש צורך שהמידע המגיע לפתחם יהיה בהיר ומותאם לצורכיהם (O'Malley et al., 2013).

ניכר כי נוכח ההשפעה הגוברת של כלים המשלבים טכנולוגיה וזרימה נתונים, לוח הבקרה החל לקבל תשומת לב רבה יותר בעולם המחקר ובספרות המקצועית. אולם לוחות בקרה ייעודיים לעולם החינוך עדיין נמצאים בשלב של מחסור במחקר, על אף שהמחקר בנושא, בדגש על השפעות על סטודנטים, גדל בהדרגה (Yoo et al., 2015). ישנה מעט מאוד ספרות מחקרית אודות השפעת לוח בקרה על מורים, ואף פחות בדבר התפתחות מקצועית בקרב מורים בעקבות שימוש בלוח בקרה.

על אף האמור לעיל, בשני מחקרים עדכניים, ניתן למצוא קישורים המעידים על פוטנציאל להתפתחות מקצועית בקרב מורים שעשו שימוש בלוחות בקרה בתחום ההוראה. האחד, מחקר אשר נערך בקרב מורים למדעים בחטיבת הביניים מארצות הברית. במסגרת המחקר, תלמידים שיחקו במשחק חינוכי-מדעי המיועד ללמידת מדעים המתרחש בסביבה וירטואלית. כל הפעולות והאינטראקציות של התלמידים במשחק נוטרו והוצגו על גבי לוח בקרה. מטרתו של לוח הבקרה הייתה לספק למורים מידע שיסייע להם לעקוב אחר ביצועי התלמידים ולקבל החלטות מושכלות לגבי יכולות החקר והלמידה שלהם. עם סיום שלב במשחק על ידי התלמיד, יכלו המורים, בין היתר לראות על גבי לוח הבקרה את

התשובות שהתלמיד ענה בשאלות בחירה מרובה שהופיעו במהלך השלב, תשובות לשאלות פתוחות שענה, עם איזה דמויות במשחק התלמיד יצר אינטראקציה ואיזה חפצים אסף, באיזה כלים השתמש מתוך כלי המשחק ומה היה סדר הפעולות שביצע במהלך המשחק. בנוסף, לוח הבקרה הכיל מפה המנתחת את צעדי כל התלמידים ששחקו באותו השלב במשחק ומזהה דפוסים בין פעולות התלמידים. במהלך המחקר נבחנו השפעות השימוש בלוח בקרה, אשר הציג נתונים בדבר הישגי תלמידים על המורים, בדגש על קבלת ההחלטות שלהם מתוך המידע שהוצג בלוח הבקרה. החוקרים מצאו, כי השימוש בלוח הבקרה תרם בין היתר, למורים לזהות היכן תלמידיהם מתקשים בהבנת החומר הנלמד וסייע למורים בקבלת החלטות בקשר לתלמידיהם ואופן העברת השיעורים (et al. Schifter, 2014). ניכר, כי תוצאות השימוש בלוח בקרה הוביל לשיפור מקצועי בקרב המורים הן בהכרה מקצועית מעמיקה של תלמידיהם והן ביכולת קבלת החלטות מקצועיות מבוססות יותר מאשר לפני השימוש בלוח הבקרה.

השני, מחקר אמריקאי נוסף, בו נבחנו השפעת השימוש באב-טיפוס של לוח בקרה על מורים ותלמידים בחטיבת הביניים. במסגרת המחקר, נעשה שימוש בלוח בקרה אשר הציג מידע מתוך מערכת למידה לתרגול מתמטיקה. על גבי לוח הבקרה הוצג מידע על אופן הלמידה של התלמידים, הן ברמה הכיתתית והן ברמה האישית. ברמה הכיתתית, הוצגו תרשימים המכילים מידע על מצב התלמידים ברכישת מיומנויות, מספר התלמידים שטעו בתרגילים שונים ותרשים פיזור המציג השוואה חוצת כיתה, בין רמת השליטה במיומנות לבין כמות התרגול בכל מיומנות בממוצע. ברמה האישית, הוצגה רמת השליטה של התלמיד באחוזים במיומנויות שתרגל, היכן טעה וכמה פעמים חזר על אותה הטעות ותרשים פיזור השווה בין הזמן מול התקדמות במערכת. החוקרים מצאו כי השימוש בלוח הבקרה השפיע על הידע של המורים בדבר יכולות הלמידה של תלמידיהם. ידע זה הוביל לשינוי בשטח הלכה למעשה בכך שהמורים הגיעו להחלטה בעקבות המידע מלוח הבקרה, לבצע שינוי בשיעורים שתכננו (Xhakaj et al., 2017).

4.1.1.2. ייצוג מידע

ייצוג מידע הוא תהליך שמבוסס על נתונים כמותיים או איכותניים המוצגים בתמונה המשקפת את הנתונים הגולמיים, בצורה ברורה ותומכת בחקירה, בחינה ותקשורת של הנתונים. אם ייצוג המידע ברור לצופה הוא ייחשב לייצוג מוצלח, אך כאשר ייצוג המידע אינו ברור הוא למעשה נכשל במטרתו העיקרית לסייע לאנשים להפוך את הנתונים לידע (Azzam, Evergreen, Germuth, & Kistler, 2013; Kosara, 2007; Tervakari, Silius, Koro, 2014; Paukkeri, & Pirttilä, 2014).

למעשה, ייצוגי מידע מאפשרים למשתמש לגשת לנתונים באופן ויזואלי, לחבר פיסות מידע שונות, לזהות סטיות ודפוסים מעניינים ולחקור את המידע בכמה רמות ללא צורך בהבנה של אלגוריתמים סטטיסטיים או מתמטיקה מורכבת. כך יכול המשתמש לגבש תובנות גם אל מול נתונים רבים וגם כאשר לא ידוע רבות עליהם ומטרות החקירה אינן מוגדרות מראש (Azzam et al., 2013; Keim, 2002).

בנוסף, ייצוגי מידע מספקים למשתמש מודלים מנטליים המהווים גורם מהותי ביכולת תפיסת המידע והחשיבה ההגיונית של האדם (Liu, Cui, Wu, & Liu, 2014; Schwendimann et al., 2017). היכולת להבין ולפרש מידע המוצג בצורה גרפית נקראת אוריינות חזותית, שהיא שפה שבעזרתה אדם הצופה בתמונה גרפית יכול לתקשר ולחשוב באופן ביקורתי על המסרים החזותיים המוצגים לו. אוריינות חזותית היא אחת מן המיומנויות החיוניות במאה ה-21, הנחשבת למאה של העידן הדיגיטלי (Crary, 2009; Stokes, 2002).

סוגים שונים של ייצוג מידע

התייחסות לחוויית המשתמש היא קריטית בבחירת ייצוגי המידע המתאימים. נוסף על השקעת המאמצים בהבנת האלמנטים המוצגים, המשתמשים עצמם (כמו מורים ותלמידים) צריכים להתייחס אל המידע באופן מעמיק (Gibson & Martinez-Maldonado, 2017). לכן בעת הבחירה בייצוג מידע מסוים יש לקחת בחשבון את כמות הממדים והנתונים בו, מבנה הנתונים, מטרת ייצוג המידע ורמת הפירוט של הנתונים (Dabbebi et al., 2017).

המידע יכול להיות מיוצג בצורה דו-ממדית ותלת-ממדית. ייצוגי מידע ידועים ומקובלים הם תרשימי טורים ותרשימי ציר, וייצוגים מורכבים יותר הם למשל ייצוג גאומטרי, המוצג באמצעות צורות על מערכת צירים; ייצוג בפיסקלים, המציג פיקסלים במרחב ביחס למשתנים מדידים, למשל עיגול המחולק למקטעים וכל מקטע בו מייצג משתנה; וייצוגי ערמות, שבו מסודרות שכבות נתונים אחת מעל לשנייה באופן היררכי.

בנוסף ישנם ייצוגי מידע בצורת טקסט, כמו ענן מילים, המציג את מילות המפתח בצבעים ובגדלים שונים בהתאם לשכיחותן בנתונים. ישנם גם ייצוגי גרפיקה, למשל ייצוגים המבוססים על אייקונים של כוכבים או צבעים, וייצוגים של אינטראקציות חברתיות שיכולים להיות מוצגים על ידי מפת רשת חברתית – המציגה מערכות יחסים או דפוסים ספציפיים של תקשורת בין אנשים (Azzam et al., 2013; Keim, 2002; Liu et al., 2014). סוגים נוספים של ייצוגי מידע יכולים לכלול כמה מאפיינים יחד כדי להתאים לקהל יעד מסוים ולמטרות מסוימות: למשל, מבנה של אֶשְׁכּוּל נתונים מציג יחסים מורכבים על ידי חלוקה לאשכולות, וניתן להשתמש בו בגרפיקה של צורות או צבעים שונים לכל אשכול, להציג את הגודל של כל אשכול בתצוגה דו-ממדית או תלת-ממדית, ואף להוסיף טקסט על התנהגות האשכול על מנת לסייע למשתמש להבין את מאפייני הנתונים (Wan Mohd et al., 2010).

ההתאמה של תבנית הגרף לסוג המידע מהווה גורם חיוני בבחירת ייצוג המידע. למשל, כאשר המידע עוסק במגמות תהיה עדיפות לתרשימי קו, ואילו גרף טורי יתאים לאירועים שאינם מגמתיים. אלמנטים נוספים בייצוג המידע עשויים לסייע למשתמש להגיע להבנה של הנתונים: למשל, הצגה של גרף בשני ממדים לרוב קלה יותר להערכה ולהפקת תובנות מאשר גרפים בעלי שלושה ממדים. כמו כן, חשוב שהגרפים לא יכללו פרטים מיותרים המסיחים את הדעת (Hullman, Adar, & Shah, 2011). היבט חשוב נוסף להצגת המידע בצורה ברורה הוא מתן שמות לאלמנטים החזותיים בגרף כך שהמשתמש יבין בקלות כיצד האלמנטים מייצגים את הנתונים. זהו אחד הגורמים החשובים ביותר בהבנת המשתמש את הגרף (Hullman et al., 2011). יתרה מזאת, מתן כלים אינטראקטיביים לשימוש בייצוג המידע עשוי לסייע למשתמשים שונים להבין את המידע בצורה המתאימה להם – למשל להדגיש את המשתנים הרלוונטיים, להתמקד בתתי-קבוצות, להדגיש מגמות ולשנות פרמטרים (Azzam et al., 2013; Liu et al., 2014).

כדי לאפשר למשתמש להבין את ערכי הנתונים ואת הקשרים ביניהם, חשוב לבחור בכמה סוגים של ייצוגי מידע אשר יציגו את אותם נתונים בצורות שונות (Dabbebi et al., 2017; Mazumdar, Petrelli, & Ciravegna, 2014). לדוגמה, במחקר שנערך באנגליה ב-2016 בחנו החוקרים אילו ייצוגי מידע מתוך עשרה ייצוגים שנבחנו יהיו שימושיים עבור סטודנטים, ורוב הסטודנטים העידו כי השילוב בין ייצוגי המידע ביחד היה הכי יעיל עבורם לעומת הצגתו של כל ייצוג מידע בנפרד (Bull, Ginon, Boscolo, & Johnson, 2016).

דרכים להערכת ייצוג המידע

ייצוגי מידע רבים עלולים להיות מבלבלים ולהוביל לחוסר הבנה ולהחלטות שגויות מצד המשתמש (Azzam et al., 2013; Dabbebi et al., 2017). כדי להציג מידע כך שהמשתמש יוכל להבין אותו ולהיעזר בו, צריך להעריך את טיבו של ייצוג המידע מנקודת מבטו של המשתמש וללמוד על האופן שבו הוא מגיב לייצוגים שונים (Lam et al., 2012). במחקרים שבוחנים את טיב ייצוג המידע נשאלים המשתתפים על תפיסותיהם במדדים של יעילות, הבנה ושביעות רצון מייצוג המידע. אפשר לבצע הערכה זו בכמה דרכים. דרך אחת היא מחקרי שימושיות, שבוחנים את השימוש של המשתתפים בכמה כלים או עיצובים של ייצוגים בסדרה של משימות מוגדרת מראש. בהערכה זו החוקרים מתעדים התנהגויות מעניינות ובעיות באינטראקציה עם ייצוג המידע ומקליטים את הערות המשתתפים, וכן בודקים את חוות דעתם של המשתתפים באמצעות שאלונים וראיונות מובנים (Lam et al., 2012; Liu et al., 2014; Mazumdar et al., 2014).

הערכה נוספת לייצוג מידע היא הערכה בלתי פורמלית, שבה נחשפת קבוצת אנשים לייצוג המידע, מתנסה בשימוש בו ולאחר מכן מעבירה עליו משוב בלתי רשמי. שיטת הערכה נוספת היא תצפית: היא דומה לשיטת מחקר השימושיות, אך כאן נערכת תצפית זהירה על המשתתפים שמטרתה להבין כיצד המשתמש מתקשר עם ייצוג המידע בסביבתו הטבעית, ועל ידי כך להתאים את ייצוגי המידע באופן אישי עבורו. הערכה מקובלת נוספת היא הערכה במסגרת מחקרי מעבדה, הכוללים ניסויים מבוקרים לבחינת התחושות הסובייקטיביות של המשתמש. המשתתפים במחקר זה עשויים למלא שאלון שבו הם מדרגים את תחושותיהם לגבי ייצוג המידע ולהביע את דעתם עליו בשאלות פתוחות (Lam et al., 2012).

ייצוגי מידע של נתוני למידה

ייצוגים של נתוני למידה יכולים לספק למורים נתיב להבנת הנתונים ולסייע להפוך אותם לידע, שבתורו עשוי לסייע למורים להבין ולייעל תהליכי למידה ולקבל החלטות פדגוגיות מבוססות (Light et al., 2005). לפיכך, ייצוגים של נתוני למידה צריכים להתאים למטרות פדגוגיות, לתמוך בפרשנות של המידע ובעיקר להציג את המידע בצורה ברורה למורה (Tervakari et al., 2014). מטרתם של ייצוגים אלה היא להביא את המורה לפעולה, ולא רק להציג לו את תוצאות ניתוח המידע. למשל, ייצוג מידע של התקדמות התלמיד לקראת מטרה מסוימת עשוי לסייע למורה להבחין בקשיים של אותו תלמיד, ואף להעלות את המוטיבציה שלו דרך הצגת התובנות באופן מותאם עבורו (Duval, 2011). בנוסף, ייצוגי מידע של ניתוחים חברתיים יכולים לסייע למורים לזהות תלמידים לא פעילים חברתית ותלמידים בעלי השפעה על תלמידים אחרים (Bull et al., 2016).

ייצוגי מידע נוספים שעשויים להועיל למורה ותלמידים מציגים סקירה כללית של פעילות התלמידים בהשוואה לתלמידים אחרים. ייצוגים אלה מאפשרים ללומד מעקב עצמי אחר התקדמותו, והמורה מקבל כלי שימושי למעקב אחר המצב של כל תלמידי הכיתה (Duval, 2011; Pohl, Smuc, & Mayr, 2012; Verbert, Duval, Klerkx, & Govaerts, 2013). דוגמה לכך היא ייצוג מידע על ידי אֶשְׁכּוּל, המחלק את התלמידים על סמך הביצועים שלהם כך שכל אשכול מייצג קבוצת תלמידים עם ביצועים דומים. תצוגה זו מסייעת למורה להבין את המאפיינים של

כל קבוצה ולפעול בהתאם (Wan Mohd et al., 2010). כדי לבחון את התועלת של ייצוגי מידע על נתוני למידה נערך ב-2013 מחקר בפינלנד, ובו הציגו ל-27 מורים ול-64 תלמידים שהשתתפו בקורס מקוון חמישה סוגים של ייצוגי מידע. לפי תוצאות המחקר, ייצוגי המידע סייעו למורים לקבל החלטות על אסטרטגיות פדגוגיות ועל פעולות ההתערבות הנחוצות בתהליכי הלמידה של התלמידים (Tervakari et al., 2014).

4.1.1.3 קבלת החלטות מבוססת-נתונים בהוראה

קבלת החלטות של מורים מבוססת על גורמים ושיקולים שונים: גורמים אישיותיים כמו אופי המורה, תפיסותיו, אמונותיו ויכולותיו הקוגניטיביות, טיב היחסים שלו עם תלמידיו והיכרותו עימם, אילוצים שונים כמו זמן וציוד, וכן מידע ונתונים על התלמידים (Anderson, 2003; Munby, 1982). שימוש בנתונים לצורך קבלת החלטות בהוראה איננו דבר חדש, ולמעשה הוא החל מראשית הקמתה של המסגרת הבית ספרית (Schifter, Natarajan, Ketelut, & Kirchgessner, 2014). מנהלים ומורים משתמשים זה זמן רב בציוני מבחנים ועבודות של תלמידים ובנתונים דמוגרפיים, בריאותיים והתנהגותיים, כדי לקבל החלטות לשיפור ההוראה והלמידה (Mandinach, 2012). עם התקדמות הטכנולוגיה, מספר מקורות הנתונים שבאמצעותם ניתן לקבל החלטות הולך וגדל, ועמו הולך וגובר הלחץ על מורים לקבל החלטות על בסיס נתוני התלמידים (Faria et al., 2014; Mandinach, 2012).

המידע הרב שנאסף על התלמידים מסביבות למידה מקוונות שונות מאפשר למורים לקבל החלטות על בסיס נתונים זמינים ונגישים. למשל, סביבות למידה רבות אוספות נתונים על ביצועי התלמידים, ומידע זה יכול לסייע למורים להחליט מי מהתלמידים בכיתה זקוק לתשומת לב אישית. לפיכך, השימוש בנתונים בעת קבלת החלטות פדגוגיות חיוני לשיפור תהליכי ההוראה, לזיהוי החוזקות והקשיים של התלמידים, למתן מענה מותאם לצורכי התלמידים ולתכנון רצף ההוראה (et al. Schifter et al., 2014; Xhakaj et al., 2016).

ישנם שישה שלבים בהפיכת נתונים גולמיים לידע משמעותי לשם קבלת החלטות: איסוף מידע, ארגון המידע, תמצות המידע, ניתוח המידע, מיזוג הנתונים למידע שימושי, ולבסוף קבלת ההחלטה (et al. Schifter et al., 2014; Light et al., 2005). תהליך זה איננו פשוט, ומנדינאך (Mandinach, 2012) כינתה את היכולת להשתמש בנתונים כדי לקבל החלטות פדגוגיות מושכלות "אוריינות נתונים פדגוגית". על פי הגדרה זו, הפקת ידע פדגוגי משמעותי דורשת מהמורה לתרגם את הנתונים הכמותיים לאסטרטגיות מעשיות בהוראה תוך התחשבות בצורכי הכיתה ובצרכים האישיים של התלמידים.

כפי שהוזכר לעיל, כשהמורים מגיעים אל הנתונים הם מחזיקים כבר בידע על הכיתה, תהליכי הלמידה והתלמידים, ועליהם לשלב ידע זה עם הנתונים כדי לקבל החלטות מתאימות (Light et al., 2005; Schifter et al., 2014). כך לדוגמה, במחקר שנערך במשך שנתיים בארצות הברית בדקו כיצד מחנכים מקבלים החלטות בעזרת נתונים על תלמידיהם. מתוצאות המחקר עלה כי מורים משתמשים בנתונים בשילוב הידע האישי שלהם על התלמידים כדי לקבל החלטות בנוגע לצורכיהם ובנוגע לדרכי ההוראה בכיתה (Light et al., 2005).

תחומי הוראה שבהם מורים מקבלים החלטות

מורים משתמשים בנתונים לקבלת החלטות במגוון היבטים בעבודתם, למשל לצורך שיחות עם בעלי עניין (הורים, מנהלים וכדומה), עיצוב ההתפתחות המקצועית שלהם על ידי רפלקציה על הוראתם, וקבלת החלטות על עבודה עם התלמידים ברמת הכיתה וברמת קבוצות ויחידים (Light et al., 2005). בפרט מורים עוסקים באופן תדיר בעבודתם בסוג קבלת ההחלטות האחרון, ולפיכך יפורט עוד על החלטות אלה בפסקאות הבאות.

השימוש בנתונים יכול לסייע למורים לקבל החלטות בנוגע לנושא הנלמד בכיתה. למעשה, על בסיס הנתונים של הישגי התלמידים במשימה או במבחן המורה יכול להעריך אם רוב תלמידי הכיתה שולטים בחומר ואם ראוי לעבור וללמד את הנושא הבא, או מנגד אם הכיתה זקוקה להתערבות. למשל, אם המורה זיהה כי תלמידים רבים לא שלטו במושג מסוים, או כי לתלמידים רבים בכיתה יש תפיסות שגויות, הוא עשוי להחליט לתרגל שוב את המושגים הבעייתיים (Xhakaj et al., 2016).

בנוסף, שימוש בנתונים יכול לסייע למורה בתכנון תוכניות הלימוד. המורה יכול להשוות את ביצועיהם של התלמידים במטלות בתקופות זמן שונות, ולפיכך להתאים את היקף הנושאים ורמתם לפרקי זמן אחרים במהלך שנת הלימודים (Light et al., 2005; Xhakaj et al., 2016). מלבד ההחלטות ברמת הכיתה, השימוש בנתונים מאפשר למורים לקבל החלטות בנוגע לתלמידים ספציפיים ובנוגע לקבוצות של תלמידים בכיתה. למשל, המורה יכול לאתר באמצעות הנתונים תלמידים המתקשים בנושא מסוים ובהתאם לכך להחליט לעבוד עימם באופן פרטני, או לחלופין, אם המורה אינו מבין את הסיבה לשגיאותיהם – להניע תהליך בירור על מקורות הקושי (Xhakaj et al., 2016).

4.1.1.4 התפתחות מקצועית

גישות שונות להתפתחות מקצועית

התפתחות המקצועית של מורים הינו הליך שמתחיל בראשית ההכשרה הראשונית ומסתיים עם הפרישה, בסוף הקריירה המקצועית של המורה (Kfir, 2008). עיון בספרות המקצועית מצביע על ריבוי ניסיונות שונים לאורך השנים להמשיג את המונח "פיתוח מקצועי" ולמסגרו בהגדרת בסיס, עליה יוכלו להישען המבקשים להתוות מסלול להתפתחות מקצועית. כך למשל, "פיתוח מקצועי" הוגדר כהעמקת ההבנה של מורים בנוגע לתהליכי הוראה ולמידה ביחס לתלמידיהם (Darling-Hammond & McLaughlin, 1995). עוד הוגדר, כתהליך מתמשך של חינוך, אימון, למידה ופעילות תמיכה (Bolam, 2002), כך גם, כתהליך מובנה ושיטתי, המאפשר פיתוח אחריות ומחויבות לתפקיד (Hargreaves, 2005). בנוסף, הפיתוח המקצועי הוגדר כאפשרות העומדת בפני מורה לרכוש את המיומנויות הטובות ביותר, את הידע המקצועי הטוב ביותר וההכנה הטובה ביותר להוראה, כך שיצליח להוביל את תלמידיו לסטנדרטים גבוהים (אבידר-אונגר & פרידמן, 2012).

ריבוי ההגדרות למונח "פיתוח מקצועי" עורר רגשות מעורבים. מחד גיסא, יש הטוענים כי קיימות הגדרות סותרות למונח, דבר היכול להוביל לחוסר בהירות, ומאידך גיסא, יש הטוענים כי קיימת קרבה בין ההגדרות השונות אשר בחלקן משלימות זו את זו (אבידב-אונגר, 2013). תפיסת המושג "התפתחות מקצועית" בקרב מורים עברה שינויים רבים לאורך השנים. שינויים אלה באים לידי ביטוי במודלים שונים אשר פותחו בעקבות רצונם של העוסקים בהכשרת מורים לבחון את דרכי ההתפתחות של מורים לאורך הקריירה המקצועית שלהם (אבידב-אונגר & אשרת-פינק, 2016).

מודלים שונים למושג התפתחות מקצועית בקרב מורים באו לעולם עוד בשלהי שנות ה-60 של המאה ה-20. Fuller (1969), הציע מודל של "צרכים וטרדות", לפיו ההתפתחות המקצועית של המורה נעה בין צרכי המורה מהיבטים חיצוניים להוראה, דהיינו, המורה כאדם, לבין צרכים הנובעים מהיבטים פנימיים להוראה, דהיינו, התמודדות עם גורמים במערכת החינוך, לרבות עמיתים, הורים ותלמידים. מאוחר יותר, הציע Gregorc (1973) מודל לפיו הגורם העיקרי בהתפתחותם המקצועית של מורים הוא תחושת המחויבות והאחריות שלהם לתפקידם כמורים.

במהלך שנות ה-80 ועד לתחילת שנות ה-90 של המאה ה-20, הוצגו מודלים נוספים, אשר המשותף להם הוא הוספת היבטים וגורמים נוספים למודל ההתפתחות המקצועית. כך למשל, המודל של Fessler (1985), לפיו, הליך התפתחותם המקצועית של מורים הינו הליך דינמי וגמיש המורכב מאינטראקציה בין שלושה מעגלים: קריירה, סביבתם האישית וסביבת העבודה (אבדור 2010, et al.). עד שנות ה-90 הוצעו מודלים נוספים המשיקים למודל של Fessler. Huberman (1989) הציע מודל המדגיש את השיח של המורה עם סביבתו ו-Burden (1990) הציע מודל מצומצם יותר המבוסס על היבטים מקצועיים לאו דווקא אישיים, המשפיעים על התפתחותם המקצועית של מורים.

למודלים המפורטים לעיל שתי נקודות מוצא משותפות העומדות בבסיסם. האחת, שהתפתחות מקצועית הינה התפתחות ליניארית שהחלה ביומו הראשון של הכשרת המורים והסתיימה ביום הפרישה מהמקצוע והשניה, מורים יכולים להתפתח מקצועית, קרי, רכישת מיומנויות וידע, בעיקר באמצעות השתלמויות מקצועיות ולימודי המשך (אבידב-אונגר & אשרת-פינק, 2016).

החל מאמצע שנות ה-90 החלה בחינה מחודשת של המודלים המתארים התפתחות מקצועית בקרב מורים (אבידב-אונגר, 2013). בחינה מחודשת זו צמחה, בין היתר, מתוך חשיבות השימוש ברפלקציה במקצוע ההוראה. העוסקים בתחום עומדים לא אחת, בפני דילמות מקצועיות ואישיות הדורשות הכרעה ונמצאים במצבים המכילים מגוון דרכי פעולה, והתנסויות ייחודיות העומדות בפני ביקורת (Eraut, 1994). על אף העובדה כי בספרות ישנו מגוון דעות סביב השימוש ברפלקציה בהוראה וטיבה (Davis, 2006), אין ספק כי חשיבה רפלקטיבית של מורים יכולה להוביל לתובנות משמעותיות בכל עת (Day & Gu, 2007). האתגרים המקצועיים והאישיים העומדים בפני מורים במהלך עבודתם ולנוכח תובנות מהליכים רפלקטיביים, הביאו לפיתוח מודלים המתארים התפתחות מקצועית כמסלול לאו דווקא **טכני וליניארי**, אלא **דינאמי וגמיש** כאשר מודל מרכזי מסוג זה מבוסס על התפתחות מקצועית מתוך למידה מקצועית.

התפתחות מקצועית יעילה מתוך למידה מקצועית

תפיסה מרכזית בדיון העדכני אודות התפתחות מקצועית מתארת רצף למידה לאורך החיים המקצועיים (Lifelong Learning). תפיסה זו דוגלת בקיום רצף בלמידה המקצועית ומשמעותה "קשר אורגני בין ההכשרה למקצוע, ההתמחות, הכניסה לתפקיד והמשך הלמידה במשך כל שנות העיסוק" (אבידב-אונגר, 2013, ע' 197). תפיסה זו חלחלה גם לשיח על הכשרה ופיתוח מקצועי של מורים ומכילה בתוכה גם את התובנה כי התפתחות מקצועית בקרב מורים הינה הליך רב מימדי המשלב אספקטים רבים מחייו של המורה. בהתאם לתפיסה זו, התפתחותו המקצועית של מורה קשורה קשר הדוק לאישיותו המקצועית והפרטית ומתקיימת לא רק במסגרת הליכי הכשרה מוסדיים (Nabhani & Bahous, 2010). גורמים נוספים המשפיעים על התפתחותם המקצועית של מורים הם: ביוגרפיה אישית ותכונותיהם

האינדיקטורים ותהליכים המתרחשים מעצם ההתפתחות והעיסוק המקצועי, למשל, התפתחות מתוך הכרעות מושכלות לגבי למידה שחוות הפרט בשיתוף עם עמיתים, סביבה קרובה וכדומה (Richardson & Placier, 2001).

ההתרחשות בכיתה הינה מקור נוסף להתפתחות מקצועית ונחשבת כאחד ממקורות הידע העיקריים של המורה. מהלך השיעורים והתבוננות בחשיבת התלמידים, הם בסיס ללמידת המורים מתוך הוראה, ולהתפתחות מתמשכת ויציבה של המורים. לידע המורים יש השפעה מכרעת על הלמידה של התלמידים (Hiebert et al., 2003; Leikin, 2005).

יש הגורסים כי המילה "התפתחות" מתוך המונח "התפתחות מקצועית" מעוררת קונוטציה שלילית המשקפת גישה לפיה אנשי מקצוע זקוקים להכשרה, אימון או "התפתחות" באמצעות ידע המועבר אליהם בקורסים או הכשרות (Schalkwyk et al., 2015). בנוסף, גישה זו מדגישה מעין מודל של העברת ידע מ"בעל ידע" כספק ידע ל"חסר ידע", כאשר "בעל הידע" הוא המחליט מהו הידע הלגיטימי להעברה, בדרך כלל תוך הפחתת הערך של ידע מקומי.

בהקשר זה, Webster-Wright (2009) ביקרה את ההמשגה של המונח "התפתחות מקצועית" דרך סקירת הספרות המקצועית באותה העת, והציעה המשגה מחודשת למונח, תוך פריסת משנתה בדבר השאלה מהי הדרך היעילה להתפתחות מקצועית. לדידה, הצעד הראשון בחשיבותו שיש לבצע בהמשגה מחודשת הוא הסטת הזרקור מ"התפתחות" ל"למידה". היא מציעה לנסח מחדש את המונח "התפתחות מקצועית" למושג "למידה מקצועית מתמשכת" (CPL – continuing professional learning), המסיט את הפוקוס מאימון או חינוך לכיוון של "למידה מקצועית", המסירה כל גבול בין למידה ממקורות שונים ומסוגים שונים של למידה.

הצעד השני בחשיבותו בהליך ההמשגה המחודשת הוא לבחון את הלמידה המקצועית כחוויה הוליסטית הנובעת מהבנה שלמידה תלויה באינטראקציה בין הלומד, ההקשר ומה שלומדים (Jarvis & Parker, 2006). לגישתה של Webster-Wright (2009), אין לבצע הבחנה בין קורסים פורמאליים לבין למידה במקום העבודה שהרי ניתן ללמוד מכל מעשה כאשר הלמידה מתייחסת לעיסוק המקצועי.

אחת ההגדרות למונח "למידה מקצועית" היא הצורך של אנשי מקצוע להמשיך ללמוד כשהם עוסקים בפועל במקצוע שלהם ומתקדמים במהלך הקריירה (Johnston, 1998). למידה מקצועית יכולה להתקיים במגוון דרכים. היא יכולה להתקיים באופן פורמאלי על ידי הכשרות, סדנאות, ימי עיון וכדומה, אך יכולה להתקיים גם באופן בלתי פורמאלי בדרך של אינטראקציה עם עמיתים לעבודה (Van Schalkwyk et al., 2015).

מסקירתה של Webster-Wright (2009) אודות למידה מקצועית של אנשי מקצוע מומחים עולה כי הם לומדים בין היתר, מתוך ניסיון מעשי בעבודתם ומתוך חוויות "יום-יומיות" ממקום העבודה שהובילו ללמידה. באותו הקשר, נמצא כי אנשי מקצוע חוו למידה מקצועית בתוך קבוצות חברתיות, כמו גם קהילות מקצועיות, כאשר הלמידה המקצועית מתוך האינטראקציה החברתית בין חברי הקהילה הובילה לתחושת התפתחות מקצועית (Lave & Wenger, 1991).

בראי תחום ההוראה, קיימות קהילות למידה מקצועית בתוך בתי ספר, שם קהילת המורים יוצרת תרבות עבודה משותפת המעודדת חשיבה רפלקטיבית לצורכי למידה (Thompson et al., 2004). Webster-Wright (2009), מגדירה למידה ממקורות אלה כ"למידה מקצועית אותנטית", משמע למידה מקצועית יעילה המובילה להתפתחות מקצועית.

Webster-Wright (2009) העלתה ביקורת לפיה לרוב, בסוגים שונים של מחקרים ולאורך מגוון רחב של מקצועות, החוקרים שמו דגש על תכניות להתפתחות מקצועית ועל תוכן מקצועי, ולא דווקא על חוויות למידה. לטענתה, השיח סביב התפתחות מקצועית מתמקד בפיתוח אנשי מקצוע על ידי אספקת תכניות הכשרה מקצועית במקום הבנה מעמיקה שלמידה מקצועית מתוך חווית למידה הינה יעילה יותר. הדומיננטיות של מודל ההתפתחות המקצועית מתוך הכשרות והשתלמויות מובילה לשתי הבחנות שגויות, האחת, לא משנה כמה ההכשרה גמישה, מעוצבת או מתוכננת היטב, לא ניתן להעביר "למידה" בחבילה מובחנת. השנייה, שתכנון תכניות הכשרה מקצועית עם מנחים טובים ומקצועיים תביא ללמידה מקצועית טובה יותר.

למידה מקצועית יעילה בקרב מורים המובילה להתפתחות מקצועית מתרחשת בדרכים מגוונות ובסיטואציות רבות. לפיכך, כדי לבחון התפתחות מקצועית בקרב מורים יש צורך להתבונן בהם ולהבין כיצד הם חווים שינויים אשר יכולים להעיד על התפתחות מקצועית. לשם כך חיפשנו מסגרת שמאפיינת את המורה כבעל מקצוע. אם נבחן כיצד מורה חווה שינויים ביחס להיבטים מתוך המסגרת זו, נוכל לבין את מהות השינוי ביחס להתפתחות מקצועית.

4.1.1.5. המסגרת התיאורטית - סטנדרטים של ארגון ISTE כמודל מתקדם לאפיון מורים

במהלך שלושת העשורים האחרונים נעשו מאמצים רבים להתאמת מערכות החינוך בעולם לאתגרים השונים העומדים בפני התלמידים בעידן הנוכחי (Bakir, 2015). אחד האתגרים שסומנו כמטרה הוא שילוב טכנולוגיות בסביבת ההוראה וקידום ההתמצאות בסביבה טכנולוגית.

ארגון ISTE (International Society for Technology in Education) זיהה את הצרכים המתעוררים בעולם החינוך בקשר לשילוב טכנולוגיה בלמידה ובא לעולם מתוך מחסור בסטנדרטים שיאפיינו את החוויות הטכנולוגיות שמורים חווים במסגרת הכשרות. הארגון מאמין שעידוד השימוש בטכנולוגיה חיוני ללמידה ולהוראה יעילה בחברה גלובלית מקושרת. הקמתו הביאה לשינוי משמעותי בתפיסת מבנה הכשרות המורים בארצות הברית, כאשר המועצה הלאומית להכשרת מורים (NCATE, כיום CAEP) אימצה בשנת 1997 את הסטנדרטים של הארגון מתוך חזון של פיתוח תכניות להכשרת מורים המשלבות טכנולוגיה (Ayad & Ajrami, 2017; Bakir, 2016). הארגון פיתח מקבץ של סטנדרטים המהווים מסגרת למורים, לסטודנטים ולאוכלוסיות נוספות, המעודדת חשיבה מחודשת על מערכת החינוך ויצירת סביבות למידה טכנולוגיות חדשניות (ISTE standards at ISTE, 2017). בהתמקדות באוכלוסיית המורים, סטנדרטים אלה מאפיינים מהם המיומנויות הדרושות לכלל המורים על מנת שיוכלו לשלב בהצלחה טכנולוגיה בשיטות ההוראה שלהם (Handler & Strudler, 1997).

בחרתי לעשות שימוש בסטנדרטים שמציע ארגון ISTE כמודל לאפיון מורים, כיוון שמדובר בסטנדרטים מקיפים הבוחנים את תפקידי המורים מנקודות מבט שונות. הייחודיות של סטנדרטים אלו היא בהתבוננות רחבה על תפקידיו של המורה בעידן הדיגיטלי, הן בתוך הכיתה והן מחוצה לה, ולאורך כל הקריירה שלו. כיוון שלוחות בקרה הינם כלי טכנולוגי מתקדם, מצאנו בסטנדרטים של ארגון ISTE מסגרת תיאורטית מתאימה לבחינת התפתחותם המקצועית של מורים בעקבות שימוש בכלי זה.

הסטנדרטים העדכניים למורים מורכבים משבעה ממדים המאפיינים את תפקידיהם באופן הבא :

לומד (Learner) – מתייחס לאופן בו המורים משפרים את יכולות הוראתם בשטח על ידי למידה מתמדת עם/ומגורמים שונים, כמו גם חקירת שיטות לימוד חדשניות המשלבות טכנולוגיה לשיפור יכולות הלמידה של תלמידיהם.

מנהיג (Leader) – מתייחס לאופן שבו המורים מחפשים הזדמנויות לגילוי מנהיגות שתתמוך בהעצמת תלמידיהם ותשפר את יכולות ההוראה והלמידה שלהם.

אזרח (Citizen) – מתייחס לאופן שבו המורים מחנכים את תלמידיהם לתרום, לקחת חלק ולנהוג באופן אחראי בעולם הדיגיטלי.

משתף פעולה (Collaborator) – מתייחס לאופן שבו מורים פועלים בשיתוף פעולה עם עמיתיהם ותלמידיהם על מנת לשפר את יכולות ההוראה בשטח, לפתח רעיונות מקוריים ולמצוא פתרון לבעיות.

מעצב (Designer) – מתייחס לאופן שבו מורים מעצבים פעילויות מונחות למידה וסביבות למידה אותנטיות המאפשרות זיהוי והכלה של השונות בין התלמידים.

מסייע (Facilitator) – מתייחס לאופן שבו מורים מסייעים בלמידה באמצעות טכנולוגיה שמטרתה לתמוך בתלמידים בדרך להישגים.

מנתח (Analyst) – מתייחס לאופן שבו המורים עושים שימוש בנתונים כדי לקדם את שיטות ההוראה שלהם ולתמוך בתלמידים בהשגת מטרותיהם הלימודיות.

סטנדרטים אלה מהווים מעין "מפת דרכים" שנועדה לסייע לאנשי חינוך להעמיק את הניסיון המקצועי, לעבוד בשיתוף פעולה עם עמיתים, לאתגר חשיבה מחדש על גישות לימוד מסורתיות ולהכין את תלמידיהם ללמידה משמעותית (ISTE standards at ISTE, 2017).

במרוצת השנים נעשו שימושים רבים בסטנדרטים של ארגון ISTE כמסגרת תיאורטית במחקרים שונים. כך למשל, חוקרים בארצות הברית בחנו שילוב תכנית לימודי תכנות המבוססים על עיצוב משחקי מחשב בחטיבות הביניים בבתי הספר הציבוריים. תכנית הלימודים שפותחה ותכנית הכשרת המורים נכתבו בהתבססות על הסטנדרטים של ארגון ISTE (Repenning et al., 2010). במחקר נוסף, בחנו החוקרים את השפעות הלמידה בקורס מרובה משתתפים המבוסס על למידה מתוך משחק, על הישגי סטודנטים. החוקרים ציינו כי בדומה לקורסים המשלבים טכנולוגיה ברחבי ארצות הברית, גם הם בחרו לבסס את הקורס שפיתחו על הסטנדרטים של ארגון ISTE למורים (Nadolny & Halabi, 2016).

כעת, נציג שני מחקרים – הראשון כמותי, השני איכותני – שעוסקים בשימושי מורים בלוחות בקרה.

4.1.2. מחקר כמותי

מטרת מחקר זה היא ללמוד אילו ייצוגי מידע בלוחות הבקרה למורים הם המובנים והיעילים ביותר לצורך קבלת החלטות ונקיטת פעולות. על מנת להשיג מטרה זו ניסחנו את שאלות המחקר הבאות:

1. איזה מידע מעוניינים מורים לקבל על פעילות תלמידיהם בסביבות למידה מקוונות?

2. באילו תחומי הוראה עולות תובנות בקרב המורים בעקבות הצפייה בייצוגי המידע?

3. אילו פעולות מעוניינים מורים לנקוט בעקבות התובנות שאלהן הגיעו?

4.1.2.1 מתודולוגיה

שיטת המחקר

גישת המחקר הנוכחי היא איכותנית. גישה זו נבחרה משום שהיא מעניקה חשיבות למשמעות שנותנים המשתתפים לתופעה הנחקרת – במקרה זה ייצוגי המידע בלוחות הבקרה, והיא מסייעת להבין את השלכות התופעה עליהם (צבר בן-יהושע, 1990).

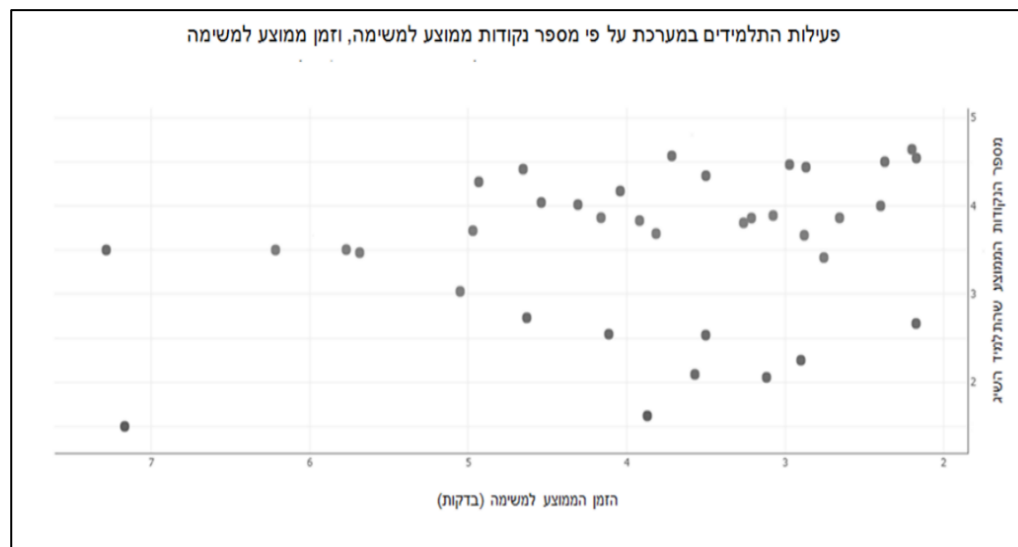
כלי המחקר

ריאיון

כדי ללמוד כיצד משתתפות המחקר מבינות סיטואציות שונות ופועלות בהתאם אליהן (שקדי, 2003) השתמשנו במחקר בריאיון עומק חצי-מובנה בן 18 שאלות. הריאיון תוכנן כך שיתכתב עם שאלות המחקר ועדיין יאפשר מקום לסטייה מן הפרוטוקול, על מנת שתובנות והתנהגויות טבעיות של המשתתפות יעלו במהלכו גם אם לא תוכנן להתייחס אליהן מראש. הריאיון סייע להבין את האופנים שבהם מורים מבינים את ייצוגי המידע תוך התייחסות לחוויותיהם ולניסיונם האישי בעבודתם. פרוטוקול הריאיון מוצג ב**נספח א'**.

ייצוגי מידע

במהלך הריאיון הוצגו למורות שלושה ייצוגי מידע שונים: תרשים פיזור, טבלה ותרשים עמודות. הבחירה בסוגים שונים של ייצוגי מידע נבעה ממטרתנו ללמוד אילו ייצוגי מידע מובנים למורים ועשויים להיות שימושיים לעבודתם. ייצוגי מידע אלו נבחרו מפני שהם הנפוצים ביותר בלוחות בקרה למורים. כל אחד מייצוגי המידע עסק ברמות מידע שונות בהתייחס לאוכלוסייה המיוצגת בהם: תרשים הפיזור הציג תמונה כיתתית של פעילות התלמידים במערכת, וכל תלמיד הוצג כעיגול על גבי התרשים: ציר ה-Y ייצג את מספר הנקודות הממוצע שהתלמיד השיג, וציר ה-X ייצג את משך זמן העבודה הממוצע בדקות. התרשים כלל כותרת ראשית המתארת את הנתונים המוצגים בתרשים וכותרות משניות לצד צירי התרשים (ראו **איור 12**).



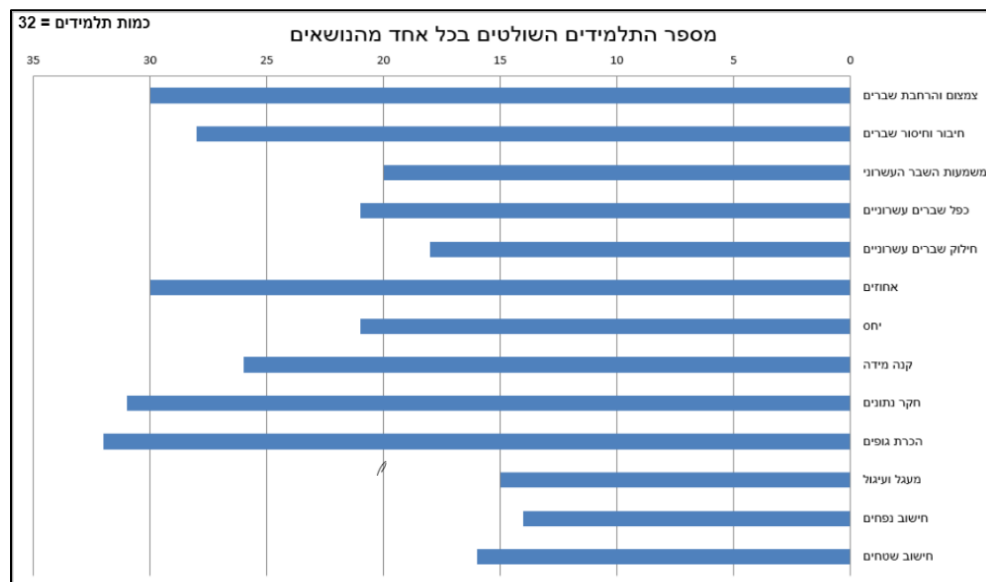
איור 12: תרשים פיזור המציג את פעילות התלמידים במערכת על פי מספר נקודות ממוצע למשימה וזמן ממוצע למשימה

הטבלה הציגה מידע מפורט על הפעילות של תלמידים אינדיבידואליים. עמודות הטבלה הכילו מידע על מספר המשימות שהתלמיד השלים, הציון הממוצע שהתלמיד קיבל למשימה, הזמן הממוצע לפעילות, המשימה עם הניקוד הגבוה ביותר ועם הניקוד הנמוך ביותר, ומתי התלמיד נראה לאחרונה במערכת (ראו איור 13).

פעילות התלמידים במערכת						
שם התלמיד	מספר המשימות שהושלמו	מספר נקודות ממוצע למשימה (1-5 נקודות)	זמן ממוצע לפעילות (בדקות)	משימה עם הניקוד הגבוה ביותר	משימה עם הניקוד הנמוך ביותר	נראה לאחרונה
דנה לוי	4 מתוך 5 משימות	4	5:32	משימה מספר: 2	משימה מספר: 4	לפני 2 דקות
אמיר מיכאל	5 מתוך 5 משימות	3	7:25	משימה מספר: 1	משימה מספר: 5	לפני 7 דקות
טל מוסקוביץ	3 מתוך 5 משימות	4	4:54	משימה מספר: 1	משימה מספר: 3	לפני 1 דקות
דניאל כהן	3 מתוך 5 משימות	5	5:02	משימה מספר: 1,2,3	משימה מספר: ---	לפני 2 דקות
רוית קורן	5 מתוך 5 משימות	4	3:56	משימה מספר: 2	משימה מספר: 4	לפני 1 דקות
עמית משה	2 מתוך 5 משימות	2	6:23	משימה מספר: 2	משימה מספר: 1	לפני 2 דקות
יהלי אברהם	1 מתוך 5 משימות	4	2:56	משימה מספר: 1	משימה מספר: ---	לפני 8 דקות
איתמר גולן	4 מתוך 5 משימות	3	3:21	משימה מספר: 2	משימה מספר: 4	לפני 5 דקות
שי יעקובי	5 מתוך 5 משימות	4	5:58	משימה מספר: 2	משימה מספר: 4	לפני 2 דקות

איור 13: טבלה המציגה את פעילות התלמידים במערכת בהתייחסות אינדיבידואלית

תרשים העמודות הציג תמונה כיתתית של רמת הידע בנושאים שונים במתמטיקה. כל עמודה בתרשים שיקפה את מספר התלמידים ששלטו בנושא מסוים (ראו איור 14). הבחירה ברמות המידע השונות נבעה מרצוננו לקבל תמונה רחבה על התובנות והפעולות שירצו מורים לנקוט במישורים שונים בעבודתם. המידע שהוצג למורים, כמו שמות התלמידים והישגיהם, היה בדוי.



איור 14: תרשים עמודות המציג את מספר התלמידים השולטים בכל אחד מהנושאים

אוכלוסיית המחקר

במחקר השתתפו 9 מורות למתמטיקה המלמדות בבתי ספר יסודיים ומשלבות בעבודתן סביבות למידה מקוונות. המורות גויסו למחקר בשיטת כדור שלג, כך שפנייה למורה אחת הובילה לגיוסן של מורות נוספות. גיל המורות נע בין 27 ל-52, ממוצע הגיל היה 41 וסטיית התקן הייתה 9.7. הוותק של המורות בהוראה נע בין 4 ל-28 שנים, ממוצע הוותק היה 15 שנים וסטיית תקן הייתה 9.8. חלק מהמורות מילאו תפקידים נוספים בתחום החינוך המתמטי, כמו הדרכת מורים למתמטיקה וריכוז מקצוע המתמטיקה בבית הספר. המורות שהשתתפו במחקר העידו כי הן משתמשות לפחות פעם בשבוע בסביבת למידה מקוונת להקניה כיתתית ולשיוך משימות לעבודה בבית הספר ובבית. סביבות הלמידה המקוונות שבהן המורות עשו שימוש בעבר ועושות שימוש בהווה הן מגוונות, כפי שמתואר בטבלה

טבלה 1 להלן. למרות שהמורות משתמשות בסביבות למידה מקוונות כחלק אינטגרלי מעבודתן, רובן העידו כי הן משתמשות בלוח הבקרה לעיתים רחוקות בלבד, וחלקן העידו כי הן לא משתמשות בו בכלל. לפירוט המלא על משתתפות המחקר ראו טבלה 1.

טבלה 1: משתתפות המחקר

זיהוי	גיל	תפקיד	ותק [שנים]	מקום הוראה	שכבות לימוד בשנה הנוכחית	סביבות הלמידה שבהן השתמשו בעבר וכיום	מועד הריאיון	משך הריאיון [דקות]
מ1	33	מחנכת ומורה למתמטיקה	9	חיפה	ו'	אופק ועשר אצבעות	23.10.18 11:00	26:35
מ2	52	מורה למתמטיקה	28	קריית אתא	ד'-ו'	אופק ועשר אצבעות	23.10.18 22:30	34:42
מ3	41	מחנכת כיתה ה', סגנית מנהלת, רכזת פדגוגית של בית הספר ורכזת למתמטיקה	17	מודיעין	ה'	אופק, ישומטיקה ועת הדעת	24.10.18 11:00	28:05
מ4	47	מחנכת, מורה מקצועית למתמטיקה ורכזת הערכה בבית הספר	9	ראשון לציון	ג'	אופק ועשר אצבעות	25.10.18 17:00	27:29
מ5	49	מדריכה מורים המלמדים למתמטיקה בבית ספר יסודי ומורה למתמטיקה	25	קריית שמואל	ג'-ד'	עת הדעת, אופק וחשבון 10	31.10.18 20:45	25:14
מ6	52	מחנכת ומורה למתמטיקה	29	יקנעם	ג'-ד'	אופק, גלים וישומטיקה	31.10.18 20:45	29:39
מ7	39	מחנכת ומורה למתמטיקה ותנ"ך	10	קריית אתא	ו'	ה.ש.ב.ח.ה, אופק, עשר אצבעות ועל מה ודע	4.11.18 21:30	44:33
מ8	29	מורה ורכזת למתמטיקה	6	חיפה	ה'-ו'	עשר אצבעות, אופק ועל מה ודע	4.12.18 10:00	37:19
מ9	27	מחנכת ומורה למתמטיקה	4	נתניה	א'	אופק ועשר אצבעות	18.12.18 10:00	30:00

* קוד המרואיינות מכיל מספר סידורי. הקודים ישמשו לזיהוי המרואיינות בפרק הממצאים.

מהלך המחקר

גיוס המשתתפות לריאיון החל באמצעות שיחה טלפונית, אשר כללה הסבר על המחקר ומטרותיו, בדיקת התאמה לפרופיל המחקר (מורים למתמטיקה בבית ספר יסודי אשר משתמשים בסביבות למידה מקוונות), והסכמה להשתתפות במחקר בהתנדבות. מועד לריאיון מרחוק תואם עם המורות שהסכימו להשתתף במחקר. חלק מהראיונות

בוצעו בשיחת וידאו באמצעות Google Meet וחלקם בוצעו בטלפון. טרם ביצוע הריאיון כל מרואיינת חתמה על טופס הסכמה מדעת ואישרה את השתתפותה בו ואת הקלטתו.

הראיונות ארכו כחצי שעה וכללו שלושה חלקים: בחלק הראשון המשתתפות נשאלו שאלות כלליות על אופן השימוש בסביבות הלמידה ובלוחות הבקרה. החלק השני והעיקרי בריאיון התמקד באופן שבו המורות מבינות את ייצוגי המידע, בתובנותיהן מייצוגי המידע ובפעולות שהן היו מעוניינות לנקוט בעקבות תובנות אלה. ייצוגי המידע הוצגו למורות דרך Google Drawings, שקישור אליו נשלח להן בדוא"ל במהלך הריאיון. התרשים הראשון שהוצג למורות היה תרשים הפיזור, ובו הן התבקשו לחלק את הנקודות המייצגות את התלמידים לקבוצות. המורות שרטטו את הקבוצות בעזרת כלי ה"שרבוט" ב-Google Drawings, ולאחר מכן הוצגו להן הטבלה ותרשים העמודות. החלק השלישי של הריאיון כלל שאלות העוסקות בהעדפותיהן של המורות בנוגע לייצוגי המידע ובצורכיהן מלוח הבקרה.

הראיונות תומללו במלואם ועברו ניתוח תוכן איכותני לזיהוי תמות במודל מטה-מעלה. בשלב הראשון ערכנו קידוד פתוח לכל אחד מהראיונות שיחידת הניתוח בו הייתה היגדי המורים. קידוד התוכן הוביל למציאה של קטגוריות ראשיות וקטגוריות משניות. לאחר מכן ערכנו סקירה של התוכן בכל אחת מהקטגוריות אשר הובילה למציאת התמות העיקריות. ניתוח התוכן נערך באופן ידני על ידי הצמדה של היגדים לקטגוריות הרלוונטיות במסמך Word.

4.1.2.2 ממצאים

מניתוח הראיונות עלו שלוש קטגוריות עיקריות המתייחסות לאינטראקציה של מורים עם ייצוגי מידע: (1) מידע שמורים היו מעוניינים לקבל על פעילות תלמידיהם; (2) האופן שבו מורים מבינים ייצוגי מידע; (3) תחומי הוראה שבהם עלו תובנותיהם ופעולותיהם של מורים.

מידע שמורים היו מעוניינים לקבל על פעילות תלמידיהם

במהלך הראיונות המורות ציינו סוגי מידע שונים שהן היו רוצות לקבל בעת צפייה בלוח הבקרה. סוגי המידע העיקריים שעלו יפורטו בתת-פרק זה.

מידע על תלמידים ספציפיים

חלק מהמורות טענו שהשימוש העיקרי שלהן בלוח הבקרה הוא **מעקב אחר פעילותם של תלמידים ספציפיים** בסביבת התוכן. מ4 למשל טענה כי בעזרת לוח הבקרה היא יכולה לעקוב אחר התלמיד ולבדוק אם הוא נכנס לפעילות וביצע אותה:

"מידע על משתמש, תלמיד ספציפי, קודם כל שהוא נכנס לשם, זה דבר שהוא מאד חשוב לי לדעת. דבר שני על המעקב, כמה מהמשימה, או מהמשחק, מה שזה לא יהיה, האם הוא השלים את המשימה".

גם מ6 ציינה שהיא עוקבת אחר ביצוע המשימות מצד התלמידים, ואף ציינה שהיא משתמשת במידע לשיח עם התלמיד:

"יש את הדבר הזה שמראה לי מי מהילדים ביצע, וכמה הוא ביצע... "אופק" קצת, רק להגיד לילד מי עשה, מי לא עשה, למה לא עשית, למה, איפה נתקעת. זה הכרחי, כי זה שעורי הבית היחידים שיש להם בחשבון אצלי".

מל הוסיפה שהיא משתמשת במידע על כניסת התלמידים למתן חיזוקים חיוביים :

"קודם כל, הכניסה, שאני יכולה לראות מי נכנסה ומי לא, כי זה היה מאד חיובי בשבילי, מינפתי את הילדים שנכנסו בצורה מאד ככה, עשיתי מזה וואו גדול".

בעקבות הצפייה בתרשים הפיזור ובתרשים העמודות, חלק מהמורות ציינו כי היו חסרים להן **שמות התלמידים**. לדוגמה מ6 אמרה: "אם לדוגמה בגרף הראשון [בתרשים הפיזור] ליד כל נקודה היה שם של ילד, זה היה טוב". המורות ציינו כי הצגת שמותיהם של התלמידים בייצוגי המידע תסייע להן לחלק את הכיתה לקבוצות ולהסיק מי התלמידים שהצליחו או לא הצליחו במשימה. למשל:

"מכיוון שבאחרון [תרשים העמודות] אין את השמות של הילדים, אז קשה לי לברור את הילדים להקניות קבוצתיות". (מ4)

"יש לו [לתרשים העמודות] את החיסרון שזה עוד פעם, אתה לא יכול לחלק לקבוצות, כי אתה לא יודע את שמות התלמידים". (מ8)

"הייתי מוסיפה נגיד לגרפים האחרונים [לתרשים העמודות] את שמות הילדים. שאולי נגיד ברגע שאני רואה את הגרף, אני בעצם רואה את שמות הילדים נגיד שלא הצליחו, או את שמות הילדים שכן הצליחו ואז אני יודעת עם מי להתמקד במה". (מ9)

בנוסף, המורות העלו כי היו רוצות לקבל **מידע אישי ומפורט על הפעילות של כל תלמיד בסביבת הלמידה המקוונת**. למשל, בעקבות הצפייה בתרשים העמודות טענו חלק מהמורות כי הוא מציג תמונה כללית מדי שלא מבטאה את הקושי האישי של כל אחד מהתלמידים. לדוגמה:

"אני חושבת שלוקחים את הנושאים, ועושים השוואה, אז עדיין יש כאן איזשהו מרחק שלא מגדיר בדיוק את הקושי של הילד הספציפי, חסר לי פרטים". (מ2)

"זה לא נותן לי מידע פר ילד, ולכן יושבים פה ילדים שחצי מהילדים כן יודע את החומר בנושאים מסוימים, והחצי השני לא שולט, ואז אני לא יודעת לעבוד בצורה פרטנית עם אלו שלא יודעים". (מ3)

לפיכך, חלק מהמורות העלו כי ייצוג מידע אישי הכולל פירוט על פעילותו של התלמיד יכול לסייע להן להגיע לתובנות בנוגע לצרכיו האישיים. לדוגמה, מ7 הציעה שבלוח הבקרה יהיה תרשים עמודות אישי לכל תלמיד:

"אפילו אם היה אפשר לעשות גרף כזה [תרשים עמודות] לכל ילד זה היה מצוין, זאת אומרת שהייתי רואה למעלה באחת העמודות במה הוא חזק, במה הוא קצת יותר חלש שיהיה אפשר לחזק אותו, ובהתאם לזה הייתי גם מקצה משימות".

סוגי הטעויות של התלמידים

רוב המורות ציינו שהן היו רוצות לדעת את הסיבה לטעות של התלמיד במשימה, והיו מעוניינות שלוח הבקרה יציג את סוג הטעות (טעות בהבנה, טעות טכנית וכדומה) ושתהיה להן אפשרות לצפות בתשובות המלאות שהתלמיד ענה. לדוגמה, מ7 ו-מ3 ציינו שמצפייה בלוח הבקרה שבו הן משתמשות לא ניתן לדעת מה הסיבה לכך שהתלמיד טעה:

"יכול להיות שסתם לא חשב, יכול להיות שעשה את זה כ-by the way, אבל עדיין לא נותן לי מענה מה הבעיה הזאת שהוא לא מצליח". (מ7)

"אני לא יודעת למה הוא לא הצליח להתמודד, יכול להיות שהוא לא הצליח להתמודד כי הוא רק נכנס ויצא? יכול להיות שהוא לא התמודד כי הוא לא הצליח ועבר הלאה? אין לי מושג". (מ3)

מ1 הוסיפה שאם לוח הבקרה יציג לה את הסיבה לטעות של התלמיד היא תדע לטפל בקושי שלו בהתאמה:

"אפשר גם לפי הסוגים של הטעויות, ואז זה ייתן לי יותר מידע איך לטפל בזה... אם זו טעות טכנית, או טעות של הבנה מהותית שחוזרת על עצמה בכמה שאלות".

בנוסף ציינה מ1 ציינה כי בלוח הבקרה שבו היא משתמשת אין לה אפשרות לצפות בתשובות שהתלמיד ענה, ולכן היא לא יכולה לדעת מדוע התלמיד נכשל:

"אני אגיד לך מה הבעיה, התשובות לא נשמרות במערכת. זאת אומרת שהילד עונה ואת רק רואה אם הוא ענה או לא ענה, או מה הציון שלו, בלי לדעת למה הציון שלו הוא ככה, אם הוא נכשל אז למה הוא נכשל? מה היו הטעויות שלו? אין לך גישה לזה, אין אפשרות לדעת".

גם מ5 ציינה שאין לה אפשרות לצפות בתשובות התלמידים, ולכן בנוסף לעבודה במחשב התלמידים כותבים את תשובותיהם במחברת:

"אני שולחת אותם אז הם חייבים לבוא עם מחברת ועט. אני אוספת מהם את המחברת, ואז אני צריכה לחזור לשאלה לראות מה הם כתבו. אין לי איתם את כל התהליך... רוב הפתרונות הם פתרונות די סגורים, ולראות את החישובים חסר לי".

כמו מ5, גם מ7 ציינה שלעיתים השאלות בסביבת הלמידה כוללות תשובות סגורות, מה שעשוי להוביל לכך שהתלמיד חשב על פתרון שלא מתקבל ולוח הבקרה מציג שהתלמיד טעה בשאלה:

"היה לי מאד קשה להבין איפה הם נפלו... לפעמים היו מצבים שהשאלות היו מאד, זאת אומרת מאד מובנות. יש תשובה אחת מסוימת, ואם הילד חשב על תשובה אחרת, סתם דוגמה, חצי ושלוש שישיות הם אותו דבר, אז אם הוא כתב שלוש שישיות זה לא נכון, אם הוא כתב חצי אז זה נכון".

שמות הנושאים וחלוקת המשימות לתתי-נושאים

תרשים הפיזור והטבלה שהוצגו למורות לא כללו את שמות הנושאים שעליהם התלמידים עבדו. שמות המשימות כללו רק מספר, למשל משימה 1. חלק מהמורות הבחינו בכך וציינו שהן היו רוצות לדעת את שם הנושא עליו המידע מוצג, לדוגמה:

"אני חייבת לדעת את שם המשימה, כאילו זה ברור... כי אחרת מה זה נותן לי?" (מ8)

"הייתי שמחה שהיה כתוב הנושא, במקום שאני אלך לחפש מה הנושא של המשימה". (מ3)

"במקום משימה מספר 2 הייתי שמחה שיהיה כתוב לי כבר את הנושא שלהם, שזה גם יקל לדעת על מה לעבוד, מה הוא יודע טוב, ומה הוא יודע פחות טוב. זה היה עוזר יותר, את הכותרת של התוכן של המשימה, זה גם אפשרי". (מ1)

מלבד שמות הנושאים, רוב המורות ציינו שהערכת פעילות התלמידים בסביבה הלימודית המקוונת מוצגת לפי נושאים ראשיים או כלליים מדי, כך שקשה להן להבין באיזה נושא ספציפי התלמיד התקשה. לפיכך, המורות טענו כי הן היו רוצות שבלוח הבקרה **הערכת התלמידים תחולק לפי תתי-נושאים** או לפי תתי-המשימות שעליהן התלמידים עבדו, כפי שאמרה לדוגמה מ7:

"לקחת משימה אחת ולפצל אותה לתתי-המשימות שנעשו במשימה הזאת. שוב אני חוזרת למקום של להציג את כל המשימה בפני עצמה, כדי שמורה יידע על מה הוא נפל ועל מה לא".

מ1 ומ6 נתנו דוגמאות לחשיבות של החלוקה לתתי-נושאים מתוך הנושאים שהן מלמדות:

"באופן כללי יש לכל משימה נושא מוגדר, אז את יודעת שזה הנושא שהוא הצליח או לא הצליח, אבל גם בתוך כל נושא יש עדיין גם כמה חלקים, למשל, אם זה כפל של שברים, האם זה כפל של שבר בשלם? האם זה כפל של שבר בשבר? את לא יודעת במה הוא נכשל". (מ1)

"אם יש נגיד חמש משימות בנושא מסוים, לא יודעת מה, בעיות בחיסור, בעיות שונות בחיבור, והוא טעה נאמר בשתי משימות, אני חייבת לדעת בדיוק באיזה שתי משימות, כי זה אומר לי איפה בדיוק הוא טעה, באיזה מיומנות. בשתי העברות, בפריטה שיש אפסים, כשאין אפסים, וכשיש שתי פריטות. צריך לדעת בדיוק". (מ6)

מ4 הוסיפה שבמשימות הערכה שהיא נותנת לתלמידים היא כותבת הערכה לכל תתי-נושא, וחלוקה דומה בלוח הבקרה יכולה לסייע לה בעבודתה:

"זהו, אז אני חשבת על משהו. במידה ויש משימות הערכה באמת לפי הנושאים, הנושא הוא כללי. אבל אם הייתי מקבלת מידע ספציפי על נושא של מספר שאלות למשל, ציון בנפרד, הערכה נפרדת לכל נושא, לא לכל הנושא הגדול. בעצם זה מה שאני עושה במשימת הערכה רגילה או מבחן, ופה אין לי אותו. אז אם היה, זה היה טוב".

ציונים – ניקוד ומדידת זמן למשימה

מעט מורות ציינו שבמהלך עבודתן היומיומית הן **משתמשות בלוח הבקרה כדי לצפות בציונים שתלמידיהן קיבלו**, לדוגמה, מ2: "אני יכולה לקבל אינדיקציה של ציונים"; מ4: "יש את הקטע גם שאם זה הערכה עם ציון, אז יש גם את הציונים"; ומ6: "זה נותן ציון לילדים. ככה אני יודעת מי צריך יותר תגבור, או מי לא, מי לעשות עוד פעם את המשימה יחד עם המורה". בנוסף, במהלך הצפייה בייצוגי המידע המורות העלו תובנות בנוגע לאופן הייצוג של הציונים בלוח הבקרה. בעקבות צפייה בתרשים הפיזור ובטבלה שבהם ציון התלמידים מוצג כמוצג, חלק מהמורות טענו כי **הן לא היו מסתפקות בממוצע** והיו רוצות לקבל את הניקוד המפורט של כל אחת מהמשימות. לדוגמה:

"כן הייתי מסתכלת על מספר הנקודות, אבל שוב, בממוצע הוא בעייתי. אני צריכה להסתכל פר משימה". (מ6)

"אני לא יודעת למה עשו ממוצע למשימה... שכל משימה יהיה לה את המקום שלה: משימה אחת כמה נקודות, משימה שתיים כמה נקודות". (מ7)

מ8 לעומתן טענה שהיא כן הייתה רוצה לראות את הציון בממוצע בתוספת הציון המפורט של כל משימה:

"אני אוהבת שעושים ממוצעים, כי באיזשהו מקום זה עושה לך תמונה כללית טובה, אבל מצד שני עוד יותר טוב לדעת יותר מפורט וגם ממוצע. זאת אומרת, אני מבחינתי אוהבת עוד יותר ספציפי וגם לתת ממוצע, וגם לתת תמונה כיתתית".

בהתייחס למדידת הזמן של פעילות התלמידים, חלק מהמורות העלו תחושות אמביוולנטיות וטענו כי הן היו רוצות לראות את הזמן למשימה בלוח הבקרה, אך לדעתן הוא לא מהווה אינדיקטור מספק ללמידה על רמת הידע של התלמידים, לדוגמה:

"הזמנים לא משחקים אצלי עניין, כי אני אומרת תמיד, הוויזואליות היא לוקחת את הילד למקום אחר... הזמן פחות מטריד אותי, כמובן שהייתי רוצה לדעת, כן, חשוב לדעת כמה זמן הוא עשה ואם יש איזה משהו חריג, אז אתה בא ושואל את הילד – למה לקח לך 20 דקות לעשות את המשימה הזאת?" (מ7)

"זה פחות חשוב לי הזמן, אבל יכול להיות שהוא מתעכב כי אין לו מספיק אסטרטגיות ותלמיד נגיד, ניקח נושא לדוגמה, תלמיד שלא יודע כפל, אז הוא סופר את האצבעות וזה לוקח לו הרבה זמן. הוא מגיע בסוף לתשובה, או שהוא משרטט על הדף, ולוקח לו המון זמן והוא מגיע. אז זה כן חשוב לי הזמן כדי לראות מהקושי". (מ5)

מ6 לעומתן, ציינה כי כלל לא הייתה מסתמכת על ממד הזמן כדי להסיק מסקנות בנוגע לרמת הידע של התלמידים:

"אני לא הייתי משתמשת בזמן למשל, הוא לא אינדיקטור טוב. יש ילדים שלא אוהבים לעבוד במחשב, אבל הם עובדים טוב מאוד בספר ובמחברת ויש ילדים שזה בדיוק הפוך. על זה אני לא הייתי מסתכלת".

מיפוי יכולות התלמידים

חלק קטן מהמורות ציינו כי היו רוצות לקבל פלט המציג מיפוי של יכולות התלמידים, הנושאים שעליהם יש לחזור וחלוקה של התלמידים לקבוצות עבודה. מ6 למשל ציינה שכחלק מעבודתה היא כותבת מיפויים של יכולות התלמידים והייתה רוצה לקבל מיפוי מוכן מהמערכת:

"הייתי רוצה, את יודעת, כמו התפלגות של שאלות, אבל כיתתי. מי טעה, מי צדק, כמו גרפים האלה, לכל שאלה. כמו שאנחנו עושים מיפויים, שזה ימפה לי".

מ1 ו-מ3 תיארו בהרחבה מה הן היו רוצות לקבל בפלט מהמערכת:

"יש לי ככה חלום, שתהיה אפשרות לקחת את התרשים עמודות, האחרון, שכבר יציג לי, שימיינו לפי הנושאים שרוב הכיתה יודעת, נושאים שרוב הכיתה עדיין לא יודעת, ונושאים שיש מעט ילדים שמתקשים בהם, ובקבוצות עבודה לפי נושאים. אני חושבת שאפשר לתכנת ככה שזה כבר יציג לך את ה... זה נקרא דוח עבודה בעקבות מיפוי, או בעקבות משימה". (מ1)

"שהמערכת יכולה למפות את הנושאים שהילדים לא שולטים בהם, בצורה שהיא מהירה וברורה, ובעצם לשלוח דוח לי כמורה, ולחלק אותם לסוג של קבוצות, ואז אני יכולה לדעת עם איזה קבוצות לעבוד על אילו נושאים. במקום שאני אדלה את המידע מהמחשב פר ילד, אם המחשב היה יכול לעשות את הסיכום הכללי ובעצם למשוך את אותם ילדים לפי פירוט נושאים, ולתת לי פלט של קבוצות מוכנות זה היה מקל עליי את העבודה". (מ3)

לסיכום, מהראיונות עולה כי המורות מעוניינות לקבל מידע מפורט ורחב על פעילות תלמידיהן. בכל אחד מסוגי המידע שהמורות העלו הן ציינו כי היו רוצות לקבל נתונים ספציפיים יותר, למשל מידע אישי ומפורט על כל תלמיד, סוג הטעות של התלמיד במקום סימון פשוט של השאלות שבהן טעה, הערכה לפי תתי-נושאים, וציון מדויק ולא ממוצע בלבד. כמו כן, כמה מהמורות ציינו כי לוח הבקרה יכול להקל על עבודתן אם הוא יספק להן מיפוי של יכולות תלמידיהן.

האופן שבו מורים מבינים ייצוגי מידע

כאמור, במהלך הראיונות המורות נשאלו שאלות לגבי שלושה סוגים של ייצוגי מידע. מתוך תשובותיהן עלו קשיים בניתוח של חלק מייצוגי המידע, וזאת לצד היבטים שנמצאו אינטואיטיביים וקלים יותר להבנה.

תרשים פיזור

תרשים הפיזור הציג למורות תמונה כיתתית על פעילות התלמידים על פי מספר הנקודות הממוצע שהם השיגו במשימה (ציר ה-Y) ועל פי הזמן הממוצע למשימה (ציר ה-X). תמונותיהם של ייצוגי המידע מוצגות בסעיף [כלי המחקר](#) בפרק המתודולוגיה. מהראיונות עלה כי **תרשים הפיזור אינו אינטואיטיבי, לא קל לניתוח והבנה, ומרבית המורות התקשו לנתח אותו גם לאחר שקיבלו עליו הסבר**. כפי שציינה מ5 למשל:

"קשה לי לקרוא את הגרף הזה, אני אומרת לך, גם אחרי שהסברת לי. אני מבינה מה הוא אומר, אבל הוא לא ברור".

גם מ6 ומ4 טענו שתרישים הפיזור אינו פשוט להבנה: "לא, כי אני אגיד לך את האמת, זה תרישים לא ידידותי", ומ4: "אני הייתי הולכת לאיבוד... אני אומרת לך את האמת, לא פשוט הדף הזה". מ3 הוסיפה וציינה כי היא לא חושבת שתרישים הפיזור יכול לסייע לה בעבודתה:

"אני חושבת האמת שבכלל לא הייתי משתמשת בגרף הזה אני לא יודעת עד כמה הוא היה עוזר לי".

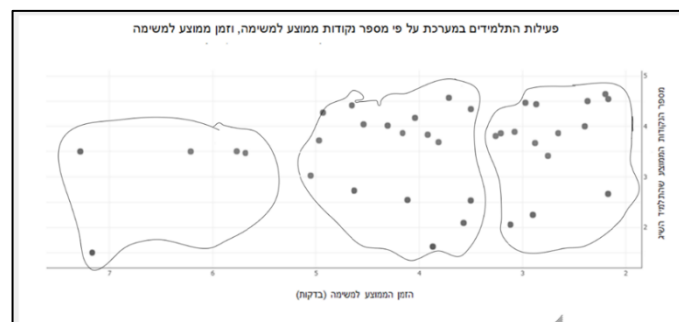
קושי שבלט אצל חלק מהמורות הוא **הייצוג של התלמידים כנקודות על גבי התרשים**. חלק מהמורות לא הבינו מה הנקודות מייצגות, כפי שאמרה למשל מ2: "שוב מה הן הנקודות בגרף? כדי שאני אהיה ממוקדת", וגם מ9 העלתה שאלה דומה: "הנקודות זה בעצם תלמידים?". מ3 תהתה אם המספרים בציר ה-X מייצגים את התלמידים:

"אם הבנתי את התרשים אז למטה מוצגים לי פריסה של אממ... אני מתלבטת אם המספרים פה למטה 2,3,4 זה תלמידים, או כל נקודה זה תלמיד?"

באותו הקשר, חלק מהמורות לא הבינו אם **תרשים הפיזור מייצג פעילות של תלמיד אחד או של כמה תלמידים**, אף כי בכותרת התרשים מצוין שהתרשים מייצג את פעילות התלמידים במערכת. לדוגמה מ8 שאלה, "זה הכול על תלמיד אחד?", ו-מ4: "זה תלמיד אחד?". מ5 הסבירה מדוע חשבה שתרשים הפיזור מציג פעילות של תלמיד אחד:

"לא הבנתי את זה נכון. אני הבנתי שזה מבחן של תלמיד אחד, וכל, כאילו כל נקודה אומרת לנו כמה זמן הוא עשה וכמה נקודות הוא צבר".

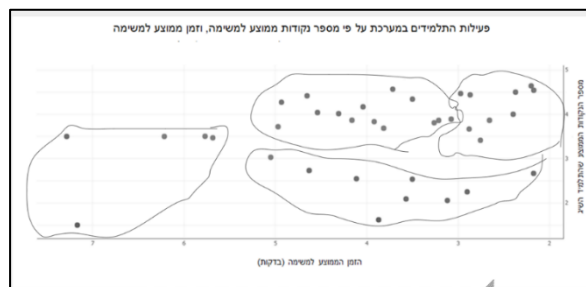
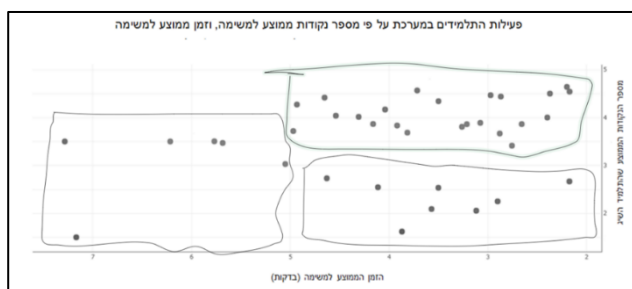
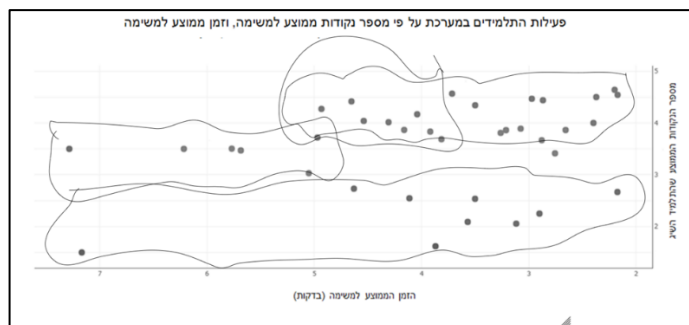
קושי נוסף שעלה אצל מרבית מהמורות הוא **ההתייחסות לשני צירי התרשים ביחד**. רוב המורות התייחסו לציר ה-X (הזמן הממוצע למשימה) או לציר ה-Y (הניקוד הממוצע למשימה) בלבד. גם כאשר הייתה התייחסות לשני הצירים, היא לא תמיד הייתה מדויקת. הקושי בניתוח הנתונים בהתייחס לשני הצירים עלה כאשר ביקשנו מהמורות לחלק את התלמידים לקבוצות. מ2 למשל, חילקה את התלמידים רק לפי ממד הזמן, ולא התייחסה למספר הנקודות שהתלמידים השיגו:



איור 15: חלוקה לקבוצות של מ2

"אם הבנתי נכון את מה שקורה כאן. הקבוצה הראשונה בעצם עובדת בפחות זמן והשיגה מספר נקודות בממוצע בזמן קצר. הקבוצה השנייה יכולה, משיגה, רק בזמן קצת יותר ארוך, והקבוצה השלישית גם מבחינת הזמן וגם מבחינת ממוצע הנקודות הם אלה שזקוקים ליותר זמן לעומת כולם". (מ2)

בהסבר שמ2 נתנה לחלוקה לקבוצות היא טענה שהתייחסה לציר ה-Y, אך לפי הסימון ניתן לראות כי הקבוצות מחולקות רק לפי ציר ה-X. דוגמה נוספת לקושי בהתייחסות לשני הצירים מציגה דווקא התייחסות לציר ה-Y: מ4 למשל התייחסה רק למספר הנקודות שהתלמידים השיגו מבלי להתייחס לזמן. לאחר הסבר על התרשים היא שינתה מעט את החלוקה, אך עדיין התייחסותה לזמן הייתה מינורית:



איור 16: חלוקה לקבוצות של מ4

”הם [הקבוצה הימנית למעלה] השיגו ניקוד גבוה בזמן מועט. הם [הקבוצה מתחתיה בצד שמאל] השיגו גבוה בזמן ממוצע, והם [הקבוצה התחתונה] השיגו בינוני בזמן ארוך... עכשיו הבנתי, אוקיי, אז מה שסימנתי למעלה זה מספר נקודות גבוה, אבל בכל מיני טווחי זמן, בעצם התייחסתי פה לנקודות ולא לזמן, סליחה. הבנתי את זה עכשיו. התייחסתי לנקודות... הייתי מחלקת לעוד קבוצה אחת, אני יכולה לסמן עוד קבוצה? אוקיי. הייתי עושה גם כזה דבר. הייתי אומרת, זאת עוד קבוצה [סימנה על גבי הקבוצה הימנית למעלה עוד קבוצה], שבאותה רמת הישגים מבחינתי, אבל משך זמן שונה”. (4מ)

לפני שמ4 חילקה את התלמידים לקבוצות, היא ציינה כי היא מתקשה להבין את התרשים: "אני אגיד לך. הזמן הממוצע למשימה בדקות, ממש קשה לי להבין את הקשר בין החלק התחתון לחלק העליון". מ7 ו-מ8 גם התקשו להבין כיצד ניתן להתייחס לשני הצירים ביחד בעת ניתוח התרשים, וטענו כי ניתן להסתכל על התרשים או לפי ציר ה-Y או לפי ציר ה-X. כך אמרה מ7: "יכול להיות או רוחבית, או כאילו לאורך, או לרוחב. הסתכלתי לרוחב", ו-מ8: "או לפי זמן, או לפי ניקוד, אני יודעת מה? טוב, נגיד לפי ניקוד".

חלק מהמורות חילקו את התלמידים באופן דומה, אך ההתייחסות שלהן לנתונים הייתה שונה, וזאת בעיקר כאשר

איור 18: חלוקה לקבוצות של
מ3

איור 17: חלוקה לקבוצות של מ9

הן התייחסו לקבוצות ה"מתחמקות".

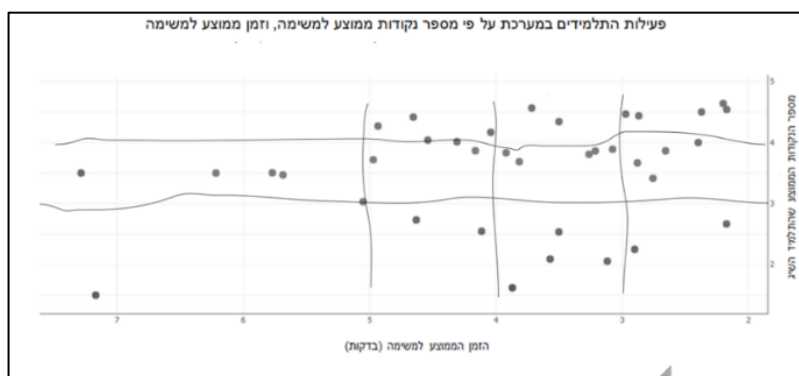
מ3 למשל הסבירה שהקבוצה הימנית התחתונה היא קבוצה מתקשה מפני שלא השיגה הרבה נקודות, ואין חשיבות למשך הזמן שלקח לקבוצה לבצע את המשימות. עם זאת כאשר מ3 התייחסה לקבוצה השמאלית ביותר, היא נתנה יותר דגש לזמן מאשר להישגים :

"אלה שעבדו מהר [הקבוצה הימנית התחתונה], אבל הוציאו מספר נקודות נמוך, זה אומר שהם לא חזקים אין להם שליטה בחומר, הם פשוט מאוד לקח להם זמן ולא הצליחו, או עשו את זה מהר ולא הצליחו, זה לא כל כך משנה. וכל אלה שנמצאים מאחורה [הקבוצה השמאלית ביותר], הם גם ילדים שלא שולטים בחומר, אם זה לקח להם כל כך הרבה זמן, גם אם הם הצליחו לקבל 4 נקודות, אבל להשיג אותם לקח להם הרבה מאוד זמן. זה אפילו לא ב-4 זה 3 נקודות שזה יחסית נמוך. גם לקח להם זמן וגם הם לא השיגו הרבה נקודות זה אומר שהם קבוצה נמוכה".

ניתן לראות שמלבד לקבוצה הימנית התחתונה, מ3 נתנה דגש רב לזמן בעת החלוקה לקבוצות, שכן גם את התלמידים שהשיגו ממוצע נקודות גבוהה היא חילקה לשניים. מ9 חילקה את התלמידים בצורה די דומה ל-מ3, אך התייחסה לקבוצה השמאלית כקבוצה של תלמידים שמתמידים במשימות בלי לציין אם הם מתקשים או לא:

"כאילו לקחתי קבוצה אחת של אלה שבעצם כן ממשיכים לבצע את המשימה אחרי חמש דקות. זה בעצם כאילו אלה שהכי הרבה זמן המשיכו במשימה [הקבוצה השמאלית]. אז אני אומרת כאילו אלה שדווקא מתמידים במשימה, אז אפשר כאילו להכניס אותם לאותה קטגוריה... ויש למטה בעצם את קבוצת הביניים הזאת, שכאילו היא בעצם גם בחמש דקות שלה, ומספר הנקודות הוא בעצם מאוד נמוך [הקבוצה הימנית התחתונה]".

חלוקה מעניינת לקבוצות הייתה של מ6, אשר חילקה את התלמידים לשלוש קבוצות עיקריות (הקווים האופקיים) והוסיפה חלוקה לתתי-קבוצות (הקווים האנכיים). מ6 הסבירה שבחרה בחלוקה זו מפני שכך היא יכולה לראות בבירור את יכולות התלמידים בשני הממדים בתרשים:



איור 19: חלוקה לקבוצות של מ6

"אני קודם כול חילקתי את מי שהוא ממש כאילו ביצע מהר וקיבל ניקוד גבוה, ואז יש את אלה שביצעו מהר, אבל הניקוד שלהם הוא לא הכי, הוא נמוך, פחות מ-3. כל האמצע, בין 3 ל-4 [בציר ה-Y] ... ומ-2 עד 5 בזמן הממוצע, הם יכולים להיות ממש טובים, אבל איפשהו פספסו, ולכן הניקוד שלהם הוא, או שהם אימפולסיביים. יש את אלה שהם בין 5-7 [ציר ה-X] אלה ילדים, יש אחד, קודם כול יש שם אחד, אחד כאן שהוא ממש נמוך, אבל גם יש אחד מעליו. אלה ילדים שהם איטיים, אבל הם [התלמידים שמעל], לא רע בכלל הציון שלהם".

החלוקה של 66 הביאה אותה להתייחס להבדלים חדים יותר בין הישגי התלמידים מבחינת ניקוד ומבחינת זמן עבודה. כמו כן, ניתוח הנתונים של כלל המורות מציג תמונה רחבה של הסתכלות ופרשנויות על תרשים הפיזור, לצד קשיים משותפים שעלו בניסיון של המורות להבין את המידע שמוצג להן.

הטבלה הציגה את הפעילות של כל תלמיד במערכת. כפי שתואר בפרק המתודולוגיה, בטבלה הופיעו הנתונים הבאים:

פעילות התלמידים במערכת						
שם התלמיד	מספר המשימות שהושלמו	מספר נקודות ממוצע למשימה (1-5 נקודות)	זמן ממוצע לפעילות (בדקות)	משימה עם הניקוד הגבוה ביותר	משימה עם הניקוד הנמוך ביותר	נראה לאחרונה

איור 20: עמודות הטבלה

העמודות "מספר נקודות ממוצע למשימה" ו"זמן ממוצע לפעילות (בדקות)" הם שני הממדים שהופיעו בצירים של תרשים הפיזור שבו צפו המורות קודם.

ניתוח הנתונים בטבלה היה פשוט ואינטואיטיבי למורות באופן יחסי, ורובן ציינו שהטבלה מספקת מידע רב אשר יכול לסייע להן בעבודתן. למשל תגובתה הראשונה של 8 לטבלה הייתה: "אני מבינה ממנה הרבה דברים". מ2 למשל ציינה כי הטבלה מציגה באופן ברור את יכולותיהם של התלמידים: "הטבלה מסבירה בצורה בהירה יותר את היכולות של התלמידים, ואיך אתה כמורה יכול לחזק ולתת משוב לילדים ספציפיים".

בשונה מתרשים הפיזור שאותו ניסו המורות בעיקר להבין, בטבלה הן הצליחו ללכת צעד קדימה ולהתייחס למידע שהן יכולות לקבל ממנה. לדוגמה, מ3 תיארה מה היא יכולה ללמוד מהטבלה:

"אז אני יכולה לדעת מזה מי השלים את המשימה ומי לא השלים את המשימה, אני יכולה לקבל מידע מה הייתה המשימה שהייתה הכי קלה, כי רוב הילדים הצליחו בה, בעצם מה היו המשימות הקלות יותר. אני יכולה להבין באיזו משימה הילדים לא הצליחו, וגם לראות כמה ילדים לא הצליחו באותה משימה... וכמובן אני יכולה לראות מי הצליח להתמודד עם הכול ומי לא הצליח ועשה רק באופן חלקי".

מ1 תיארה מה היא יכולה ללמוד לגבי תלמידים ספציפיים בטבלה:

"למשל האם הוא מסיים את כל המשימות או לא? והאם זה משהו עקבי, שבאופן עקבי הוא מגיש רק משימה אחת מתוך חמש? ... זה משהו שאפשר להסתכל בטבלה על כמה משימות, זה משהו שאפשר ללמוד. אפשר גם ללמוד, כמה זמן זה לוקח לו והאם הוא משקיע הרבה מדי זמן ומצליח, או לא מצליח".

לצד התיאור העשיר של המורות על המידע שניתן לקבל מהטבלה, היו עמודות ונתונים שמשכו את תשומת ליבן במיוחד. למשל, כל המורות התייחסו לעמודות "המשימה עם הציון הגבוה ביותר" ו"המשימה עם הציון הנמוך ביותר" והמידע שעולה מהן סייע להן להבין באיזו משימה רוב התלמידים התקשו או הצליחו. למשל מ8 הבחינה במשימות עם הציון הגבוה לעומת המשימה עם הציון הנמוך:

"אני רואה שבמשימות 1 ו-2 הניקוד הכי גבוה, זה חוזר, וניקוד הכי נמוך משימה 4 די חוזרת, הרבה לא מצליחים בזה וכאלו זה דברים שחוזרים פחות או יותר".

יתרה מכך, כאשר המורות התייחסו לתלמידים ספציפיים בטבלה, כולן ציינו את התלמיד יהלי אברהם מפני שהוא השלים רק משימה אחת מתוך חמש, לדוגמה מ7: "יש את מי שעשה פחות משימות, משימה אחת למשל, יהלי אברהם"; ומ2: "יש כאן אחת [יהלי אברהם] שבעצם השלימה משימה אחת".

חלק מהמורות לא ניתחו נכונה את העמודה "זמן הממוצע למשימה" בהקשר לתלמיד יהלי אברהם. למשל מ9 ציינה את הזמן שלקח ליהלי לבצע את המשימה, והשוותה זאת באופן שגוי לזמן הממוצע של תלמיד אחר:

"אני רואה גם אחד שנגיד השלים רק משימה אחת בכמעט שלוש דקות. יהלי אברהם למשל, לקח לו כמעט שלוש דקות לבצע משימה אחת, כשיש ילד שסיים את כל המשימות בשבע דקות".

ניתן לראות כי מ9 לא מתייחסת לכך שהזמן המוצג הוא זמן ממוצע למשימה, אלא רואה אותו כמשך הזמן שלקח לתלמיד לפתור את כל המשימות. גם מ4 התייחסה באופן שגוי לזמן: "אני אתחיל עם הילד [יהלי אברהם] שעשה את המשימות בזמן הכי מהר, מאד קפץ לי לעין... אבל בעצם הוא השלים רק אחד, רק משימה אחת". מ4 טענה שיהלי אברהם סיים את המשימות במהירות הגבוהה ביותר, אך היא לא לקחה בחשבון שייתכן והזמן הממוצע שלו נמוך כי המשימה הראשונה הייתה קצרה או קלה יותר לעומת המשימות האחרות.

למרות שנראה שהאינטראקציה עם הטבלה הייתה נוחה יותר מתרשים הפיזור, בעת ניתוח הנתונים לעיתים התגלה קושי להצליב מידע מכמה עמודות יחד. דוגמה לכך היא ההתייחסות הרחבה ליהלי אברהם שהשלים משימה אחת מתוך חמש, לעומת ההתייחסות המועטה לתלמיד עמית משה אשר נמצא בשורה לפניו בטבלה, והשלים שתי משימות מתוך חמש בציון נמוך ובזמן ממושך יותר. יכול להיות שהקושי להתייחס לכמה עמודות יחד נובע מכך שבטבלה יש נתונים רבים וצריך זמן כדי להתעמק בהם, כפי שציינו חלק מהמורות, למשל מ6: "זה המון מידע בטבלה אחת", ומ1: "בטבלה יש מידע, אבל היא דורשת הרבה זמן כדי לנתח אותה".

תרשים עמודות

תרשים העמודות הציג תמונה כיתתית של רמת הידע בנושאי הלימוד השונים. בשונה מייצוגי המידע הקודמים שבהם היה ניתן להתייחס גם לתלמידים בודדים, תרשים העמודות עסק ברמת הכיתה בלבד. מהראיונות עלה כי תרשים העמודות אינטואיטיבי ונוח לקריאה מאוד.

כל המורות הגיבו באופן חיובי כאשר צפו לראשונה בתרשים, לדוגמה מ6: "אחלה תרשים"; מ3: "טוב, זו כבר תצוגה הרבה יותר ברורה"; מ8: "רואים מה צריך לחזק יותר, מה צריך פחות, זה טוב, זה גרף טוב". חלק מהמורות אף טענו כי תרשים העמודות דומה למיפוי שהן בעצמן עושות לתלמידים, לדוגמה מ7 ו-מ4:

"הגרף הזה [העמודות] אנחנו עושים אותו בכל מיפוי. בכל מיפוי שאני בונה באקסל יש לי את הנושאים של השאלות, ואז אני בונה גרף ואז אני רואה גרף של כל הכיתה. זה גרף שהוא לא חדש ליי". (מ7)

"זה מזכיר מאד את ה, אם את מכירה את המיפוי האוניברסלי. אז כמורה במתמטיקה, יש טבלה שאני מקבלת מהרכזת ומהמחוז בעצם, ואני ממלאת את הטבלה עם הציונים של המבחן ואז יש לי טבלאות גרפיות גם, בין היתר. אז הגרף האחרון בעצם מזכיר את זה, מאד מועיל ליי". (מ4)

בבחינת ניתוח הנתונים, **כל המורות ידעו לתאר מה הן רואות בתרשים**. למשל, כל המורות התייחסו לכך שהן יכולות ללמוד מהתרשים באילו נושאים הכיתה שולטת ובאילו לא, לדוגמה, מ3 ו-מ1 :

"אני יכולה לדעת מה הנושאים שיש שליטה טובה בהם, מהם הנושאים שהתלמידים חלשים בהם. אני יכולה לדעת מה רמת השליטה של הכיתה בנושאים השונים, אני יכולה לדעת מה הנושאים שאין לי בכלל צורך לחזור עם הכיתה עליהם, בכלל, ואילו נושאים אני חייבת לחזור". (מ3)

"וזה טוב כי את רואה שיש פה הרבה נושאים שרוב המוחלט של התלמידים שולטים בהם, ויש פה כמה נושאים שלא שולטים בהם, שבערך חצי כיתה שולטת בהם, לא כולם". (מ1)

כמו כן, **רוב המורות ציינו תחילה את הנושאים שבהם הכיתה שולטת, ולאחר מכן העמיקו והתמקדו בנושאים שבהם הכיתה לא שולטת**, לדוגמה מ4 ו-מ9 :

"בעיקרון, אני רואה את מספר הילדים הרב ביותר, זאת אומרת זה נושאים שרוב הילדים שולטים בהם. כמו הנושא הראשון, חקר נתונים, הכרת גופים, אחוזים, ומשם קופצים לי כל הנושאים הקשים יותר". (מ4)

"יש נושאים כאילו שהרוב המוחלט של התלמידים שולט בהם, זה צמצום והרחבת שברים, אחוזים, חקר נתונים, הכרת גופים, כאן יש שליטה כאילו בחומר. נפחים, עיגול ומעגל זה כאילו פחות מחצי כיתה יודעת". (מ9)

מהאמור ניתן לראות כי המורות עשו סוג של מיון בו הן הבחינו בנושאים בהם הכיתה שולטת, כדי להתפנות ולהתעמק בנושאים בהם הכיתה מתקשה. בחלק הבא, שבו מתוארות התובנות והפעולות שהמורות שקלו בהתאם לצפייה בייצוגי המידע, מתוארת גם ההתייחסות הרחבה שלהן לנושאים שבהם התלמידים התקשו.

לאחר שהמורות צפו בשלושת ייצוגי המידע, שאלנו אותן אילו ייצוגים יהיו הכי שימושיים לעבודתן. **כל המורות טענו כי הן היו משתמשות בתרשים העמודות, ושש מורות מתוכן הוסיפו כי הן היו משלבות גם את הטבלה**. המורות הסבירו כי היו משתמשות בשני ייצוגי המידע מפני שתרשים העמודות נותן תמונה כללית טובה על מצב הכיתה והטבלה מספקת מידע על תלמידים ספציפיים. לדוגמה :

"עוד פעם, זה תלוי מאוד. הכי ברור והכי נוח לקריאה, זה התרשים האחרון. אבל הוא נותן לך קריאה כיתתית, לא על תלמיד. אבל הוא נוח לקריאה, ולדעת מצב כיתה. אם אני רוצה לבנות הערכה מעצבת לתלמיד, אני חייבת, הטבלה השנייה". (מ5)

"האמצעי [טבלה] שיש שמות הוא טוב, מצד שני הוא לא נותן לי ממש-ממש על כל נושא מה הם יודעים מה הם לא יודעים. הכי טוב זה שילוב של האמצעי והאחרון בעיניי. אני חושבת שהגרף האחרון הוא מעולה, הטבלה היא מעולה". (מ8)

"האחרון [עמודות], אבל את יודעת, תמיד יש מקצה שיפורים. האמצעי [טבלה] נותן לי מידע רחב על כל תלמיד, פה זה נותן לי על כיתה. הייתי מסכרנת בין הטבלה לבין הגרף הזה. ממש עושה איזשהו סנכרון של הדברים". (מ7)

לסיכום, מהעדפותיהן של המורות ומהאופן שבו הן ניתחו את שלושת ייצוגי המידע ניתן לראות כי תרשים הפיזור היה הקשה ביותר להבנה. הטבלה הייתה קלה יותר להבנה, אך חלק מהמורות לא ניתחו את הנתונים המופיעים בה בצורה מדויקת. תרשים העמודות לא העלה כלל קשיי הבנה ואף היה מוכר לחלק מהמורות כמיפוי שהן עורכות לתלמידהן.

תחומי הוראה שבהם עלו תובנותיהם ופעולותיהם של מורים

בעקבות הצפייה בייצוגי המידע המורות העלו תובנות ושקלו פעולות בתחומי הוראה שונים. **כל המורות הגיעו לתובנות הקשורות להערכת רמת הידע הכיתתית ולהערכת רמת הידע של קבוצות תלמידים ושל תלמידים בודדים.** הערכת הכיתה הובילה את המורות לשקול פעולות הקשורות **לרצף ההוראה בכיתה**, והערכה של קבוצות ותלמידים בודדים הובילה אותן לשקול פעולות בנוגע **להוראה דיפרנציאלית**. בחלק זה מתוארות תובנותיהן של המורות בתחום ההערכה והפעולות שהעידו כי הן היו נוקטות בתחומים של רצף ההוראה והוראה דיפרנציאלית.

הערכת הכיתה והתלמידים

ניתוח הנתונים בתרשים העמודות ובתרשים הפיזור הוביל את המורות **להעריך את רמת הידע הכיתתית**, לדוגמה מ8: "בוא נגיד שבסך הכול הרמה של הכיתה אם מסתכלים על זה ככה, זה נראה שזה כיתה של בינוני ומעלה, אין תת-משיג לגמרי"; גם מ9 הגיעה לתובנה דומה בנוגע לרמת הידע בכיתה: "רוב הכיתה היא בעצם בינונית, ויש תמיד את אלה שיש להם שליטה ויש את אלה שמתקשים". מ5 העריכה את רמת הידע של הכיתה על פי תרשים הפיזור: "מה שכן, סך הכול זה אומר לי שהכיתה יודעת את הפעילות. אם זה חומר, אז היא יודעת את הנושא שהם למדו". מלבד הערכת הכיתה, תרשים הפיזור אפשר למורות גם **להעריך קבוצות של תלמידים** עם הישגים דומים, לדוגמה מ3: "זה אומר שהם לא חזקים אין להם שליטה בחומר... גם לקח להם זמן וגם הם לא השיגו הרבה נקודות זה אומר שהם קבוצה נמוכה".

גם הטבלה הובילה את המורות להעריך קבוצות של תלמידים. מ4 למשל התייחסה לתלמידים עם הממוצע הגבוה בטבלה ושיתפה בתובנותיה בנוגע למצבם הלימודי: "אני רואה שיש פה ילדים עם ממוצע יותר גבוה. אז אני יכולה להסיק אולי שהידיעות שלהם יותר טובות מאחרים". לעומתה, מ6 התייחסה דווקא לתלמידים עם הממוצע הנמוך בטבלה: "3 נקודות ממוצע, הציונים שלהם לא להיט". מלבד הערכת הקבוצות, הטבלה אפשרה למורות **להעריך גם תלמידים ספציפיים**, כפי שאמרה לדוגמה מ9: "נגיד התלמיד הזה נראה שקשה לו יותר, כי זה גם שלוש דקות למשימה אחת, וגם הוא עשה רק אחת מתוך כל המשימות".

רצף ההוראה בכיתה

בעקבות הערכתן של המורות את רמת הידע בכיתה, כולן שקלו פעולות המתייחסות **לתכנון רצף ההוראה, בדגש על תכנים ומשימות שבהם התלמידים התקשו**. כלומר, כאשר המורות זיהו את התכנים שבהם התלמידים התקשו, הן שקלו פעולות הקשורות לרצף ההוראה כך שהתלמידים בכיתה ישפרו את הישגיהם. למשל, בעקבות צפייה בתרשים העמודות מ5 שיתפה כי היא הייתה עובדת עם הכיתה על נושא חישוב הנפחים, שבו מרבית התלמידים אינם שולטים:

"חישוב נפחים, אני צריכה לעבוד על זה"; גם 6 הבחינה בקושי של הכיתה בחישוב נפחים, והסיקה כי על המורה לחזור עליו עם כלל תלמידי הכיתה: "הכיתה צריכה להתעכב על חישוב נפחים, לדוגמה... המורה צריכה לעבוד עם כולם בשיעור". מ9 אף התייחסה לתכנון ההוראה בצורה מעמיקה יותר, ומתובנותיה בנוגע לרמת הידע של התלמידים החליטה על אילו נושאים כדאי לחזור מהבסיס ועל אילו נושאים מספיק לעשות תרגול:

"אז כן הייתי נותנת יותר תרגול לנושאים האלה, ונושאים שהייתה פחות הצלחה הייתי נותנת יותר סוג של הקניה מחדש אפילו... ממש לחזור איתם על הבסיס, ובשאר הנושאים יותר תרגול שוטף ועבודה".

חלק מהמורות הסבירו כיצד הן היו מחלקות את הנתונים ומחליטות על הנושאים שיש לחזור עליהם בכיתה בהתייחס לתרשים העמודות. מ4 למשל טענה שעל כל הנושאים שבהם חצי כיתה ומטה לא שולטת, היא הייתה עורכת חזרה כיתתית:

"אז ככה, קודם כול, את הנושאים שמספר הילדים הכי קטן פה, מעגל, עיגול, חישוב נפחים, חישוב שטחים, הייתי עושה הקניות בכיתה, הקניות חוזרות, באופן כיתתי. כי רוב הילדים ממש לא יודעים, חצי כיתה".

גם מ1 התייחסה באופן דומה לאותם הנושאים:

"הנה אני רואה מעגל ועיגול, וחישוב נפחים וחישוב שטחים, משהו ש-15 תלמידים בערך יודעים ומתוך 30 וכמה, אז זה לא משהו שהכיתה שולטת, אז אפשר לעשות חזרה כיתתית גם על הנושא".

בדומה למ4 ו-מ1, גם מ5 הסיקה שיש לערוך חזרה כיתתית על הנושאים שבהם שולטת פחות מחצי כיתה, והוסיפה שהייתה מלמדת את הנושאים באופן שונה: "אם יותר מחצי כיתה לא יודעת נושא מסוים, הייתי חוזרת על זה באופן כיתתי, אבל בדרך אחרת". גם מ9 ציינה כי הייתה חוזרת גם על הנושאים שבהם חצי מהכיתה לא שולטת:

"קודם כול עם הנושאים שרוב הכיתה לא הצליחה, כן הייתי מתמקדת יותר בהם, כי כשחצי כיתה לא מבינה, אז כנראה שמשו לא היה ברור בהסבר, בתרגול, אז כן זה משהו שצריך לעבוד עליו".

חלק מהמורות טענו שכדי להעריך את רמת הידע של התלמידים בכיתה, הן היו ממשיכות לנתח את הנתונים המופיעים בייצוגי המידע. לדוגמה, בעקבות צפייה בתרשים העמודות, מ2 ו-מ3 טענו כי הן היו עושות מיפוי לנושאים שבתרשים. כך אמרה מ2: "הייתי לוקחת את הנושאים והייתי עושה טבלה מסכמת לראות איזה נושאים יושבים טוב, ואיזה נושאים צריך לחזק יותר"; ו-מ3: "אני צריכה לקחת את הנושאים האלה, לבחון אותם ולעשות מיפוי מי יודע, לא יודע". גם בנוגע לתרשים הפיזור טענה מ3 כי הייתה עושה מיפוי ליכולות התלמידים: "אני יכולה לעשות איזושהי פריסה של היכולות של התלמידים".

מלבד ההתייחסות לתכנים שבהם התקשו תלמידי הכיתה, חלק מהמורות התייחסו גם למשימות ספציפיות שבהן התלמידים גילו קשיים. למשל, מ3 ו-מ9 תיארו רצף פעולות שהיו נוקטות בעקבות צפייה בטבלה, שבה משימה 4 מופיעה כמשימה שבה התלמידים התקשו ביותר:

"קודם כול הייתי עוברת על משימה 4 פה, הייתי רואה בכלל מה זה המשימה הזאת, הייתי מנסה להבין, ואז הייתי עושה איזושהו שיעור עליה, עושה הקניה על החומר, על הסגנון של השאלה, והייתי בודקת

אחרי ההתערבות שלי אם עוד פעם רוב הילדים מצליחים להתמודד עם המשימה, או לא מצליחים להתמודד". (מ3)

"משימה 4 היא הייתה כנראה הכי מורכבת ובה הייתי יותר מתמקדת. והייתי נותנת אחרי שעברנו עליה, איזושהי משימה שהיא די דומה כדי לבדוק האם בכל זאת הייתה הבנה אחרי שתרגלנו את זה". (מ9)

בנוסף, חלק מהמורות הוסיפו שהן היו משתמשות באמצעי למידה מגוונים כדי לסייע לתלמידים לשפר את הישגיהם. מ7 למשל טענה שכדי להעלות את הישגי התלמידים, היא הייתה משתמשת באמצעים ויזואליים ובמשחקים: "הייתי עושה גם ויזואלי, וגם משחקים, כל מיני דברים שיכולים לתת לילד לתפוס את המקום הנכון והנחו לו וללכת עם זה". גם מ8 הציעה אמצעי למידה שונים להעלאת הישגי התלמידים:

"נגיד לרגע שאני יכולה לעשות את זה מתוקשב, נגיד משחקים של "אופק" או דברים כאלה, ואני יכולה לעשות את זה בדפי עבודה על הלוח, כאילו כרטיסיות, ואפשר גם וגם".

בשונה מההתייחסות הרחבה של המורות לתכנים ולמשימות שבהם התלמידים התקשו, ההתייחסות למשימות שבהן התלמידים הצליחו הייתה מועטה, ולמעשה רק מ4 ציינה פעולה שהיא הייתה נוקטת בנוגע למשימה שבה התלמידים הצליחו:

"לגבי המשימה עם הניקוד הגבוה ביותר, אני אומרת לעצמי – או שכולם יודעים אותה, או שהמשימה הייתה קלה, אני צריכה לבדוק אותה, משימה 2 למשל, ומשימה 1".

הוראה דיפרנציאלית

כל המורות תיארו תובנות ופעולות המתייחסות להיבטים שונים בתחום ההוראה הדיפרנציאלית. חלק מהמורות למשל התייחסו לאופן בו הן היו נעזרות בטבלה כדי לחלק את התלמידים לקבוצות שונות של רמות ידע. כך טענה מ5 כי הייתה מחלקת לקבוצות לפי מספר התלמידים שקיבלו ציון נמוך במשימות: "הייתי מחלקת אותם לפי משימות. הנמוכות ביותר מי שלא הצליח, וכמה תלמידים לא הצליחו, ולפי זה הייתי בונה את הקבוצות". גם מ4 תיארה את החלוקה לקבוצות לפי הישגי התלמידים: "בעצם מה שאני עושה עכשיו, אני עושה הקניות דיפרנציאליות. אני לוקחת כל קבוצה לפי הידע, לפי הנקודות שלה, ואני עושה להם הקניות בהתאם". בדומה לכך התייחסה גם מ8 להישגי התלמידים בעת חלוקתם לקבוצות: "פה [בטבלה] אני ממש יודעת איזה קבוצות לבנות, ולתת להם משימות לפי איך שהם הצליחו ולא הצליחו".

ההתייחסות של המורות לתלמידים המתקשים הייתה רחבה וכללה תובנות כלליות, כמו בדבריה של מ5: "ואז בעצם יש לי חמישה תלמידים שאני צריכה לחזק", ו-מ1: "ילדים שהשיגו עד ל-3 נקודות, אז אפשר לתת להם תגבור"; לצד תיאור פעולות שהמורות היו נוקטות כדי לסייע לתלמידים המתקשים, כמו מתן תשומת לב מיוחדת לאותם תלמידים – כפי שאמרה לדוגמה מ3: "מבחינת ילדים שזקוקים ליותר תמיכה, ויותר עזרה, שאני אשים עין עליהם, שאני אפקח עליהם יותר, שאני אראה אם הם מסתדרים, זה כן הייתי עושה".

חלק מהמורות ציינו כי הן היו מחזקות את התלמידים המתקשים בשעות פרטניות, במהלך שיעורים כיתתיים ובמתן דפי תרגול. מ9 למשל ציינה כי היא הייתה נותנת תרגולים בנושאים שבהם התלמידים התקשו: "הייתי נותנת אותם [את התרגולים] לכל אותם תלמידים שלא הצליחו בהם", וכך אמרה גם מ7: "לשלוח אותם הביתה עם משימות

שמותאמות לקשיים שיש להם בנושא כזה או אחר". בדומה להן, מ1 ציינה כי היא הייתה נותנת תרגולים לתלמידים שהשיגו פחות נקודות, והוסיפה שהייתה עושה זאת בשעות פרטניות ובכיתה: "אפשר לתת להם דפי תרגול בנושאים שהם צריכים חיזוק בשעה פרטנית. אפשר גם בכיתה לתת להם משהו לתרגול נוסף". מורות נוספות ציינו שהן היו עובדות עם התלמידים המתקשים באופן פרטני ובמהלך השיעור, כפי שאמרה מ9: "בצורה פרטנית, או בקבוצה במהלך השיעור, או כתרגול אקסטררה לאלה שמסיימים" ו-מ5: "יש קבוצה שצריך לעבוד איתה. בפרטני, ובכיתה, במקביל".

יתרה מכך, חלק מהמורות טענו כי היו מסייעות לתלמידים המתקשים על ידי בניית תוכניות עבודה אישיות או קבוצתיות. מ6 למשל קבעה כי הייתה בונה לאחד התלמידים המתקשים בטבלה תוכנית עבודה אישית: "זה אומר שהילד הזה [עמית משה] צריך תגבור והוא צריך תוכנית עבודה אישית". בנוסף, מ6 תיארה כיצד הייתה מחליטה לאיזו קבוצה לבנות תוכנית עבודה, והוסיפה כיצד הייתה פועלת עימה:

"הייתי בונה תוכניות עבודה קבוצתיות. למשל, את המשימה עם הניקוד הנמוך ביותר. הייתי לוקחת את כל מי שקיבל [ציון נמוך] במשימה מספר 4, ובדקת מה המשימה, ומתגברת אותם רק בנושא הזה, ונותנת להם שוב פעם את המשימה".

גם מ5 טענה כי הייתה בונה תוכנית עבודה לתלמידים המתקשים, אם כי במקרה זה התבונה עלתה מצפייה בתרשים הפיזור: "אני בונה להם [למתקשים] תוכנית. אני בודקת מה השאלות שהיו שם ואם צריך אנחנו נוציא אותם לפרטני, או שבכיתה כשכולם יושבים, אני אקח אותם לקבוצה".

חלק מהמורות התייחסו באופן אינדיבידואלי לתלמידים מתקשים והעלו תובנות בנוגע לסיבות האפשריות לקשיי התלמיד. מ6 למשל, התייחסה לסיבות האפשריות לכך שהתלמיד יהלי אברהם, שכפי שהוזכר קודם תפס את תשומת ליבן של כל המורות, התקשה בביצוע המשימות:

"אני לוקחת גם את נגיד, יהלי אברהם, שלוש שורות מהסוף. הוא עשה רק משימה אחת והיא לקחה לו כמעט 3 דקות, כי 3 דקות זה המון. זה תלמיד, או שהוא איטי, או שהוא לא שולט בחומר. וצריך לבדוק. כאילו, צריך להתאים לו אישית".

מנגד, למ1 הייתה תובנה שונה בנוגע לסיבה שאותו התלמיד התקשה במשימות, ואף ציינה פעולה שונה שהייתה נוקטת:

"אני רואה פה מישהי שקוראים לה יהלי אברהם, השלימה משימה אחת, וצברה עליה די הרבה נקודות, 4 נקודות, היא עשתה את זה מהר, אבל היא עשתה רק אחת, אז פה אולי זו מישהי שעושה מהר ולא ממשיכה הלאה... הייתי שולחת את המשימה הזאת בחזרה לתיקון שתשלים אותה".

חלק מהמורות התייחסו בתובנותיהן גם לתלמידים מצטיינים. מ1 למשל תיארה כיצד הייתה נותנת מענה לתלמידים שממוצע הציונים שלהם גבוה על פי תרשים הפיזור:

"למרות שאלו ילדים שדי בולטים גם ככה בכיתה, אפשר לתת להם גם משימות נוספות בכיתה – חידות, משימות אתגריות יותר, וגם ב"אופק" לשייך להם משימות ברמה שהיא יותר גבוהה".

גם מ2 התייחסה באופן דומה לתלמידים עם ממוצע ציונים גבוה, אך במקרה זה התבונה עלתה בעקבות צפייה בטבלה :

"קודם כול יש כאן שני תלמידים שמובילים, זאת אומרת שלא הייתה להם בעיה בשום משימה. לילדים כאלה צריך לתת משימות מאתגרות".

בהמשך מ2 התייחסה גם לתלמיד ספציפי שלדעתה כדאי לאתגר:

"דניאל כהן, הוא השיג ציונים מאוד טובים ב-3 מתוך 5 משימות, אולי צריך לחשוב עליו מחוץ לקופסה ולתת לו משימות מאתגרות".

מורות אחרות ציינו שהן היו נותנות מענה לתלמידים המצטיינים בהקשר של לימוד הנושאים בכיתה. מ3 למשל טענה כי לא הייתה חוזרת עם כל הכיתה על נושא מסוים כאשר יש תלמידים ששולטים בו: *"אני לא אתחיל לחזור עם כולם על הכול, אני לא אשעמם את אלו שיודעים".* גם מ6 ציינה תבונה דומה: *"ילד שכבר שולט בנושא מסוים ויודע אותו ממש טוב, הוא לא צריך שהמורה עוד פעם תיתן לו עוד תרגול ועוד. זה משעמם אותו".*

לסיכום, בעקבות הצפייה בייצוגי המידע המורות העריכו את התלמידים בכמה רמות: כלל הכיתה, קבוצות תלמידים ותלמידים אינדיבידואליים. בכל אחת מן הרמות המורות התייחסו בעיקר להישגים הנמוכים, שהעידו לתפיסתן על נושאים שבהם הכיתה לא שולטת ועל קשיים ספציפיים של תלמידים, והסבירו כיצד הן יסייעו לשפרם. ברמת הכיתה דרכי השיפור שהוצעו היו התאמת הנושאים ורצף ההוראה, וברמת הקבוצות והתלמידים האינדיבידואליים דרכי השיפור שהוצעו היו התייחסות פרטנית לילדים המתקשים ובניית תוכניות עבודה מותאמות.

סיכום הממצאים

להלן סיכום של הממצאים העיקריים שעלו בפרק הממצאים.

1. מידע שמורים מעוניינים לקבל על פעילות תלמידיהם

1.1 מידע על תלמידים ספציפיים

- מעקב אחר פעילות של תלמידים ספציפיים.
- קבלת מידע אישי ומפורט על הפעילות של כל אחד מהתלמידים.
- ציון שמות התלמידים בלוח הבקרה.

1.2 סוגי הטעויות של התלמידים

- הסיבה לטעויות של התלמידים (טעות בהבנה, טעות טכנית וכדומה).
- צפייה בתשובות של התלמידים.

1.3 שמות הנושאים וחלוקה לתתי-נושאים

- ציון שמות הנושאים הנלמדים בלוח הבקרה.
- הערכת התלמידים על פי חלוקה לתתי-נושאים.

1.4 ציונים – ניקוד וזמן ממוצע למשימה

- צפייה בציונים שהתלמידים קיבלו.
- צפייה בציון המדויק במקום בציון הממוצע.

- מדד "זמן למשימה" לא מהווה אינדיקטור מספק ללמידה על רמת הידע של התלמידים.

1.5 מיפוי יכולות התלמידים

- קבלת פלט המציג מיפוי של יכולות התלמידים, נושאים שיש לחזור עליהם בכיתה וחלוקה של התלמידים לקבוצות.

2. האופן שבו מורים מבינים ייצוגי מידע

2.1 תרשים פיזור

- קושי להבין את ייצוג התלמידים כנקודות על גבי התרשים.
- קושי להבין אם התרשים מייצג פעילות של תלמיד אחד או של כמה תלמידים.
- קושי להתייחס לשני צירי התרשים ביחד.
- ניתוח שונה של הנתונים גם כאשר החלוקה לקבוצות דומה.

2.2 טבלה

- המורות הצליחו להתייחס למידע שהן יכולות לקבל מהטבלה.
- תשומת לב מיוחדת לעמודות "משימה עם הציון הנמוך ביותר" ו"משימה עם הציון הגבוה ביותר".
- תשומת לב מיוחדת לתלמיד שהשלים רק משימה אחת מתוך חמש.
- ניתוח שגוי של העמודה "זמן ממוצע למשימה".
- קושי להצליב מידע מכמה עמודות יחד.

2.3 תרשים עמודות

- תגובה חיובית לצפייה בתרשים.
- המורות ידעו לתאר מה הן רואות בתרשים.
- אזכור של הנושאים שבהם הכיתה שולטת והעמקה בנושאים שבהם הכיתה לא שולטת.
- כל המורות טענו כי הן היו משתמשות בתרשים העמודות, ושש מורות הוסיפו כי הן היו משלבות גם את הטבלה.

3 תחומי הוראה שבהם עלו תובנותיהם ופעולותיהם של מורים הערכה

- הערכת רמת הידע הכיתתית.
- הערכה של קבוצות תלמידים ותלמידים בודדים.

3.2 רצף ההוראה בכיתה

- תכנון רצף ההוראה, בדגש על תכנים ומשימות שבהם התלמידים התקשו.
- התייחסות לנושאים שיש לחזור עליהם בכיתה על פי חלוקת הנתונים בתרשים העמודות (נושאים שבהם שולטת פחות מחצי כיתה).
- ניתוח נוסף של הנתונים המופיעים בייצוגי המידע באופן בידי המורות.

- התייחסות למשימות ספציפיות שבהן התלמידים התקשו.
- שימוש באמצעי למידה מגוונים כדי לסייע לתלמידים לשפר את הישגיהם.
- התייחסות מעטה למשימות שבהן התלמידים הצליחו.

3.3 הוראה דיפרנציאלית

- חלוקה לקבוצות על פי רמות ידע שונות.
- התייחסות רחבה לתלמידים המתקשים (קבוצות ובודדים).
- סיוע לתלמידים המתקשים באמצעות שיעורים פרטניים, שיעורים בכיתה, מתן דפי תרגול, ובניית תוכניות עבודה אישיות וקבוצתיות.
- התייחסות חלקית לתלמידים המצטיינים.

4.1.2.3. דיין

מטרת מחקר זה הייתה ללמוד אילו ייצוגי מידע בלוחות הבקרה למורים הם המובנים והיעילים ביותר לצורך קבלת החלטות ונקיטת פעולות. לשם כך רואיינו 9 מורות למתמטיקה אשר משלבות סביבות למידה מקוונות כחלק אינטגרלי מעבודת ההוראה. פרק זה מציג את המסקנות שעלו מניתוח הראיונות.

מידע שמורים מעוניינים לקבל ותחומי ההוראה שעולים כאשר הם צופים במידע

מניתוח הראיונות עלו שלוש תמות עיקריות לגבי המידע שמורים מעוניינים לקבל מלוחות הבקרה, ולתחומי ההוראה שעולים בעקבות צפייה במידע: מורים מעוניינים לקבל מידע על פעילות תלמידיהם ברמת הכיתה וברמת התלמיד; מורים מתייחסים בעיקר לתלמידים בעלי ההישגים הנמוכים; ומורים מתמקדים בהיבטים צרים של הוראה ולמידה בעת בחינת הנתונים. בחלק הבא כל אחת מהתמות תפורט בהרחבה.

מורים מעוניינים לקבל מידע על פעילות תלמידיהם ברמת הכיתה וברמת התלמיד

לאורך כל חלקי הראיון המורות ציינו כי הן היו רוצות לקבל מידע על פעילות תלמידיהן בשתי רמות – ברמת הכיתה וברמת התלמיד. ברמת הכיתה הן היו מעוניינות לקבל כלים ונתונים שיאפשרו להן ללמוד אילו נושאים צריך לחזק ולאילו קבוצות שונות של רמות ידע כדאי לחלק את התלמידים – למשל חלוקה לתלמידים מתקשים ולתלמידים מצטיינים. ברמת התלמיד המורות היו מעוניינות לקבל נתונים מפורטים על רמת הידע של כל אחד מהתלמידים. ההתייחסות לרמת הכיתה ולרמת התלמיד עלתה גם במחקרים קודמים (Holstein, McLaren, & Aleven, 2017; Molenaar & Knoop-van Campen, 2018; Xhakaj et al., 2016, 2017).

חלק מסוגי המידע שהמורות ציינו שהן היו רוצות לקבל בלוח הבקרה עלו גם במחקרים קודמים, למשל, זיהוי של תלמידים אינדיבידואליים וקבוצות של תלמידים מתקשים (Demmans Epp, Phirangee, & Hewitt, 2019; Molenaar & Knoop-van Campen, 2018; Xhakaj et al., 2016); סינון מידע על התלמידים עד לרמה המפורטת ביותר (Demmans Epp et al., 2019); צפייה בשאלות ובשמות הנושאים בדיוק כפי שהם הופיעו במסך של התלמיד; צפייה בתשובה המפורטת והמדויקת של התלמיד (et al. Schifter et al., 2014); סוגי הטעויות של התלמידים; וצפייה במיומנויות שבהן רוב הכיתה שולטת (Holstein et al., 2017; Molenaar & Knoop-van Campen, 2018).

העובדה כי שתי רמות ההתייחסות (כיתה ותלמיד) ומרבית סוגי המידע עלו תדיר בשדות מחקר שונים, מעידה שמידע על הישגי התלמידים בסביבות למידה מקוונות חשוב למורים לצורך עבודתם היומיומית בתכנון השיעורים הבאים, בתכנון שעות ההוראה הפרטניות ולערנותם לתלמידים המתקשים. כמו כן, מורים משתמשים בסביבות למידה מקוונות כאמצעי למידה נוסף ומספקים באמצעותן תרגול לתלמידים (Seok, 2008). לפיכך, ייתכן כי מורים מעוניינים לקבל בלוח הבקרה כל פיסת מידע אפשרית על פעילות תלמידיהם, בדיוק כפי שבעבר (וגם היום) הם בחנו את ביצועי התלמידים בדפי עבודה, בשיעורי בית ובמטלות שונות.

סוג מידע שהייתה כלפיו התייחסות שונה ומעניינת במחקרים אחרים הוא מדידת הזמן. במחקרנו חלק מהמורות היו אמביוולנטיות לגבי מדידת הזמן וטענו כי הוא לא מהווה אינדיקטור מספק ללמידה על יכולותיו של התלמיד. לעומת זאת, במחקרם של ורברט ושותפים (Verbert et al., 2014) נמצא שמורים העניקו חשיבות רבה לממד הזמן מפני שהוא מעיד מבחינתם על מידת המאמץ של התלמיד. הממד של "זמן למשימה" נמצא שנוי במחלוקת בין מחקרים שונים: מצד אחד הזמן שהתלמיד הקדיש למשימה יכול להעיד על מידת המעורבות וההשקעה שלו בלמידה (Kim, 2018; Park, Cozart, & Lee, 2015; Nugent, Guru, & Nmuth-Covert, 2018), אך מצד שני קיים קושי לבודד את מדד הזמן ולהסתמך עליו (Kovanović et al., 2015; Nguyen, Hupitych, & Rienties, 2018). לדוגמה, בחלק מסביבות הלמידה המקוונות ישנן אנימציות אשר עשויות להסיח את דעתו של התלמיד, ולכן משך הזמן שיוצג לא יעיד בהכרח על משך הזמן שהוא הקדיש למשימה, כפי שמל ציינה: "הזמנים לא משחקים אצלי עניין, כי אני אומרת תמיד, הוויזואליות היא לוקחת את הילד למקום אחר".

במחקר קודם הוצגה נקודת מבט שונה על סוג המידע של חלוקה לקבוצות עבודה. במחקר של הולשטיין ושותפים (Holstein et al., 2017) מורים רצו שלוח הבקרה ימליץ על קבוצות עבודה מעורבות, כך שהתלמידים החזקים בלימודים יסייעו לתלמידים המתקשים. ממצא זה שונה מההתייחסות של המורות במחקרנו, אשר היו מעוניינות לצפות בקבוצות בעלות רמת ידע שווה. אופן החלוקה לקבוצות מהווה גורם משמעותי בהיבטים שונים של הוראה: חלוקה על פי רמת ידע שווה תורמת בעיקר לתלמידים המצטיינים בשמירה על הישגיהם, ואילו חלוקה על פי רמת ידע שונה יכולה לתרום לתלמידים מתקשים בשיפור הישגיהם ולכלל התלמידים בחיזוק היכולות החברתיות (Glass, 2018; Hooper & Hannafin, 1988; Song et al., 2002). ניתן לייחס את ההבדלים שעלו בתפיסת משמעותו של מדד הזמן והחלוקה לקבוצות לתרבויות ולהרגלי עבודה שונים. המחקרים הקודמים נערכו מחוץ לישראל, וייתכן שבמדינות אחרות ישנן תפיסות שונות על הממדים הללו.

מורים מתייחסים בעיקר להישגים הנמוכים (ברמת הכיתה וברמת התלמיד)

תשומת ליבן של המורות הייתה מרוכזת בעיקר בתלמידים המתקשים, בקבוצות של תלמידים מתקשים ובנושאים שבהם הכיתה לא שולטת. בעקבות זאת, הפעולות שהמורות טענו שהיו נוקטות, היו מרוכזות בעיקר באופן בו הן יסייעו לתלמידים ולכיתה לשפר את הישגיהם. ממצא זה תואם למחקרים אחרים אשר מצאו כי מורים מתייחסים בעיקר לנתונים של התלמידים המתקשים כאשר הם צופים בלוח הבקרה (Xhakaj et al., 2016, 2017). ממצא זה מצביע על כך שמורים רגישים יותר לתלמידים המתקשים, מכוונים בעבודתם לסייע בעיקר לתלמידים אלו, ופועלים כדי לשפר את הישגיהם (Hershkovitz & Karni, 2018). סיבה נוספת להתייחסות הרחבה לתלמידים המתקשים

יכולה לנבוע מהדרישות שמקבלים המורים עצמם, למשל לעמוד ביעד מסוים של הישגים בבחינות התלמידים, ועליהם להציג תוצאות לבעלי עניין (Mandinach & Gummer, 2013).

העובדה כי מורים מעוניינים לקדם תלמידים המתקשים בחומר הלימודים היא טובה וחשובה. יחד עם זאת, ההתייחסות המועטה של המורות במחקרנו לתלמידים שהשיגו תוצאות טובות, ואפילו לתלמידים בקבוצות הביניים, עשויה להעיד כי אין למורים כלים ודרכי עבודה ברורות שיסייעו להוביל את התלמידים המתקדמים לרמת ידע ולמיומנויות למידה גבוהות יותר (Osborne, 2018; Robinson, 2003). ניתן לראות זאת בחוסר הפירוט של המורות בציון פעולות שהיו נוקטות לקידום התלמידים בעלי ההישגים הגבוהים, שהסתכמו ב"מתן משימות מאתגרות", למול הפירוט והדרכים הרבות שהן הציגו כדי לקדם את התלמידים בעלי ההישגים הנמוכים: שימוש באמצעי למידה מגוונים, שיעורים פרטניים, סיוע במהלך השיעורים בכיתה, מתן דפי תרגול ובניית תוכניות עבודה.

גם ההתייחסותן של המורות לרמת הכיתה הייתה ממוקדת בנושאים שבהם הכיתה לא שולטת. כלומר, גם בהסתכלות רחבה יותר של כלל הכיתה, המורות כיוונו בעיקר לשיפור ההישגים ולא הציגו פעולות לחיזוק היכולות של הכיתה בנושאים שבהם הציונים גבוהים. בנוסף, כפי שצוין בפרק הממצאים, רק מורה אחת (מ4) טענה שהיא הייתה בודקת את המשימה שבה רוב תלמידי הכיתה הצליחה (כדי לבדוק אם "כולם יודעים אותה, או שהמשימה הייתה קלה"). ייתכן שרק מורה אחת התייחסה לכך משום שרוב המורות ראו בנושאים שבהם הכיתה שולטת נושאים שהן סיימו ללמד, והצלחת הכיתה בהם העידה עבורן שאפשר לעבור הלאה וללמד את הנושא הבא.

מורים מתמקדים בהיבטים צרים של הוראה ולמידה בבחינת הנתונים

הגדרות רבות של תפקיד המורה, למשל במסגרת הסטנדרטים של ה-ISTE (ISTE standards at ISTE, 2017) ומסגרת ההוראה של שרלוט דניאלסון (Danielson, 2009), הציגו היבטים שונים של הוראה ולמידה – למשל למידה ורפלקציה של המורה על הוראתו, שיתוף פעולה של המורה עם עמיתים לעבודה ואינטראקציה אישית בין המורה לתלמיד. עם זאת, מניתוח תובנותיהן של המורות עולה כי הן עסקו במספר מצומצם בלבד של היבטי הוראה ולמידה: הערכה, תכנון רצף ההוראה והוראה דיפרנציאלית, ולכל תחומי ההוראה הללו הן התייחסו בהקשר של הישגי התלמידים.

גם במחקר נוסף שבחן את פעולותיהם של מורים לאחר צפייה בלוח הבקרה נמצא כי מורים בחנו בעיקר את אופן ביצוע המשימות מצד התלמידים, ולא התייחסו להיבטים אחרים של עבודת ההוראה כמו היבטים חברתיים והיבטים מטה-קוגניטיביים (Molenaar & Knoop-van Campen, 2018). ההתייחסות הצרה של מורים הן בקביעת המידע שהיו מעוניינים לראות בלוח והן בעת הצפייה בו, עשויה להצביע על כך שמורים תופסים את השימוש במידע בעיקר בהקשרים של ההוראה המסורתית.

יתרה מכך, גם המידע הקיים בלוחות הבקרה עוסק בעיקר בהישגים. מרבית לוחות הבקרה עוקבים אחר האינטראקציות של הלומד עם כלי הלמידה ומונעים מהצורך למנף את הישגי התלמידים, ובהתאם לכך הם מציגים את ביצועי התלמידים במשימות (Chaudy & Connolly, 2018; Jivet, Scheffel, Specht, & Drachsler, 2018; Verbert et al., 2014). כמו כן, רוב לוחות הבקרה כמעט ולא משתמשים במקורות מידע נוספים, כמו מאגר הידע הבית ספרי ומאגרי ידע אחרים, באמצעות ממשקים חיצוניים (API) (Schwendimann et al., 2017).

מן האמור לעיל נראה כי תפיסותיהם של מורים בנוגע לשימוש בנתונים מצד אחד, והמידע המוצג כיום בלוחות הבקרה מצד שני, משאירים את המורים במקום ומונעים מהם להשתמש בנתונים בהקשרים רחבים יותר של הוראה ולמידה. מורים עשויים להרוויח משימוש בנתונים להתפתחותם המקצועית וליצירת שיח משמעותי עם תלמידיהם שמגיע אל מעבר לבחינת ההישגים בלבד (Baker, 2016; HersHKovitz & Karni, 2018; Light et al., 2005). לשם כך יש צורך ליצור הכשרות מותאמות למורים ולהבין איזה מידע צריך להופיע בלוח הבקרה.

הבנת המורים את ייצוגי מידע

הניתוח של המורות את ייצוגי המידע אפשר להבחין כיצד מורים מבינים אלמנטים שונים כאשר הם צופים בייצוגים אלו. בחלק זה יתוארו הנקודות המרכזיות שעלו בניתוח של המורות את ייצוגי המידע, ולאחריו יתוארו דרכים להצגת מידע בלוחות בקרה למורים.

מורים מתקשים להבין ייצוגי מידע בעלי משתנים מורכבים

מניתוחן של המורות את ייצוגי המידע ניתן לראות כי תרשים הפיזור היה הקשה ביותר להבנה. המורות התקשו להתייחס לשני הצירים ביחד בזמן שהיה עליהן להתייחס גם לנקודות הפזורות על גבי התרשים. לרובן היה קל יותר לבחון בכל פעם ציר אחד ביחס לנקודות, וכאשר נכנס למשוואה הציר השני הוא הפך מבחינתן את התרשים למורכב יותר. ייתכן שקושי זה נובע מכך שבתרשים פיזור צריך להבין יחסים בין שני ממדים מרחביים (Boy et al., 2014). בנוסף, הממדים בתרשים הפיזור הציגו את הממוצע, שכשלעצמו מהווה משתנה מורכב יותר. כלומר, מלבד הדרישה להבין את היחסים בין שני הממדים, היה על המורות לקחת בחשבון שהם מייצגים ממוצע של כמה משימות ולא תוצאה של משימה אחת. יכול להיות שאם היינו משמיטים את המילה "ממוצע" ומתייחסים למשימה אחת בלבד, היה קל יותר למורות להבין את תרשים הפיזור כבר בהסתכלות הראשונה – אף כי זו אינה המטרה של תרשים הפיזור, שנועד בעיקר להראות מגמות.

יש לציין כי גם לאורך חלקי האחרים של הריאיון עלה חוסר שביעות רצון וקשיים בהבנת הערך הממוצע. חלק מהמורות טענו שהיו מעדיפות לראות בלוח הבקרה את הציון הגולמי של כל משימה ולא את הציון הממוצע (מ: 7): "אני לא יודעת למה עשו ממוצע למשימה... שכל משימה יהיה לה את המקום שלה: משימה אחת כמה נקודות, משימה שתיים, כמה נקודות". כמו כן, כאשר המורות צפו בטבלה חלקן ראו ב"זמן הממוצע למשימה" את משך הזמן שלקח לתלמיד לבצע את כל המשימות יחד.

מלבד הקשיים הללו בתרשים הפיזור, היה נראה כי כבר במבט ראשון חלק מהמורות התקשו להתמצא בו: חלקן לא הבינו מה הנקודות מייצגות ואם המידע המוצג בתרשים מתייחס לתלמיד אחד או לכמה תלמידים, אף כי בכותרת צוין כי הוא מציג מידע על פעילות התלמידים. ייתכן כי הקושי להבין את ייצוג הנקודות בתרשים הפיזור נבע מכך שתרשים זה נפוץ פחות בלוחות בקרה (Schwendimann et al., 2017), ושגם מחוץ ללוחות הבקרה המורות כמעט לא נחשפות אליו. כזכור, היכולת להבין ייצוגי מידע נקראת אוריינות חזותית (Stokes, 2002), ויכולת זו היא נרכשת ותלויה בידע הקודם של הצופה במידע (Chen, 2005; Correll & Heer, 2017).

מכאן ניתן להצביע על הסיבה לכך שהטבלה ותרשים העמודות היו מובנים ואינטואיטיביים יותר למורות. שני ייצוגי מידע אלו הם בין הייצוגים הנפוצים ביותר בלוחות בקרה (Schwendimann et al., 2017), והם מוכרים למורות מסיטואציות אחרות של שימוש במידע. ייתכן כי הקושי שעלה בהצלבת מידע מכמה עמודות בטבלה נבע מכך שהטבלה

מייצגת נתונים רבים הדורשים זמן רב יותר להתעמקות ולניתוח. בזמן המועט שהיה למורות לנתח את הטבלה, תשומת ליבן נמשכה במיוחד למידע הבולט ביותר – למשל, השלמה של משימה אחת מתוך חמש בלטה יותר לעין לעומת השלמה של שתי משימות מתוך חמש. כמו כן, הייתה זו הפעם הראשונה שהמורות נחשפו לטבלה המסוימת הזאת, וסביר להניח שאם הן היו נחשפות אליה עוד כמה פעמים הן היו מצליבות את המידע בצורה מדויקת יותר.

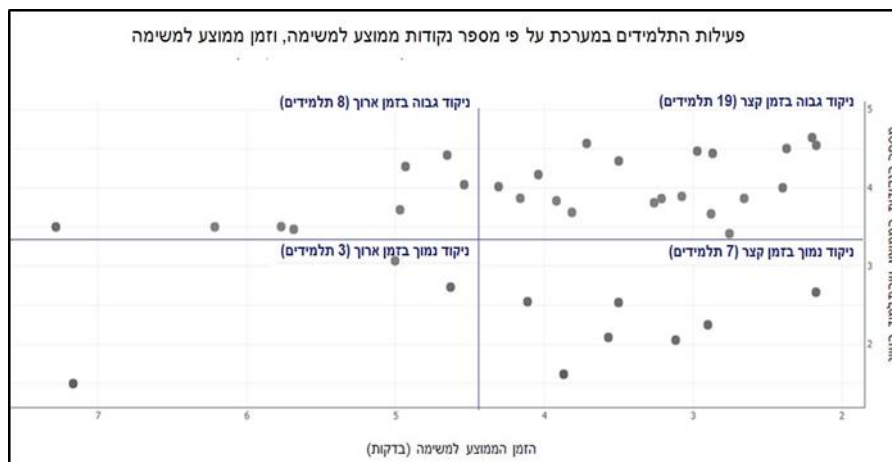
ממצאים אלו, ובייחוד הממצאים העוסקים בתרשים הפיזור, מדגישים באופן רחב יותר את העבודה כי מורים לא מקבלים הכשרות בנוגע לניתוח ולעיבוד נתונים, הן בהקשרים רחבים והן בהקשרים ספציפיים של חינוך. היכולת להבין ייצוגי מידע והיכולת לעבד נתונים הן מורכבות ומתווספות לעומס ולדרישות הרבות שמורים מתמודדים איתם היום בעבודתם (Dunlap & Piro, 2016; Mandinach, 2012; Mandinach & Gummer, 2016; Wasson & Hansen, 2016). לכן המורות מעדיפות את ייצוגי המידע המוכרים להן, ושהזמן שהן מקדישות לעיסוק בנתונים יתרכז במידע שהם מייצגים ולא במורכבות של ייצוג המידע עצמו.

דרכים להצגת מידע בלוח הבקרה

מהממצאים עלה כי התרשים הנוח ביותר לקריאה של המורות היה תרשים העמודות. לפיכך, רצוי שבלוח הבקרה יהיה תרשים מסוג זה. תרשים העמודות סייע למורות להבין במבט מהיר את התמונה הכללית בכיתה מבחינה לימודית. אחת ממטרותיו של לוח הבקרה היא להציג את המידע בצורה הנוחה והמובנת ביותר למשתמש כך שניתן יהיה להבין את הנתונים במבט קצר (Few, 2006a); תרשים העמודות ענה על מטרה זו מבחינת כל המורות, וחלקן אף ציינו שהן יוצרות תרשים דומה בעצמן בעת מיפוי מצב התלמידים. עם זאת, יש לשים לב להתאמת הנתונים לייצוג המידע, שכן תרשים עמודות מתאים בעיקר להשוואה בין משתנים איכותיים ולא מתאים להצגת מגמות, בניגוד לתרשים הפיזור למשל (Dabbebi et al., 2017; Hullman et al., 2011).

בנוסף, מרבית המורות טענו שהטבלה יכולה לסייע להן בהבנת מצבו הלימודי של כל ילד בנפרד. כלומר, למרות שהטבלה איננה ויזואלית כמו התרשימים האחרים ואף דורשת יותר זמן לניתוח, המורות רצו שתהיה להן אפשרות להתעמק בנתונים שבה. יתרה מכך, המורות ציינו כי הן היו משתמשות בשילוב של תרשים העמודות והטבלה מפני הוא מספק להן את שתי נקודות המבט שהן זקוקות להן – הכיתה ותלמידים אינדיבידואליים. מכאן שרצוי כי בלוח הבקרה יופיעו ייצוגי מידע המציגים כמה רמות, מתמונת מצב כללית ועד לרמה המפורטת ביותר.

תרשים הפיזור אומנם היה קשה יותר להבנה, אך יש ביכולתו לסייע למורים לזהות מגמות ודפוסים חשובים לגבי תלמידיהם. לפיכך, מלבד הצורך בהכשרה של מורים לשימוש בנתונים, יש לחשוב על אלמנטים אשר יכולים לסייע להם להבין תרשימי פיזור. אחת הדרכים להפוך את תרשים הפיזור לידידותי יותר היא קיבוץ נתונים על גבי (Light et al., 2005), למשל באמצעות הוספה של קווי עזר המחלקים את הנקודות לקבוצות והוספת טקסט מעל כל חלק. לדוגמה, אפשר לחלק את התרשים שהוצג למורות ולהוסיף את הטקסט "ניקוד גבוה בזמן קצר", "ניקוד נמוך בזמן קצר" וכן הלאה (ראו דוגמה באיור 21). בנוסף ניתן ליצור על גבי התרשים אֶשְׁכוּל של קבוצות תלמידים, כך שכל קבוצה תוצג בצבע אחר, ובכך לסייע למורים להבחין בבירור בין קבוצות שונות (Wan Mohd et al., 2010). בהמשך אפשר לתת למורים להשפיע על חלוקת הנקודות על ידי שינוי ערכי הייחוס.



איור 21: דוגמה להוספת חלוקה בתרשים הפיזור על ידי קווי עזר ושימוש בטקסט תומך

הצגה של קבוצות תלמידים בלוח הבקרה יכולה לחסוך למורים זמן ולסייע להם לקבל החלטות מדויקות יותר. כפי שצוין לעיל, חלק מהמורות היו מעוניינות שלוח הבקרה יציע להן קבוצות עבודה לפי רמת הידע של התלמידים. מלבד זאת, ניתן לחשוב על תחומים נוספים שבהם לוח הבקרה יכול להציע תובנות והמלצות למורים. סביבות למידה מקוונות אוספות נתונים על מעורבותו של התלמיד, רגשותיו ויכולותיו – למשל, הן יכולות להסיק על פי קובצי היומן אם התלמיד לא מרוכז, ולהגיב באופן שיגייס אותו מחדש (R. S. Baker, 2016). את המסקנות האלה אפשר להציג למורים כהתראות בלוח הבקרה, כך שהם יבחינו בהן ויפעלו בהתאם.

גורם נוסף שעשוי לסייע למורים להבין את המידע בלוח הבקרה הוא כתיבת האלמנטים המופיעים בו בשפה המוכרת למורים (Chen, 2005). המורות הדגישו כי הן רוצות שבלוח הבקרה יופיעו שמות הנושאים ותתי-הנושאים בדיוק כפי שהן מכירות אותם מעבודתן. לפיכך, על מעצבי לוחות הבקרה להבין וללמוד את עולם התוכן של המורים, את המונחים שבהם הם משתמשים, ואת האופן שבו מחלקים ומגדירים כל נושא שהם מלמדים. אפשרות נוספת שצריכה להיות למורים בלוח הבקרה היא היכולת להתעמק בנתונים: המורות ציינו כי הן היו מעוניינות שתרשים העמודות יציג אילו תלמידים לא שולטים בנושא מסוים, ושתהיה להן אפשרות לצפות בתשובות המפורטות שהתלמידים ענו במשימות. כלומר, על לוח הבקרה להיות אינטראקטיבי, לאפשר למורים להתעמק בנתונים, להתמקד בתתי-קבוצות, בנושאים ובתלמידים ספציפיים בלחיצת כפתור (Azzam et al., 2013; Liu et al., 2014).

הדרכים המוצעות להצגת מידע בחלק זה עשויות לסייע ללוחות הבקרה להיות נגישים, ברורים ונוחים יותר לשימוש של מורים. תרשימי עמודות וטבלאות מייצגים מידע באופן אינטואיטיבי ובכמה רמות, ותרשימי פיזור מציגים מגמות מרכזיות, אם כי הם לא פשוטים לניתוח כמו השניים האחרים. קיבוץ הנתונים על גבי התרשים יכול לסייע בהבנתו. כמו כן, הצגת מסקנות למורים, כתיבה בשפתם המקצועית ומתן אפשרות להעמקה בנתונים, יכולים לסייע למורים להבין את המידע המוצג. בסיכומו של דבר, מהממצאים עולה כי מעורבותם של מורים בעיצוב של לוחות הבקרה עשויה לתרום לפיתוח ייצוגי מידע מובנים ויעילים אשר תומכים במורים ובעבודת ההוראה.

פערים בשימוש בנתונים על ידי מורים

במחקר זה ניסינו לבדוק אילו ייצוגי מידע הם היעילים והמובנים ביותר למורים. מניתוחן של המורות את הייצוגים זיהינו ייצוגי מידע ואלמנטים שונים שיכולים לסייע למורים להבין את המידע. עם זאת, זיהינו גם קשיים ביכולותיהם של מורים להבין ייצוגי מידע בעלי משתנים מורכבים, ואף זיהינו כי תפיסותיהם של מורים בנוגע לשימוש בנתונים מוגבלות להיבטים של הישגים.

מציאת ייצוגי המידע היעילים ביותר היא חיונית, אך היא איננה יכולה לעמוד בפני עצמה. מורים צריכים להיות מודעים לאפשרויות השונות של השימוש בנתונים ולדעת כיצד הנתונים יכולים לתרום להם ולתלמידיהם בהקשרים רחבים יותר של הוראה. לשם כך הכשרות של מורים צריכות לעסוק בין היתר גם בשימוש בנתונים בהקשרים חינוכיים. מעבר לכך, יש לערוך חשיבה מחודשת על סוגי המידע שצריכים להופיע בלוח הבקרה, כך שהוא יאפשר למורים להכיר טוב יותר את תלמידיהם, לקבל החלטות משמעותיות ולשכלל את יכולות הוראתם.

חשיבות המחקר ומגבלותיו

סביבות למידה מקוונות אוספות נתונים רבים על התלמידים אשר לרוב מוצגים בלוח הבקרה החינוכי. למרות שמורים עשויים להפיק תובנות משמעותיות מנתונים אלו, ייצוגי המידע המופיעים בלוח הבקרה לא מותאמים לצרכים של הוראה ולמידה. ממצאי מחקר זה עשויים לתרום למפתחי סביבות למידה, להבין מהם צורכיהם של מורים מלוחות הבקרה וכיצד עליהם להציג למורים את המידע. בנוסף, ממצאי המחקר יכולים לתרום לקובעי מדיניות לקבל החלטות בנוגע להכשרות ולהשתלמויות שיש לספק למורים בכל הנוגע לשימוש במידע.

מגבלה אחת של מחקר זה היא שהמורות צפו בייצוגי מידע על תלמידים שהן לא מכירות. ייתכן שאם הן היו צופות במידע על תלמידיהן שלהן, היו עולות תובנות ופעולות גם בתחומי הוראה נוספים. כמו כן, מחקר זה נערך בישראל, ויכולים להיות הבדלים באופן השימוש בנתונים ובלוחות בקרה במחוזות אחרים. לפיכך יהיה מעניין לערוך מחקר מקיף יותר הכולל גם מורים ממדינות אחרות. ולסיום, ניתן לערוך מחקר דומה המציג למורים נתונים על תלמידיהם ולבדוק כיצד הידע הקודם שלהם על התלמידים משפיע על אופן השימוש בנתונים.

4.1.3 מחקר כמותי

מטרת מחקר זה היא לבחון האם מורים בבתי ספר יסודיים חשים התפתחות מקצועית בעקבות שימוש בלוח בקרה בראי המאפיינים המוצעים בסטנדרט ISTE לאפיון מורים שלהן: המורים כלומדים, כמנהיגים, כאזרחים, כמשתפי פעולה, כמעצבים, כמסייעים וכמנתחים. שאלות המחקר:

א. כיצד באה לידי ביטוי תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית בקרב מורים בבית הספר היסודי, בעקבות שימוש בלוח בקרה, על פי המדדים המקצועיים הבאים:

- לומדים
- מנהיגים
- אזרחים
- משתפי פעולה
- מעצבים
- מסייעים
- מנתחים

ב. מהם הקשרים בין תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית לבין משך השימוש במערכת הלמידה המקוונת ובלוח בקרה?

ג. מהם הקשרים בין תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית, בעקבות שימוש בלוח בקרה, לבין משתני הרקע הבאים:

- גיל
- ניסיון בהוראה

4.1.3.1 מתודולוגיה

המחקר הוא מחקר כמותי שנערך בגישה בין-נבדקית (Between-subjects). המחקר התבסס על נתונים שנאספו באמצעות שאלון שהופץ בקרב 52 מורים בבתי ספר יסודיים ונשען על ניתוחים סטטיסטיים. מטרתו העיקרית של השאלון היא לבחון האם מורים בבתי ספר יסודיים חשים התפתחות מקצועית בעקבות שימוש בלוח בקרה בהוראה תוך בחינת תפיסת התפתחותם המקצועית האישית מול רשימת מאפיינים לתפקידו של המורה. לשאלון המלא ראה

נספח א'

הגישה המחקרית בה בחרתי היא הגישה הכמותית. הנחת היסוד של מחקר כמותי היא שבאמצעות מדגם רחב ומדידה מספרית אפשר להבין תופעות מגוונות באוכלוסייה. באמצעות גישה זו בחרתי לבחון כיצד בא לידי ביטוי תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית של מורים שעשו שימוש בלוח בקרה, מהם הקשרים בין תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית לבין משך השימוש במערכת הלמידה המקוונת ובלוח בקרה ומהם הקשרים בין תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית, בעקבות שימוש בלוח בקרה, לבין משתני הרקע שונים. חוויתיהן של המורים נבחנו בראי של סטנדרט ייעודי למורים שבו אופיינו מהם המיומנויות הדרושות לכלל המורים על מנת שיוכלו לשלב בהצלחה טכנולוגיה בשיטות ההוראה שלהם. החלק הכמותי במחקר בא לידי ביטוי בבדיקת הקשר בין ותק השימוש בלוח בקרה ומשתני רקע (גיל, מגדר וניסיון תעסוקתי) של כל משתתף ומשתתפת במחקר לבין האופן שבו המשתתפים דרגו את השפעות השימוש בלוח בקרה בהתאם לסטנדרטים שהוצגו בפניהם.

אוכלוסיית המחקר

אוכלוסיית המחקר הורכבה מ-52 מורות ומורים (מתוכם 50 מורות ו-2 מורים) המלמדים בבתי ספר יסודיים ברחבי הארץ. כלל המורים עשו שימוש של לכל הפחות שנת לימודים אחת בלוח בקרה.

משתני המחקר

רשימת המשתנים התלויים מבוססת על מודל ISTE (ISTE standards at ISTE, 2017). המודל מתמקד באוכלוסיית המורים ומציג סטנדרטים המאפיינים מהם המיומנויות הדרושות לכלל המורים על מנת שיוכלו לשלב בהצלחה טכנולוגיה בשיטות ההוראה.

מודל ISTE לאוכלוסיית המורים מורכב משבעה ממדים המאפיינים את תפקיד המורה. כל אחד מהמדדים מורכב משלושה-ארבעה היגדים המתארים אותו. לקחתי מדדים אלו במלואם, על ההיגדים המתארים אותם והפכתי אותם למשתנים התלויים במחקר. סך הכל המודל מכיל 24 היגדים.

לומד (Learner) – משתנה זה מתייחס לאופן בו המורים משפרים את יכולות הוראתם בשטח על ידי למידה מתמדת ולמידה משותפת עם גורמים שונים, לרבות חקירת שיטות לימוד חדשניות המשלבות טכנולוגיה לשיפור יכולות הלמידה של תלמידיהם. משתנה זה מורכב מ-3 היגדים.

מנהיג (Leader) – משתנה זה מתייחס לאופן שבו המורים מחפשים הזדמנויות לגלות מנהיגות כדי להעצים את תלמידיהם ולשפר את יכולות ההוראה והלמידה שלהם. משתנה זה מורכב מ-3 היגדים.

אזרח (Citizen) – משתנה זה מתייחס לאופן שבו המורים מחנכים את תלמידיהם לתרומה, לקחת חלק ולנהוג באופן אחראי בעולם הדיגיטלי. משתנה זה מורכב מ-4 היגדים.

משתף פעולה (Collaborator) – משתנה זה מתייחס לאופן שבו מורים פועלים בשיתוף פעולה עם עמיתיהם ותלמידיהם על מנת לשפר את יכולות ההוראה בשטח, לפתח רעיונות מקוריים ולמצוא פתרון לבעיות. משתנה זה מורכב מ-3 היגדים.

מעצב (Designer) – משתנה זה מתייחס לאופן שבו מורים מעצבים פעילויות מונחות למידה וסביבות למידה אוטנטיות המאפשרות זיהוי והכלה של השונות בין התלמידים. משתנה זה מורכב מ-3 היגדים.

מסייע (Facilitator) – משתנה זה מתייחס לאופן שבו מורים מסייעים בלמידה באמצעות טכנולוגיה שמטרתה לתמוך בתלמידים בדרך להישגים. משתנה זה מורכב מ-4 היגדים.

מנתח (Analyst) – משתנה זה מתייחס לאופן שבו המורים עושים שימוש בנתונים כדי לקדם את שיטות ההוראה שלהם ולתמוך בתלמידים בהשגת מטרותיהם הלימודיות.

לכל אחד מהמימדים ערכתי בדיקת מהימנות. **לשם** כך ערכתי מבחני אלפא קרוונך אשר הניבו ערכים גבוהים בטווח שבין 0.74-0.91. נתון המרמז על כך שהנבדקים היו עקביים בתשובותיהם בכל אחד מהמימדים בטבלה 2 מפורטת רשימה מלאה של המימדים וההגדים המרכיבים כל מימד כפי שהופיעו בשאלון ותוצאות מבחן המהימנות:

טבלה 2: מימדים והיגדים המרכיבים אותם ומימנותם

מימד	היגדים לשאלון
לומד Learner ($\alpha=0.74$)	השימוש בלוח הבקרה מסייע לי בהצבת מטרות מקצועיות לפיתוח יכולות ההוראה שלי
	השימוש בלוח הבקרה מאפשר לי לפעול בקהילות שונות בהתייחס לתחומי העניין המקצועיים שלי
	אני מעודכן במחקרים וחידושים אודות השימוש בלוחות בקרה בהוראה לשיפור הלמידה של תלמידיי
מנהיג Leader ($\alpha=0.86$)	אני מקדם שימוש בלוחות בקרה בהוראה דרך עבודה משותפת עם גורמים שונים בבית הספר ומחוצה לו
	השימוש בלוח הבקרה מסייע לי לתת מענה לשונות הבין-אישית, החברתית והתרבותית שבקרב תלמידיי
	עמיתי מתחום ההוראה רואים בי מודל לאימוץ השימוש בלוחות בקרה
אזרח Citizen ($\alpha=0.83$)	השימוש בלוח בקרה מאפשר לי לקדם התנסויות התורמות ליצירת אחריות חברתית והתנהגות אמפאטית בכיתה
	השימוש בלוח הבקרה מאפשר לי לבסס תרבות למידה המעודדת סקרנות וביקורתיות
	השימוש בלוח הבקרה מאפשר לי להנחות את תלמידיי בנוגע לשימוש יעיל ובטוח בחומרי למידה שונים
	תוך כדי שימוש בלוח הבקרה, אני מהווה מודל לתלמידיי לגבי ניהול מידע ושמירה על פרטיות
משתף פעולה Collaborator ($\alpha=0.82$)	בעקבות השימוש בלוח הבקרה, אני עובד בשיתוף פעולה עם מורים-עמיתים, כדי ליצור חוויות למידה לתלמידיי
	השימוש בלוח הבקרה מאפשר לי לשתף פעולה עם תלמידיי וללמוד ביחד איתם על שימוש יעיל בטכנולוגיה
	השימוש בלוח הבקרה מאפשר לי לפעול מול תלמידים, הורים ומורים-עמיתים באופן שמדגיש את הרב-תרבותיות בכיתתי, ובכך להפוך את כולם לשותפים בתהליך הלמידה

מפעב	השימוש בלוח הבקרה מאפשר לי להתאים לתלמידיי חוויות למידה אישיות המעודדות למידה עצמאית
Designer ($\alpha=0.91$)	השימוש בלוח הבקרה מאפשר לי לתכנן פעילויות שמקדמות למידה פעילה ומשמעותית
	השימוש בלוח הבקרה מאפשר לי ליישם עקרונות לעיצוב סביבת למידה שמעודדת מעורבות של תלמידיי ומסייעת ללמידתם
מסייע	השימוש בלוח הבקרה מאפשר לי לטפח תרבות שבה תלמידיי לוקחים אחריות על הלמידה שלהם, הן מהפן האישי והן מהפן הקבוצתי
Facilitator ($\alpha=0.92$)	השימוש בלוח הבקרה מסייע לי לטפח אסטרטגיות למידה אצל תלמידיי
	השימוש בלוח בקרה מאפשר לי ליצור הזדמנויות למידה מאתגרות וחדשניות בעבור תלמידיי
	השימוש בלוח הבקרה מאפשר לי לטפח שיח יצירתי בנוגע לרעיונות, ידע וקשרים
מנתח	השימוש בלוח הבקרה מאפשר לי לספק לתלמידיי מגוון דרכים להפגין את יכולותיהם
Analyst ($\alpha=0.84$)	השימוש בלוח הבקרה מאפשר לי לתת לתלמידיי הערכה מסכמת והערכה מעצבת
	השימוש בלוח הבקרה מאפשר לי לקדם הכוונה עצמית בקרב תלמידיי, על ידי תקשורת עם תלמידים, הורים וגורמים שונים במערכת

להלן רשימת משתני הרקע שנבדקו :

גיל – גיל קבוצת המחקר נע בין 25-66 שנים, ממוצע הגילאים עמד על 41.5 וסטיית התקן עמדה על 8.4 ($M=41.5$, $SD=8.4$).

מגדר – קבוצת המחקר כללה 52 מורות ומורים מכלל הארץ כאמור, מתוכם 50 מורות (95.1%) ו-2 מורים (3.9%).

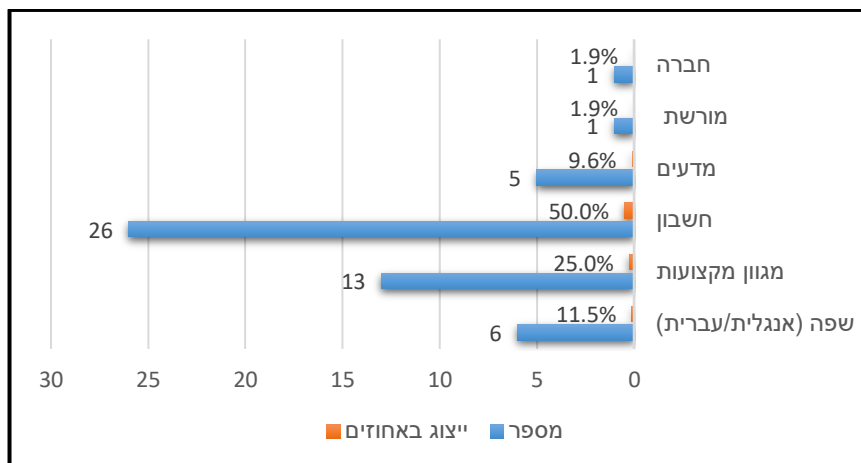
ותק בהוראה – ותק המורים נע בין שנתיים ל-42 שנים כאשר ממוצע הותק עמד על 15.8 שנים וסטיית התקן עמדה על 8.9 ($M=15.8$, $SD=8.9$).

המקצוע בו נעזר המורה במערכת למידה המכילה לוח בקרה – משתתפי המחקר מיצגים מגוון מקצועות לימוד ועשו שימוש במערכות למידה שונות המכילות לוח בקרה. בתוך מגוון המקצועות שדווחו ממשתתפי המחקר שבהם הם עשו שימוש בלוח בקרה ניתן למצוא גם מקצועות הומניים וגם מקצועות ריאליים, אולם ישנה נטייה ברורה לכיוון המקצועות הריאליים (חשבון 50%, מדעים 9.6%). נטייה זו באה לידי ביטוי גם בקרב מורים אשר דיווחו על שימוש בלוח בקרה במגוון מקצועות.

ב

תרשים 1 המוצג להלן מופיעים נתוני המקצועות עליהם דיווחו משתתפי המחקר כמקצועות בהם עשו שימוש בלוח בקרה בהוראה:

תרשים 1: מקצועות בהם עשו שימוש בלוח בקרה



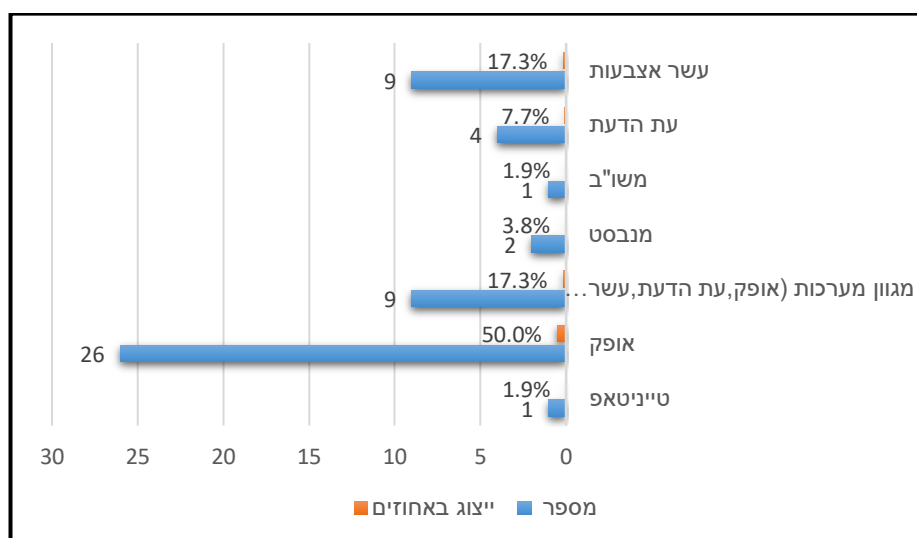
סוג מערכת הלמידה – משתנה זה מהווה מתאר דיווחו של משתתפי המחקר על שימוש שעשו במערכות למידה שונות, כאשר חלק ממערכות אלו הינן מערכות ייעודיות ללמידת מקצוע מסוים, כך למשל מערכת "עשר אצבעות"³ הייעודית ללימודי המתמטיקה לגילאי יסודי לעומת מערכות למידה המיועדות למגוון תחומים, למשל "אופק יסודי"⁴ שבה ניתן ללמוד מתמטיקה, מדעים, שפה ועוד. מדיווח משתתפי המחקר עולה כי מחצית מהם עשו שימוש במערכת הלמידה "אופק יסודי".

בתרשים 2 המוצג להלן מופיעים שמות מערכות הלמידה השונות עליהם דיווחו משתתפי המחקר שהם עשו שימוש בלוח בקרה בהוראה:

³ <https://www.matific.com/isr/he/home/>

⁴ <https://ebag.cet.ac.il>

תרשים 2: מערכות למידה בהם עשו שימוש בלוח בקרה



ותק בשימוש במערכת הלמידה – משתנה זה מתאר את הניסיון שצברו משתתפי המחקר בשימוש במערכת הלמידה עליה דיווחו במשתנה "סוג מערכת הלמידה" לעיל. ותק השימוש במערכת הינו משתנה משמעותי מכיוון שעל מנת לבחון השפעה כלשהי כתוצאה משימוש בלוח בקרה יש צורך לוודא כי כל אחד ואחת ממשתתפי המחקר עשה שימוש במערכת למידה המכילה לוח בקרה. משתתפי המחקר התבקשו לדווח על שימוש במערכת למידה בהתאם לסקאלה בת שלוש אפשרויות: "רק בשנת הלימודים הקודמת"; "כשנתיים"; "שלוש שנים או יותר". 21.1% ממשתתפי המחקר דיווחו על ותק רק בשנת הלימודים הקודמת, 15.3% דיווחו על ותק של כשנתיים וכ-63.4% דיווחו על ותק של שלוש שנים או יותר. במהלך ניתוח החומרים שאספתי, החלטתי לאחד בין האפשרויות "כשנתיים" ו-"שלוש שנים ויותר", כך שנותרו שתי אפשרויות בלבד.

ותק השימוש בלוח בקרה – משתנה זה מתאר את הניסיון שצברו משתתפי המחקר בשימוש בלוח הבקרה המצוי במערכת הלמידה בה צברו ניסיון. ותק השימוש בלוח הבקרה הינו משתנה משמעותי מאוד גם כן על מנת לבחון השפעה כלשהי הנובעת משימוש בלוח בקרה בטווחי זמן שונים. משתתפי המחקר התבקשו לדווח על שימוש בלוח הבקרה בסקאלה זהה לוותק השימוש במערכת הלמידה, קרי סקאלה בת שלוש אפשרויות: "רק בשנת הלימודים הקודמת"; "כשנתיים"; "שלוש שנים או יותר". 25% ממשתתפי המחקר דיווחו על ותק רק בשנת הלימודים הקודמת, 21% דיווחו על ותק של כשנתיים וכ-54% דיווחו על ותק של שלוש שנים או יותר. גם עבור משתנה זה, במהלך ניתוח החומרים, החלטתי לאחד בין האפשרויות "כשנתיים" ו-"שלוש שנים ויותר", כך שנותרו שתי אפשרויות בלבד.

במהלך המחקר לא הגבלתי את הטווח הגאוגרפי לאזור כזה או אחר במדינת ישראל, נהפוך הוא, על מנת להשיג מידע מגוון ככל האפשר שלחתי את השאלון באופן מקוון והצלחתי להגיע למורים מכל רחבי הארץ, ממגוון מגזרים ומסגרות חינוך בחברה הישראלית.

כלי המחקר

איסוף הנתונים נעשה באמצעות שאלון מקוון אשר נשלח למורים העונים על הגדרות המחקר, דהיינו מורים בבית ספר יסודיים שעשו שימוש לכל הפחות בשנת הלימודים האחרונה (במחקר הנוכחי – תשע"ח) בלוח בקרה.

השאלון נבנה בשלושה חלקים:

החלק הראשון הורכב מהצגת המחקר, מידע על לוחות בקרה ושאלה מסננת שיועדה למיין בין העונים על השאלון, כך שרק מורים אשר עשו שימוש בשנת הלימודים האחרונה (תשע"ח) בלוח בקרה יוכלו לעבור לחלק הבא של השאלון.

החלק השני הורכב משאלות רקע המחולק לשני תתי-חלקים: 1. מגדר, מין, ותק; 2. מידע על מערכת הלמידה: באיזה מערכת למידה המשתתף עשה שימוש בלוח בקרה, באיזה מקצוע, ותק השימוש במערכת הלמידה וותק השימוש בלוח הבקרה שבמערכת.

החלק השלישי הוקדש לבירור תרומת לוח הבקרה לפיתוח המקצועי. החלק השלישי של השאלון נבנה על בסיס מודל ISTE כאמור. בחלק זה יצרתי רשימה של 23 היגדים (כאמור המודל מורכב מ-24 היגדים, לצורך השאלון איגדתי 2 היגדים מתוך מימד "משתף פעולה" להיגד אחד) מתוך שבעת המימדים שבמודל אותם לקחתי ותרגמתי משפת המקור (מאנגלית לעברית). ניסחתי את 23 ההיגדים בסגנון של דיווח עצמי המקשר באופן ישיר בין השימוש בלוח בקרה למדדים השונים, כך למשל, תחת המימד "לומד" (Learner) את ההיגד הראשון ניסחתי באופן הבא: "השימוש בלוח הבקרה מסייע לי בהצבת מטרות מקצועיות לפיתוח יכולות ההוראה שלי". לרשימת ההיגדים המקוריים מול ההיגדים המופיעים בשאלון ראה [נספח ב'](#)

ההיגדים נכתבו בשאלון ללא כותרות הממדים ובניסוח קצר ככל הניתן תוך שמירה על המשמעות המקורית של ההיגדים. על כל היגד התבקש המשתתף לדרג את מידת הסכמתו לאמור בהיגד בהתייחס ללוח הבקרה אותו ציין בשאלת הרקע בסולם ליקרט (Likert scale) המחולקת ל-5 תשובות בסדר הבא: "כלל לא"; "במידה מועטה"; "במידה בינונית"; "במידה רבה"; "במידה רבה מאוד".

מהלך המחקר

בטרם איתור מורים למחקר, לנוכח העובדה כי קיים קושי למצוא מראש למצוא מורים אשר עונים על תנאי הסף של שימוש בשנת הלימודים האחרונה לשם היעילות, בחרתי לשלוח את השאלון למספר רב של מורים בבתי ספר יסודיים ובתוך השאלון כבר בשאלה הראשונה לשלב שאלה מסננת כאמור: "האם במהלך שנת הלימודים הקודמת (תשע"ח) עשית שימוש בלוח בקרה (לוחות/מידע מתוך מערכת הלמידה) במערכת כלשהי?". משתתף שענה תשובה חיובית הועבר להמשך השאלות, לעומת משתתף שענה תשובה שלילית, אשר הועבר לעמוד המודה לו על הרצון להשתתף ונפרד ממנו.

השלב הראשון במחקר היה תהליך איתור מורים בבתי ספר יסודיים אשר עשו שימוש במערכות למידה בעלות לוח בקרה. האיתור כלל פנייה לחברות שפיתחו מערכות למידה הכוללות לוח בקרה כגון: "עשר אצבעות" ו-"אופק יסודי" (מטח) על מנת שיפנו אותי למורים שעושים שימוש במערכות שלהם. בנוסף, יצרתי קשר עם מנהלי בתי ספר יסודיים ומורים בבתי ספר יסודיים. במקביל הפצתי את השאלון בקבוצות מורים רלוונטיות שונות באמצעות אתר הרשת החברתית פייסבוק (Facebook). אציין כי מציאת המורים המתאימים הייתה לאתגר משמעותי ממספר סיבות כשהעיקרית מבניהן היא חוסר ההיכרות של מורים בבתי ספר יסודיים עם לוחות בקרה. השלב השני היה ניתוח הנתונים, קבלת התוצאות והסקת מסקנות כפי שיפורטו בהמשך.

4.1.3.2. ממצאים

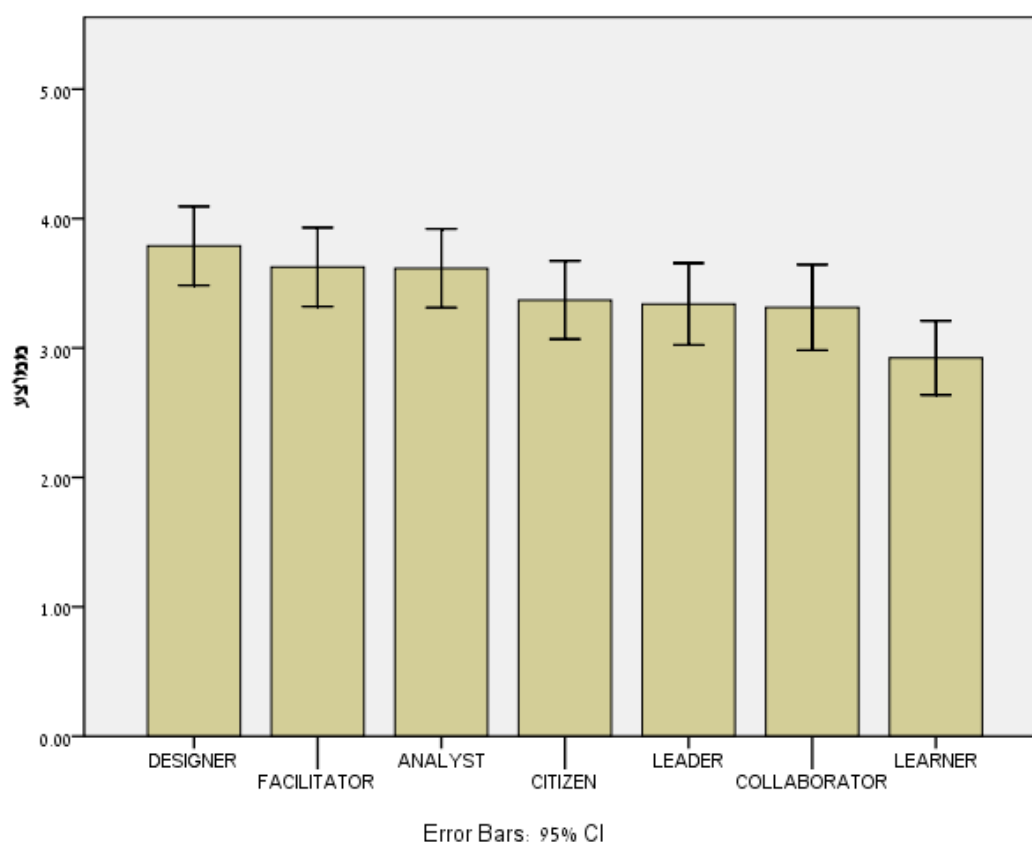
עמדות המורים לגבי התפתחותם המקצועית כתוצאה משימוש בלוחות בקרה

בחלק זה של המחקר נבדקו עמדות המורים לגבי התפתחותם המקצועית כתוצאה משימוש בלוחות בקרה. במהלך המחקר כאמור נבחנו 7 מימדים:

- במימד **מעצב (Designer)** נמצא כי טווח הדיווחים היה בין 1.00-5.00, סטיית התקן עמדה על 1.10 והממוצע עמד על 3.79. במימד זה הממוצע מעיד כי המורים העריכו שהשימוש בלוח בקרה תרם להתפתחותם המקצועית במידה רבה.
- במימד **מסייע (Facilitator)** נמצא כי טווח הדיווחים היה בין 1.00-5.00, סטיית התקן עמדה על 1.09 והממוצע עמד על 3.63. במימד זה הממוצע מעיד כי המורים העריכו שהשימוש בלוח בקרה תרם להתפתחותם המקצועית במידה רבה.
- במימד **מנתח (Analyst)** נמצא כי טווח הדיווחים היה בין 1.33-5.00, סטיית התקן עמדה על 1.09 והממוצע עמד על 3.62. במימד זה הממוצע מעיד כי המורים העריכו שהשימוש בלוח בקרה תרם להתפתחותם המקצועית במידה רבה.
- במימד **אזרח (Citizen)** נמצא כי טווח הדיווחים היה בין 1.00-5.00, סטיית התקן עמדה על 1.09 והממוצע עמד על 3.37. במימד זה הממוצע מעיד כי המורים העריכו שהשימוש בלוח בקרה תרם להתפתחותם המקצועית במידה בינונית.
- במימד **מנהיג (Leader)** נמצא כי טווח הדיווחים היה בין 1.33-5.00, סטיית התקן עמדה על 1.14 והממוצע עמד על 3.34. במימד זה הממוצע מעיד כי המורים העריכו שהשימוש בלוח בקרה תרם להתפתחותם המקצועית במידה בינונית.
- במימד **משתף פעולה (Collaborator)** נמצא כי טווח הדיווחים היה בין 1.00-5.00, סטיית התקן עמדה על 1.19 והממוצע עמד על 3.31. במימד זה הממוצע מעיד כי המורים העריכו שהשימוש בלוח בקרה תרם להתפתחותם המקצועית במידה בינונית.
- במימד **לומד (Learner)** נמצא כי טווח הדיווחים היה בין 1.33-5.00, סטיית התקן עמדה על 1.03 והממוצע עמד על 2.92. במימד זה הממוצע מעיד כי המורים העריכו שהשימוש בלוח בקרה תרם להתפתחותם המקצועית במידה בינונית.

מן הנתונים לעיל, כמתואר בתרשים 3, נראה כי המימד שזכה לדירוג הגבוה ביותר, דהיינו, המורים העריכו בממוצע שבמימד זה השימוש בלוח בקרה תרם להתפתחותם המקצועית, היה המימד **מעצב (Designer)**, אחריו המימד **מסייע (Facilitator)**, אחריו המימד **מנתח (Analyst)**, אחריו המימד **אזרח (Citizen)**, אחריו המימד **מנהיג (Leader)**, אחריו המימד **משתף פעולה (Collaborator)**, ולדירוג הנמוך ביותר הגיע המימד **לומד (Learner)**.

תרשים 3: ממוצעי המימדים בקרב כלל הנבדקים שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא.



על מנת לבחון האם קיימים הבדלים בין המדרגים בוצעו 6 מבחני t למדגמים מזווגים. **במדרג הראשון נמצא כי ממוצע מימד Designer (3.79) גבוה מממוצע מימד Facilitator (3.63) באופן מובהק: $t(51)=2.08, p<0.05$. ההבדל בין מימד Designer למימד Facilitator משקף גודל אפקט בינוני (Cohen's $d=0.28$).**

במדרג השני נמצא כי ממוצע מימד Facilitator (3.63) גבוה מממוצע מימד Analyst (3.62) רק במעט. הבדל זה לא נמצא מובהק: $t(51)=0.11, p=0.90$. ההבדל בין מימד Facilitator למימד Analyst משקף גודל אפקט נמוך מאוד (Cohen's $d=0.01$).

במדרג השלישי נמצא כי ממוצע מימד Analyst (3.62) גבוה מממוצע מימד Citizen (3.37) באופן מובהק: $t(51)=2.19, p<0.05$. ההבדל בין מימד Analyst למימד Citizen משקף גודל אפקט בינוני (Cohen's $d=0.30$).

במדרג הרביעי נמצא כי ממוצע מימד Citizen (3.37) גבוה מממוצע מימד Leader (3.34) רק במעט. הבדל זה לא נמצא מובהק: $t(51)=0.26, p=0.79$. ההבדל בין מימד Citizen למימד Leader משקף גודל אפקט נמוך (Cohen's $d=0.03$).

במדרג החמישי נמצא כי ממוצע מימד Leader (3.34) גבוה ממוצע מימד Collaborator (3.31) רק במעט. הבדל זה לא נמצא מובהק: $t(51)=0.26, p=0.79$. ההבדל בין מימד Leader למימד Collaborator משקף גודל אפקט נמוך (Cohen's $d=0.04$).

במדרג השישי נמצא כי ממוצע מימד Collaborator (3.31) גבוה ממוצע מימד Learner (2.92) באופן מובהק: $t(51)=3.35, p<0.01$. ההבדל בין מימד Collaborator למימד Learner משקף גודל אפקט בינוני (Cohen's $d=0.46$). מן האמור לעיל עולה כי נמצאו הבדלים מובהקים בין שלושה צמדי מימדים עוקבים, על פי ערכם הממוצע, בסדר יורד: Designer ו-Facilitator, Analyst ו-Citizen, ו-Collaborator ו-Learner.

קשרים בין תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית לבין משך שימוש

עוד בחנו את הקשרים בין תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית לבין משך השימוש במערכת הלמידה המקוונת ובלוח בקרה. בשאלון, הנבדקים התבקשו לפרט את משך השימוש (ניסיון בשימוש) שלהם במערכת הלמידה המקוונת ומשך השימוש בלוח הבקרה על פי 3 ערכים: רק בשנת הלימודים הקודמת, כשנתיים ושלוש שנים או יותר. לבחינת הקשר בין משך השימוש לבין תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית, התמקדנו בהבדלים בין מורים שהשתמשו רק בשנת הלימודים הקודמת לבין מורים שהשתמשו למעלה מכך.

לבחינת ההבדלים בין שתי הקבוצות, בכל אחד מ-7 המימדים המבוססים על חווית השימוש בוצעו מבחני t למדגמים בלתי תלויים. ב

טבלה 3 שלהלן מפורטים הממוצעים בקרב שתי הקבוצות ואת תוצאות המבחנים.

תחילה אפרט את הממצאים בבחינת הקשרים בין תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית לבין משך השימוש במערכת הלמידה המקוונת. נמצא כי **ערכי מימד Citizen בקרב מורים שהשתמשו במערכת למעלה משנה** (ממוצע 3.5, ס. תקן 1.0) **היו גבוהים באופן מובהק משל מורים שהשתמשו במערכת עד שנה** (ממוצע 2.7, ס. תקן 1.3); $t(50)=2.39, p<0.05, d=0.68$, כאשר גודל האפקט נמצא גבוה.

בנוסף, נמצא גם כי **ערכי מימד Facilitator בקרב מורים שהשתמשו במערכת למעלה משנה** (ממוצע 3.8, ס. תקן 1.0), **היו גבוהים באופן מובהק משל מורים שהשתמשו במערכת עד שנה** (ממוצע 2.8, ס. תקן 1.2); $t(50)=2.86, p<0.01, d=0.81$, כאשר גודל האפקט נמצא גבוה.

כמו כן, נמצא כי **ערכי מימד Analyst בקרב מורים שהשתמשו במערכת למעלה משנה** (ממוצע 3.8, ס. תקן 1.0), **היו גבוהים באופן מובהק משל מורים שהשתמשו במערכת עד שנה** (ממוצע 2.9, ס. תקן 1.3); $t(50)=2.66, p<0.05, d=0.75$, כאשר גודל האפקט נמצא גבוה גם כן. לא נמצאו הבדלים מובהקים נוספים בשאר המימדים.

בהתאם למפורט לעיל, נמצא שניסיון רב יותר במערכת הלמידה המקוונת נמצא קשור לתחושת התפתחות מקצועית גבוהה יותר, בהשוואה לניסיון מועט עמן, בקרב הנבדקים במימדים Citizen, Facilitator ו-Analyst.

בבחינת הקשרים בין תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית לבין משך השימוש בלוח הבקרה, נמצא כי, **במימד Facilitator בקרב מורים שהשתמשו בלוח הבקרה למעלה משנה** (ממוצע 3.9, ס. תקן 1.0), **היו גבוהים באופן מובהק משל מורים שהשתמשו בלוח הבקרה עד שנה** (ממוצע 2.9, ס. תקן 1.1); $t(50)=2.76, p<0.01, d=0.78$, כאשר גודל האפקט נמצא גבוה.

בנוסף, נמצא כי **ערכי מימד Analyst בקרב מורים שהשתמשו בלוח הבקרה למעלה משנה** (ממוצע 3.8, ס. תקן 1.0), **היו גבוהים באופן מובהק משל מורים שהשתמשו בלוח הבקרה עד שנה** (ממוצע 3.0, ס. תקן 1.2); $t(50)=2.46, p<0.01, d=0.70$, כאשר גודל האפקט נמצא גבוה גם כן. לא נמצאו הבדלים נוספים בשאר המימדים.

מן הממצאים המפורטים לעיל עולה, כי ניסיון רב יותר בלוח הבקרה נמצא קשור לתחושת התפתחות מקצועית אישית גבוהה יותר במימדים Facilitator ו-Analyst בקרב הנבדקים באופן מובהק, בהשוואה לאלו בעלי ניסיון מועט בלוח הבקרה.

טבלה 3: השוואה בין משתני המחקר התלויים לפי משך השימוש במערכת הלמידה המקוונת ומשך השימוש בלוח בקרה (רקע אפור מציין הבדלים משמעותיים)

מדד	משך השימוש במערכת הלמידה המקוונת		משך השימוש בלוח הבקרה		
	עד שנה (N=11)	מעל שנה (N=41)	עד שנה (N=13)	מעל שנה (N=39)	
Learner	2.7 (0.8)	3.0 (1.1)	2.8 (0.8)	3.0 (1.1)	0.41 $p=0.34$
Leader	3.1 (1.2)	3.4 (1.1)	3.2 (1.1)	3.4 (1.2)	0.67 $p=0.25$
Citizen	2.7 (1.3)	3.5 (1.0)	2.9 (1.3)	3.5 (1.0)	1.67 $p=0.05$
Collaborator	3.0 (1.5)	3.4 (1.1)	3.1 (1.4)	3.4 (1.1)	0.83 $p=0.21$
Designer	3.3 (1.4)	3.9 (1.0)	3.4 (1.3)	3.9 (1.0)	1.66 $p=0.05$
Facilitator	2.8 (1.2)	3.8 (1.0)	2.9 (1.1)	3.9 (1.0)	2.76** $d=0.78$
Analyst	2.9 (1.3)	3.8 (1.0)	3.0 (1.2)	3.8 (1.0)	2.46** $d=0.70$

* $p<0.05$ - ** $p<0.01$

קשרים בין תפיסת ההתפתחות המקצועית לבין גיל וניסיון תעסוקתי

תחילה, לבחינת הקשרים שבין הגיל והניסיון התעסוקתי לבין מדדי תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית המבוססים על חווית השימוש של המורים, בוצעו מבחני פירסון. להלן התוצאות:

טבלה 4: מתאמי פירסון בין מימדי תפיסת התפתחות מקצועית אישית לבין גיל וניסיון תעסוקתי

מדד	גיל	ניסיון תעסוקתי
Learner	.167	.183
Leader	.060	.119
Citizen	.083	.112
Collaborator	.073	.070
Designer	-.076	-.066
Facilitator	-.112	-.052
Analyst	-.019	.021

כמפורט בטבלה 4 לעיל, עולה כי לא נמצאו קשרים מובהקים בין כל אחד משבעת מימדי תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית של המורים לבין גילם. כמו כן, לא נמצאו קשרים מובהקים בין כל אחד משבעת מימדי תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית של המורים לבין ניסיונם התעסוקתי.

עם זאת, כמפורט בטבלה 5, כאשר בחנו את הקשרים על פי משך השימוש בלוח הבקרה נמצא כי בקרב מורים בעלי ניסיון של עד שנה בשימוש בלוח הבקרה, קיים קשר מובהק בין גיל המורה לבין מימד Learner ($r=0.60$, $p<0.05$) ובנוסף, בין גיל המורה לבין מימד Leader ($r=0.61$, $p<0.05$). דהיינו, מורה שיש לו ניסיון של עד שנה בשימוש בלוח

הבקרה, ככל שהוא מבוגר יותר כך הוא חש התפתחות מקצועית במימדים Learner ו- Leader.

בנוסף, נמצא כי בקרב מורים שיש להם ניסיון של עד שנה בשימוש בלוח הבקרה, קיים קשר מובהק בין הניסיון התעסוקתי של המורה לבין מימד Learner ($r=0.72$, $p<0.01$), באופן כזה שכלל שהניסיון התעסוקתי של המורה רב

יותר, כך הוא חש התפתחות מקצועית במימד Learner.

לא נמצאו קשרים נוספים בקרב מורים שיש להם ניסיון של עד שנה בשימוש בלוח הבקרה.

בקרב מורים שיש להם ניסיון של מעל שנה בשימוש בלוח הבקרה, לא נמצאו כלל קשרים מובהקים בין מימדי תפיסת התפתחות מקצועית אישית לבין גיל המורה והניסיון התעסוקתי שלו.

טבלה 5: מתאמי פירסון בין מימדי תפיסת התפתחות מקצועית אישית לבין גיל וניסיון תעסוקתי על פי משך השימוש בלוח הבקרה (רקע אפור מסמן קשר מובהק)

משך השימוש בלוח הבקרה				
מעדל שנה (N=39)		עד שנה (N=13)		
ניסיון תעסוקתי	גיל	ניסיון תעסוקתי	גיל	מדד
.129	.093	.516	.602*	Learner
-.029	-.069	.724**	.617*	Leader
.037	.043	.457	.312	Citizen
.003	.045	.340	.227	Collaborator
-.187	-.169	.394	.296	Designer
-.159	-.198	.531	.344	Facilitator
-.016	-.077	.348	.314	Analyst

p<0.01 - ** p<0.05 - *

עוד בחנו, כמפורט בטבלה 6, את הקשרים על פי משך השימוש במערכת הלמידה המקוונת. נמצא כי בקרב מורים בעלי ניסיון של עד שנה בשימוש במערכת הלמידה המקוונת, קיים קשר מובהק בין גיל המורה לבין מימד Learner (r=0.60, p<0.05) ובנוסף, בין גיל המורה לבין מימד Leader (r=0.60, p<0.05). דהיינו, מורה שיש לו ניסיון של עד שנה בשימוש במערכת הלמידה המקוונת, ככל שהוא מבוגר יותר כך הוא חש התפתחות מקצועית במימדים Learner ו- Leader.

בנוסף, נמצא כי בקרב מורים שיש להם ניסיון של עד שנה בשימוש במערכת הלמידה המקוונת, קיים קשר מובהק בין הניסיון התעסוקתי של המורה לבין מימד Learner (r=0.73, p<0.01), באופן כזה שככל שהניסיון התעסוקתי של המורה רב יותר, כך הוא חש התפתחות מקצועית במימד Learner.

לא נמצאו קשרים נוספים בקרב מורים שיש להם ניסיון של עד שנה בשימוש במערכת הלמידה המקוונת. בקרב מורים שיש להם ניסיון של מעל שנה בשימוש במערכת הלמידה המקוונת, לא נמצאו כלל קשרים מובהקים בין מימדי תפיסת התפתחות מקצועית אישית לבין הגיל של המורה והניסיון התעסוקתי שלו.

טבלה 6: מתאמי פירסון בין מימדי תפיסת התפתחות מקצועית אישית לבין גיל וניסיון תעסוקתי על פי משך השימוש במערכת הלמידה המקוונת (רקע אפור מסמן קשר מובהק)

משך השימוש במערכת הלמידה המקוונת				
מעד שנה (N=41)		עד שנה (N=11)		
ניסיון תעסוקתי	גיל	ניסיון תעסוקתי	גיל	מדד
.137	.104	.555	.608*	Learner
-.023	-.061	.735**	.608*	Leader
.052	.061	.497	.284	Citizen
.009	.051	.339	.203	Collaborator
-.187	-.172	.381	.280	Designer
-.158	-.198	.525	.306	Facilitator
-.015	-.076	.337	.278	Analyst

- *p<0.05 - ** p<0.01

סיכום הממצאים

נמצא כי המורים העריכו במוצק שהשימוש בלוח בקרה תרם להתפתחותם המקצועית בהתאם למדרג הבא, מהגבוה לנמוך: המורה כמעצב (Designer), המורה כמסייע (Facilitator), המורה כמנתח (Analyst), המורה כמשתף פעולה (Collaborator), המורה כאזרח (Citizen), המורה כמנהיג (Leader) ולדירוג הנמוך ביותר הגיע המורה כלומד (Learner). מתוך מדרג זה, נמצאו הבדלים מובהקים בין שלושה צמדי מימדים עוקבים, על פי ערכם הממוצע, בסדר יורד: המורה כמעצב (Designer) והמורה כמסייע (Facilitator); המורה כמנתח (Analyst) והמורה כאזרח (Citizen); והמורה כמשתף פעולה (Collaborator) והמורה כלומד (Learner).

נמצא כי קיים קשר חיובי מובהק בין ניסיון רב יותר במערכת הלמידה המקוונת לתחושת התפתחות מקצועית גבוהה יותר בקרב מורים במימדים המורה כמסייע (Facilitator), המורה כאזרח (Citizen) והמורה כמנתח (Analyst). בנוסף, נמצא כי קיים קשר חיובי מובהק בין ניסיון רב יותר בשימוש בלוח הבקרה לתחושת התפתחות מקצועית אישית גבוהה יותר בקרב מורים במימדים המורה כמסייע (Facilitator) והמורה כמנתח (Analyst).

לא נמצאו קשרים מובהקים בין כל אחד משבעת מימדי תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית של המורים לבין גילם או לבין ניסיונם התעסוקתי. עם זאת, נמצא כי קיים קשר חיובי מובהק בין גיל המורים בעלי ניסיון של עד שנה בשימוש בלוח הבקרה לבין תחושת ההתפתחות המקצועית האישית בשני מימדים, כך שככל שמורה בעל ניסיון של עד שנה בשימוש בלוח הבקרה מבוגר יותר, כך הוא חש יותר התפתחות מקצועית במימדים המורה כלומד (Learner) והמורה כמנהיג (Leader).

בנוסף, נמצא קשר מובהק בין ניסיונם התעסוקתי של מורים שיש להם ניסיון של עד שנה בשימוש בלוח הבקרה לבין ההתפתחות המקצועית שחוו במימד המורה כלומד (Learner), כך שככל שהניסיון התעסוקתי של מורה בעל ניסיון של עד שנה בשימוש בלוח בקרה רב יותר, כך הוא חש התפתחות מקצועית במימד זה. כמו כן, נמצאו קשרים מובהקים דומים בין גיל המורים בעלי ניסיון של עד שנה בשימוש במערכת למידה מקוונת לבין תחושת ההתפתחות המקצועית האישית באותם המימדים (Learner, Leader). כך גם, נמצא קשר מובהק בין ניסיונם התעסוקתי של מורים בעלי ניסיון של עד שנה בשימוש במערכת הלמידה במקוונת לבין ההתפתחות המקצועית שחוו באותו המימד (Learner).

בקרב מורים שיש להם ניסיון של מעל שנה בשימוש בלוח הבקרה או מעל שנה בשימוש במערכת למידה מקוונת לא נמצאו כלל קשרים מובהקים בין מימדי תפיסת התפתחות מקצועית אישית לבין גיל המורה והניסיון התעסוקתי שלו.

4.1.3.3. דיין ומסקנות

בהיעדר התפתחות מקצועית בקרב מורים, כמעט ולא ניתן יהיה למצוא שיפורים משמעותיים בחינוך (Guskey & Sparks, 2000). לכן, כדי לשפר את ההישגים של תלמידים, ישנה חשיבות מכרעת לכך שמורים יתפתחו מקצועית וירחיבו את ידיעותיהם ואת הכישורים שלהם (Smith & Sivo, 2012).

מטרת המחקר הייתה לבחון כיצד שימוש ממושך בלוח בקרה בקרב מורים לגילאי יסודי משפיע על התפתחותם המקצועית. ביקשתי לברר האם קיים קשר בין מספר מאפייני רקע של מורים (גיל, ותק מקצועי כמורים, ניסיון בשימוש במערכת בקרה ובשימוש במערכת למידה) לבין התפתחותם המקצועית בהתאם למאפיינים המשקפים את תפקידם של מורים בעידן הטכנולוגי. לצורך כך השתמשתי במודל ISTE (ISTE standards at ISTE, 2017) המתמקד באוכלוסיית המורים ומציג סטנדרטים המאפיינים את המיומנויות הדרושות לכלל המורים על מנת שיוכלו לשלב בהצלחה טכנולוגיה בשיטות ההוראה. המודל מורכב משבעה ממדים המאפיינים את תפקיד המורה: המורה כלומד, כמשתף פעולה, כמנהיג, כאזרח, כמעצב, כמסייע וכמנתח. הגדרתי את מימדים אלו ומרכיבים נוספים למשתני המחקר. על בסיס מודל זה ערכתי שאלון שהופץ בקרב 52 מורים ברחבי הארץ.

חשיבותו של מחקר זה היא ביכולת לקשור בין שימוש בלוח בקרה ובמערכת למידה מקוונת לבין תחושת התפתחות מקצועית בקרב המורים המשתמשים. יתר על כן, מחקר זה מראה באיזו מידה מורים חשו התפתחות מקצועית בכל אחד מהמימדים. בפרק זה אדון בממצאי המחקר, תוך העלאת השערות והצעת הסברים ופרשנויות.

תפיסת ההתפתחות המקצועית

הליך התפתחותם המקצועית של מורים מתחיל בתחילת ההכשרה הראשונית ומסתיים עם הפרישה, בסוף הקריירה המקצועית של המורה (Kfir, 2008). במהלך הקריירה התעסוקתית של מורים הם חווים את התפתחותם המקצועית כרצף למידה המלווה אותם לאורך החיים המקצועיים (אבידב-אונגר, 2013, ע' 197).

הפיתוח המקצועי של מורים הינו רב מימדי, משלב אספקטים רבים מחייו של המורה (Nabhani & Bahous, 2010) ויכול לבוא לידי ביטוי בתחומים אישיים ומקצועיים רבים, החל מפיתוח מיומנויות במגוון תחומים וכלה בהרחבת הידע המקצועי (Hiebert et al., 2003; Kraft & Dougherty, 2013; Leikin, 2005; Richardson & Placier, 2001; אבידר-אונגר & פרידמן, 2012).

הקשר בין שימוש באמצעים טכנולוגיים בהוראה להתפתחות מקצועית של מורים הוכח במסגרת מחקרים קודמים (Tweed, 2013). במחקר הנוכחי, בחנתי האם המורים חשו התפתחות מקצועית בעקבות השימוש בלוח בקרה. לאור קיומם של מימדים רבים בהם מורים יכולים להתפתח מקצועית, בחנתי האם ישנם מימדים שבהם המורים חשו התפתחות מקצועית משמעותית יותר בעקבות השימוש בלוח בקרה לעומת מימדים אחרים.

מתוך שבעת המימדים להערכת מורים עליהם ביססתי את השאלון, נמצא כי המורים העריכו בממוצע שהשימוש בלוח בקרה תרם להתפתחותם המקצועית באופן המשמעותי ביותר במימד המורה כמעצב (Designer) לעומת המימדים האחרים. המימדים שנמצאו במקומות השני והשלישי מבחינת התפתחות מקצועית הם בהתאמה המורה כמסייע (Facilitator) והמורה כמנתח (Analyst). בהמשך נמצאו בסדר יורד המימדים: המורה כאזרח (Citizen), המורה כמנהיג (Leader), המורה כמשתף פעולה (Collaborator) ולדירוג הנמוך ביותר מבחינת התפתחות מקצועית הגיע המימד המורה כלומד (Learner).

אין זה מפתיע שדווקא במימדים "המורה כמעצב", "המורה כמסייע" ו-"המורה כמנתח" המורים חשו התפתחות מקצועית במידה גבוהה יחסית. ניתן להסביר זאת בכך ששלושת המימדים הללו קשורים באופן ישיר לתחומי האחריות המקצועיים-מסורתיים של מורים (Molenaar & Knoop-van Campen, 2018; Xhakaj et al., 2017). ניתן להניח שכאשר מורים התבקשו לחשוב על התחומים בהם הם חשים התפתחות מקצועית מיד הפליגו למחוזות המוכרים להם. מחוזות, אשר בתפיסתם המקצועית הם מהווים יסוד לתפקידם כמורים ולאחריותם המקצועית כלפי תלמידיהם.

העובדה כי דווקא המימד שבו המורים חשו התפתחות מקצועית רבה יותר מכל יתר המימדים הינו המורה כמעצב (Designer), הינה מסקרנת ומצריכה התייחסות מעמיקה. מימד זה מתייחס לאופן שבו מורים מעצבים פעילויות מונחות למידה וסביבות למידה אותנטיות המאפשרות זיהוי והכלה של השונות בין התלמידים. חשיבות המורה כמעצב הלמידה של תלמידיו מוכרת כבר שנים רבות ואף הוכרה כאחד הגורמים המשפיעים ביותר על יישום תוכנית הלימודים (Kali et al., 2015). עם התקדמות הטכנולוגיה, גם תפקידם של המורים כמעצבי למידה עבר שינוי. כיום, מורים יכולים באמצעות טכנולוגיות שונות להתאים את תכנית הלימוד ואת סביבת הלמידה באופן מיטבי עבור תלמידיהם על בסיס היכרות אישית עם כל תלמיד ומידע עדכני שמגיע אליהם מכלים טכנולוגיים (Kali et al., 2015; Matuk & Linn, 2014). ככל שמורים מודעים יותר לתפקידם כמעצבי למידה עבור תלמידיהם, כך הם גם הופכים למעורבים יותר בעיצוב הלמידה. מעורבות זו גורמת למורים בין היתר, להשקיע מחשבה רבה בתכנון והתאמת התכנים אותם הם רוצים ללמד, ביישום התכניות שתכננו בשטח, בלמידה ושיפור עצמי מתוך העשייה שלהם. פעולות אלו הובילו לשיפור משמעותי במיומנויות עיצוב הלמידה בקרב המורים והן מהוות התפתחות מקצועית הלכה למעשה (John, 2006; Towndrow, 2005).

מן האמור לעיל, ניתן להניח כי המידע המופיע בלוח הבקרה מאפשר למורים לדעת על תלמידיהם פרטים שאולי לא יכלו להשיג בדרך אחרת ובכך להפוך למעצבי למידה טובים יותר. בעזרת לוח הבקרה המורים יכולים להפוך את השיעורים, המשימות, סביבת הלמידה וכלל חווית הלמידה למותאמים יותר עבור תלמידיהם. מלאכת עיצוב הלמידה כאמור, מכילה אלמנטים מרכזיים מתפיסות הבסיס של הגדרת תפקיד המורה. בראש ובראשונה, התאמת תכנית הלמידה לתלמיד כדי שהוא יצליח ללמוד את החומר הנלמד באמצעות יצירת חווית למידה חיובית ומעצימה. ניכר כי אחריות זו של המורים עומדת בראש מעייניהם גם במהלך השימוש בלוח הבקרה ומכאן גם בחושת ההתפתחות המקצועית.

קשרים בין תפיסת התפתחות מקצועית לבין משך השימוש במערכות מקוונות

ממצאי המחקר עולה כי קיימים קשרים בין תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית של המורים לבין משך השימוש במערכת הלמידה המקוונת. כך גם נמצאו קשרים בין תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית של המורים לבין משך השימוש בלוח הבקרה. בשני המקרים, **ניסיון רב** יותר במערכת הלמידה המקוונת או בלוח הבקרה נמצא קשור לתחושת התפתחות מקצועית גבוהה יותר בקרב הנבדקים, במימדים המורה כמסייע (Facilitator) והמורה כמנתח (Analyst).

בנוסף, נמצא קשר מובהק בין תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית של המורים לבין משך השימוש במערכת הלמידה המקוונת בקרב מורים, כך שמורים בעלי ניסיון רב יותר בשימוש במערכת הלמידה, העידו על התפתחות מקצועית אישית גבוהה יותר במימד המורה כאזרח (Citizen).

הקשר המובהק בין ההתפתחות המקצועית של המורים לניסיון רב יותר בשימוש בלוח הבקרה עולה בקנה אחד עם מחקר קודם שמצא כי ככל שמורים מתמקצעים יותר בשימוש בלוח הבקרה, ישנה השפעה רבה יותר על דפוסי ההתנהגות שלהם, דבר הבא לידי ביטוי בשיטות ההוראה שלהם (Molenaar & Knoop-van Campen, 2018).

המורה כמסייע (Facilitator)

המימד "המורה כמסייע" (Facilitator) מתייחס לאופן שבו מורים מסייעים בלמידה באמצעות טכנולוגיה שמטרתה לתמוך בתלמידים בדרך להישגים (ISTE standards at ISTE, 2017). תפקידו של המורה כמסייע (Facilitator) הוא לעודד את התלמידים לצבור את הידע הנלמד בכך שהוא מנחה אותם כיצד למצוא את דרכי הלמידה המתאימות להם (Bulte et al., 2007), לעודד חדשנות ופעילויות המפתחות כישורים ומיומנויות למידה (Ellerani & Gentile, 2013).

תפקידו של המורה כמסייע בא לידי ביטוי גם בקרב מורים שעשו שימוש בלוח בקרה או במערכת למידה מקוונת. המידע העולה מלוח הבקרה מאפשר למורים הזדמנות להתערבות פדגוגית המסייעת לתלמידיהם בעת הצורך (Mottus et al., 2018). כמו כן, שימוש במערכת למידה מקוונת אפשר למורים לתת מענה למגוון סגנונות למידה ולחזק את הקשר האישי בינם לבין התלמידים, הודות לאפשרויות הקיימות במערכת לתת משובים אישיים ולקיים דיאלוג מתמשך (Eyal & Bouhnik, 2011).

מחקרים קודמים הצביעו על כך כי השילוב של מערכות ממוחשבת בהוראה ישנה את תפקידו של המורה ממצגי מידע למנחה ידע (Dafoulas, 2005; Lai, 1993) או במילים אחרות, ממנהל הלמידה עבור תלמידיו למנחה בסביבת למידה ממוחשבת (Taylor & Corrigan, 2007). בתפקידו החדש של המורה יהיה עליו ליצור עבור תלמידיו סביבת למידה

ממוחשבת ובה לסייע להם לפתח מיומנויות חשיבה כמו ביקורתיות, יצירתיות חשיבה עצמאית והפקת ידע באופן עצמאי (King, 1993; Lai, 1993; Taylor & Corrigan, 2007).

שינוי תפקידו של המורה כאמור לעיל, מתיישבת עם הממצא כי שימוש ממושך במערכות למידה מקוונות ובלוחות בקרה מגבירה את תחושת ההתפתחות המקצועית במימד זה. עצם העובדה כי מורים חשו התפתחות מקצועית בעקבות שימוש ממושך בכלים אלה עשויה להצביע על כך שאכן תפקיד המורה כמסייע השתנה ושינוי זה אף מוביל להתפתחות מקצועית בקרב מורים.

המורה כמנתח (Analyst)

מימד המורה כמנתח (Analyst) מתייחס לאופן שבו המורים עושים שימוש בנתונים כדי לקדם את שיטות ההוראה שלהם ולתמוך בתלמידים בהשגת מטרותיהם הלימודיות (ISTE standards at ISTE, 2017). מיומנות שימוש מושכל בנתונים (נקראת גם "אוריינטציה נתונים") הוזכרה כאחת מהמיומנויות החשובות ביותר עבור מורים בימינו (Mandinach & Gummer, 2013).

לוח הבקרה מציג בפני המורים מידע רב ובידי המורים הבחירה כיצד לפעול על בסיס מידע זה. הבחירה כיצד לפעול על בסיס נתונים הינה מיומנות חשובה ביותר כאמור, כאשר דרך לשפר מיומנות זו היא ביצוע פעולות הקשורות בשימוש בנתונים (Reeves & Honig, 2015).

הממצא כי מורים בעלי ניסיון רב יותר בשימוש במערכת למידה מקוונת ובלוח בקרה חשו באופן מובהק התפתחות מקצועית במימד זה מתקשר לטענה כי מורים זקוקים לחוות מגוון חוויות מקצועיות לאורך הקריירה שלהם על מנת לפתח אוריינות נתונים (Mandinach & Gummer, 2013). מערכות למידה מקוונות ולוחות בקרה הינם כלים המאפשרים למורים להתנסות על בסיס יום-יומי בניתוח נתונים וקבלת החלטות על בסיס נתונים אלו. מורים שעשו שימוש במידע העולה מלוח הבקרה הגיעו לתובנות פדגוגיות חדשות, דבר שהוביל אותם לפעול בהתאם בסביבת עבודתם (Molenaar & Knoop-van Campen, 2018). בנוסף, שימוש במידע העולה מסביבת הלמידה בפיתוח אסטרטגיות לימוד, תכניות חינוך והתאמת הלמידה ללומד יכול להוביל להתפתחות מקצועית בקרב מורים (Mandinach, 2012).

ממחקר שערך Johnson (2015) אשר במהלכו בדק את ההשפעה של קורס פיתוח מקצועי למורים בנושא ניתוח נתונים וקבלת החלטות על בסיס נתונים על מורים, נמצא בין היתר, כי ככל שהמורים למדו והתנסו במהלך הקורס בניתוח נתונים וקבלת החלטות על בסיס נתונים, כך גם היכולות שלהם לעשות שימוש יעיל בנתונים גברה. עוד נמצא במחקר זה, כי לא נכון לומר כי למורים אין את היכולת לעשות שימוש יעיל בנתונים, אלא שהם פשוט חסרי הכשרה בכך וישנה חשיבות רבה לחיזוק מיומנות אוריינות נתונים בשלב לימודי ההוראה ובמהלך הקריירה המקצועית הודגשה במחקרים רבים (Eyal, 2012; Mandinach & Gummer, 2013). ממצאי מחקר זה מחזקים את הממצא במחקר הנוכחי כי דווקא מורים בעלי ניסיון רב יותר בשימוש במערכת למידה מקוונת ובלוח בקרה חשו באופן מובהק התפתחות מקצועית במימד המורה כמנתח. הם מדגישים את חשיבות ההתנסות המעשית בשימוש בכלים אלה כדי להתפתח מקצועית ולחזק את כישור אוריינות הנתונים בקרב המשמשים ומציפים את הפער והחסרונות הנובעים מהיעדר ההתנסות.

מן האמור לעיל, סביר להניח כי ככל שמורים יצברו ניסיון בשימוש במערכות למידה מקוונות ולוחות בקרה, הן באמצעות הכשרות מקצועיות והן עוד בשלב לימודי ההוראה, כך יוכלו לנצל כלים אלה להתפתחות מקצועית במיומנות משמעותי זו.

המורה כאזרח (Citizen)

המימד "המורה כאזרח" (Citizen) מתייחס לאופן שבו המורים מחנכים את תלמידיהם לתרום, לקחת חלק ולנהוג באופן אחראי בעולם הדיגיטלי. הממצא כי מורים בעלי ניסיון רב יותר בשימוש במערכת הלמידה המקוונת חשו התפתחות מקצועית במימד זה הינו מפתיע, בטח ובטח לנוכח שאר המימדים המתקשרים באופן ישיר לתפקידים המקצועיים-מסורתי של המורים מאז ומתמיד. עם זאת, בשנים האחרונות נמצא כי חלק מהכישורים החשובים ביותר שתלמידים זקוקים להם כדי לנווט את דרכם בבטחה בעולם הדיגיטלי קשורים באופן ישיר לאזרחות דיגיטלית, כך למשל: לדעת כיצד לזהות האם מידע ברחבי הרשת הוא אמין, כיצד לגלות תוכן חשוד ולהיות מודעים לסוגיות פרטיות שונות ואיסוף מידע על המשתמשים במרחבי הרשת (Hui & Campbell, 2018). הצורך ביצירת שיח סביב אזרחות דיגיטלית אף הוכר כצורך חשוב ביותר עבור תלמידים בגילאי K-12 ותפקידה של מערכת החינוך לספק אמצעים שיעזרו לתלמידים להבין כיצד להתמודד עם האתגרים כאזרחים בעולם הדיגיטלי (Herald, 2016).

הסבר לממצא כי מורים בעלי ניסיון רב יותר בשימוש במערכת למידה מקוונת חשו התפתחות מקצועית רבה יותר במימד המורה כאזרח יכול להיות נעוץ בכך שמורים בעלי ניסיון רב יותר במערכת הלמידה המקוונת נחשפו בתדירות גבוהה למידע על תלמידיהם במערכת ואף קיבלו בקביעות החלטות על בסיס מידע זה. ישנה סבירות גבוהה שמורים אלו פיתחו מודעות רבה יותר לאחריות הנובעת מחשיפה ושימוש במידע על תלמידיהם במערכת למידה מקוונת, ובכך מצאו עצמם עוסקים באתגרים העולים מאזרחות דיגיטלית בעבודתם היום-יומית. הסבר זה עולה בקנה אחד עם מחקר קודם, שם נמצא כי הבנה מעמיקה של מורים מהי "אזרחות דיגיטלית" ועיסוק מקצועי (הכשרות מקצועיות) באתגרים שנושא זה מציב, יכולים להוביל להתפתחות מקצועית. מהפך הפנימי, מורים בוחנים את התנהלותם האישית כאזרחים בעולם הדיגיטלי ומהפך החיצוני, מורים יכולים לסייע לתלמידים ולעמיתים לעשות שימוש טוב יותר בכלים טכנולוגיים באופן מושכל, תוך מודעות לסכנות וביעילות (Ashmeade, 2016).

דווקא העובדה כי לא נמצא קשר המובהק בין ההתפתחות המקצועית של המורים במימד המורה כאזרח לבין השימוש ב**לוח בקרה** (בכל טווח הניסיון שנבדק) יכולה להצביע על כמה סוגיות: האחת, ישנם מורים שבתפיסתם המקצועית אין זה באחריותם של מורים לחנך את תלמידיהם לאזרחות דיגיטלית, כמו גם כאלו הגורסים כי אין לכישור זה חשיבות מספקת הנותנת לו עדיפות על סוגיות חשובות יותר לידם (Ashmeade, 2016). השנייה, נושא האזרחות הדיגיטלית בעולם החינוך נחקר לא מעט בעשור האחרון ומערכות חינוך במדינות שונות החלו להכיר בחשיבות של חינוך לאזרחות דיגיטלית. עם זאת, בפועל, קיים פער משמעותי בין ההכרה בחשיבות החינוך לאזרחות דיגיטלית לבין לימוד הנושא הלכה למעשה בבתי ספר והטמעת תכניות חינוך ייעודיות לחינוך לאזרחות דיגיטלית (Frau-Meigs et al., 2017; Soriani, 2018). השלישית, ישנן השפעות רבות על התפיסה של מהי "אזרחות דיגיטלית" שיש ללמד בבית הספר. אזרחות דיגיטלית מכילה תחומים רבים, החל מבירונות ברשת, דרך סוגיות פרטיות וכלה בכללי מסחר ברשת. לפיכך, מושג זה עלול להיות מושפע מסוגיות אישיות-אינדיבידואליות בהשקפות המורים ובשימושים שהם עושים על גבי הרשת (Choi et al., 2018; Hui & Campbell, 2018).

יתר המימדים

במימדים המורה כלומד, המורה כמנהיג, המורה כמשתף פעולה והמורה כמעצב לא נמצאו קשרים מובהקים בין תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית של המורים לבין **משך** השימוש במערכת הלמידה המקוונת או בלוח הבקרה. ניתן להניח מספר השערות אשר עשויות לספק הסבר לממצא זה:

האחת, הפוטנציאל של לוח הבקרה ככלי שכתוצאה מהשימוש בו מורים יתפתחו מקצועית עדיין לא מימש את עצמו. השימוש בלוח בקרה בתחום החינוך עדיין בשלבי הראשוניים ומלוא התמורות שמורים יכולים לקבל משימוש במידע העולה מלוח בקרה עדיין לא נחשפו במלוא הדרם או טרם התגבשו לידי עובדה מוכחת. דברים זהים ניתן לייחס גם לפוטנציאל הבלתי ממומש, בשלב זה, של השימוש במערכות למידה מקוונות (Cheok et al., 2017). חיזוק לכך ניתן למצוא במחקרים המצביעים על כך כי המורים עצמם, כאשר הם עושים שימוש בכלים טכנולוגיים במסגרת עבודתם, בדרך כלל הם משתמשים בכלים אלו כדי לחזק את אסטרטגיות הלימוד המסורתיות שלהם (R. S. Baker, 2016; Herold & Smith, 2015) במקום להרחיב את היריעה למחוזות חדשניים בלמידה והוראה. לפיכך, על מנת לגרום למורים להגביר את השימוש בכלים טכנולוגיים לטובתם המקצועית ולממש את הפוטנציאל הטמון בכלים אלו, ישנה חשיבות רבה לכך שמורים יעשו שימוש רב יותר במערכות למידה מקוונת ובלוחות בקרה ויגלו תוך כדי התנסות את היתרונות שבכלים אלה. בנוסף, ככל שהנושא ייחקר באופן נרחב, כך גם המודעות לפוטנציאל הטמון בשימוש בלוח בקרה ובמערכות למידה מקוונות להתפתחותם המקצועית של מורים יעלה באופן ניכר ויכול שישפיע על הרחבת קהילת המורים.

שנייה, המחסור בהכשרות מורים אודות שימוש במערכות למידה מקוונות ולוחות בקרה יכול להוות גורם משמעותי לכך שמורים לא חשים שכלים אלו יכולים להשפיע על התפתחותם המקצועית במגוון רחב יותר של תחומים. לכך ניתן לקשר את העובדה כי גם כיום ישנם מוסדות הכשרת מורים בעלי תפיסה מאוד שמרנית ומסורתית לגבי האופן שבו מורים יכולים להתפתח מקצועית ולגבי הדרכים לפתח מקצועית מורים (Webster-Wright, 2009). ככל שתשתרש ההבנה כי מורים יכולים להתפתח מקצועית לא רק באמצעות הכשרות פרונטליות ייעודיות תוך כדי ישיבה על כיסא בכיתה, אלא בכל מקום וגם תוך כדי התנסות מקצועית (Thompson et al., 2004; Van Schalkwyk et al., 2015) ישנו סיכוי לא מבוטל שגם תחושת ההתפתחות המקצועית מתוך שימוש במערכת למידה מקוונת ולוח בקרה תתרחב לתחומים נוספים.

שלישית, לוחות הבקרה מעוצבים מבלי להתייחס למורה כלקוח המרכזי של לוח הבקרה. בניית כלי שמיועד לשימוש מורים מבלי לעצב את הכלי באופן שתפור למידותיהם של המורים הינו צעד המיועד לכישלון. כדי שמורים יעשו שימוש בלוח הבקרה, הם חייבים להרגיש שלוח הבקרה מותאם לצרכיהם והמידע העולה ממנו ברור ומובן להם (O'Malley et al., 2013; Xhakaj et al., 2016). ישנה סבירות רבה שככל שמפתחי לוחות הבקרה ומערכות הלמידה המקוונות יהפכו את המורים לשותפים אמיתיים לבניית לוחות הבקרה, הן מהפך העיצובי והן מפן המידע המוצג בלוח, כך תחושת ההתפתחות המקצועית של מורים כתוצאה מהשימוש תתרחב לתחומים נוספים.

רביעית ואחרונה, תפיסת המורה במערכת החינוך, מסורות ותחומי האחריות המשותפים לתפקיד המורה במדינה ספציפית, יכולים להיות בעלי השפעה לא מבוטלת על הדרך שבה מורים עושים שימוש במידע העולה מלוח הבקרה. כך למשל, אם במסגרת תוכנית החינוך הלאומית של המדינה או במהלך הכשרתו של המורה מצופה ממורה בין היתר להוות דוגמה מנהיגותית לתלמידיו, ישנה סבירות כי זה התחום שבו הוא יחפש לבחון את התפתחותו המקצועית.

לפיכך, יכול להיות שאילו המחקר היה נערך במדינה אחרת, תחושות המורים לגבי התפתחותם המקצועית כתוצאה משימוש במערכת למידה מקוונה או בלוח בקרה היו מגיעות ממימדים אחרים.

קשרים המבוססים על גיל וניסיון תעסוקתי

ממצאי המחקר עולה כי לא נמצאו קשרים מובהקים בין כל אחד משבעת מימדי תפיסת ההתפתחות המקצועית האישית של המורים לבין גילם. ממצא דומה עלה גם לגבי ניסיונם התעסוקתי. הסבר אפשרי להיעדרותם של קשרים אלו עשוי להיות נעוץ בכך שגיל המורים או ניסיונם התעסוקתי, כל אחד לחוד, נמצא במחקרים קודמים כאינו משפיע על היקף ואופן השימוש של מורים בטכנולוגיות בעבודתם (Hermans et al., 2008; Inan & Lowther, 2010; McConnell, 2011; Tweed, 2013).

היעדר קשר בין לניסיון התעסוקתי לתחושת התפתחות מקצועית בקרה המורים אינו מפתיע שכן מחקרי עבר, אשר בחנו את השפעת הניסיון התעסוקתי על השימוש בטכנולוגיה בקרב מורים העלו קשרים בכיוונים סותרים ואף היעדר קשרים. כלומר, מחקרים מסויימים מצאו כי מורים בעלי ותק תעסוקתי נמוך יותר, משתמשים יותר בכלים טכנולוגיים בעבודתם (Inan & Lowther, 2010) ואילו מחקרים אחרים מצאו כי מורים בעלי ותק תעסוקתי רב יותר משתמשים יותר בכלים טכנולוגיים בהוראה (Henry, 2008). מחקרים אחרים לא מצאו כל קשר בין ניסיון תעסוקתי לבין שימוש אמצעים טכנולוגיים בהוראה (McConnell, 2011; Tweed, 2013).

מן האמור לעיל עולה, כי ניתן למצוא תימוכין להיעדר הקשר בין ותק תעסוקתי לבין תחושת ההתפתחות המקצועית כתוצאה משימוש בלוח בקרה שמצאתי במחקר הנוכחי בהעדר קשר חד משמעי בין ותק תעסוקתי לבין שימוש באמצעים טכנולוגיים בקרב מורים. מחזקת את ממצא זה התפיסה הרווחת כי התפתחות מקצועית הינו הליך המלווה את מורים לאורך כל שנות עבודתם כאמור ולכן אין זה מפתיע שבכל שלב בקריירה שלהם ובכל גיל, יכולים הם לחוש התפתחות מקצועית כתוצאה משימוש בכלי טכנולוגי כמו לוח בקרה.

קשרים המבוססים על משך שימוש בלוח בקרה/במערכת למידה מקוונת

ממצאי המחקר עולה כי קיים קשר מובהק בין משך השימוש בלוח הבקרה לבין גיל המורה במימדים המורה כמנהיג (Leader) והמורה כלומד (Learner). נמצא כי דווקא מורים בעלי ניסיון של עד שנה בשימוש בלוח הבקרה (פחות מנוסים), ככל שהם מבוגרים יותר כך הם חשים יותר התפתחות מקצועית במימדים אלו. ממצאים אלו עלו בבחינת הקשר שבין השימוש במערכת הלמידה המקוונת לבין גיל המורים. מורים בעלי ניסיון של עד שנה במערכת הלמידה המקוונת, ככל שהם מבוגרים יותר כך הם חשים יותר התפתחות מקצועית באותם המימדים.

עוד נמצא, כי קיים קשר מובהק בין הניסיון התעסוקתי של המורים לתחושת התפתחות מקצועית במימד המורה כלומד (Learner) בקרב מורים בעלי ניסיון של עד שנה בשימוש בלוח בקרה. ככל שניסיונם התעסוקתי של מורים בעלי ניסיון של עד שנה בשימוש בלוח בקרה רב יותר, כך הם חשו התפתחות מקצועית רבה יותר במימד זה. ממצא זה עלה בבחינת הקשר שבין השימוש במערכת הלמידה המקוונת לבין הניסיון התעסוקתי. ככל שניסיונם התעסוקתי של המורים, בעלי ניסיון של עד שנה בשימוש במערכת למידה מקוונת היה רב יותר, כך הם חשו התפתחות מקצועית משמעותית במימד זה.

המימד המורה כמנהיג (Leader) מתייחס לאופן שבו המורים מחפשים הזדמנויות לגילוי מנהיגות שתתמוך בהעצמת תלמידיהם ותשפר את יכולות ההוראה והלמידה שלהם. בשימוש בטכנולוגיה טמון הפוטנציאל לשנות את האופן בו

מורים עובדים, מלמדים ולומדים בסביבת עבודתם. מימוש הפוטנציאל יכול להתאפשר רק אם מורים יקבלו על עצמם את התפקיד הראשי בהובלת שינויים אלו (Costello, 1997). ניתן למצוא היבטים של גילויי מנהיגות מצד מורים בהקשר של שילוב טכנולוגיות בסביבת הלמידה בגישה הגורסת כי הדרך המוצלחת לקדם אינטגרציה טכנולוגית היא התמקדות בתלמידים ולא בטכנולוגיה. על פי גישה זו, גם אם המורים נמצאים בשלבי למידה של הטכנולוגיה ואינם בעלי שליטה מלאה בה, תחושת המנהיגות מעוררת בהם חזון לעשות שימוש בטכנולוגיה, מתוך אמונה כי שילוב זה יסייע לתלמידים בכיתה וייצור השפעה חיובית עבורם בתהליך הלמידה (Hixon & Buckenmeyer, 2009).

המימד המורה כלומד (Learner) מתייחס לאופן בו המורים משפרים את יכולות הוראתם בשטח על ידי למידה מתמדת מגורמים שונים, כמו גם חקירת שיטות לימוד חדשניות המשלבות טכנולוגיה לשיפור יכולות הלמידה של תלמידיהם. הממצא כי דווקא אוכלוסיית המורים בעלי הניסיון הקצר בשימוש בלוחות בקרה או מערכות למידה מקוונות שהיו מבוגרים יותר או בעלי ניסיון תעסוקתי רב יותר חשו יותר התפתחות מקצועית כתוצאה מהשימוש במימד המורה כלומד, יכול להיקשר למושג "יוטוגוגיה" (Heutagogy). יוטוגוגיה היא למידה מכוונת על ידי הלומד אשר מדגישה את האוטונומיה של האינדיבידואל לעסוק בפעילויות בעלות משמעות אישית ומכשירה אותו להצליח בתחום עבודתו (Blaschke, 2012; Hase & Kenyon, 2000). בהתאם למושג זה, במחקרים קודמים נמצא כי מורים עשו שימוש בכלים טכנולוגיים (למשל, פלטפורמות של רשת חברתית) לצורכי למידה מקצועית-אישית וחשו שלחוויית הלמידה שחוו ישנה השפעה חיובית על שיטות ההוראה שלהם ועל תלמידיהם (Carpenter & Green, 2017; Trust et al., 2016). ניתן להניח כי ההתנסות הראשונית של המורים עם לוח בקרה או מערכת למידה מקוונת, הצריכה מהם ללמוד כיצד לעשות שימוש ולהפיק תועלת מכלים אלו. ייתכן כי למידה ראשונית זו, היא זו שהותירה חותם חיובי על המורים ותרמה לתחושת ההתפתחות המקצועית האישית.

טענה אשר הועלתה ע"י Dewey (1938) ונתמכה בין היתר, במחקרה של Henry (2008) עשויה לספק הסבר נוסף לקשר שנמצא בין גיל או ותק מקצועי לתחושת ההתפתחות המקצועית במימד המורה כלומד בקרב מורים בעלי ניסיון של עד שנה במערכת הלמידה המקוונת ובלוח הבקרה. לטענתו, מורים מסתכלים על ידע חדש מתוך התנסויות עבר וחוויות שחוו והם משתמשים בחוויות אלו על מנת לקשר ידע למידע ולהבין מידע חדש. ככל שמורים מתבגרים, מספר ההתנסויות והחוויות שלהם גדל. בהתאם, ניתן לצפות כי גם מורים בעלי וותק מקצועי רב יותר, צברו יותר התנסויות וחוויות. בזכות כך, המפגש שלהם עם ידע או רעיונות חדשים בעקבות שימוש ראשוני בלוח בקרה או במערכת למידה מקוונת הופך רחב, מעמיק ומשמעותי יותר וכתוצאה מכך, מוביל להתפתחות מקצועית רבה יותר. על אף האמור לעיל, מן הראוי להזכיר כי ישנם מחקרים בהם נמצא כי לגיל המורים או ניסיונם התעסוקתי אין השפעה מובהקת תפיסות הקשורות לשימוש בטכנולוגיה (ראה סעיף 6.3 לעיל).

הממצא כי דווקא מורים בעלי ניסיון קצר יותר בשימוש בלוח בקרה ובמערכת למידה מקוונת חשו התפתחות מקצועית גבוהה יותר, עשוי להעיד על כך כי תקופת השימוש הראשונית במערכות היתה בעלת השפעה משמעותית על המורים. ייתכן כי השפעה זו נבעה מהתלהבות ראשונית או מהמוטיבציה שחשו המורים מתוך הציפייה שכלים אלו יסייעו להם ויקדמו את תלמידיהם כאמור (Hixon & Buckenmeyer, 2009); ראמ"ה הרשות הארצית להערכה ומדידה, 2015). בנוסף, יתכן כי ההשפעה נבעה מהישגים ומיתרונות שהמורים הצליחו להשיג באמצעות השימוש בכלים בשנה הראשונה (Higgins et al., 2005). העובדה כי לא נמצא קשר זהה בקרב המורים בעלי הניסיון הרב יותר בשימוש במערכות, עשויה להיות קשורה לתהליך "התפכחות" המתרחש לאחר ההתלהבות הראשונית. תהליך זה עלול

לנבוע מקשיים שונים העולים במהלך היישום של כלים אלו בשטח בטווח הארוך. כך למשל, הגברת העומס על המורים עקב הצורך בלימוד כלים טכנולוגיים חדשים (ראמ"ה הרשות הארצית להערכה ומדידה, 2015), העדר תמיכה טכנית או הדרכה מספקת על תפעול כלים אלו (Aldunate & Nussbaum, 2013) או קושי בשמירה על הישגים ארוכי טווח (Higgins et al., 2005).

לסיכום, ראוי לציין כי הממצאים הנדונים בסעיף זה טומנים בחובם הזדמנות עבור גורמים העוסקים בהכשרת מורים ובעלי עניין אחרים במערכות החינוך, לעשות שימוש בכלים טכנולוגיים כגון: מערכות למידה מקוונות ולוחות בקרה להתפתחות מקצועית של מורים במימדים משמעותיים בתפקידו של המורה. ליתר דיוק, ממצאים אלה מצביעים על פוטנציאל השימוש בכלים טכנולוגיים להתפתחות מקצועית דווקא באוכלוסיית מורים מבוגרים יותר או בעלי ניסיון תעסוקתי רב יותר, שכן נמצא כי די בשימוש קצר יחסית בכלים טכנולוגיים כדי ליצור תחושה של התפתחות מקצועית בקרב מורים אלה.

4.1.3.4 חשיבות המחקר ומגבלותיו

הקשר שנמצא במחקר זה בין השימוש בלוח בקרה לבין ההתפתחות המקצועית של מורים כתוצאה ישירה מהשימוש הינו קשר מרתק בעל פוטנציאל להשפיע על גורמים רבים ועל כן, עצם הפניית הזרקור לקשר זה חשובה ביותר. העלאת המודעות בקרב מורים לאפשרות של התפתחות מקצועית כתוצאה משימוש בלוחות בקרה יכולה להוביל לכך שמורים יגלו נכונות לעשות שימוש בכלי זה עבור קידום תלמידיהם ועבור קידומם האישי. כבר הוכח כי השימוש בטכנולוגיה על ידי מורים יכול להוביל להתפתחות מקצועית משמעותית אך יש צורך בהירתמות של כל הנוגעים בדבר (Tweed, 2013; Twining et al., 2013). לפיכך, על מקבלי ההחלטות במערכות החינוך השונות לאמץ ולמסד את השימוש בלוחות בקרה בהוראה ולהטמיע באופן יזום את השימוש בלוחות בקרה במערכות החינוך.

אף על פי שמצאתי קשר בין תפיסת ההתפתחות המקצועית של מורים לשימוש בלוח בקרה במימדים מסוימים בתפקיד המורה, כאמור, ישנם מימדים בהם קשר זה לא נמצא כפי שפרטתי בהרחבה בפרקי הממצאים והדיון. ייתכן כי ניתן להרחיב את ההשפעה החיובית הנובעת משימוש בלוחות בקרה למימדים נוספים של התפתחות מקצועית של מורים, באמצעות הכשרת מורים לשימוש בלוחות בקרה כבר בשלב לימודי ההוראה. על ההכשרה להיות מעמיקה, כך שמורים לא יחשפו רק לפוטנציאל התיאורטי של השימוש בלוחות בקרה, אלא יבצעו גם התנסות מעשית. בעקבות כך, המורים יבינו את היתרונות הטמונים בקבלת החלטות המבוססות על נתונים ואת שלל האפשרויות הנפתחות בפניהם לקידום תלמידיהם ולקידומם האישי כתוצאה מהחשיפה למידע בלוח הבקרה. דברים אלו תקפים גם כלפי מורים שכבר נמצאים במערכת החינוך, שהרי הכשרתם המקצועית לא מסתיימת עם קבלת תעודת ההוראה (אבידב-אונגר, 2013). ראוי לפתח עבורם הכשרות ייעודיות-מעשיות לשימוש בלוחות בקרה ולאפשר להם ליהנות מיתרונותיו של כלי זה.

בנוסף, כדי לעודד שימוש בלוחות בקרה בקרב מורים, על מפתחי לוחות הבקרה ומערכות הלמידה המקוונות להתאים את עיצוב לוחות הבקרה לצורכי המורים. המורים הם הלקוחות המרכזיים של לוחות הבקרה ומערכות הלמידה. אין עוררין על כך שאם לקוחות אלו יחושו שלוחות הבקרה או מערכות הלמידה המקוונות גוזלות זמן או מעוררות תסכול (מהפן הטכני ומפן המידע) הם יוותרו על שימוש בהם. לפיכך, על מנת למקסם את פוטנציאל ההתפתחות המקצועית כתוצאה משימוש בכלים אלו, על מפתחי לוחות הבקרה ומערכות הלמידה המקוונות לאפשר למורים להיות שותפים מלאים בכל שלבי הפיתוח ואף בשלבי שיווק הכלים.

המגבלות המתודולוגיות העיקריות במחקר זה הם שהמחקר נערך בתחומי מדינה אחת בלבד והנבדקים היו שייכים לקבוצה ספציפית מאוד של מורים, קרי מורים בבתי ספר יסודיים שעשו שימוש בלוח בקרה לכל הפחות בשנת הלימודים האחרונה (תשע"ט). בנוסף לכך, הרוב המוחלט של הנבדקים היו נשים (50 מתוך 52 נבדקים).

כהמלצה למחקרי המשך בנושא זה יהיה מעניין לחקור כיצד התנסות בשימוש בלוחות בקרה על סטודנטים להוראה משפיעה על התפתחותם המקצועית בשנים הראשונות שלהם במערכת החינוך. בנוסף, מעניין יהיה לערוך מחקר בין שתי קבוצות (ניסוי וביקורת) ולבחון את ההבדלים בהקשר של התפתחות מקצועית בין הקבוצה שעשתה שימוש בלוחות בקרה לבין הקבוצה שלא. עוד כדאי יהיה לערוך מחקר אורך משולב (איכותני וכמותי) אשר יבחן האם מורים חשים בטווח הארוך השפעה על התפתחותם המקצועית כתוצאה משימוש מתמשך בלוחות בקרה וכיצד באה לידי ביטוי השפעה זו לתחשתם.

4.2. כיצד לספק למורים המלצות מבוססות-דאטה שתסייענה להם להתאים אישית חומרי למידה לתלמידיהם?

שילוב יישומונים משחקיים חינוכיים ללמידת מתמטיקה הפך נפוץ. מתרבות העדויות התומכות בתרומה שלהם הן ללמידה (e.g. Pareto, Arvemo, Dahl, Haake, & Gulz, 2011) והן להיבטים רגשיים (e.g. Ke, 2008). יישומונים משחקיים עשויים לספק נתונים לגבי ביצועים של תלמידים, כמו משך הזמן שהוקדש לכל פעילות ולמערכת בכללותה, וכן נתונים לגבי הישגים (Van den Heuvel-Panhuizen, 2013), ולאפשר התאמה אישית אשר נוגעת לתכנון מסלול למידה מתאים אשר עונה על מאפיינים ייחודיים של תלמידים (Chen, 2008).

התאמה אישית מבוססת אלגוריתם של תכנים חינוכיים לוקחת בחשבון בדרך כלל מידע אישי לגבי תלמידים כמו ידע קודם, המשאבים הקיימים, ומסלולי למידה דומים (e.g. Kickmeier-Rust, Steiner, & Albert, 2014; Romero, Ventura, Zafra, & Bra, 2009; Verbert, Manouselis, et al., 2012). משחקיים הציעו רצף של משחקונים לימודיים (e.g. C. A. Walkington, 2013) בהתבסס על היכרותם עם הכיתה ומטרות ההוראה, אשר עשויים לשפר שיקולים מבוססי אלגוריתם (e.g. Khribi et al., 2009). לפיכך, מחקר זה מנתח שיקולים המנחים הליך של התאמה אישית של רצף של יישומונים משחקיים בהתבסס של שלושה היבטים: ביצועי תלמידים, תוכן, או ביצועים של תלמידים אחרים.

הנחת המוצא של המחקר היא כי אפשרויות (affordances) הקשורות למורה ולאלגוריתם יובילו לשיקולי דעת שונים, ולכן להליך התאמה אישית ולהמלצה על רצף יישומונים שונה. לפיכך, למחקר שתי מטרות: ראשית, להשוות בין המלצות של מורה מומחית לגבי רצף הוראה של יישומונים ובין המלצות של אלגוריתם. שנית, להשוות הישגי תלמידים כתוצאה ביישום כל אחד מרצפי ההוראה. מכאן, מחקר זה מאמץ גישה מחקרית שונה מקודמיו ובוחר את האפקטיביות של כל גישה לחוד.

4.2.1. סקירת ספרות

4.2.1.1. התאמה אישית בלמידה משלבת טכנולוגיה

טכנולוגיה להעצמת למידה (Technology Enhanced Learning, TEL) מאפשרת התאמה אישית של תוכן חינוכי לצרכים ספציפיים של תלמידים. חוקרים של הוראה מבוססת מרשתת הקדישו תשומת לב רבה לרצף תכני גמיש

שמטרתו לספק מסלול למידה אופטימאלי לתלמיד הבודד, שכן לכל תלמיד ידע קודם שונה, העדפות, ולעיתים מטרות למידה מגוונות (Chen, 2008). מערכות מסוג (Intelligent Tutoring System, ITS) ומערכות המלצה מוצגות לעיתים יחד עם התאמה אישית בהקשר של טכנולוגיה חינוכית להעצמת הלמידה (Manouselis, Drachsler, TEL (Vuorikari, Hummel, & Rob, 2011).

מחקר כלל אילו מערכות מציעות טווח מגוון של שיקולים הנלקחים בחשבון בתהליך ההתאמה האישית. לפיכך, מערכות המלצה משתמשות במידע לגבי משתמשים ומשאבים, ולכן לעיתים קרובות המערכות מביאות בחשבון ידע קודם של הלומד, סגנון למידה, מידע הקשרי כמו המיקום של הלומד או מערכות יחסים עם אחרים, וכן משאבים זמינים ומטה-מידע לגבי פעילויות כמו רמת קושי ומידת אינטראקטיביות (Verbert, Manouselis, et al., 2012). מספר מערכות מתמקדות בהיבטים אפקטיביים וריגושיים של הלומד (Santos & Boticario, 2012). המלצה יכולות להתייחס גם להעדפות של הלומד כמו היסטוריה שלילית עם מערכת המלצה (e.g. Khribi, Jemni, 2009); (e.g. C. A. Walkington, 2013; C. Walkington & Bernacki, 2019). לבסוף, מערכות המלצה עשויות גם להגיע למסקנות על בסיס ביצועים של לומדים אחרים בעלי מאפיינים דומים (Romero, Ventura, Zafra, & Bra, 2009).

מערכות המלצה או ITS יכולות להיות מיושמות באופן אוטומטי מלא (e.g. Khribi et al., 2009; Mouri, Ogata, 2016), או לצד מעורבות של מורה אנושי (Manouselis et al., 2011), התפקידים השונים (לדוגמה, מורים יוצרים סיפורים אלגבריים להתאים לעניין של הלומדים אצל C. A. Walkington, 2013; C. Walkington & Bernacki, 2019). תנאים שונים של התאמה אישית (כמו, ללא התאמה אישית מול תוכן מותאם, או גישות שונות להתאמה), אנו בחרנו בזווית שונה, המתמקדת בשיקולים השונים של מורה ושל מערכת המלצה מבוססת אלגוריתם.

4.2.1.2. הזדמנויות ושיקולים

מורה אפקטיבי מתאפיין בידע תוכן מוצק הכולל דרכים בהן לומדים בתחום התוכן מבינים את המושגים העיקריים ואת היחסים ביניהם (Strauss, 2001) עבודתו פורצת הדרך של שולמן (Shulman, 1986) לגבי ידע מורים קשרה ידע תוכן עם ידע פדגוגי וטבעה את המושג ידע תוכן פדגוגי, המשקף ידע תוכן להוראה, כמו אילו נושאים נלמדים מתי, ייצוגים והסברים שהכי מותאמים להוראה. לכן, למורה אפקטיבי יש ידע תוכן מוצק, הכולל מה המורה ילמד, ומהי הגישה הפדגוגית המועדפת הקובעת כיצד ילמד את הנושא (Strauss, 2001) ידע תוכן מתמטי והגישה הפדגוגית המשוייכת אליו מהווים משאבים עבור מורה בבואו לעצב הזדמנויות למידה לתלמידיו. בנוסף, ובהינתן הקירבה בין מורה ותלמידיו ידועה כפרודוקטיבית ביכולת מורה לבצע התאמות הדרושות להם (Birch & Ladd, 1997) סביר כי מורים אפקטיביים הם בעלי הכרות קרובה עם תלמידיהם. לכן, היכרות אישית בין מורה ותלמידה מהווה משאב נוסף במכלול השיקולים של מורה האנושי.

מערכות המלצה המשולבות ב- TEL (Manouselis et al., 2011) עשויות ליישם מספר סוגים של אלגוריתמים או שילובם: (Verbert, Manouselis, et al., 2012) [hybridization] פילטר שיתופי – הקובע סדירויות בין משתתפים על בסיס הדירוג שלהם, ומייצר המלצות חדשות על בסיס השוואה בינם; פילטר תכני – אשר מציע משימות דומות לאלו שהמשתמש העדיף בעבר; פילטר ידע – אשר מייצר המלצות על בסיס השווה בין צרכי המשתמש, העדפות ומגוון המשימות הזמין (Shishehchi, Banhashem, Zin, & Noah, 2011) ושיטת המודעות לתוכן – אשר לוקחת בחשבון מידע תכני על המשתמשים (Adomavicius & Tuzhilin, 2011) גישות אלו מאחסנות נתונים מגוונים לגבי המשתמשים, פריטים ולוגים של טרנסקציות (Ricci, Rokach, & Shapira, 2011) כמו לוגים היסטוריים (Erdt, 2015). Fernandez, & Rensing, 2015) הפעילות העיקרית של מערכת המלצה מבוססת על חישובים, ניתוח נתונים, על מנת לצפות את השימושיות של פריט למשתמש, או לפחות להשוות זאת לפריטים אחרים (Ricci et al., 2011) כפי שתוער למעלה, מערכות המלצה יכולות להיות אוטומטיות לחלוטין ללא צורך בהתערבות אנושית (Khribi, Jemni, 2008; Verbert, Ochoa, et al., 2012) & Nasraoui, 2008; לכן, גישה ללוגים של נתוני היסטוריים, חישוביות ואוטומיזציה הן תכונות בולטות של הזדמנויות של TEL.

לפיכך, כאשר משוים את האדם והמכונה, ההבדלים בהזדמנויות המהותיות שלהם עשויים להוביל להבדלים מהותיים בתהליך ההתאמה האישית. מורים עם גישה פדגוגית מפותחת עשויים להכיר גישות קונסטרוקטיביסטיות וקוגניטיביות חדשות, ולכן להכיר בחשיבות הידע הקודם של התלמידים כמו גם בתוכן (Schunk, 2000) בעת הפעלת שיקוליהם. בנוסף, הידע המתמטי המוצק שלהם מאפשר לשקול באופן מעמיק את ההתאמות התכניות לתלמידיהם. ההיכרות האישית עם התלמידים יכולה לאפשר להוות משאב, אך רק בקנה מידה מקומי של כיתה או בית הספר. מכונה, מצד שני, בעלת גישה לנתונים היסטוריים, יכולות החישוב והאוטומיזציה, יכולה לשקול רקע של התלמידים וכן של תלמידים אחרים בקנה מידה ארצי, תוך מתן התייחסות שטחית יחסית לחוסר ההיכרות עם התלמידים. בכל אופן, קבצי יומן מאחסנים מידע על פעילות לומדים, כלומר על המשתמשים, המשימות והטרנסקציות הקשורות, כלומר כיצד פעלו (Ricci et al., 2011) ומגוייסיים בעזרת חישוביות ואוטומיזציה, גדולים ככל שיהיו, ולעיתים קרובות חסרים ידע תכני הדרוש לביצוע ההתאמה בין צרכי הלומד והפריטים (Shishehchi et al., 2011) לכן, הנדסת

הידע (Burke, 2000) המבוססת על מידול הקשרים בין פריטים ולומדים (Shishehchi et al., 2011) דרושה בנוסף לקבצי היומן. לפיכך, יש סבירות מועטה כי הפילטר השיתופי יקח בחשבון את התאמת התוכן ללומדים.

לסיכום, רמות שונות של שיוקולים על ידי מורה ומכונה במהלך תהליך ההתאמה האישית עשויים להוביל הזדמנויות שונות שילקחו בחשבון ובהתאם לכך ייצרו מערך המלצות שונה. לכן מעניין לבחון את ההמלצות המותאמות אישית ואת תוצרי הלמידה. נציין כי התאמה אישית היא עדיין אתגר גדול הן בסביבות למידה ממוחשבות והן בכיתה המסורתית.

4.2.2. האלגוריתם להמלצה – רקע תיאורי

4.2.2.1. הגדרת סדר תוכן בחינוך

דרך פופולרית לביצוע התאמה אישית בלמידה אלקטרונית (למידה דרך המחשב) היא להגדיר את סדר השאלות הניתנות לתלמידים באופן שהכי מתאים לשיטת הלמידה שלהם או לרווח שלהם (Ba-Omar et al., 2007). עברנו על תחומי העבודה העיקריים ונפרט עליהם כל אחד בתורו.

תחום משמעותי בתחום משתמש במודלים חישוביים. מודלים אלו מנסים למדל את ההתנהגות של התלמידים וללמוד תוך כדי פתירת השאלות. (Pardos & Heffernan, 2009) הסיק סדר על השאלות שהוצגו לתלמידים על ידי ניבוי היכולות שלהם באמצעות Bayesian Knowledge tracing (BKT). הם מראים את היעילות של השיטה על נתונים מסומלים בנוסף על סט מבחן הכולל סדר רנדומלי של 3 שאלות. (Ben David et al., 2016) פיתח BKT ע"פ אלגוריתם סידור. האלגוריתם משתמש בknowledge tracing כדי למדל רכישת היכולת של תלמידים לאורך זמן ורצף של שאלות לתלמידים על פי רמת השליטה שלהם וניבע את הביצועים. הם הראו כי המודל משפר את הלמידה של התלמידים מעבר לסידור התרגילים על ידי מומחים פדגוגיים. מודל חישובי פופולרי נוסף הוא Item Response Theory (IRT). מודל זה הוא תיאוריה במדדים של חינוך שמשמש לבחור את הפריטים לתלמידים לפי היכולות האישיות שלהם, כפי שנובע מהאינטראקציות הקודמות שלהם עם המערכת. בשונה מ-knowledge tracing, השיטה לא מחפשת לתחזק מודל המייצג את הידע של התלמידים. IRT היה בשימוש נרחב במתארי בחינה כמו SAT ו-khan academy (F. B. Baker & Kim, 2004). השיטה של (Dorça et al., 2016) מבוססת על מודל הסתברותי של התלמיד, בו השיטות למידה של התלמיד מתגלות ומתפתחות באופן אוטומטי. המודל שלהם מנסה להתאים בין סגנון הלמידה של התלמיד לבין המטרות למידה של שאלה בצורה אדפטיבית. הם בדקו את הגישה על מידה מסומלת ואישרו הטבע האדפטיבי שלה ואת התרומה ללמידה.

סינון שיתופי נבחר לעיתים קרובות כשיטה להמלצה למקורות חינוכיים ע"י הרבה מערכות של למידה אלקטרונית. (Segal et al., 2014) הציע את EduRank, אלגוריתם שמשלב סינון שיתופי יחד עם social choice theory כדי ליצור סדר שאלות מותאם אישית לתלמידים. האלגוריתם בונה דירוג קושי לשאלות עבור תלמיד ספציפי על ידי צבירת הדירוג של תלמידים דומים. האלגוריתם נבדק על שני מאגרי מידע מהעולם האמיתי והביצועים שלו הושוואו לעומת מגוון של שיטות התאמה אישית בנוסף לשיטה (שאינה עושה התאמה אישית) שהסתמכה על מומחה בתחום והוא נתן תוצאות טובות בהרבה לעומתם. במחקר המשך, (Segal et al., 2018) הציג את אלגוריתם MAPLE, אלגוריתם שמשלב את דירוג הקושי של EduRank יחד עם multi armed bandits sampling. הם בדקו את הגישה

בסימולציות ואישור את הטבע האדפטיבי ואת התועלת למידה לעומת אלגוריתמים אחרים על ידי מדידת שיפור יכולות. הם בנוסף ביצעו ניסוי בו הריצו את MAPLE בכיתה במקביל לשני אלגוריתמים כקו בסיס וגילו שהשיטה שלהם מראה תוצאות מבטיחות בביצועים של התלמידים ושיעור רצון. סינון שיתופי היברידי שמשלב ההמלצות של סינון שיתופי יחד עם מידע ספציפי לתחום נותן מידע אדפטיבי. שיטות כמו semantics context information (Kusumawardani et al., 2014) ontology (Shishehchi et al., 2011) ו- (Zhao & Wang, 2013) משתמשים בסינון שיתופי היברידי. עבודות אלו מוכיחות ששימוש במידע ספציפי לתחום יכול לשפר את ההמלצות באופן משמעותי.

קו עבודה אחר משתמש בלמידת מכונה כדי להתאים אישית את התוכן לתלמידים. (Zhou et al., 2018) הצג שיטה חדשה כדי לבנות מודל של personalized learning full-path recommendation, שמשתמש בשיטות חלוקה למקבצים בנוסף לרשת LSTM. המודל שהם מציעים מתייג לומדים וממליץ להם על חומרים על ידי נתינת רצף מלא של תהליך הלמידה. הם בדקו את המודל על נתונים מהעולם האמיתי והראו שהמודל נותן ביצועים טובים מאלו של אלגוריתמים אחרים ככל שמספר הלומדים הולך וגדל. בנוסף הם בדקו את המודל לעומת מודל שהמליץ על שאלות שלב אחר שלב, במקום לתת את הרצף המלא. הם מצאו כי ככל שמספר הצעדים גדל, הביצועים של המודל שנותן צעדים יורדים, בזמן שהביצועים של המודל שלהם עולים. (Vainas et al., 2019a) השתמש באלגוריתם למידת מכונה כרכיב לאלגוריתם מציאת רצף אדפטיבי. רכיב זה מנבא את הביצועים של תלמידים בתרגילים מוצעים, לאחר מכן הניבוי משמש כקלט למדיניות מציאת רצף שמחליטה איזה תרגילים נמצאים בקרבה להתפתחות של התלמיד ומקצה את התרגיל הבא. שיטה זו הוטמעה בתוך מערכת למידה אלקטרונית והורצה ב-8 בתי ספר. השיטה הושוואה למומחים כקו בסיס, והם הראו שהשיטה שלהם חסכה 17% מהזמן של התלמידים בזמן שהתקבלו אותם תוצאות לימודיות.

אנו מאמצים את הגישה של דירוג קושי באופן אישי כפי שבוצע ב-EduRank בשביל לבחור את רצף התוכן בחינוך (Segal et al., 2014). בשונה מ-EduRank, שמנסה לפתור את הבעיה באמצעות שיטה המבוססת על שכונות (כלומר, סינון שיתופי מבוסס זיכרון), אנחנו ניגשנו לבעיה בעזרת מטריצת פירוק לגורמים (כלומר, סינון שיתופי מבוסס מודל) משתמש בלמידת מכונה, ובאופן יותר ספציפי ברשתות נוירונים עמוקות.

4.2.2.2. ללמוד לדרג (LTR – learning to rank)

ללמוד לדרג זה קבוצה של טכניקות שמבצעות למידת מכונה מונחית כדי לפתור בעיות דירוג שהוצגו ב- (Deeds et al., 2005). ההבדל העיקרי בין LTR ושיטות למידה מונחית מסורתיות הוא שהוא פותר בהן בעיית ניבוי (תיוג או רגרסיה) על מופע אחד בכל פעם, בזמן ש-LTR פותר את בעיית הדירוג על רשימה של מופעים. המטרה של LTR זה למצוא סדר אופטימלי של מופעים אלו. לכן, LTR נותן פחות התייחסות לניקוד המדויק שכל מופע מקבל, אלא מנסה למצוא את הסדר היחסי האופטימלי בין כל המופעים. הגישות של LTR פותחו במקור עבור משימות אחזור מידע כמו דירוג סט של מסמכים בהינתן שאילתא, והם מקובצים ל-3 קטגוריות עיקריות: pairwise, listwise ו-pointwise. נפרט על כל אחד מהקטגוריות בתורו.

גישת pointwise מניחה שלכל זוג של שאילתא – מסמך יש ציון סדיר (Crammer & Singer, n.d.; P. Li et al., n.d.) כעת הדירוג מנוסח בצורה של בעיית רגרסיה, בה הערך דירוג של כל מסמך מוערך ככמות אבסולוטית. במקרה בו שיפוטי רלוונטיות ניתנים כהעדפות pairwise (במקום רמות רלוונטיות), זה בדרך כלל לא פשוט לבצע את אלגוריתמים אלו ללמידה. בנוסף, שיטות pointwise לא לוקחות בחשבון תלות הדדית בין מסמכים, כך שהמיקום של מסמכים בדירוג הסופי מפספסים בפונקציות דמויות רגרסיה עבור הפסד המשמשות לכוונן פרמטרים. מצד שני, גישת listwise לוקחת את כל הדירוג מסמכים לכל שאילתא כמופע אימון (Xu & Li, n.d.). כתוצאה ישירה, גישות שלו מסוגלות להבדיל מסמכים משאילתות שונות, ולקחות בחשבון את המיקום שלהם בפלט דירוג בשלב האימון. שיטות listwise מכוונות למצוא באופן ישיר את המדד דירוג האופטימלי, כך שהם יכולים באופן כללי לגשת לבעיות אופטימיזציה מסובכות שמתמודדות עם פונקציות לא קמורות, לא גזירות ולא רציפות. לבסוף בשיטות pairwise הדירוג מורכב מסט של זוגות מסמכים (Freund et al., 2003). לכן דירוג נחשב לבעיית סיווג של זוגות מסמכים, כך שהמסווג מאומן על ידי מזעור מספר הטעויות בדירוג. בשלב המבחן, המסווג נותן לכל זוג מסמכים ערך חיובי או שלילי שאומר איזה מהמסמכים אמור להיות מדורג גבוה יותר מהשני.

אחת מהרשתות נוירונים הראשונות ששומשו עבור דירוג היא RankProp (Caruana et al., n.d.). RankProp משתמש בגישת pointwise מחליפה בין 2 שלבים של למידה. ערכי pointwise האמיתיים על ידי מזעור שורש השגיאה הממוצעת של המטרה ושינוי של הערכים הרצויים עצמם, כדי לשקף את הדירוג הנוכחי שניתן על הרשת נוירונים. מאוחר יותר (Deeds et al., 2005) הציע את RankNet, גישת pairwise, שלומדת את פונקציית ההעדפות על ידי מזעור ה-cross entropy cost על זוגות של דוגמאות רלוונטיות ולא רלוונטיות. דוגמא נוספת היא SortNet שהוצאה על ידי (Rigutini et al., 2011), לומדת את פונקציות ההעדפות על ידי מזעור ההפסד מהדירוג על זוגות דוגמאות שנבחרות באופן מחזורי עם מטרה כוללת של למקסם את האיכות של הדירוג. שלושת השיטות שתוארו לוקחות בחשבון את הבעיה של LTR לאחזור מידע עם פיצ'רים קבועים לשאילתות ומסמכים (כמו tf-idf, context features, meta-data features ועוד).

אימצנו את פונקציית ההפסד מבוססת pairwise לדירוג שהוצגה על ידי (Deeds et al., 2005) מבלי להשתמש בפיצ'רים קבועים. במקום, לומדים ייצוג סמוי של תלמידים ושאלות בזמן שבו זמנית לומדים את דירוג ההעדפות לשאלות עי ידי שימוש במאפיינים טהורים של סינון שיתופי (כלומר, שלשות של תלמיד-שאלה-ניקוד בלבד).

סינון שיתופי עם רשתות נוירונים עמוקות

יש הרבה עבודות שמנסות לפתור את המשימה של סינון שיתופי באמצעות רשתות נוירונים עמוקות. בין העבודות הראשונות בנושא היא של (Salakhutdinov et al., n.d.), בו הוא מאמץ גרסה של restricted boltzmann machine, שהיא מודל גרפי לא מכון עם שתי שכבות המכילות יחידות נראות של softmax ויחידות בינאריות נסתרות, זאת על מנת לבצע את הניבוי של הדירוג.

שיטות היברידיות של סינון שיתופי, שמשלבות בין למידה עמוקה יחד עם מטריצת פירוק לגורמים קיבלה הרבה צומת לב. עבודות אלו מתמקדות בעיקר על מינוף מודלים של למידה עמוקה כמו auto-encoder ו-CNN על מנת למדל מידע

צד כמו טקסטים או תמונות, זאת על מנת להסדיר פקטורים סמויים של המשתמש או האובייקט (S. Li et al., n.d.). לדוגמא, למידה עמוקה שיתופית על ידי (Wang et al., n.d.) משתמש ב- Stacked Denoising auto-encoder (SDAE) על מנת למדל טקסטים, בזמן שאחרים כמו (Joo et al., 2016) טוען שלמודל bag-of-words כמו SDAE יש חסרון מובנה, ומציע להשתמש ב-CNN כדי ללמוד באופן יותר אפקטיבי פיצורים סמויים. למרות התוצאות המבטיחות שלהם, גישות אלו מנסות לשלב למידה עמוקה עם מערכות המלצה סטנדרטיות. לא ניתנה תשומת לב רבה להפעלה של למידה עמוקה כדי לפתח מאפיינים טהורים של סינון שיתופי.

קו עבודה אחר מנסה להשתמש בלמידה עמוקה כדי ליצור המלצות באופן ישיר. לדוגמא, (Cheng et al., n.d.) הציע שיטת המלצה מודעת הקשר שנקראת wide and deep, שתחילה מבצעת embedding לפיצורים למרחב סמוי ואז משתמש ב-MLP על השרשור של הווקטורים הסמויים כדי ללמוד את המבנה הסמוי. הרעיון להשתמש ב-MLP על השרשור שונה יותר מאוחר על ידי (He et al., 2017) והציע מערכת של pointwise neural collaborative filtering (NCF) שכולל הרכב של MLP ורכיבי מטריצה כללית של פירוק לגורמים שתורמים במשותף לביצועים יותר טובים. NCF יכול להיות מאומן עם weighted square loss או עם binary cross-entropy loss, כאשר שיטות של דגימה שלילית יכולות להיות בשימוש כדי להקטין את מספר מופעי האימון עם מופעים שלא נצפו. הם מראים איך הגישה שלהם עובדת יותר טוב מאשר שיטות חדשות על מספר מאגרי נתונים מוכרים.

אנו משתמשים ברשתות נוירונים עמוקות כדי לתת המלצות באופן ישיר. כדי לעשות את זה, אנחנו מאמצים את המערכת של NCF כדי לטפל בתחום החינוך. במקום זוגות משתמש-אובייקט, יש לנו זוגות תלמיד-שאלה, עם המטרה של לתפוס את היחסים בין תלמידים ושאלות. בנוסף, המערכת המקורית של NCF מבצעת למידה pointwise עבור זוגות משתמש-אובייקט. אנחנו מנסים לפתור את בעיית הדירוג, וכפי שהוסבר, גישות pointwise הראו תוצאות הרבה פחות מבטיחות לבעיית הדירוג. לכן, אנחנו מרחיבים את המערכת NCF לבצע למידה pairwise עבור תלמיד וזוג של שאלות כאשר משתמשים ב-LT pairwise loss function.

4.2.2.3. בעיית דירוג קושי

בפרק זה נגדיר באופן פורמלי את הבעיה של דירוג שאלות עבור תלמידים בהתבסס על קושי אישי. אנחנו לוקחים בחשבון הגדרות של למידה אלקטרונית עם קבוצה של תלמידים S וסט של שאלות Q . בעיית דירוג קושי כוללת תלמיד מטרה $s_i \in S$, וסט של שאלות $T_i \subset Q$, עבורם האלגוריתם צריך לנבא דירוג סובייקטיבי של קושי השאלות T_i .

הקלט לבעיה כולל:

סט של תלמידים S

סט של שאלות Q

לכל תלמיד $s_i \in S$, דירוג חלקי לפי קושי על סט של שאלות $H_i \subset Q$

אנחנו מניחים שלכל תלמיד יש דירוג קושי אישי על השאלות. כדי להסיק את דירוג זה, נתחיל על ידי לדרג שאלות על ידי הניקוד שהתלמיד קיבל בניסיון הראשון לפתור אותם, ואז נשבור שוויוניים על ידי הזמן שלקח לתלמיד לפתור את השאלה.

לכל תלמיד $s_i \in S$ יש שתי קבוצות משנה לא משותפות $H_i, T_i \subset Q$, כאשר הדירוג קושי לתלמיד עבור H_i ידוע (כלומר דירוג חלקי בין כל השאלות ב- H_i). לכל תלמיד מטרה, H_i מייצג את סט השאלות התלמיד כבר פתר (כלומר ההיסטוריה של התלמיד), בזמן ש- T_i זה סט של שאלות שעליו צריך להסיק את דירוג הקושי (כלומר שאלות המטרה). המשימה היא להשתמש בדירוג הידוע לכל התלמידים על מנת לחשב את דירוג הקושי הדרוש עבור השאלות T_i לכל אחד מהתלמידים.

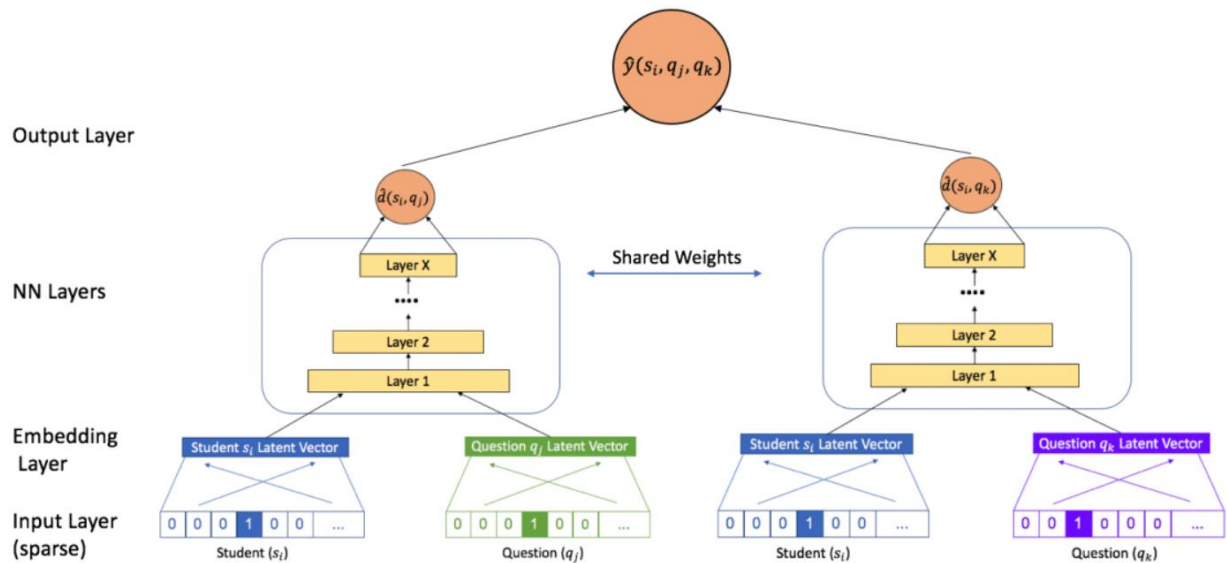
4.2.2.4 NCFR Neural Collaborative Filtering Ranking

המודל NCFR Neural Collaborative Filtering Ranking (NCFR) הינו מודל המבוסס על שני תחומים: סינון שיתופי ואחזור מידע.

במאמר (He et al., 2017) מוצגת רשת נוירונים עליה אנו מתבססים. אך בניגוד למאמר השתמשנו בה בתחום שלנו של התאמת קושי שאלות לתלמידים במקום התחום הקלאסי של סינון שיתופי במפרט משתמש – מוצר. תמונה 1 מראה את ארכיטקטורת הרשת, כאשר השתמשנו בזוהות התלמיד והשאלה בלבד (מומר לקידוד one-hot) כפיצ'רים הנכנסים לשכבת הכניסה (כלומר השכבה הראשונה). עובדה זו מוודאה שימוש בהגדרה טהורה של סינון שיתופי, דבר שרצינו לשמר על מנת לאפשר לבצע התאמה למודל לתחומים אחרים בקלות.

ה-embedding של התלמיד ושל השאלה משורשים יחד ומוזנים לרשת ארכיטקטורת פרספטרון מרובת שכבות (MLP) שממפה אותם לערכי ניבוי. שימו לב, שרשור פשוט בין וקטורים לא נחשב לאינטראקציה מורכבת בין הפיצ'רים של תלמיד והשאלה, דבר שלא מספיק למידול ההשפעה של סינון שיתופי. על מנת לפתור את בעיה זו, הוספנו שכבות של רשת נוירונים אשר לומדות דפוסים נסתרים ולא ליניאריים בין הפיצ'רים הניתנים (במקרה שלנו הייצוג של תלמיד ושאלה). הפלט של השכבה האחרונה הוא ניבוי של ציון המייצג את רשמת הקושי של שאלה $\hat{d} \in R$.

תהליך הלמידה של המודל נקלח מתוך תחום של אחזור מידע הנקרא (LTR) learning to rank (Deeds et al., 2005). הרשת שלנו מאפטמת את פונקציית השגיאה של LTR, מנבעת את העדיפה של שאלה אחת על אחרת לכל תלמיד.



תמונה 1: ארכיטקטורת NCER, שים לב כי לשני הצדדים של הרשת (צד שמאל וצד ימין) יש משקולות משותפים (כולל שכבת ה-embedding)

תהליך הלמידה עבור תלמיד $s_i \in S$, שאלה $q_j \in Q$ ושאלה $q_k \in Q$ מוגדרת באופן הבא: התלמיד והשאלה הראשונה מוזנים לרשת על מנת לקבל ניבוי עבור קושי השאלה $\hat{d}(s_i, q_j)$, לאחר מכן התלמיד יחד עם השאלה השנייה מוזנים לאותה הרשת (בעלת משקולות משותפים כמו שניתן לראות בתמונה 1) על מנת לקבל ניבוי לקושי השאלה $\hat{d}(s_i, q_k)$. עם ערכים אלו אנחנו מגדירים הניבוי להסתברות שהשאלה הראשונה קשה יותר מהשאלה השנייה עבור התלמיד ע"י:

$$\hat{y}(s_i, q_j, q_k) = \sigma(\hat{d}(s_i, q_j) - \hat{d}(s_i, q_k))$$

כאשר σ זה פונקציית סיגמואיד. לדוגמא כאשר הקושי המנובא לשאלה הראשונה והשנייה הוא זהה, המודל הוא אגנוסטי לחלוטין (כל אחת מהשאלות קשה יותר עם הסתברות 0.5)

הפונקציית מטרה של המודל היא למזער את ה- $\text{bin. cross-entropy}$ (Deeds et al., 2005). $\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$. משתמשים בפונקציית מטרה זו על $\hat{y}(s_i, q_j, q_k)$, את כמות ההיפוכים בדירוג המתקבל. תהליך האופטימיזציה יכול לבוצע ע"י שימוש במורד הגרדיאנט סטוכסטי (SGD):

$$L = -(I(s_i, q_j, q_k) * \log(\hat{y}(s_i, q_j, q_k))) + (1 - I(s_i, q_j, q_k)) * \log(1 - \hat{y}(s_i, q_j, q_k))$$

כאשר $I(s_i, q_j, q_k)$ הוא אחד כאשר q_j הוא יותר קשה מ- q_k עבור התלמיד, ו-0 אחרת. באופן אינטואיטיבי, השימוש בפונקציה דיפרנציאלית ב- $\hat{y}(s_i, q_j, q_k)$ יחד עם מזער פונקציית שגיאה של binary-cross-entropy, זה כמו להגדיר את הכוח והכיוון שצריך להפעיל כאשר מעדכנים את המיקום של שתי השאלות. הכוח זה הערך של הגרדיאנט, שמחשוב על ידי תהליך חלחול לאחור (back propagation) על הפונקציה הדיפרנציאלית (כלומר אותו הכוח לשתי

השאלות). הכיוון נקבע על ידי הפונקציה הדיפרנציאלית ויכול להיות חיובי לשאלה אחת ושלילי לשאלה אחרת או להפך (כלומר, תזוזה חיובית למיקום גבוה יותר ברשימה, ושלילי לתזוזה במורד הרשימה).

כפי שצוין, הקלט לבעיה כולל: לכל תלמיד, דירוג חלקי ע"פ קושי על סט של שאלות $H_i \subset Q$ NCFR מבצע השוואה בזוגות, ולכן צריך להמיר את הקלט של דירוג השאלות לקלטים של זוגות עם תיוגים לרשת. לכל תלמיד ולהיסטוריה שלו של שאלות, לכל זוג שאלות שונות יש שני תנאים:

- אם שאלה כלשהי q_j קשה יותר משאלה אחרת q_k עבור התלמיד לפי הדירוג, צריך ליצור קלט (s_i, q_j, q_k) עם התיוג 1.
- אם שאלה כלשהי q_j קלה יותר משאלה אחרת q_k עבור התלמיד לפי הדירוג, צריך ליצור קלט (s_i, q_k, q_j) עם התיוג 1.

לדוגמא עבור תלמיד עם היסטוריית שאלות $H_i = \{q_1, q_2, q_3\}$, ודירוג שאלות $q_1 > q_2 > q_3$ (כלומר השאלה הראשונה הקשה ביותר, והאחרונה הקלה ביותר), נקבל את הקלט הבא:

1. קלט: (s_i, q_1, q_2) , פלט: 1
2. קלט: (s_i, q_1, q_3) , פלט: 1
3. קלט: (s_i, q_2, q_3) , פלט: 1

הקלטים האלו מוזנים לרשת ומבוצעת למידה עליהם בהתאם לתיוגים.

המודל עושה השוואה בין כל זוג שאלות, ולכן על מנת לייצר לכל תלמיד דירוג חלקי של קושי שאלות, יש לבצע שני שלבים כל תלמיד:

1. להשוואות כל זוג אפשרי של שאלות שונות.
2. להמיר את ההשוואה בין הזוגות לדירוג חלקי.

אנחנו הופכים את השוואת הזוגות המתקבלת כפלט מהרשת לדירוג על ידי שימוש בפונקציית בחירה חברתית (social choice) הנקראת (Copeland, 1951) Copeland's pairwise aggregation method.

לכל תלמיד עם סט שאלות, ולכל זוג שאלות q_k, q_j שונות, אנחנו מקבלים ניבוי מהמודל NCFR. אם המודל מנבא ש- q_j יותר קשה עבור התלמיד, אז אנחנו מייצגים את זה כניצחון עבור שאלה q_k והפסד עבור q_j (ולחפך). ניקוד Copeland עבור שאלה מוגדר על ידי כמות הניצחונות של השאלה לעומת כל שאר השאלות והחסרת כל ההפסדים שלה לעומת השאלות האחרות. דירוג חלקי על השאלות מיוצג על ידי ניקוד זה.

4.2.3. תוצאות אמפיריות

בחלק זה נתאר את ההשוואה במצב לא מקוון של NCFR לשיטות אחרות עבור בעיית דירוג קושי. נתחיל על ידי תיאור המדדים שהשתמשנו בהן להעריך את האלגוריתמים ואת מאגרי הנתונים. לאחר מכן נדון באלגוריתמים השונים שהשתמשנו להשוואה ונסיים עם תוצאות של האלגוריתמים השונים.

4.2.3.1. מדדים

עבור המדדים אימצנו את המדדים שהוגדרו בעבודה הקודמת של (Segal et al., 2014) שנלקחו מתחום תחום אחזור המידע, זאת במטרה להעריך את האלגוריתמים השונים לדירוג קושי. שיטות לאחזור מידע בדרך כלל מוערכות על ידי

השוואה בין הדירוג שהן מציאות לבין הדירוג הנכון (gold standard), אשר ניתן על ידי המשתמש או על ידי מומחה בתחום (Zhao & Wang, 2013).

לפני שנתאר את המדדים, נגדיר את ההגדרות הבאות:

- $T \subset Q$ – סט של שאלות עליו הדירוג נמדד
- $\binom{T}{2}$ – סט של כל זוגות השאלות ב-T ללא סדר.
- R_T – סדר סימוכין חלקי עבור סט שאלות T (כלומר, ה-golden standard שמשווים איתו).
- $\widehat{R}_T$ – הסדר החלקי המנובא על סט השאלות T (כלומר, הדירוג שהאלגוריתם מציג).
- $q_j >_{R_T} q_k$ – שאלה q_j מדורגת גבוה יותר משאלה q_k לפני הדירוג החלקי R_T

בנוסף נגדיר את מידת ההסכמה בין שני דירוגים R_T ו- $\widehat{R}_T$:

- שני הדירוגים מסכימים על 2 שאלות q_j ו- q_k אם מתקיים $q_j >_{R_T} q_k$ וגם $q_j >_{\widehat{R}_T} q_k$
- שני הדירוגים לא מסכימים לגבי 2 שאלות q_j ו- q_k אם מתקיים $q_k >_{R_T} q_j$ וגם $q_j >_{\widehat{R}_T} q_k$
- שני דירוגים תואמים לגבי 2 שאלות q_j ו- q_k אם מתקיים $q_j >_{R_T} q_k$ וגם לא מתקיים $q_j >_{\widehat{R}_T} q_k$ או $q_k >_{\widehat{R}_T} q_j$ (כלומר יש תיקון בין 2 השאלות ב- $\widehat{R}_T$).

מרחק מנורמל מבוסס ביצועים

משתמשים במדד מרחק מנורמל מבוסס ביצועים (NDPM) לעיתים קרובות כדי להעריך מערכת דירוג לעומת דירוג סימוכין (Yao, 1995). מדד זה מבדיל בין סדר נכון של זוגות, סדר לא נכון ושוויונות. נגדיר $d_{R_T, \widehat{R}_T}(q_j, q_k)$ להיות פונקציית המרחק בין דירוג הסימוכין R_T והדירוג המוצג $\widehat{R}_T$ עבור שתי שאלות q_j ו- q_k בצורה הבאה:

$$d_{R_T, \widehat{R}_T}(q_j, q_k) = \begin{cases} 0 & \text{if } \widehat{R}_T \text{ and } R_T \text{ agree on the questions} \\ 1 & \text{if } \widehat{R}_T \text{ and } R_T \text{ compatible on the questions} \\ 2 & \text{if } \widehat{R}_T \text{ and } R_T \text{ disagree on the questions} \end{cases}$$

כעת, נגדיר $m(R_T)$ להיות המרחק המקסימלי שכל דירוג יכול להיות מדירוג הסימוכין שישמש כפקטור נרמול. הניקוד שנותן ה-NDPM משווה את הדירוג המוצא לדירוג הסימוכין באופן הבא:

$$NDPM(R_T, \widehat{R}_T) = \frac{\sum_{(q_j, q_k) \in \binom{T}{2}} d_{R_T, \widehat{R}_T}(q_j, q_k)}{m(R_T)}$$

מדד NDPM נותן ניקוד 0 עבור דירוג קושי על סט T שמסכים לחלוטין עם דירוג הסימוכין, וניקוד הכי גרוע של 1 עבור דירוג שלגמרי לא מסכים עם דירוג הסימוכין. אם הדירוג המוצג לא מכיל העדפה בין 2 שאלות שמדורגות בדירוג הסימוכין, הוא מוענש על ידי חצי ממה שהיה מקבל על אי הסכמה.

AP Rank Correlation

בעיה פוטנציאלית עם NDPM זה שהוא לא לוקח בחשבון את המיקום של אי הסכמות בין הדירוגים. בחלק מהמקרים זה יותר חשוב לסדר נכון אובייקטים שאמורים להופיע קרוב אחד לשני בראש של הדירוג, מאשר אובייקטים

שממוקמים בתחתית הדירוג. במקרה שלנו, אנחנו מניחים שהחומרה של שגיאה בדירוג שאלות תלוי במיקום שלהם בדירוג. כיוון שאנחנו מעוניינים בסידור השאלות לפי קושי, לנבא איך שאלה קלה אמורה להיות מדורג לא חשוב כמו להימנע מלהציג שאלה קשה מוקדם מדי, כיוון שזה יכול ליצור תסכול אצל התלמיד. לכן כאשר מעריכים דירוג של שאלות, זה לעיתים חשוב לקחת בחשבון שאת המיקום של השאלות בדירוג. אנחנו מעוניינים לתת משקלים שונים עבור שגיאות כתלות במיקום שלהם בדירוג.

מסיבה זו, אנחנו משתמשים במדדי AP correlation (Yilmaz et al., n.d.). מדד זה נותן יותר משקל לטעויות עבור אובייקטים שמופיעים יותר גבוה בין דירוג סימוכין. המדד משוואה את הסדר בין כל אובייקט בדירוג המוצע עם כל האובייקטים שבאים לפניו עם הדירוג סימוכין.

נסמן $\left(\widehat{R}_T\right)_2^k$ כסט של כל השאלות שיותר קשות לתלמיד מאשר שאלה q_k לפני הדירוג המנובא.

$$\left(\widehat{R}_T\right)_2^k = \{(q_j, q_k) | \forall q_j \neq q_k \text{ s.t. } q_j >_{\widehat{R}_T} q_k \text{ and } q_j, q_k \in T\}$$

נגדיר $I(q_j, q_k, R_T, \widehat{R}_T)$ שווה ל-1 כאשר שני הדירוגים מסכימים על השאלות ואפס אחרת. בנוסף, $C^k(R_T, \widehat{R}_T)$ מייצג את מספר זוגות השאלות עם הסכמה בין שני הדירוגים עבור כל השאלות שמתקיים $q_j <_{\widehat{R}_T} q_k$

$$C^k(R_T, \widehat{R}_T) = \sum_{(q_j, q_k) \in \left(\widehat{R}_T\right)_2^k} I(q_j, q_k, R_T, \widehat{R}_T)$$

ניקוד AP עבור דירוג חלקי $\widehat{R}_T$ בהינתן דירוג סימוכין R_T מוגדר ע"י:

$$AP(R_T, \widehat{R}_T) = \frac{1}{|T| - 1} \sum_{k \in [2, |T|]} \frac{C^k(R_T, \widehat{R}_T)}{k - 1}$$

מטריקה זו נותן ניקוד מושלם של 1 כאשר יש הסכמה מוחלטת בין דירוג מוצע לבין דירוג הסימוכין. הניקוד הגרוע ביותר של 0 ניתן אם לא היה אף הסכמה בין שני הדירוגים. באופן אינטואיטיבי, אפשר לשים לב שהמדד AP correlation לוקח בחשבון את המיקום על ידי חלוקה במספר ההסכמות של שתי הדירוגים על פי המיקום k .

4.2.3.2. מאגרי נתונים

ביצענו ניסויים על 2 מאגרי מידע מעולם החינוך. המאגר הראשון שאנו קוראים לו GK6, נלקח ממערכת למידה אלקטרונית שבוצעו בבתי ספר K-6 בכל העולם. זו סביבת למידה אונליין שכולל פרקים מבוססי משחק עבור מתמטיקה של יסודי. כל פרק – כולל מספר בעיות – מכון לנושא ספציפי במתמטיקה, בדרך כלל מתמקד על מיומנות ספציפית (לדוגמא, זיהוי שברים, יצירת שברים, השוואת שברים וכו'). פרקים בדרך כלל דורשים אינטראקציה עם הלומד (לדוגמא, להזיז אלמנטים חזותיים) ונותן להם משוב על הפתרון שמוגש. כיוון שכל תלמיד יכול לקיים אינטראקציה יותר מפעם אחת בפרק, אנחנו משתמשים רק בניסיון הראשון שכל תלמיד בכל פרק. השימוש רק בניסיון

הראשון הוא שיטה ידועה שעוזרת להבדיל בין התלמידים והשתמשו בה במספר מחקרים כקירוב לידע או ביצועים של התלמיד (Pardos & Heffernan, 2009; Segal et al., 2014; Vainas et al., 2019b).

לאחר עיבוד מוקדם וניקוי של הנתונים, השתמשו בפיצ'רים הבאים לכל אינטראקציה של תלמיד בפרק – ה-ID של התלמיד, ה-ID של הפרק, ציון, זמן התחלה, זה ששהה בפרק. כאשר בזמן ההתחלה משתמשים במטרה רק לשמר את סדר האירועים. מאגר נתונים זה כולל 563,735 אינטראקציות של תלמיד – פרק (רק ניסיונות ראשונים), כולל 15,000 תלמידים ישראלים שעשו 978 פרקים בין יולי 2017 ליוני 2018. שים לב שבמאגר זה אנחנו מתייחסים לפרקים כשאלות, כלומר, הרכיב הבסיסי עליו אנחנו ממליצים.

המאגר השני, לו אנחנו קוראים K12, הוא גם מאגר שלא פורסם שהישגנו ממערכת למידה אלקטרונית שמותקנת ב-120 בתי ספר והשתמשו בה יותר מ-10,000 תלמידים. הרשומות במאגר זה הם אנונימיות. מאגר זה כולל בערך 900,000 ניסיונות מענה בתחום שונים כולל מתמטיקה, אנגלית כשפה שנייה ולימודים חברתיים. השתמשו בפיצ'רים הבאים לכל שאלה: ה-ID של השאלה, התשובה שניתנה על ידי התלמיד והציון שמשויך לכל ניסיון לפתור את השאלה. לרועה המזל, מאגר זה לא כולל זמנים לכל תגובה, ולכן אנחנו לא יכולים לבדוק כמה זמן לקח, עד לרגע בו השאלה נפתרה.

4.2.3.3 מודלים להשוואה

השוואנו את הביצועים של מספר מודלים שונים לשיטת ה-NCFR. תחילה, השתמשנו באלגוריתם EduRank, שנתן את ההשראה לעבודה על דירוג קושי. EduRank נתן ביצועים טובים למחקרים חדשים בתחום.

אלטרנטיבה פופולרית בספרות של מערכות המלצה זה לנבא את הציון עבור אובייקט, ואז לדרג על ידי מיון של הציונים (כלומר, גישת pointwise). לכן השתמשנו בנוסף את האלגוריתם המקורי של NCF על מנת לנבא ציון ולבצע דירוג (He et al., 2017) pointwise. אלגוריתם זה דורש ציון שאלה כקלט (במקום דירוג), כאשר השתמשנו בציונים הבאים. התחלנו עם הציון בניסיון הראשון שתלמיד קיבל על שאלה, מנורמל לתחום $[0,1]$ (אם נדרש). לכל ניסיון נוסף עבור שאלה הורדנו את הציון ב-0.2 נקודות. עבור המאגר GK6, הורדנו (מנורמל לטווח $[0,0.1]$) את הזמן הדרוש לפתירת השאלה מהציון, במטרה לתפוס את הדירוג המשני לפי זמן כמו שעשינו בדירוג. שיטת ציון זו תופסת בצורה מאוד דומה את הסדר של דירוג קושי.

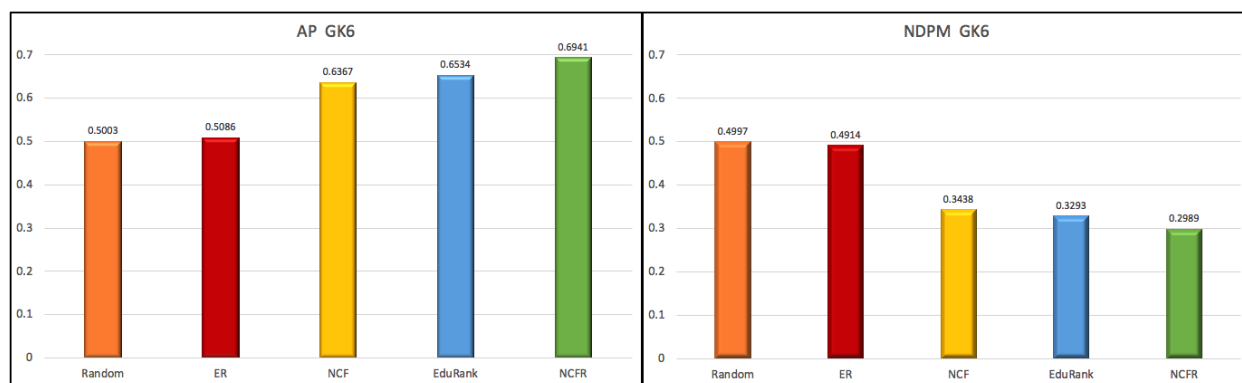
במאגר GK6, השוואנו בנוסף לדירוג קושי לא מותאם אישית, אשר ניתן על ידי מומחה בתחום. את דירוג המומחה נסן על ידי ER. כקו בסיס, השתמשנו בדירוג רנדומלי כדי לראות אילו מהגישות לא עובדות טוב כלל בתחום של דירוג קושי.

מבוסס על הגדרת הבעיה בפרק [NCFR](#), לכל תלמיד אנחנו מחלקים את התשובות עליהם הוא ענה לשני קבוצות: קבוצת אימון (70%), שניתנת כקלט לאלגוריתמים השונים, וקבוצת בדיקה (30%) שהאלגוריתמים צריכים לדרג. החילוק מבצוע לפני החותמת זמן של התשובות, כאשר תשובות יותר מאוחר יהיו בקבוצת בדיקה. לאלגוריתמים

שצריכים התאמה של הייפר-פרמטרים, באותה תצורה שאנחנו מחלקים לאימון ובדיקה, עושים חלוקה נוספת לקבוצת אימון ויוצרים קבוצת ולידציה.

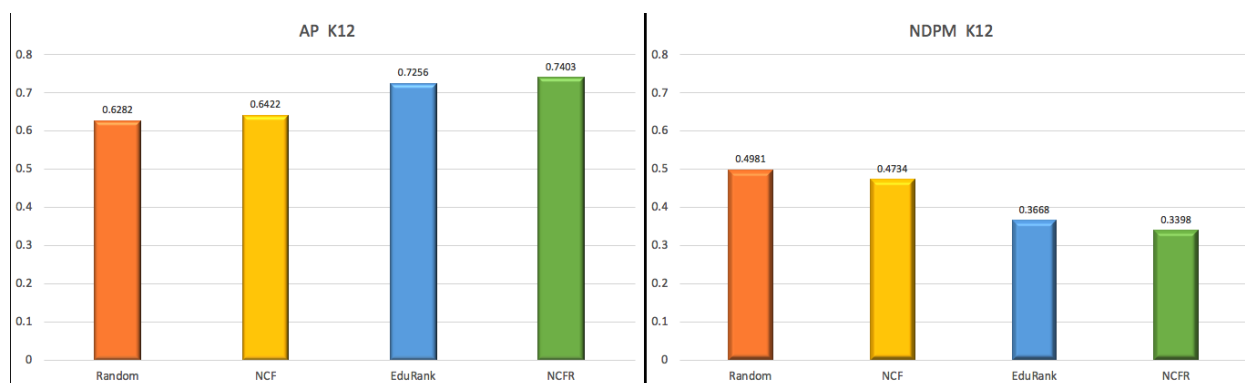
4.2.3.4. תוצאות

השוואנו את התוצאות של כל אחד מהאלגוריתמים באמצעות NDPM ו-AP עבור 2 מאגרי המידע. שימו לב שעבור NDPM, ציון יותר נמוך אומר דירוג יותר טוב, בזמן שעבור ה-AP, דירוג יותר טוב נותן ציון יותר גבוה. לכל האלגוריתמים סידרנו את הדירוג קושי בסדר יורד של קושי (כלומר, שאלות יותר קשות היו מדורגות יותר גבוהה ברשימה).



תמונה 2: הערכת ביצועים על מאגר ה-GK6.

תמונה 2 מראה את הביצועים על כל האלגוריתמים המוצעים על המאגר GK6, ותמונה 3 מראה את הביצועים על כל האלגוריתמים עבור המאגר K12. אנחנו יכולים לראות שהאלגוריתם שלנו NCFR נותן ביצועים יותר טובים מכל האלגוריתמים האחרים על שני המאגרים עבור שני המדדים. paired t-test בוצע בין הביצועים של NCFR ו-EduRank, התוצאות היו מובהקות סטטיסטית עם $p < 0.055$ עבור שני המאגרים ועם שני המדדים.



תמונה 3: הערכת ביצועים על מאגר ה-K12.

כאשר מסתכלים על האלגוריתמים האחרים, היחידי שהראה ביצועים שניתן להשוואה לעומת NCFR הוא EduRank. דבר זה אינו מפתיע במיוחד, זאת כיוון ששתי שיטות אלו נבנו במטרה לפתור את בעיית דירוג קושי, כיוון

ששתיהן מקבלים כקלט דירוג (ולא ציונים) ומנסים למצוא את הדירוג האופטימלי באופן ישיר על ידי שימוש במידה שניתן מתוך דירוג הקלט.

מצד שני, שיטת ה-pointwise (NCF) הראתה תוצאות פחות טובות על שני המאגרים. זה מתאים לעובדה ששיטה זו לא מקבלת כקלט דירוג, אלא ציון של שאלה, כפי שהסברנו למעלה. כיוון שציון הוא רק קירוב לדירוג האמיתי, זה לא מפתיע ששיטה זו לא תהיה טובה בניבוי הדירוג האמיתי.

השיטה שעבדה הכי (ER). זה מעניין במיוחד כיוון שזה המידע היחיד שזכרנו נגיש למורים שמשתמשים במערכות למידה אלקטרונית לבחירה על סדר השאלות. הסבר אפרי אחד לביצועים הרעים, זה שהתאמה אישית של סדר השאלות לתלמידים ספציפי זה מאוד חשוב עבור בעיה זו כיוון שתלמידים שונים אחד מהשני באופן בו הם רואים שאלות כקשות.

לאחר שראינו את התוצאות החיוביות עבור מצב לא מקוון, נראה כעת איך נשתמש באלגוריתם NCFR בעולם האמיתי, על ידי שני ניסויים שביצענו בכיתות בישראל.

4.2.4. תיאור המחקר

כדי להעמיק בהבנתנו את האופן בו מורים מפעילים שיקול דעת בבחירת יישומונים מתמטיים, ערכנו מחקר שמטרתו הייתה לבחון המלצות מורה מול המלצות מכונה לגבי רצף יישומונים מתמטיים משחקיים. בנוסף, המחקר יבחן את הישגי התלמידים ברצף ההוראה.

לאור זאת, הוגדרו שאלות המחקר הבאות ביחס להמלצות אדם ומכונה לגבי רצף של התאמה אישית של יישומונים לימודיים משחקיים לתלמידים בבית הספר היסודי:

שאלה 1: מהן ההזדמנויות והשיקולים של ממליצים שונים (אדם מול מכונה) בתהליך ההתאמה האישית?

שאלה 2: כיצד הממליץ משפיע על רצף התאמה האישית של היישומונים החינוכיים המשחקיים במתמטיקה?

שאלה 3: כיצד הממליץ משפיע על הישגי הלומדים בתהליך?

בהתאם לכך, המשתתפים חולקו לשני סוגי התערבות. בסוג הראשון, המורה המליצה על רצף של יישומונים משחקיים לימודיים, ויכונה להלן המלצת מורה (המ). בסוג השני, האלגוריתם המליץ על הרצף של יישומונים משחקיים לימודיים, יכונה להלן (הא). השערת המחקר היא כי ממליצים שונים בתהליך ההתאמה האישית יובילו לרצפי המלצה שונים ולהישגים שונים של הלומדים.

4.2.5. מתודולוגיה

4.2.5.1. הסביבה הטכנולוגית – יישומונים משחקיים מתמטיים

השתמשנו בסביבת און-ליין חינוכית מסחרית המכילה מאגר יישומונים משחקיים במתמטיקה לגילאי גן-יב (מכונה להלן המערכת). כל יישומון – כולל מספר משימות שכל אחת מאפשרת מספר ניסיונות לפתרונה, ומכוונת לתחום תוכן ספציפי, לרוב מיומנות מסויימת (כמו, זיהוי שברים, יצירת שברים, שיום שברים, השוואת שברים ועוד). היישומונים דורשים לרוב אינטראקציה מצד הלומד (כמו, גרירה של עצמים ויזואליים לנקודה מסויימת) ונותנת משוב לפתרון של הלומד. היישומונים בהם השתמשנו מתרכזים בנושא של שברים.

4.2.5.2. המשתתפים

במחקר השתתפו 77 תלמידים בכיתות ד'-ה' מבית ספר ממלכתי בעיר גדולה בישראל, שתי כיתות בכל שכבה. בכיתות ד' היו 22 בנים ו-24 בנות; בכיתות ה' היו 12 בנים ו-19 בנות. למורה שלקחה חלק במחקר 18 שנות ניסיון בהוראת מתמטיקה בבית הספר היסודי, והיא משלבת טכנולוגיה בהוראתה מזה כעשור. היא מכירה היטב את המערכת הממוחשבת.

4.2.5.3. מהלך המחקר

המחקר בוצע בחודשים דצמ. 2018-ינואר 2019. התלמידים נבחנו תחילה במבחן מקדים, בסביבת נייר ועיפרון על שברים. חלוקת המשתתפים בין שני התנאים: המ ו-הא נערכה על בסיס תוצאות המבחן המקדים. רשימת התלמידים סודרה על פי התוצאות, והתלמידים הושמו לסירוגין לאחד התנאים. במהלך שלב I, אשר שימש לאיסוף נתוני בסיס, כל התלמידים באותה שיכבה שיחקו באותו רצף של 10 יישומנים, אשר נבחרו על ידי המורה המומחית. התלמידים עבדו ביחידים במעבדת המחשבים בבית הספר, בנוכחות המורה וחלק מצוות המחקר, אשר לא סייעו בשום שלב. הזמן שהוקצב היה 90 דקות, ורוב התלמידים אכן סיימו במסגרת זמן זו. המעטים שלא סיימו, חזרו למעבדת המחשבים במועד מאוחר יותר לסיים את הרצף. תלמידים משני התנאים הפגינו התנהגות דומה בשלב I, בהתייחס למדידה של אחוז המשימות עליהן ענו נכון בניסיון הראשון ביישומנים וכן בזמן שהקדישו לפתרון של הניסוי הראשון (טבלה 1).

טבלה 1. השוואה בין פעילות קבוצות ההתערבות בשלב I

Grade	Conditions	Mean (SD) % Corr. Prob.	Mean (SD) Time Spent
4	MR (N=21)	0.76 (0.15)	210.47 (48.60)
	TR (N=25)	0.74 (0.20)	235.26 (94.33)
t-value		t(44)=0.45 [‡]	t(37.12)=1.15 ^{‡‡}
5	MR (N=15)	0.79 (0.22)	149.20 (41.50)
	TR (N=16)	0.88 (0.17)	142.36 (33.73)
t-value		t(29)=1.21 [‡]	t(29)=0.51 [‡]

[‡] Not significant [†] Levene's Test was significant

בשלב II שכלל התאמה אישית, המורה המומחית והאלגוריתם הכינו את ההמלצות לכל הלומדים, ואז כל לומד קיבל את הרצף בהתאם לתנאי ההתערבות המחקרית בו השתתף. תנאי הפעילות של הלומדים בשלב II היו כמו אלו של שלב I.

לבסוף, נערך ראיון עומק עם המורה המומחית. מטרת הראיון הייתה להבין כיצד המורה סדרה את היישומונים ברצף של שלב I, וכן להבין את הדרך בה נקטה המורה בבואה לייצר את ההתאמה האישית בשלב II. המורה נשאלה לגבי שלוש סוגיות הנוגעות לשלב II. הראשונה עסקה במשוב על תהליך קבלת ההחלטות בעת בניית רצפי ההתאמה האישית. השנייה עסקה בתפיסת המורה לגבי מה היה לה חסר במהלך בניית הרצפים וכיצד זה שונה ממצב ההוראה הרגיל שלה. ושלישית, לאור העובדה שהמורה נכחה במהלך העבודה של התלמידים בשלב II (ללא התערבות), מה היא הייתה משנה בתהליך. כמו כן התייעצנו בה לגבי ההמלצות שלה לדרך בה בנתה את רצפי היישומונים. הראיון בוצע במהלך שני מפגשים וארך כ-3 שעות בסך הכל. הראיון הוקלט ותומלל במלואו. להלן תיאור מפורט של שלבים I ו-II.

שלב I – נתוני בסיס

התוכן המתמטי של עשרת היישומונים בשלב I בשתי השכבות היה שברים. המורה המומחית בחרה אותו והוא כלל נושאים שנלמדו בכיתות. כך, בכיתות ד' נכלל הצגת שבר כחלק משלם (לא חלק מכמות). בכיתות ה' נכללו שבר כחלק מכמות ושברים על ציר המספרים.

רצף עשרת היישומונים בשלב 1 נערך בהתאם למערך השיקולים הבא: ידע מתמטי, מיומנות נדרשת, והפעלת היישומון. שיקול התוכן התבטא בבחירה שברים פשוטים לפני שברים מעורבים. שיקול המיומנות התבטא בבחירת יישומונים הנוגעים לזיהוי לפני כאלו הנוגעים בבניה. כך, זיהוי איזה שבר מתאר חתיכה שנאכלה מפיצה נחשב קל יותר ולכן הופיע לפני יישומון בו תלמיד התבקש ליצור שבר על ידי הוספת גבינה על מספר נכון של חתיכות פיצה. כמו כן, בהתחשב שמודל ציר המספרים נחשב מורכב יותר ממודל השטח או ממודל השלם וחלקיו, יצירת שבר נתון בכך שהוא "הונח" במקום הנכון על ציר המספרים נחשב קשה יותר מאשר הוספת גבינה למספר החלקים הנכון על פיצה. לבסוף, המורה וידאה כי יישומונים אשר ממשק ההפעלה שלהם היה להערכתה מסורבל, כמו למשל כאשר יש מספר שלבים רב, לא יכללו ברצף.

שלב II – תהליך התאמה אישית

מאגר היישומונים ממנו נבחרו הרצפים בשלב II – באופן דומה בשני התנאים, נבחר תחילה על ידי המורה מומחית מתוך המאגר הזמין במערכת בנושא שברים (12 יישומונים לכיתה ד', 20 יישומונים לכיתה ה'). לכן, המורה הייתה למעשה מעורבת במידת מה בשני התנאים של המחקר. התוכן המתמטי של היישומונים בשלב II כלל נושאים יותר מתקדמים מאשר שלב I בהקשר שברים. בכיתה ד' היו חיבור וחסור שברים עם מכנה דומה, שברים על ציר המספרים והרחבה וצמצום שברים. בכיתה ה' הנושאים כללו חיבור וחסור שברים, הרחבה וצמצום שברים, וכפל שבר בשלם. בכיתה ה' נושאים אלו נלמדו קודם לכן, לפני שבוצע שלב II, ואילו בכיתה ד' התלמידים נתקלו בנושאים אלו לראשונה. האופן חלקי התכנים היו דומים במקצת לשלב I אך היישומונים עצמם היו שונים מאלו של שלב I.

המורה המומחית והאלגוריתם קבלו מידע שנאסף במערכת בקבצי היומן לגבי ביצועי התלמידים בשלב I. המידע כלל את הביצוע בעשרת היישומונים שהיו בשלב I – תיון על כל יישומון [5-1 כוכבים] והזמן שלקח להשלים את המשימה

[שניות]. המורה קיבלה את המידע בטבלה. המורה והאלגוריתם, כל אחד לחוד, המליץ על רצף ישומונים בהתאמה אישית לכל 77 התלמידים.

האלגוריתם מסוג פילטר-שיתופי – דרך לביצוע התאמה אישית אשר עושה אופטימיזציה של הבחירה על בסיס מידע לגבי לומדים אחרים "הדומים" לתלמיד לגבי נערכת ההמלצה (Shishehchi et al., 2011), הופעל על ידי המכונה. בתחום החינוך גישה זו הופעלה בהקשרים שונים, למשל המלצות אישיות לחומרי למידה, קורסים וכלים (Dascalu et al., 2015; García, Romero, Ventura, & Castro, 2009). באופן ראוי לציון, בכל המקרים הללו האלגוריתם המליץ על בחירה יחידה או קבוצת בחירות; סגל, קציר, גל, שני ושפירא (Segal, Katzir, Gal, Shani & Shapira, 2014) היו הראשונים ליישם אלגוריתם כזה לדרוג (רצפים) של תכנים חינוכיים.

בשונה מהיישום הדרמיניסטי המקורי, מחקר זה השתמש באלגוריתם המממש רשת נוירונים, שיטה שהוכחה כעליונה על אלגוריתמים דטרמיניסטיים (He et al., 2017). רשת נוירונים היא תוכנה לא דטרמיניסטית שבאה לבנות פונקציית חיזוי לא-לינארית. גישה זו שואבת השראה מהאופן בו המוח האנושי עובד: כל נוירון במוח מבצע פעולה חישובית פשוטה מאוד, והקשרים המורכבים שבין הנוירונים הם אלו שמאפשרים זרימת מידע והשלמתם של חישובים מורכבים ביותר. האלגוריתם התבסס על דאטה היסטורי של 563,735 פעולות שביצעו 15,000 תלמידים במערכת עת השתמשו ב- 978 יישומונים במהלך שנה"ל תשע"ח (2017/18).

לבסוף, היישומונים המומלצים הושמו לתלמידים בהתאם לקבוצת ההתערבות אליה חולקו. כלומר, המלצות המורה הושמו לתלמידים מקבוצת המ, והמלצות המכונה הושמו לתלמידים מקבוצה הא.

4.2.5.4. מערך המחקר

על מנת לערוך השוואה הוגנת בין המלצות המורה והמכונה, נבחר מערך עיוור כפול. כלומר, המורה המליצה על יישומונים בהתאמה אישית לכל הלומדים בלי לדעת את זהותם, ובלי לדעת לאיזו קבוצת התערבות הם הושמו.

4.2.5.5. ניתוח הנתונים

ראשית, רמת הקושי המוחלטת של היישומונים חושבה בכל שכבה לחוד על בסיס הציונים הממוצעים של התלמידים, הזמן הממוצע שימש כנקודת איזון (tiebreaker), תוך שימוש בנתונים היסטוריים ברמה הארצית של תלמידים שפעלו עם היישומונים הללו. על בסיס דרוג זה, היישומונים חולקו לשלושה חלקים שווי גודל: מרמה 1 (הכי קלה) לרמה 3 (הקשה ביותר).

בהתבסס על רמת הקושי המוחלטת של היישומון, חושב ציון לכל תלמיד בהקשר לרמת הקושי של היישומונים בהתבסס על ממוצע רמות הקושי של 10 היישומונים ברצף שהושם לו. נזכור כי המורה המומחית והמכונה התאימו אישית יישומונים לכל התלמידים, ללא קשר לקבוצת ההתערבות אליה הושם הלומד בשלב II, כל תלמיד קיבל ציון של רמת הקושי המוחלטת על פי שתי ההתערבויות. בהתבסס על ממוצע של רמת הקושי של היישומונים של התלמידים, חושב ציון רמת הקושי של היישומונים על פי קבוצת התערבות לכל התלמידים במחקר. עשרת היישומונים שהוקצו ללומד איפשרו חישוב מדד הזדמנויות הלמידה (הל) וחושבה רמת הקושי של הל. זה חושב על בסיס ממוצע רמת הקושי המוחלטת לכל הל בנפרד. כך, חושבו הל-1 והל-10.

4.2.6. ממצאים

4.2.6.1. שאלה 1 הזדמנויות ושיקולים של ממליצים שונים (אדם מול מכוונה)

ההבדלים בתהליכי ההתאמה האישית בין שתי קבוצות ההתערבות נותחו בכוונה לחשוף את ההזדמנויות והשיקולים שבאו לידי ביטוי בתהליך. כדי לענות לשאלת המחקר, שיקולי המורה והתהליך האלגוריתמי מוצגים להלן.

תהליך התאמה אישית - המורה

שני שלבים עיקריים נחשפו בתהליך התאמה האישית. ראשית, המורה סקרה את התוצאות של עבודת התלמידים על רצף 10 הישומונים כפי שעלו מנתוני שלב I, והחליטה לחלק את התלמידים לשלוש קבוצות- ביצועים חלשים, בינוניים וטובים. אז, היא בחרה ושייכה רצף יישומונים שונה לכל קבוצה.

שלב ראשון – ניתוח היישומונים משלב I

הכנת קובץ התייחסות: בשלב הראשון, המורה בנתה קובץ התייחסות, שיסייע לה לשחזר את החומרים מהיישומונים. הקובץ כלל מידע מכוון על עשרת היישומונים של שלב I, מידע מילולי ותמונה המייצגת את היישומון, כלומר את התוכן והמיומנויות הנדרשות. לדברי המורה, הקובץ המקורי שקיבלה לא כלל כל רמז חזותי שיזכיר לה את התוכן והמיומנויות ביישומון המדובר. בנוסף, המורה טענה כי מטה-הנתונים של היישומונים לא היו מדויקים כי כללו מעט מידע לגבי היבטים פדגוגיים, ולכן היא נאלצה לבנות קובץ שיהיה מדויק ובשפת האם שלה- עברית, ובתוך כך התנסתה בכל יישומון בעצמה. תמונות המסך של קובץ התייחסות בכיתה ה' מוצג באיור 1.

תיאור
בעברית של
היישומון,
רמזים על
תוכן
ומיומנויות

1. זיהוי שבר מתוך כמות. על השברים דורשים שבר יסודי. במהלך המשימה משתנה ההפניה לתאים מלאים או ריקים מצפורים.	השבר כחלק מכמות - זיהוי (שברים יסודיים) שברים וציפורים	רמה של כיתה ג
2. חלקו את הפירות בין המפלצות. 1/2, זיהוי השלם (1/2 של התפוחים)	כפל חצי בשלם חלוקת פירות	רמה של כיתה א
3. זיהוי השלם. ועל פיו מצאת השבר היסודי (בניה במביבה). כל השלבים החלק הוא 1. בשלב האחרון חלק הוא 2 (הרחבה)	השבר כחלק מכמות - ייצוג (שברים יסודיים) ציפורים בואו הביתה	רמה של כיתה ג
4. זיהוי השבר שאיננו יסודי - מתוך כמות נתונה. (המשך למשימה 1. עליה ברמה - לשברים שאינם יסודיים)	השבר כחלק מכמות - זיהוי (רמה ב) שברים וציפורים	כיתה ה חזרה
5. נתיבת שבר - חלק מכמות (שברים לא יסודיים)	השבר כחלק מכמות - ייצוג (רמה א) ציפורים על תיל	כיתה ה חזרה
6. נתיבת השבר - חלק מכמות (שברים לא יסודיים)	השבר כחלק מכמות - ייצוג (רמה א) שברים במצולות	כיתה ה חזרה
7. בניה - חלק מכמות - לשברים יסודיים ושאינם יסודיים. הכמות המבקשת איננה מבוססת ככלל ע"י המונה.	השבר כחלק מכמות - ייצוג (רמה א) חלוקת פירות	כיתה ה חזרה
8. בניה. שבר יסודי כחלק מכמות. לשברים חצי ורבע בלבד	השבר כחלק מכמות - ייצוג (חצי ורבע) שברים בתרחים	רמה של כיתה ב
9. שברים על ישר מס' - שברים יסודיים ושברים השווים לשלמים	כתיבת מספרים שלמים בכתיב שברים שברים על ישר המספרים	רמה של כיתה ה
10. השוואת שברים	השוואת שברים שברים על חוט	רמה של כיתה ה

רמזים
חזותיים
מהיישומונים

איור 1. עשרת היישומונים בשלב I – קובץ התייחסות שנוצר על ידי המורה המומחית

המונחים של הזדמנויות ואפשרויות, ידע התוכן המתמטי של המורה וגישתה הפדגוגית בלטו. מעבר לכל, מטה- נתונים לא מספק שחייב את המורה להתנסות במו ידיה עם היישומונים מצביע כי הזדמנויות אלו בניגוד למגבלות של המכונה

אשר למרות הנגישות שלה לקבצי היומן ההיסטוריים, עשויים לעמוד לפני מידע לא מספק לגבי המשאבים. בהינתן הזדמנויות אלו, המורה נוטה להישען על שיקולי תוכן. המגבלות הנראות של המורה שבלטו כאן היו הקוגניציה שלה ומגבלות אוטומטיות שלה כאדם, שהובילו אותה לייצר באופן ידני את קובץ ההתייחסות על הרמזים החזותיים שלו לכל יישום, יחד עם קבצים נוספים שיוזכרו בחל הבא. כתוצאה מכך, המורה השקיע זמן רב בעבודתה. מגבלות אלו מוארות לאור ההזדמנויות של המכונה הנוגעות לגישה לקבצי היומן המסמנים זיכרון "ללא גבול" ואוטומציה.

מיפוי תלמידים לקבוצות: המורה אז עברה למיפוי התלמידים לשלוש קבוצות. המורה שילבה שילבה חלקי קבצים (איור 2) ובנתה קובץ אחד מצטבר עם כל ביצועי התלמידים משלב I לאפשר השוואה, וצבעה את עמודות התלמידים בצבע מתאים – אדום לחלש, צהוב לבינוני, ירוק לחזק ואפור לתלמידים לגביהם לא החליטה (איור 3).

E	D	C	B	A	
				Student : C	1
Stars	Time(sec)	Topic	Number	Episode	2
4	97	Fractions e	1	Birdhouse	3
5	84	Fractions e	2	FruitsForM	4
5	83	Fractions e	3	Birdhouse	5
5	70	Fractions e	4	Birdhouse	6
5	167	Fractions e	5	BirdsOnWi	7
5	106	Fractions e	6	CountingA	8
5	92	Fractions e	7	FruitsForM	9
5	89	Fractions e	8	BeadsFrac	10
5	84	Number Li	9	WholeNum	11
5	81	Number Li	10	Comparing	12
					13
					14

איור 2: עשרת היישומים של שלב I – קבצי פלט של תלמידים בודדים, המראים את ציון התלמידים (עמודה E), ומשך הפעילות (עמודה D) לכל יישומון (שורות 3-12).

Student : 43eE	Student : 28af	Student : 9fe8	Student : 9dc6	Student : 6b86	Student : 4f10	Student : 4ee2	Student : 4e7c	Student : 04a1	Student : 2dca	Student : 1a5c	Student : 0ab7	97 BirdhouseFrac
5 104 4 113 5 81 4 116 4 107 5 103 5 87 5 76 4 151 5 77 5 72 4	5 84 5 161 5 70 4 84 5 157 5 126 5 82 3 102 5 101 5 129 5 78 5	5 88 4 129 5 85 5 128 4 134 5 158 5 67 3 73 5 128 5 108 5 63 5	5 141 5 113 5 91 5 80 5 149 4 92 5 76 2 206 5 96 5 90 5 67 5	5 151 5 195 5 164 4 239 3 377 5 185 4 209 3 286 5 153 5 114 5 176 5	4 246 5 120 5 101 5 88 5 213 5 137 5 102 5 172 5 135 4 92 5 100 5	5 175 2 261 5 124 5 101 5 132 5 191 5 119 0 196 5 166 5 72 5 88 5	4 165 5 129 5 66 5 86 3 357 5 94 5 103 1 252 5 107 5 87 5 82 5	5 201 4 365 5 235 5 105 2 408 5 240 5 139 0 286 5 203 5 130 5 106 5	5 269 4 279 5 113 4 97 5 156 3 131 5 94 3 62 5 159 5 86 5 105 5	5 79 BirdhouseFrac	5 100 FruitsForMons	5 127 BirdhouseFrac
Student : 4127	Student : 2223	Student : 6356	Student : 410f	Student : 997c	Student : 953c	Student : 703c	Student : 582c	Student : 138e	Student : 85a2	Student : 71bc	Student : 53a7	79 BirdhouseFrac
4 86 5 61 5 85 4 140 4 136 4 126 4 96 5 77 4 162 5 95 5 89 5	3 93 4 110 5 98 2 143 5 139 2 165 5 92 5 70 4 91 5 116 5 72 5	4 143 4 81 5 62 4 126 5 82 4 89 5 64 5 92 4 89 5 96 5 68 4	5 123 5 77 5 103 5 96 5 81 4 104 4 139 4 93 3 158 4 124 5 87 5	5 226 5 151 5 159 4 428 5 285 4 195 4 237 4 299 5 154 5 236 5 214 5	4 120 5 95 5 144 4 193 5 113 4 205 5 102 5 95 4 162 4 153 5 96 4	1 263 4 189 5 140 3 211 4 96 0 187 5 174 3 164 5 161 5 147 5 128 5	4 202 5 97 5 91 2 143 3 137 4 143 5 102 5 80 4 300 5 134 5 102 5	1 216 5 83 5 97 3 130 5 181 0 300 4 146 5 116 4 260 4 257 5 122 5	5 155 WholeNumberFrac	5 150 CountingAnima	5 97 FruitsForMons	5 107 BeadsFraction

איור 3: עשרת היישומים של שלב I – קובץ מצטבר של תוצרי התלמידים, עם ציוני התלמידים ומשך הפעילות לכל יישומון מספר מקרים היו בבירור אדומים כי היישומים הראשונים הקלים השיגו ציון נמוך (2-0 כוכבים); מקרים אחרים היו בבירור ירוקים, כאשר מספר יישומים אחרונים הקשים בוצעו כולם בהצלחה (4-5 כוכבים). במקרים אחרים,

המורה השוותה עם ציונים של תלמידים אחרים. לדוגמא, תלמיד אשר השיג 0-2 כוכבים ביישומון בו רוב התלמידים האחרים השיגו ציונים גבוהים יותר הצביעו על לומדים חלשים יותר.

היא גם בחנה את משך הפעילות, למרות שהיא ציינה את הקושי בשיקול שני קריטריונים בו זמנית, והעדיפה את הציון כקריטריון המוביל שלה בעוד שמשך הפעילות יכול להצביע על קושי. היא גם ציינה שהזמן, יחסית לציון, היה לה קשה יותר לעיבוד לאור העובדה שמשל הזמן היה בשניות, והיא העדיפה דקות. בכל מקרה, היא ציינה כי שלא כמו ציון, משך זמן היה חסר משמעות עבורה אלא אם השוותה לתלמידים אחרים ("אלו רק שניות, מה זה אומר – אני חייבת להשוות"). לכן, לומד שמשך הזמן שלו היה גבוה (יחסית לאחרים) במהלך הפעילות ביישומון הראשון, למרות ההצלחה, מבעה את התלמיד באדום או צהוב. מקרים שסווגו על ידי המורה כחסרי החלטה – אפורים, נבעו ממה שהמורה כינתה "חריגים" כמו: ציונים גבוהים וזמן ארוך; ציונים נמוכים וזמן קצר; זמן ארוך עבור יישומון קצר; יישומון לא מוצלח בין שני יישומונים מוצלחים; יישומון יחסית קל אך לא מוצלח.

לכן, ההזדמנויות הקשורות לידע המתמטי של המורה וגישתה הפדגוגית, במקרה זה היכרות עם המשימות והידיעה כי המשימות היו מסודרות ברמת קושי עולה, באו לידי ביטוי. בניגוד לכך, ראינו קשיים בעיבוד בו זמני של ציון ומשך פעילות, שהועצם על ידי הצורך לעבד שניות ולא דקות, כמו גם הבחירה שלה לחלק את התלמידים לשלוש קבוצות, הכל מצביע על המגבלות הקוגניטיביות שלה ומגבלות אנושיות אחרות, בהשוואה להזדמנויות של המכונה של חישוביות ואוטומיזציה.

המורה נשענה בעיקר על תוכן ושיקולים של ביצועי תלמידים, עם תשומת לב פחותה למשך פעילות. היא כן התייחסה לביצועים של תלמידים אחרים, אבל רק לאלו שלקחו חלק בניסוי. היא השוותה בעיקר את משכי הזמן ונשענה בעיקר על סקלה שנקבעה מראש (0-5) על מנת לבסס את משמעות הציון. למעשה, היא ציינה את השענותה על תלמידים אחרים כמגבלה בגלל העדר ידע לגבי ההיסטוריה של התלמיד, באומרה "אין לי ברירה כי אין לי את שמות התלמידים... אז אני חייבת לחפש, לדוגמא להבין מה הזמן, או הציון אומרים". לכן, החוסר של המורה בהיכרות אישית כיוונה את המורה להתייחס גם לביצועים של תלמידים אחרים.

בנוסף, המורה אישרה את חוסר ההערכה שלה לממוצע הארצי של הציונים או למשך הפעילות ביישומונים, כיון, שלמרות שהיה זמין, היה לה לא נוח לאסוף מידע זה מהמערכת. היא טענה כי נתונים אלו כנקודת התייחסות יכול היה לסייע בזיהוי תלמידים איטיים אשר הושמו בטעות לקבוצה הבינונית. שוב, המגבלות האנושיות של מהורה אשר לא איפשרו לה גישה אוטומטית לקבצי היומן, השפיעו על הדרך בה שקלה ביצוע של תלמידים אחרים.

אישוש מיפוי התלמידים: כעת, המורה הניחה תלמידים הצבועים באותו צבע זה לצד זה בקובץ נפרד. היא הפעילה את התכונה של אקסל של עיצוב מותנה של עיצוב המבוסס על מספר כוכבים (אדום אם הכוכבים בין 0-2, צהוב אם 3 כוכבים וירוק אם 4-5 כוכבים), לאחר את ההחלטות הקודמות שלה (איור 4).

303b70e	Student	b6d0f764ad	Student	359d3245	Student	1b0c535f2	Student	9fe817aa3c	Student	4ee52cb53	Student	04a1c56a6	Student	2dca94333	Student	a5c176b2	Student	bab7e90af	אסימטריות	6	
66	4	124	5	85	5	89	5	81	5	87	4	151	5	77	5	72	4	97	BirdhouseFractionsUnitFractions	1	8
140	5	82	5	98	5	72	5	70	5	82	5	101	5	129	5	78	5	84	FruitsForMonstersDivisionHalves	2	9
56	4	150	5	62	5	68	5	85	5	67	5	128	5	108	5	63	5	83	BirdhouseFractionsMakingUnitFractions	3	10
75	5	143	5	103	5	87	5	91	5	76	5	96	5	90	5	67	5	70	BirdhouseFractionsExpert	4	11
227	5	235	5	159	5	214	5	164	4	209	5	153	5	114	5	176	5	167	BirdsOnWireFractionsIdentify	5	12
122	5	141	5	144	5	96	5	101	5	102	5	135	4	92	5	100	5	106	CountingAnimalsNonUnitFractions	6	13
149	5	162	5	140	5	128	5	124	5	119	5	166	5	72	5	88	5	92	FruitsForMonstersDivisionFractions	7	14
121	5	155	5	91	5	102	5	66	5	103	5	107	5	87	5	82	5	89	BeadsFractionsHalfAndQuarter	8	15
58	5	203	5	97	5	122	5	235	5	139	5	203	5	130	5	106	5	84	WholeNumberFractionsOnTheNumberLine	9	16
103	4	92	5	119	5	242	5	113	5	94	5	159	5	86	5	105	5	81	ComparingFractionsOnTheNumberLineC	10	17
																				אסימטריות	18
74	4	98	5	61	4	136	4	96	5	77	4	162	4	113	4	116	4	107	BirdhouseFractionsUnitFractions	1	22
114	3	93	4	110	5	139	5	92	5	70	4	91	5	161	4	84	5	157	FruitsForMonstersDivisionHalves	2	23
133	4	143	4	81	5	82	5	64	5	92	4	89	4	129	5	128	4	134	BirdhouseFractionsMakingUnitFractions	3	24
116	5	123	5	77	5	81	4	139	4	93	3	158	5	113	5	80	5	149	BirdhouseFractionsExpert	4	25
174	5	226	5	151	5	285	4	237	4	299	5	154	5	195	4	239	3	377	BirdsOnWireFractionsIdentify	5	26
112	4	120	5	95	5	113	5	102	5	95	4	162	5	120	5	88	5	213	CountingAnimalsNonUnitFractions	6	27
170	1	263	4	189	4	96	5	174	3	164	5	161	2	261	5	101	5	132	FruitsForMonstersDivisionFractions	7	28
77	4	202	5	97	3	137	5	102	5	80	4	300	5	129	5	86	3	357	BeadsFractionsHalfAndQuarter	8	29
171	1	216	5	83	5	181	4	146	5	115	4	260	4	365	5	105	2	488	WholeNumberFractionsOnTheNumberLine	9	30
110	4	119	5	92	5	157	1	158	5	112	5	163	4	279	4	97	5	156	ComparingFractionsOnTheNumberLineC	10	31

איור 4. עשרת היישומונים של שלב I – קובץ הצטרות ההישגים של התלמידים ממויין לפי קבוצות

בשלב זה, היא גם טיפלה בתלמידים הצבועים אפור. כך, לדוגמא, כאשר עמודה ירוקה ברובה כללה תאים צהובים היא הפעילה מספר פרקטיקות. למשל, היא סקרה את היישומונים הרלוונטיים לתאים הצהובים, מעריכה במיוחד את כישורי הבניה שדרשו (למשל, האם הם היו בין תאים ירוקים הקשורים ליישומונים של זיהוי ברמת קושי עולה?), ובעקבות זאת, הבינה כי לתלמיד היו בעיות ספציפיות במיומנויות הבניה. דפוס זה משתקף בדוגמא הבאה: זיהוי שברים פשוטים (ירוק) <- בניית שברים פשוטים (צהוב) <- זיהוי שברים מורכבים (ירוק). במקרים כאלו היא השאירה את התלמיד על רמת הידע הצהובה הנמוכה יותר. אם היא השוותה את הזמן של היישומון הצהוב לפעילות תלמידים אחרים וראתה כי הוא היה יחסית קצר, היא שקלה את התלמיד כבעל יכולת; או, אם היא הכירה את היישומון הצהוב כדורש מיומנויות בניה ובוצע תוך 53 שניות, היא חשבה "ואו" והחשיבה את התלמיד כמסוגל. לבסוף, המורה ציינה כי ידיעת היחס המקורב של תלמידים מיומנים בכיתה ה' שהיא לימדה (סה"כ 13), אישרה לה את החלוקה הסופית, ובאופן מנוגד אי הכרות עם תלמידי שכבת ד' הסתיימה באי בהירות כי היא לא יכלה לנקוט באסטרטגיה זו.

ההזדמנויות של המורה של ידע תוכן מתמטי וגישה פדגוגית המשיכה להדריך את שיקולי התוכן שלה. המגבלות האנושיות של המורה הגבילה ולא אפשרה לה לנצל את קבצי היומן כפי שבא לידי ביטוי בניסיונה להתעלם ממשך הזמן, שאפיין את הביצועים של התלמידים. היכרות אישית עזרה בשיקולי המורה להתייחס לביצועים של תלמידים אחרים (השוואת משך הזמן), מהיכרות עם אחוזי ההצלחה המקורבים בקרב הלומדים, גם אם באופן מוגבל כיון שהכירה רק את שכבת ה'.

בהסתכלות רטרופקטיבית, המורה הצביעה כי הקושי היה במיוחד בשלב התהליך, כלומר השמת התלמידים ל- 3 הקבוצות. היא הייתה יותר בטוחה בהמשך עבודתה בשלב השני בו שייכה את היישומונים של שלב II והגדירה את רצפי העבודה ל- 3 הקבוצות כפי שיתואר להלן.

שלב שני – התאמה אישית של רצף היישומונים בשלב II

השמת יישומונים לקבוצה: בשלב השני, המורה עבדה על מיפוי היישומונים של שלב II לשלוש הקבוצות. המורה בנתה קובץ חדש שהכיל עמודות בשלושה צבעים (אדום לחלש, צהוב לבינוני וירוק לחזק), ועמודות נוספות בהן מידע לגבי מאגר היישומונים של שלב II. היא ניכנסה לכל יישומון, שיחקה לפחות את 3 המהלכים הראשונים בו כדי להכיר אותו היטב, והחליטה לאיזו קבוצה הוא התאים.

היא הסבירה כי היא מקווה להתייחס לחולשות של הקבוצה החלשה, ולחוזקות של הקבוצה החזקה. היא ידעה במה התקשו תלמידים מהקבוצה החלשה בשלב I ורצתה לחזק זאת. לדוגמא, הם לא זיהו שבר פשוט; לכן, היה חסר טעם

לשבץ להם יישומונים אשר התוכן שלהם כלל חיבור וחיסור שברים. לכן היא שייכה ישומונים דומים לאלו שהיו בשלב I על מנת שהם יוכלו "להתחיל ללמוד עם משהו מוכר". כיון שהמאגר של היישומונים היה מוגבל, היא לקחה בחשבון גם מיומנויות הכרחיות לביצוע היישומונים. בניגוד לכך, הקבוצות שביצעו טוב יותר היו צריכות להיות מקודמות לנושא הבא, כמו חיבור וחיסור שברים.

בנוסף, בכיתה ה', היא נמנעה מיישומונים שהממשק שלהם דרש פעולות מורכבות בעיניה. בכיתה ד' המאגר היה מובל מלכתחילה. כתוצאה מכך, היא נאלמה לכלול יישומונים עם ממשק מורכב. היא שייכה יישומונים אלו רק לקבוצות הבינוניות וחזקות. היא טענה כי כאשר הבניית ידע מתנגשת עם ממשק המחייב הפעלה כבדה, כך שדרושים יותר מדי צעדים עד הגעה לפתרון, תהליך הבניית הידע יפגע.

בכיתה ה' היא השתמשה באות "מ" בסימוניה: מ* סימן התאמה של יישומון רק לקבוצה הרלוונטית. מ סימן כי היישומון מתאים לקבוצה הרלוונטית אבל אולי גם לקבוצות האחרות. מ? סימן שהישומון עשוי להתאים אבל המורה לא בטוחה. הסימונים בכיתה ד' אותה ערכה שנייה היו מעט שונים.

איורים 5 ו-6 מציגים את תמונת המסך של קבצים עבור כיתות ה' ו-ד' בהתאמה. המספרים בעמודות הצבעות מייצגים את הסדר של היישומונים לכל קבוצה כפי שהמורה קבעה בשלב מאוחר בתהליך העבודה שלה.

1	2	תיווך	בינוניים	מתקדמים	הערות	Episode	Link
2	2	מ*			חיבור שברים	BreadAnd	https://www.BreadAnd
3	9	מ?	2	מ	חיבור שברים	BreadAnd	https://www.BreadAnd
4	10	מ?	3	מ	חיבור מס'	BreadAnd	https://www.BreadAnd
5	3	מ			בועות - חיבור	BubbleAdd	https://www.BubbleAdd
6				מ	חיבור ע"ג ציר	NumberLir	https://www.NumberLir
7			10	6	השבר כחלק	BalloonFrag	https://www.BalloonFrag
8				מ*	חיבור ע"ג ציר	NumberLir	https://www.NumberLir
9	7	מ	1		השוואת שברים	BreadAnd	https://www.BreadAnd
10				מ	שברים עם סב	BubbleAdd	https://www.BubbleAdd
11	4	מ			גבינה על לח	BreadAnd	https://www.BreadAnd
12			מ?	10	חידות מזגוג	PouringRik	https://www.PouringRik
13				מ	ציר מספרים	NumberLir	https://www.NumberLir
14				מ	ציר מספרים	NumberLir	https://www.NumberLir
15	5	מ			שברים על	BeadsFram	https://www.BeadsFram
16			4		שברים ע"ג	Birdhousek	https://www.Birdhousek
17	1	מ*			שברים וציפ	Birdhousek	https://www.Birdhousek
18			8	4	שברים על	BeadsFram	https://www.BeadsFram
19				7	ציפורים עת	BirdsOnWi	https://www.BirdsOnWi
20				8	חרוזים על	BeadsFram	https://www.BeadsFram
21				5	שברים על	NumberLir	https://www.NumberLir
22	6	מ	5	1	שבר כחלק	CountingA	https://www.CountingA
23	8	מ?	9		חלוקת פירות	FruitsFor	https://www.FruitsFor
24			6	2	מצאת שבר	Birdhousek	https://www.Birdhousek
25			7	3	הרחבת שבר	NumberLin	https://www.NumberLin

איור 5. כיתה ה', יישומונים לשלב שני בהתאמה לקבוצות, סיכום מידע על פי תת קבוצות של חזקים (ירוק) בינוניים (צהוב) וחלשים (ירוק)

1	2	סדר	מתקשים	בינוניים	סדר	מתקשים	סדר	מתקשים	סדר	Link
1	2									בניה - ייצג שברים סדירים - מודל השטח / כסוי של שטח נתון בריבוע
2	3									דיוור שטח חלקי בריבוע לטעם כולל
3	4									דיוור שטח חלקי בריבוע לטעם כולל
4	5									בית השברים השווה לטעם נתון - ש"ג עם מצבים בלתי אפשריים
5	6									בית השברים על פי דרישה, והשוואה ביניהם ע"ס סדר
6	7									בית השברים על פי דרישה, והשוואה ביניהם ע"ס סדר
7	8									חיבור שברים עם מצבים דומים - הסכם גדול משלם
8	9									חיבור שברים עם מצבים דומים - הסכם גדול משלם
9	10									חיבור שברים עם מצבים דומים - הסכם גדול משלם
10	11									חיבור שברים עם מצבים דומים - הסכם גדול משלם
11	12									חיבור שברים עם מצבים דומים - הסכם גדול משלם
12	13									חיבור שברים עם מצבים דומים - הסכם גדול משלם
13	14									חיבור שברים עם מצבים דומים - הסכם גדול משלם
14	15									חיבור שברים עם מצבים דומים - הסכם גדול משלם
15	16									חיבור שברים עם מצבים דומים - הסכם גדול משלם
16	17									חיבור שברים עם מצבים דומים - הסכם גדול משלם
17	18									חיבור שברים עם מצבים דומים - הסכם גדול משלם
18	19									חיבור שברים עם מצבים דומים - הסכם גדול משלם

איור 6. כיתה ד', יישומונים לשלב שני בהתאמה לקבוצות

בהמשך, המורה מנתה כמה יישומונים יש בכל קבוצה על מנת לוודא שיש מספיק. על בסיס הסימונים שפיתחה, היא "השאילה" יישומונים מתאימים וקבעה מי אינם נחוצים. לדוגמה, באיור 5, שורה 7 מסומנת ומראה יישומון שסווג כ- מ ובסופו של דבר שוייך לקבוצות הבינונית והחזקה (כפי ניתן ללמוד מהמיספר המסמן את מיקום היישומון ברצף של הקבוצה), למרות שבהתחלה היישומון התאים במיוחד לקבוצה הבינונית; בשורה 12 מודגש יישומון שסווג כ- מ? לקבוצת הבינונית, ובסופו של דבר באמת לא נכלל ברצף של קבוצה זו (כפי שניתן לראות מהעדר מיספר ברצף של קבוצה זו) והוא שובץ כיישומון העשירי עבור הרצף בקבוצה החזקה. נציין כי למרות הסיווג של היישומונים, המורה שבה ונכנסה לקישורים של היישומונים בעת סידורם ברצף עבור כל קבוצה.

רצף היישומונים בכל קבוצה : על מנת לקבוע את הרצף הסופי, המורה אירגנה את היישומונים שבחרה בכל קבוצה, החל בקבוצה האדומה החלשה וכלה בקבוצה הירוקה החזקה. היא ציינה כי השתמשה בסיווגים שלה ל- מ? ו- מ* כרמזים מסייעים. כלומר, לקבוצה האדומה- חלשה, יישומונים עם כוכבית, המציינת את אי ההתאמה לרמה הבינונית, נחשבו קלים ולכן שובצו בראשית הרצף של הקבוצה האדומה. בניגוד לכך, יישומונים עם סימני שאלה נדחו לסוף הרצף של קבוצה זו. באופן דומה, כוכבית ביישומון של הקבוצה החזקה, שציין התאמה רק לקבוצה זו, הושם במקום גבוה ברצף.

אחרי שהמורה קבעה מי יהיו היישומונים המוקדמים לקבוצה (מסומנים בכוכבית) ומי המאוחרים (מסומנים בסימני שאלה), היא קבעה את הסדר בתוכם. היא שקלה את התוכן ואת המיומנויות הנדרשות ויצרה רצפים של תוכן. לדוגמא, היא מיינה יישומונים עם תוכן דומה בסדר קושי עולה של המיומנויות הנדרשות בהם. כאשר ייצרה רצף בקבוצה נמוכה, היא השתמשה בו בקבוצות המתקדמות יותר. יישומונים עם ממשק מורכב להפעלה, במיוחד בכיתה ד' בקבוצה החזקה נדחפו לסוף הרצף. יחד עם זאת, מדי פעם יישומון מורכב להפעלה הושם במרכז הרצף בגלל תוכן פשוט. כמו קודם, המורה נכנסה מדי פעם ליישומונים על מנת להיזכר בתכנים שלהם.

באופן ברור, לידע התוכן המתמטי ולידע הפדגוגי של המורה היה תפקיד חשוב בהערכת התכנים המתמטיים, המיומנויות והממשק. בהתאם לכך, השיקול המוביל שלה היה התוכן המתמטי. בהתייחסה לתלמידים חלשים וחזקים, היא הוסיפה את ההיכרות שלה עם התלמידים אבל כקבוצה שכן הרצף יועד לקבוצה ולא ליחידים.

לעומת זאת, המגבלות האנושיות שלא איפשרו שימוש בקבצי היומן וביכולות אוטומטיות, היו ניכרות. לכן, מידע חלקי לגבי היישומונים גרם לה לשוב ולהיכנס אליהם, לשחק בהם, לסכם ולרשום את תוכנם ולשוב אליהם ולשחק שוב. באופן דומה, היעדר העיקביות שלה בסימון היישומונים בשתי השכבות (כוכבית בכיתה ה' מול גופן מודגש בשכבת ד') שיקף את מגבלות האוטומטיזציה שלה. היא אמרה: "היה הבדל של שבועיים, ולכן לא הייתה לי שיטת סימון אחידה". בנוסף, מציאת רצף תכני והשמתו לקבוצה חזקה יותר אבל מוקדם יותר ברצף, הצביע גם הוא על מגבלות האוטומטיזציה שלה. המורה בנתה קובץ נוסף עם עשרת היישומונים מאורגנים על פי הרצף שקבעה לכל קבוצה וקודד הזיהוי של התלמידים בקבוצה (איור 7). יצירת קובץ נוסף זה הצביעה גם היא על מגבלות האוטומטיזציה שלה.

5gradeAdv	5gradeInter	5gradeBeg
1 Student : 0a57e90fa6b92d196 https://www.matific.com/teacher	1 Student : b6d0ff64ad2a537f98c https://www.matific.com/teacher	1 Student : 447b787a44e8a285 https://www.matific.com/teacher
2 Student : 1a5c17b5258f05feaf7 https://www.matific.com/teacher	2 Student : 6b85ddc949a32607 https://www.matific.com/teacher	2 Student : 953c01477f9f6b9894 https://www.matific.com/teacher
3 Student : 20ca9433275894f6f https://www.matific.com/teacher	3 Student : 9b5cde262232324 https://www.matific.com/teacher	3 Student : 130a817449a278a https://www.matific.com/teacher
4 Student : 04a1c56a6e6eda741 https://www.matific.com/teacher	4 Student : 28afdc3eeb99250739 https://www.matific.com/teacher	4 Student : a8104a21f3e4d734a https://www.matific.com/teacher
5 Student : 4ae52c53c2543b315 https://www.matific.com/teacher	5 Student : 138a793af5d1c0ff189 https://www.matific.com/teacher	5 Student : a140d4e16b9b654a6 https://www.matific.com/teacher
6 Student : 9e817aa38abe6f48dc https://www.matific.com/teacher	6 Student : 582de4a0c55c5f0866 https://www.matific.com/teacher	6 Student : a75a24d3b30b6712 https://www.matific.com/teacher
7 Student : 71b0c53f2aebdf372 https://www.matific.com/teacher	7 Student : 703c0e8a0c55c5f0866 https://www.matific.com/teacher	7 Student : f2c96172aece83b0 https://www.matific.com/teacher
8 Student : b2603b70e89d0c936 https://www.matific.com/teacher	8 Student : 997c8f24087aa09608 https://www.matific.com/teacher	8 Student : a3a050130c8c476a https://www.matific.com/teacher
9 Student : b6bfb1913ae8c0e99 https://www.matific.com/teacher	9 Student : 22235ae17f955a8b3a https://www.matific.com/teacher	9 Student : a75a24d3b30b6712 https://www.matific.com/teacher
10 Student : c9b1b56abdc5d9322 https://www.matific.com/teacher	10 Student : 412728b781703506 https://www.matific.com/teacher	
11 Student : d084e4d328e927d0d95a7e7907ad20a	11 Student : 829513b7c188ed0d9959ddaaaeaf	
12 Student : 43a8fcdaf9c376dc85ce7efc6bd572d	12 Student : 2979524b5280cfc4f9ad6c12b0d0baa8	
13 Student : 53a730c4f452531f1c2530f69e60b4e	13 Student : 466357715b59974e273820491b354854	
14 Student : 85a2371dc7183ab96b356368781dd8e7	14 Student : 7068940095e4e9d99aaf87ea3f3dc0c	
15 Student : 610559078bc3767479c78368652989c7	15 Student : c32b7014f0203a3289ace2caca30fbc	
16 Student : 63590d24547a863789105d04f31a2ec	16 Student : d0a662a980c2068784562930b099b0c9	
	17 Student : 4f1098372b575006541a0e3397f774d9	
	18 Student : 1044666850a8cbedaa68069d3908c25	
	19 Student : c4ba29572496848f32f6a405ae2b8b99	

איור 7. כיתה ה', שלב שני, רצף סופי של יישומונים לקבוצה

השמת יישומונים לקבוצה במערכת: לבסוף, בעת צפייה ברצף הסופי כולל איור של כל יישומון במערכת (איור 8), המורה הבחינה בטעות שגרמה לה לעדכן את הרצף הסופי (איור 7).

תלמידים:	כתה:
חיסוס פעילות	4thGradeAdvenc
1	רמה של כיתה ד
2	רמה של כיתה ד
3	רמה של כיתה ד
4	רמה של כיתה ד
5	רמה של כיתה ד
6	רמה של כיתה ד
7	רמה של כיתה ד
8	רמה של כיתה ד
9	רמה של כיתה ד
10	רמה של כיתה ד

איור 8. כיתה ד', שלב שני, רצף היישומונים עבור הקבוצה החזקה במערכת

המורה חשבה שהטעות נבעה משיקול תוכן שגוי או טעות בהעתקה בין קבצים. שלא כמו הקבצים הקודמים בהם העבודה דרשה מאמץ רב, ראיית הרצף הסופי בכללותו בממשק המתמשש בפעם הראשונה עידנה את ההחלטות שלה. היא שוב אמרה כי התיאור של המערכת את היישומונים אינו מספק (אמירות כמו: "אין מצב שהם [מתייחסת למפתחים] יאמרו בנייה", מתייחסת ליישומון הדורש מיומנות בנייה). אישוש הרצף בממשק, היא הפעילה את אותם שיקולים כמו בשלבים הקודמים – תוכן מתמטי של היישומון, מיומנות הכרחית, והפעלת ממשק. מגבלות המורה-העדר גישה לקבצי היומן ומגבלת אוטומיזציה שוב עלו. מצד שני, בעת זיהוי הטעויות ותיקונן, הידע המתמטי והפדגוגי שלה באו לידי ביטוי. הם סייעו לה בשיקוליה לגבי תוכן ולגבי הלומדים ורמת הקבוצה.

תהליך התאמה אישית - האלגוריתם

גישת האלגוריתם שבוצעה על ידי המכונה במהלך שלב II של תהליך ההתאמה האישית, היה מבוסס על אלגוריתם של פילטרין שיתופי. האלגוריתם קיבל את הקלט הבא: נתונים היסטוריים; פעילות התלמידים בשלב I, מאגר היישומונים של שלב II.

מטרת העל של האלגוריתם הייתה לבחור ולציין את היישומונים של שלב II, לכל תלמיד לחוד, בסדר עולה של רמת קושי, באופן שיתאים לביצועים של כל תלמיד. משימה זו חייבה שני מושגים נפרדים בעלי חשיבות שווה, יכולת וקושי. יכולת נקבעה אמפירית על בסיס ציוני התלמידים ומשך העבודה על היישומונים בשלב I. קושי נובא עבור כל תלמיד לחוד. הדירוג עבור ההתאמה האישית לכל תלמיד התבסס על רמת הקושי של היישומון עבור תלמידים "דומים" לתלמיד המדובר אשר פתרו יישומונים אלו בעבר. היישומונים מהמאגר של שלב II נפתרו על ידי תלמידים רבים אשר מידע לגביהם נמצא בקבצי היומן ההיסטוריים. כלומר, מתוך הנתונים ההיסטוריים, תת קבוצה של תלמידים שענו על היישומונים של שלב I אותרה.

בהתאם לאלגוריתם הפילטר השיתופי המקורי הדטרמיניסטי (Segal et al., 2014), תת קבוצה של תלמידים אשר ענו על היישומונים של שלב I אותרה בתוך הנתונים ההיסטוריים. אז, על בסיס תת קבוצה זו, האלגוריתם איתר תלמידים "דומים" לתלמידים במחקר הנוכחי, בכך שדירג את השאלות בשלב I – עבור תלמידי המחקר הנוכחי ועבור תת הקבוצה שזוהתה, על פי סדר הישגים (נקודת איזון [tie-breaking] על פי זמן שלקח לענות על משימה); לבסוף, האלגוריתם בחר לכל תלמידי את תלמידי העבר שהדירוג שלהם הכי דומה לדירוג של התלמידים במחקר. בהתבסס על ממוצע הישגים של תלמידים "דומים" במאגר היישומונים של שלב II, האלגוריתם הגדיר סדר של היישומונים על פי רמת קושי ושייך את הסדר הזה לתלמידי המחקר.

תוך שימוש ב- neural collaborative filtering במחקר זה, תלמידים דומים בתוך תת קבוצת התלמידים זוהו בתוך שלב I תוך הישענות על neural network computation. אז, עבור כל זוג יישומונים מהשלב השני, הרשת צפתה מי משני היישומונים יהיה קשה יותר לתלמיד. תוך שימוש בתחזית כזו עבור כל זוג יישומונים, ההצטרבות תוך שימוש במדד קופלנד (Al-Sharrah, 2010), התאמה אישית עם דירוג מלא על פי רמת קושי מתוך מאגר היישומונים של שלב II הושמה לכל תלמיד. מידע נוסף לגבי האלגוריתם neural collaborative filtering ניתן למצוא אצל הרשקוביץ וחובריו (Hershkovitz et al. 2019).

לבסוף, כיון שבשלב II רצף היישומונים מוגבל ל- 10 לתלמיד, הם נבחרו מהמדרג המלא. לשם כך, "חלון מחליק" בגודל 10 הושם במרכז של דרוג ההתאמה האישית של כל תלמיד. חלון זה הוזז ישומון אחד לקראת הקצה הקל או הקשה של הסקאלה, לפי ממוצע הביצועים של התלמיד בשלב I בהשוואה לתלמידים האחרים באותה שכבה במחקר זה (צעד אחד למטה או למעלה, לכל סטיית תקן מעל או מתחת לממוצע של השכבה, בהתאמה).

ההזדמנויות של המכונה שולבו לתוך אלגוריתם. ראשית, האלגוריתם התייחס למספר גדול של רשומות של תלמידים מהארץ, זיהה את אילו שביצעו יישומונים משלבים I ו-II, ופילטר את אלו שהיו דומים לתלמידים במחקר על סמך

שלב I. לכן, הגישה לקבצי היומן על בסיסם החישובים יכלו להיתבצע נכנסו למשחק. יכולות חישוביות שיחקו תפקיד מרכזי, כאשר הביצועים של התלמידים הדומים בשלב II שימשו לקביעת מדרג ההתאמה האישית לכל תלמיד, וכן, בשימוש ב"חלון המחליק" לקביעת 10 היישומונים לתלמיד. השמה של הדירוג הסופי של ההתאמה האישית לתלמיד חשף את יכולות האוטומטיזציה של המכונה. מגבלה בולטת לעין של האלגוריתם היא העיוורון שלו לתוכן היישומונים, היעדר כל ידע מתמטי או פדגוגי, כמו גם היעדר ידע לגבי תלמידי המחקר.

הזדמנויות אלו הובילו את האלגוריתם לשקול כל אחד מתלמידי המחקר לחוד, תוך התחשבות שיטתית את ההישגים ומשך הזמן. גישה לקבצי היומן אפשרה לאלגוריתם לשקול תלמידים אחרים בקנה מידה ארצי גם אם באופן רדוד לאור אי ההיכרות עם תלמידי המחקר.

4.2.6.2. שאלה 2 השפעת הממליץ על רצף ההתאמה האישית

ההבדלים בתוצר של ההמלצה האישית, בין שני התנאים, חושבו על בסיס רמת הקושי של היישומונים בשלב II.

הבדלים ביישומונים שנבחרו

רמת הקושי של היישומונים חושבה בין ה- המ ו-ה הא (כולל כל התלמידים בשני התנאים). באופן כללי, המורה המומחית, בהשוואה לאלגוריתם, המליצה על יישומונים יותר קשים בשתי השכבות. הבדלים אלו הם משמעותיים סטטיסטית, אבל עם גודל אפקט קטן (טבלה 2).

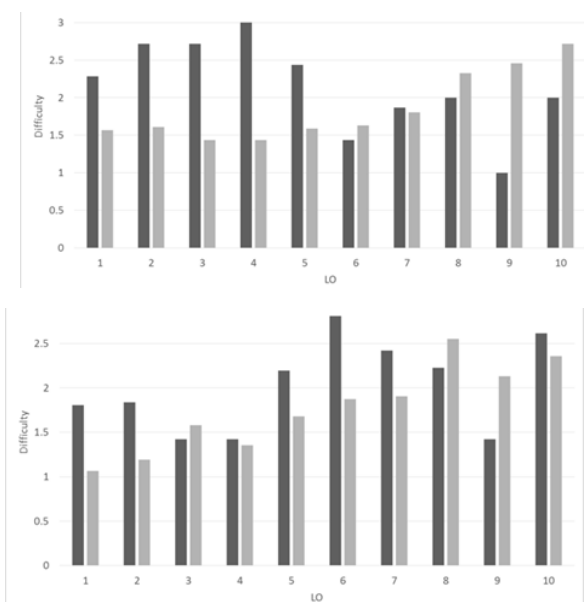
Table 2. Comparing difficulty of TR and MR recommendations

Grade	Avg. (SD) TR	Avg. (SD) MR	Paired t-test	Effect Size [†]
4 (N=46)	2.17 (0.21)	1.96 (0.11)	9.32***	0.05
5 (N=31)	2.02 (0.44)	1.77 (0.18)	3.84**	0.13

** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, [†] Cohen's d

4.2.6.3. הבדל ברצף היישומונים

על מנת להשוות בין ההמלצות בקבוצות המ ו-ה הא לגבי רצף היישומונים וכן לגבי היישומונים שנבחרו, הזדמנויות הלמידה נבחנו (תלמידי המחקר נכללו בשני התנאים). עבור שכבת ד', המלצות המכונה אופיינו על ידי רמת קושי עולה, בעוד המלצות המורה המומחית היו באופן כללי במגמה הפוכה. ה הנתמך בחישוב של מגמה לינארי של שני הוקטורים, עם $m = 0.13$ עבור האלגוריתם, ו- $m = -0.13$ עבור המורה. עבור שכבת ה', מגמה כללית של עליה ברמת הקושי איפיינה את שתי ההמלצות; חישוב המגמה הלינארית הסתיימה ב- $m = 0.15$ ו- $m = 0.07$ עבור המכונה והמורה המומחית, בהתאמה (ראה איור 9).



איור 9. רמות קושי של הזדמנויות הלמידה בשלב II (שכבת ד' למעלה, שכבת ה' למטה), המ (כחה) ו- הא (בהיר)

מידת ההתאמה בין המלצות בפועל על ידי המורה המומחית והמכונה הוערך באמצעות קורלציית AP (Average Precision) (Yilmaz, Aslam & Robertson, 2016), אשר מודדת דמיון בין שני סידורים שונים: זה הופעל למדידת החפיפה בין שתי ההמלצות לכל תלמיד. בשכבת ד', ממוצע הקורלציה של AP היה 0.42 ($SD=0.12$, $N=46$). הגודל הממוצע של החלק החופף היה 6.22 ($SD=0.87$). בשכבת ה', ממוצע הקורלציה של AP היה 0.75 ($SD=0.22$, $N=31$), עם גודל ממוצע של החלק החופף 5.19 ($SD=0.79$). ממצאים אלו הם בהתאמה עם הממצאים שהוצגו לעיל: כאשר שתי ההמלצות הציגו רמת קושי עולה (שכבת ה'), נצפתה התאמה גבוהה בין הסטים המומלצים, בעוד שכאשר שתי ההמלצות הציגו מגמות הפוכות (שכבת ד'), רמת התאמה הייתה נמוכה יותר.

רצף היישומונים- קבוצת המורה

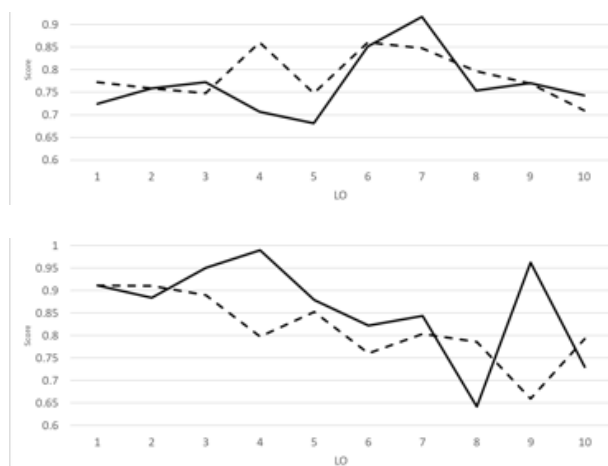
ממוצע הערך המוחלט של רמת הקושי של עשרת היישומונים שהושמו על ידי המורה המומחית לתלמידים "חלשים", "בינוניים" ו"חזקים" (כולל כל התלמידים בשתי קבוצות ההתערבות), עלה בהתאמה, למרות שהמובהקות הסטטיסטית לא נבחנה לאור המספר הנמוך של היישומונים, 10 בכל קבוצה. הערכת המורה את רמת הקושי של היישומונים, הייתה לפיכך בהתאמה עם רמת הקושי המוחלטת שנמדדה על בסיס פעילות תלמידים בעבר. ממצאים אלו מסוכמים בטבלה 3.

טבלה 3. ממוצע רמת הקושי בהתאמה האישי לקבוצות של המורה המומחית

Grade	"Weak"	"Intermediate"	"Strong"
4	1.9	2.1	2.4
5	1.4	1.8	2.5

4.2.6.4. שאלה 3 השפעת רמת מעורבות המורה על תוצאות הלמידה

ההבדלים בתוצאות הלמידה בשלב II, בין שני התנאים, חושבו על בסיס ביצועי התלמידים (ציונים) ביישומונים אלו. במונחים של הזדמנויות למידה, ניתן לראות באיור 10, כי בשכבת ד' אין הבדל ברור לאחד התנאים [25 תלמידים ב-המ ו-21 ב-הא], ואילו בשכבת ה' היה הבדל כללי לקבוצת המ [16 תלמידים] מול הא [15 תלמידים]. אם ניקח בחשבון את הממצאים שדיווחנו עליהם בחלק הודם, ניתן להסיק שהמלצות האדם והמכונה התאימו בשכבת ה' – למורה היה יתרון על פני המכונה במובנים של תוצרי הלמידה; לעומת זאת, כאשר המלצות האדם והמכונה לא היו בהתאמה בשכבת ד', לא נראה כי יש יתרון לאחת משתי קבוצות הטיפול. נציין כי בגלל גודל מדגם קטן לא ביצענו ניתוח סטטיסטי.

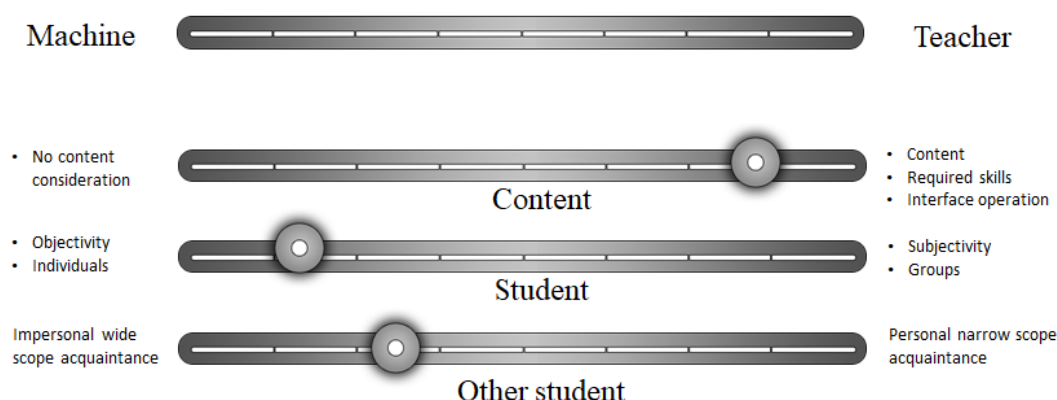


איור 10. ציונים בשלב II – השוואה בין המ (קו רציף) לבין הא (קו מקוקו), שכבת ד' (למעלה) ושכבת ה'

4.2.7. דיון ומסקנות

מחקר זה בחן התאמה אישית של יישומונים משחקיים מתמטיים לתלמידים בבית הספר היסודי בעזרת שני תהליכים שונים זה מזה מהותית, זה של מורה מומחית מול זה של מכונה. ההזדמנויות השונות של כל אחד (ובהתאמה המגבלות) כמו גם השיקולים נחשפו עבור שני תהליכי ההמלצה האישית. בחנו גם את ההמלצות עצמן ואת הישגי התלמידים לאורם.

במהלך תהליך ההתאמה האישית, הידע המתמטי, הידע הפדגוגי וההיכרות האישית של המורה עם תלמידה הובילו אותה להתמקד בתוכן המתמטי של היישומים, כמו ידע מתמטי, מיומנויות דרושות וממשק ההפעלה. בסופו של דבר היא שקלה את רמת התלמידים בקבוצות. הטיפול הסובייקטיבי שלה בתלמידים ניכר לאור המקרים השונים והחריגים שהיא הפעילה לבסס את שיוכם לקבוצה בהתאם לרמה, וכן האמירה שלה שבהינתן שמות התלמידים היא הייתה יכולה להסתכל רק על הביצוע שלהם ללא צורך להשוות לביצוע של עמיתיהם בכיתה, השוואה אותה ביצעה בעיקר על מנת להבין את משך הזמן של הפעילות. למרות שהיא התעלמה מנתוני-עתק שכללו את הציונים הממוצעים ביישומים ברמת המדינה אותם יכלה להוציא מהמערכת, היא העדיפה להישען על מאגר מצומצם אותו היא מכירה אישית של הכיתות בבית סיפורה. המכונה התעלמה מתוכן היישומים אך טיפלה בתלמידים כיחידים ובאופן אובייקטיבי כך שהאלגוריתם ביצע המלצה אישית בהתבסס על דמיון שהוגדר מראש לחישוב רמת קושי של יישומון. תלמידים אחרים ברמה הארצית נלקחו בחשבון באופן לא אישי. החזקות של המורה והמכונה לגבי כל שיקול מוצגים באיור 11.



איור 11. חוזקות שיקולים של מורה/מכונה

ההתאמה האישית ותוצאות הלמידה היו שונים עבור של קבוצת טיפול. המורה המליצה על יישומים שהיו קשים יותר [באופן משמעותי סטטיסטית] מאלו שהומלצו על ידי המכונה, ובשכבת ה' ריפפה אותם ברמת קושי עולה. המכונה בנתה רצף ברמת קושי עולה בשתי השכבות. בכיתה ד', לא נמצא הבדל בין ביצועי הלומדים בשני התנאים; בעוד שבשכבת ה' השיגי התלמידים שעבדו לאור המלצות המורה היו גבוהים מההישגים של התלמידים שעבדו לאור המלצות המכונה.

על בסיס ההבדלים שהוצגו לגבי התהליכים והתוצאות ניתן לנסח מספר מסקנות. ביחד, ניתן להבין כיצד המכונה יכולה להיתרם מניסיון המורה המומחית וכן להפך. ראשית, תלמיד המורה לא השיגו פחות, ואף במידה מסויימת עלו על עמיתיהם מקבוצת המכונה. זה יכול להצביע על שיפור לאלגוריתם על ידי הצעת יישומים יותר קשים, על מנת למקסם את מעורבות התלמידים ולמידתם בטווח ההתפתחות המקורבת (Luckin, 2001).

שנית, המורה הדגימה עליונות כאשר המליצה על רצף יישומים ברמת קושי עולה בשכבת ה', שהייתה תוצר של היבטים תכניים שלא נלקחו בחשבון על ידי המכונה. שוב, יכול להיות שניתן לראות בכך נקודה לשיפור המכונה שעד כה נבחנה בסביבות למידה בהן סגנון המשימות היה פשוט – בדרך כלל שאלות רבו ברירה, בשונה מהמערכת במחקר

זה, שהייתה עשירה חזותית ופדגוגית. אכן, ההשפעות של עיצוב הממשק על ביצועי תלמידים הודגם במחקר קודם (Ben-Haim, Cohen & Tabach, 2019; Park & Song, 2015). לכן, אנו סבורים כי היבטים תכניים שונים – המתמטיקה, המיומנויות והפעלת הממשק, צריכים להילקח בחשבון על ידי המכונה על מנת לספק המלצות אישיות טובות יותר. בנוסף, יתכן ועליונות המורה בהמלצות האישיות בשכבת ה' נבעה מהיכרותה אישית עם תלמידי השכבה. לכן, המכונה עשויה להיתרם משיקולים עמוקים יותר לגבי הלומדים כולל מידע כמו רמת ידע קודם, עניין, מטרות, סגנון למידה ומשתני רקע נוספים (Verbert, Manouselis, et al., 2012).

שלישית, הממצאים גם מאירים את עליונות המכונה בכך שהיא אובייקטיבית, עקבית, מחשבת רמת קושי על בסיס נתוני-עתק. כלומר, המכונה- למרות הקושי לעבוד בסביבת כיתה אותנטית כפי שהיה במחקר זה, ובלי להישען על התוכן, הצליחה להשוות לביצועי המורה בשכבת ד'. אכן, במחקרים קודמים אחדים, המכונה הוכיחה עליונות בסביבה אותנטית (Ben David, Segal & Gal, 2016). לכן, המורה עשויה להיתרם מהתבוננות בנתונים אובייקטיביים כמו ממוצעים ארציים ביישומונים המדוברים.

המחקר מצביע על המשמעותיות של הוראה מונעת מנתונים, כפי שנראה בשני תהליכי ההתאמה האישית, ואשר יכולה לתרום לידע המחקרי בתחום. חיוני לחינוך כיום (Schifter, Natarajan, Ketelhut, & Kirchgessner, 2014) החלטות מבוססות נתונים ניתנות לביצוע בעזרת כלים טכנולוגיים יעודיים המאפשרים נגישות לנתונים חינוכיים (Faria, 2014). לדוגמה, מחקר מצא כי לוח מחוונים מבוסס על נתוני ITS, העצים את ידע המורים לגבי תלמידיהם ותמך בפרקטיקות ההוראה (Xhakaj, Aleven, & McLaren, 2017). היכולת לתרגם נתונים לפעולות הוראה מכונה אוריינות פדגוגית נתונים (תרגום גרוע ל- *pedagogical data literacy*), וכוללת שילוב ידע תוכן פדגוגי עם ידע על נתונים ויכולתו להשפיע על פרקטיקות ההוראה, למידה וביצועים (Mandinach, 2012).

המחקר מציע כי מכונה ומורה אנושי יכולים להשתמש בנתונים עשירים זמינים ולבנות את מהלכי ההוראה וההתאמה האישית תוך הישענות על החוזקות שלהם תוך שאיפה להישען גם על חוזקות האחר. מערכת עשירה יותר של שיקולים נכנסת אז למשחק. מפתחים של מערכות משאבים צריכים לספק מטה נתונים מדויקים ומתאימים איתם מורים ומכונות עשויים לפרוח.

מחקר זה אינו חף מגבלות. ראשית, גודל מאגר היישומונים עבור שתי השכבות בשלב II היה שונה (המאגר לשכבת ד' היה קטן מזה של שכבת ה'). זה עשוי להסביר את ההבדל בין המלצות המורה לשכבות ד' ו-ה'. שנית, המחקר בוצע על מערכת אחת, בהקשר של נושא מתמטי יחיד. שלישית, הנתונים נאספו בבית ספר יחיד, עובה שאולי מטה את הממצאים לאור מאפיינים דמוגרפיים או חינוכיים; בנוסף, התרבות, חינוך ומאפיינים טכנולוגיים של המדינה אולי היטו את התוצאות. לפיכך, אנו ממליצים על שיחזור המחקר בבתי ספר נוספים, עם מאגר רחב יותר, ועם מערכות שונות, כמו גם עם שכבות ונושאים נוספים.

4.3. מקורות לפרק זה

- Aldunate, R., & Nussbaum, M. (2013). Teacher adoption of technology. *Computers in Human Behavior*, 29(3), 519–524. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.10.017>
- Anderson, L. W. (2003). Classroom Assessment: Enhancing the Quality of Teacher Decision Making. In *Mahwah, NJ: Erlbaum*. Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ashmeade, L. A. (2016). *Study of the impact of certified staff perception of digital citizenship upon teacher professional development (unpublished Ph.D. dissertation)* (Issue December) [Texas A & M University (College Station, TX)]. <https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/158605>
- Ayad, F. I., & Ajrami, S. J. (2017). The degree of implementing ISTE standards in technical education colleges of Palestine. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 16(2), 107–118.
- Azzam, T., Evergreen, S., Germuth, A. A., & Kistler, S. J. (2013). Data visualization and evaluation. *New Directions for Evaluation*, 2013(139), 7–32. <https://doi.org/10.1002/ev.20065>
- Ba-Omar, H., Petrounias, I., & Anwar, F. (2007). A framework for using web usage mining to personalise e-learning. *Proceedings - The 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2007*, 1(2006), 937–938. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2007.13>
- Baker, F. B., & Kim, S.-H. (Eds.). (2004). *Item response theory: Parameter estimation techniques (second edition)*. CRC Press.
- Baker, R. S. (2016). Stupid Tutoring Systems, Intelligent Humans. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 600–614. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0105-0>
- Bakir, N. (2015). An Exploration of Contemporary Realities of Technology and Teacher Education: Lessons Learned. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*. <https://doi.org/10.1080/21532974.2015.1040930>
- Bakir, N. (2016). Technology and Teacher Education: A Brief Glimpse of the Research and Practice that Have Shaped the Field. *TechTrends*, 60(1), 21–29. <https://doi.org/10.1007/s11528-015-0013-4>
- Ben David, Y., Segal, A., & Gal, Y. (Kobi). (2016). Sequencing educational content in classrooms using Bayesian knowledge tracing. *Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge - LAK '16*, 354–363. <https://doi.org/10.1145/2883851.2883885>

- Blaschke, L. M. (2012). Heutagogy and lifelong learning: A review of heutagogical practice and self-determined learning. In *International Review of Research in Open and Distance Learning*. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v13i1.1076>
- Bolam, R. (2002). Professional Development and Professionalism. *The Principles and Practice of Educational Management*, 103–118.
- Boy, J., Rensink, R. A., Bertini, E., & Fekete, J. D. (2014). A principled way of assessing visualization literacy. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 20(12), 1963–1972. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2014.2346984>
- Bulte, C., Betts, A., Garner, K., & Durning, S. (2007). Student teaching: Views of student near-peer teachers and learners. *Medical Teacher*, 29(6), 583–590. <https://doi.org/10.1080/01421590701583824>
- Burden, P. . (1990). Teacher development. In W.R. Houston (Ed.). *Handbook of Research on Teacher Education*, New York: Macmillan, 311–328.
- Carpenter, J. P., & Green, T. D. (2017). Mobile instant messaging for professional learning: Educators' perspectives on and uses of Voxer. *Teaching and Teacher Education*, 68, 53–67. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.08.008>
- Caruana, R., Baluja, S., & Mitchell, T. (n.d.). Using the future to "sort out" the present: Rankprop and multitask learning for medical risk evaluation. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 959–965.
- Chen, C. (2005). Top 10 unsolved information visualization problems. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25(4), 12–16. <https://doi.org/10.1109/MCG.2005.91>
- Cheng, H.-T., Koc, L., Harmsen, J., Shaked, T., Chandra, T., Aradhye, H., Anderson, G., Corrado, G., Chai, W., & Ispir, M. (n.d.). Wide & deep learning for recommender systems. *Proceedings of the 1st Workshop on Deep Learning for Recommender Systems*, 7–10.
- Cheok, M. L., Wong, S. L., Ayub, A. F., & Mahmud, R. (2017). Teachers' Perceptions of E-Learning in Malaysian Secondary Schools- Frog VLE. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 5(2), 20–33.
- Choi, M., Cristol, D., & Gimbert, B. (2018). Teachers as digital citizens: The influence of individual

backgrounds, internet use and psychological characteristics on teachers' levels of digital citizenship. *Computers & Education*, 121, 143–161. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2018.03.005>

Copeland, A. H. (1951). *A reasonable social welfare function*. University of Michigan (Ann Arbor, MI).

Correll, M., & Heer, J. (2017). Black Hat Visualization. *VIS 2017: Dealing with Cognitive Biases in Visualisations*, 6–9.

Costello, R. W. (1997). The Leadership Role in Making the Technology Connection. *T.H.E. Journal*, 25(4), 58–62.

Crammer, K., & Singer, Y. (n.d.). Pranking with ranking. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 641–647.

Crary, J. (2009). Nineteenth-Century Visual Incapacities. In J. Elkins (Ed.), *Visual literacy* (pp. 59–76). Routledge Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9780203939574-8>

Dabbebi, I., Iksal, S., Gilliot, J.-M., May, M., & Garlatti, S. (2017). Towards adaptive dashboards for learning analytic an approach for conceptual design and implementation. *Proceedings of the 9th International Conference on Computer Supported Education*, 1, 120–131. <https://doi.org/10.5220/0006325601200131>

Dafoulas, G. A. (2005). The role of feedback in online learning communities. *Proceedings - 5th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2005*, 2005, 827–831. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2005.277>

Danielson, C. (2009). *Charlotte Danielson's Framework For Teaching*.

Darling-Hammond, L., & McLaughlin, M. W. (1995). Policies that support professional development in an era of reform. *Phi Delta Kappan*, 92(6), 81–92. <https://doi.org/10.1177/003172171109200622>

Davis, E. A. (2006). Characterizing productive reflection among preservice elementary teachers: Seeing what matters. *Teaching and Teacher Education*. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.11.005>

Day, C., & Gu, Q. (2007). Variations in the conditions for teachers' professional learning and development: Sustaining commitment and effectiveness over a career. *Oxford Review of Education*. <https://doi.org/10.1080/03054980701450746>

- Deeds, M., Shaked, T., Renshaw, E., Hullender, G., Burges, C., Lazier, A., & Hamilton, N. (2005). Learning to rank using gradient descent. *Proceedings of the 22nd International Conference on Machine Learning*, 89–96. <https://doi.org/10.1145/1102351.1102363>
- Demmans Epp, C., Phirangee, K., & Hewitt, J. (2019). User-centered dashboard design: Iterative design to support teacher informational needs in online learning contexts. *American Educational Research Association Annual Meeting*. <https://www.researchgate.net/publication/332380972>
- Dewey, J. (1938). The Need of a Theory of Experience. In *Experience & Education*. Simon and Schuster.
- Dorça, F. A., Araújo, R. D., De Carvalho, V. C., Resende, D. T., & Cattelan, R. G. (2016). An Automatic and Dynamic Approach for Personalized Recommendation of Learning Objects Considering Students Learning Styles: An Experimental Analysis. *Informatics in Education*, 15(1), 45–62.
- Duval, E. (2011). Learning Analytics for Visualization and Recommendation. *Proceedings of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge - LAK '11*, 9–17. <https://doi.org/10.1145/2090116.2090118>
- Ellerani, P., & Gentile, M. (2013). The Role of Teachers as Facilitators to Develop Empowering Leadership and School Communities Supported by the Method of Cooperative Learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.09.144>
- Eraut, M. (1994). *Developing professional knowledge and competence*. Falmer Press. <https://doi.org/10.4324/9780203486016>
- et al. Schifter, C. (2014). Data-driven decision making: Facilitating teacher use of student data to inform classroom instruction. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 14(4), 419–432.
- et al. Schifter, C., Natarajan, U., Ketelut, D., & Kirchgessner, A. (2014). Data-driven decision making: Facilitating teacher use of student data to inform classroom instruction. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 14(4), 419–432. <http://www.citejournal.org/vol14/iss4/science/article2.cfm>
- Eyal, L. (2012). Digital assessment literacy - the core role of the teacher in a digital environment. *Educational Technology and Society*, 15(2), 37–49.

- Eyal, L., & Bouhnik, D. (2011). The Reciprocity between Learning-Content Management System (LCMS) and the Assessment of learners in E-learning Courses. *Proceedings of the 6th Chais Conference for the Study of Innovation and Learning Technologies*, 22, 22–30.
- Faria, A.-M., Greenberg, A., Meakin, J., Bichay, K., & Heppen, J. (2014). Replicating the Relationship between Teachers' Data Use and Student Achievement: The Urban Data Study and the Data Dashboard Usage Study. *Society for Research on Educational Effectiveness*, 1–8.
- Fessler, R. (1985). A model for teacher professional growth and development. *Career-Long Teacher Education*, 181–193.
- Few, S. (2006a). *Information dashboard design: The effective visual communication of data*.
- Few, S. (2006b). Information Dashboard Design. *The Effective Visual Communication of Data Sebastopol*.
- Frau-Meigs, D., Velez, I., & Michel, J. F. (2017). Mapping media and information literacy policies New perspectives for the governance of MIL. In *Public Policies in Media and Information Literacy in Europe. Cross-country comparisons* (pp. 19–88). Routledge.
- Freund, Y., Iyer, R., Schapire, R. E., & Singer, Y. (2003). An efficient boosting algorithm for combining preferences. *Journal of Machine Learning Research*, 4(Nov), 933–969.
- Fuller, F. (1969). Concerns of Teachers: A developmental perspective. *Educational Research Journal*, 6(2), 207–226.
- Gast, S. (2011). Education Secretary Launches United States Education Dashboard [Press Release]. *Targeted News Service*.
- Gibson, A., & Martinez-Maldonado, R. (2017). That dashboard looks nice, but what does it mean? towards making meaning explicit in learning analytics design. *ACM International Conference Proceeding Series*, 528–532. <https://doi.org/10.1145/3152771.3156171>
- Glass, G. V. (2002). Grouping students for Instruction. *School Reform Proposals: The Research Evidence*, 2008, 95–112.
- Gregorc, A. F. (1973). Developing Plans for Professional Growth. *NASSP Bulletin*, 57(377), 1–8. <https://doi.org/10.1177/019263657305737701>

- Guskey, R. T., & Sparks, D. (2000). Evaluating professional development. In *Corwin Press*.
<https://doi.org/10.1177/001789699004900411>
- Handler, M. G., & Strudler, N. (1997). The ISTE foundation standards: Issues of implementation. *Journal of Computing in Teacher Education*, 13(2), 16–23.
- Hargreaves, A. (2005). Educational change takes ages: Life, career and generational factors in teachers' emotional responses to educational change. *Teaching and Teacher Education*, 21(8), 967–983.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.06.007>
- Hase, S., & Kenyon, C. (2000). From Andragogy to Heutagogy. In *ultiBASE*.
- He, X., Liao, L., Zhang, H., Nie, L., Hu, X., & Chua, T.-S. (2017). Neural collaborative filtering. *Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web - WWW '17*, 173–182.
<https://doi.org/10.1145/3038912.3052569>
- Henry, A. (2008). *The relationship of age, gender, and personality style with the level of technology implementation at the university level*. ProQuest Dissertations Publishing.
- Herald, B. (2016). Digital Citizenship Initiative Will Target State Legislators. *Education Week*.
- Hermans, R., Tondeur, J., van Braak, J., & Valcke, M. (2008). The impact of primary school teachers' educational beliefs on the classroom use of computers. *Computers & Education*, 51(4), 1499–1509. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2008.02.001>
- Herold, B., & Smith, C. (2015). Why Ed Tech Is Not Transforming Teaching. *Education Week*, 34(35), 8–14.
- Hershkovitz, A., & Karni, O. (2018). Borders of change: A holistic exploration of teaching in one-to-one computing programs. *Computers and Education*, 125, 429–443.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.026>
- Hiebert, J., K. Morris, A., & Glass, B. (2003). Learning to Learn to Teach: An "Experiment" Model for Teaching and Teacher Preparation in Mathematics. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 6(3), 201–222. <https://doi.org/10.1023/A:1025162108648>
- Higgins, S., Falzon, C., Hall, I., Moseley, D., Smith, F., Smith, H., & Wall, K. (2005). Embedding ICT in the literacy and numeracy strategies : final report. *Language Sciences*, 44(March), 0–73.

- Hixon, E., & Buckenmeyer, J. (2009). Revisiting technology integration in Schools: Implications for professional development. *Computers in the Schools*, 26(2), 130–146. <https://doi.org/10.1080/07380560902906070>
- Holstein, K., McLaren, B. M., & Aleven, V. (2017). Intelligent tutors as teachers' aides: Exploring teacher needs for real-time analytics in blended classrooms. *ACM International Conference Proceeding Series*, 257–266. <https://doi.org/10.1145/3027385.3027451>
- Holstein, K., Xhakaj, F., Aleven, V., & McLaren, B. (2010). *Luna: A Dashboard for Teachers Using Intelligent Tutoring Systems*. <https://doi.org/10.1145/12345.67890>
- Hooper, S., & Hannafin, M. J. (1988). Cooperative CBI: The Effects of Heterogeneous versus Homogeneous Grouping on the Learning of Progressively Complex Concepts. *Journal of Educational Computing Research*, 4(4), 413–424. <https://doi.org/10.2190/T26C-3FTH-RNYP-TV30>
- Huberman, M. (1989). On teachers' careers: Once over lightly, with a broad brush. *International Journal of Educational Research*, 13(4), 347–362. [https://doi.org/10.1016/0883-0355\(89\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0883-0355(89)90033-5)
- Hui, B., & Campbell, R. (2018). Discrepancy between Learning and Practicing Digital Citizenship. *Journal of Academic Ethics*, 16(2), 117–131. <https://doi.org/10.1007/s10805-018-9302-9>
- Hullman, J., Adar, E., & Shah, P. (2011). Benefitting InfoVis with visual difficulties. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 17(12), 2213–2222. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2011.175>
- Inan, F. A., & Lowther, D. L. (2010). Factors affecting technology integration in K-12 classrooms: A path model. *Educational Technology Research and Development*. <https://doi.org/10.1007/s11423-009-9132-y>
- ISTE standards at ISTE. (2017). *ISTE standards at ISTE*. ISTE Website.
- Jarvis, P., & Parker, S. (2006). *Human learning: An holistic approach* (S. Parker (Ed.)). Routledge.
- John, P. D. (2006). Lesson planning and the student teacher: Re-thinking the dominant model. *Journal of Curriculum Studies*. <https://doi.org/10.1080/00220270500363620>
- Johnson, T. (2015). *Professional Development Effects on Teachers' Perceptions in Analyzing and Using Student Data* This is to certify that the doctoral study by.

- Johnston, S. (1998). ACADEMICS AS LEARNING PROFESSIONALS. *HERDSA*.
- Joo, Y. J., Lim, K. Y., & Kim, N. H. (2016). The effects of secondary teachers' technostress on the intention to use technology in South Korea. *Computers & Education*, 95, 114–122. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2015.12.004>
- Kali, Y., Mckenney, S., Sagy, O., Kali, Y., Mckenney, Á. S., Sagy, Á. O., & Mckenney, S. (2015). Teachers as designers of technology enhanced learning in shaping the learning scenarios in. *Instr Sci*, 43(2), 173–179. <https://doi.org/10.1007/s11251-014-9343-4>
- Keim, D. A. (2002). Information visualization and visual data mining. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.1109/2945.981847>
- Kfir. (2008). Initial training and professional development of teachers - a continuous process. *The MOFET Institute's Magazine*, 33(77).
- King, A. (1993). From Sage Guideon the Stage to on the Side. *College Teaching*, 41(1), 33–35.
- Kraft, M. A., & Dougherty, S. M. (2013). The Effect of Teacher-Family Communication on Student Engagement: Evidence From a Randomized Field Experiment. *Journal of Research on Educational Effectiveness*. <https://doi.org/10.1080/19345747.2012.743636>
- Kusumawardani, S. S., Prakoso, R. S., & Santosa, P. I. (2014). Using ontology for providing content recommendation based on learning styles inside e-learning. *Proceedings of The 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Modelling, and Simulation*, 276–281. <https://doi.org/10.1109/AIMS.2014.40>
- Lai, K. W. (1993). Teachers as facilitators in a computer-supported learning environment. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 2(2), 127–137. <https://doi.org/10.1080/0962029930020202>
- Lam, H., Bertini, E., Isenberg, P., Plaisant, C., & Carpendale, S. (2012). Empirical studies in information visualization: Seven scenarios. In *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* (Vol. 18, Issue 9, pp. 1520–1536). <https://doi.org/10.1109/TVCG.2011.279>
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*.
- Leikin, R. (2005). Teachers' learning in teaching: Developing teachers' mathematical knowledge through instructional interactions. *15th ICMI Study: The Professional Education and Development*

of Teachers of Mathematics.

- Li, P., Wu, Q., & Burges, C. J. (n.d.). Mcrank: Learning to rank using multiple classification and gradient boosting. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 897–904.
- Li, S., Kawale, J., & Fu, Y. (n.d.). Deep collaborative filtering via marginalized denoising auto-encoder. *Proceedings of the 24th ACM International on Conference on Information and Knowledge Management*, 811–820.
- Light, D., Wexler, D. H., & Heinze, J. (2005). Keeping teachers in the center: A framework for data-driven decision-making. *Proceedings of Society for Information Technology {&} Teacher Education International Conference 2005, Secada 2001*, 128–133.
- Liu, S., Cui, W., Wu, Y., & Liu, M. (2014). A survey on information visualization: recent advances and challenges. *Visual Computer*, 30(12), 1373–1393. <https://doi.org/10.1007/s00371-013-0892-3>
- Mandinach, E. B. (2012). A Perfect Time for Data Use: Using Data-Driven Decision Making to Inform Practice. *Educational Psychologist*, 47(2), 71–85. <https://doi.org/10.1080/00461520.2012.667064>
- Mandinach, E. B., & Gummer, E. S. (2013). A systemic view of implementing data literacy in educator preparation. *Educational Researcher*, 42(1), 30–37. <https://doi.org/10.3102/0013189X12459803>
- Matuk, C., & Linn, M. C. (2014). Exploring a digital tool for exchanging ideas during science inquiry. *Proceedings of International Conference of the Learning Sciences, ICLS*.
- McConnell, B. J. (2011). Factors Affecting Teachers' Level of Technology Implementation in a Texas Private School. In *Framework*.
- Molenaar, I., & Knoop-van Campen, C. (2018). How Teachers Make Dashboard Information Actionable. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12(3), 347–355. <https://doi.org/10.1109/TLT.2018.2851585>
- Mottus, A., Graf, S., & Chen, N. (2015). *Ubiquitous Learning Environments and Technologies*. 181–199. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-44659-1>
- Mottus, A., Kinshuk, Chen, N. S., Graf, S., Alturki, U., & Aldraiweesh, A. (2018). Teacher facilitation support in ubiquitous learning environments. *Technology, Pedagogy and Education*, 27(5), 549–570. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2018.1544587>

- Munby, H. (1982). The place of teachers' beliefs in research on teacher thinking and decision making, and an alternative methodology. *Instructional Science*, 11(3), 201–225. <https://doi.org/10.1007/BF00414280>
- Nabhani, M., & Bahous, R. (2010). Lebanese teachers' views on "continuing professional development." *Teacher Development*, 14(2), 207–224. <https://doi.org/10.1080/13664530.2010.494502>
- Nadolny, L., & Halabi, A. (2016). Student Participation and Achievement in a Large Lecture Course With Game-Based Learning. *Simulation and Gaming*, 47(1), 51–72. <https://doi.org/10.1177/1046878115620388>
- O'Malley, K. J., Lai, E., McClarty, K., & Way, W. (2013). Marrying formative, periodic, and summative assessments: I do. In R. W. Lissitz (Ed.), *Informing the Practice of Teaching Using Formative and Interim Assessment: A Systems Approach*. Information Age Publishing.
- Pardos, Z. A., & Heffernan, N. T. (2009). Determining the Significance of Item Order in Randomized Problem Sets. *International Working Group on Educational Data Mining*.
- Reeves, T. D., & Honig, S. L. (2015). A classroom data literacy intervention for pre-service teachers. *Teaching and Teacher Education*, 50, 90–101. <https://doi.org/10.1016/J.TATE.2015.05.007>
- Repenning, A., Webb, D., & Ioannidou, A. (2010). *Scalable game design and the development of a checklist for getting computational thinking into public schools*. 265. <https://doi.org/10.1145/1734263.1734357>
- Richardson, V., & Placier, P. (2001). Teacher change. *Handbook of Research on Teaching*, Washington DC: American educational research association, 905–947.
- Rigutini, L., Papini, T., Maggini, M., & Scarselli, F. (2011). SortNet: Learning to rank by a neural preference function. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 22(9), 1368–1380.
- Salakhutdinov, R., Mnih, A., & Hinton, G. (n.d.). Restricted Boltzmann machines for collaborative filtering. *Proceedings of the 24th International Conference on Machine Learning*, 791–798.
- Schalkwyk, S. Van, Leibowitz, B., Herman, N., & Farmer, J. (2015). Studies in Educational Evaluation Reflections on professional learning: Choices, context and culture. *Studies in Educational Evaluation*, 46, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2015.03.002>

- Schwendimann, B. A., Rodríguez-Triana, M. J., Vozniuk, A., Prieto, L. P., Shirvani Boroujeni, M., Holzer, A., Gillet, D., & Dillenbourg, P. (2017). Understanding learning at a glance: A systematic literature review of learning dashboards. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(1), 148–157.
- Segal, A., Ben David, Y., Williams, J. J., Gal, K., & Shalom, Y. (2018). Combining difficulty ranking with multi-armed bandits to sequence educational content. *Proceedings of the 19th International Conference on Artificial Intelligence in Education*, 317–321. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93846-2_59
- Segal, A., Katzir, Z., Gal, K., Shani, G., & Shapira, B. (2014). EduRank: A collaborative filtering approach to personalization in e-learning. *Proceedings of the 7th International Conference on Educational Data Mining*, 68–75. <http://www.educationaldatamining.org/EDM2014/index.php?page=proceedings>
- Seok, S. (2008). Teaching Aspects of E-Learning. *International Journal on E-Learning*, 7(4), 725–741. <https://doi.org/Article>
- Shishehchi, S., Banihashem, S. Y., Zin, N. A. M., & Shahrul, S. A. (2011). Review of personalized recommendation techniques for learners in e-learning systems. *2011 International Conference on Semantic Technology and Information Retrieval, STAIR 2011*, 277–281. <https://doi.org/10.1109/STAIR.2011.5995802>
- Smith, J. A., & Sivo, S. A. (2012). Predicting continued use of online teacher professional development and the influence of social presence and sociability. *British Journal of Educational Technology*, 43(6), 871–882. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2011.01223.x>
- Song, Y., Loewenstein, G., & Shi, Y. (2018). Heterogeneous effects of peer tutoring: Evidence from rural Chinese middle schools. *Research in Economics*, 72(1), 33–48. <https://doi.org/10.1016/J.RIE.2017.05.002>
- Soriani, A. (2018). From Media Education to Digital Citizenship . Origins , perspectives and policy implementa- tions in the school systems across Europe. *Ricerche Di Pedagogia e Didattica – Journal of Theories and Research in Education*, 13(3), 85–122.
- Stokes, S. (2002). Visual literacy in teaching and learning: A literature perspective. *Electronic Journal for the Integration of Technology in Education*, 1(1), 10–19.

- Taylor, N., & Corrigan, G. (2007). New South Wales primary school teachers' perceptions of the role of ICT in the primary science curriculum - A rural and regional perspective. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(1), 85–109. <https://doi.org/10.1007/s10763-005-9025-4>
- Tervakari, A. M., Silius, K., Koro, J., Paukkeri, J., & Pirttilä, O. (2014). Usefulness of information visualizations based on educational data. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, 142–151. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2014.6826081>
- Thompson, S. C., Gregg, L., & Niska, J. M. (2004). Professional Learning Communities, Leadership, and Student Learning. *RMLE Online*, 28(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/19404476.2004.11658173>
- Towndrow, P. A. (2005). Op-Ed. *Journal of Curriculum Studies*, 37(5), 507–524. <https://doi.org/10.1080/00220270500068591>
- Trust, T., Krutka, D. G., & Carpenter, J. P. (2016). “Together we are better”: Professional learning networks for teachers. *Computers and Education*, 102, 15–34. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.06.007>
- Tweed, S. (2013). Technology Implementation: Teacher Age , Experience , Self-Efficacy , and Professional Development as Related to Classroom Technology Integration. *UMI Dissertation*, May. <https://doi.org/UMI 3570301>
- Twining, P., Raffaghelli, J., Albion, P., & Knezek, D. (2013). Moving education into the digital age: the contribution of teachers' professional development. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(5), 426–437. <https://doi.org/10.1111/jcal.12031>
- Vainas, O., Bar-Ilan, O., Ben-David, Y., Gilad-Bachrach, R., Lukin, G., Ronen, M., Shillo, R., & Sitton, D. (2019a). *E-Gotsky: Sequencing Content using the Zone of Proximal Development*. April. <http://arxiv.org/abs/1904.12268>
- Vainas, O., Bar-Ilan, O., Ben-David, Y., Gilad-Bachrach, R., Lukin, G., Ronen, M., Shillo, R., & Sitton, D. (2019b). *E-Gotsky: Sequencing Content using the Zone of Proximal Development*. *ArXiv Preprint ArXiv:1904.12268*.
- Van Schalkwyk, S., Leibowitz, B., Herman, N., & Farmer, J. (2015). Reflections on professional learning: Choices, context and culture. *Studies in Educational Evaluation*.

<https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2015.03.002>

- Wan Mohd, W. M. B., Embong, A., & Zain, J. M. (2010). A framework of dashboard system for higher education using graph-based visualization technique. In F. Zavoral, J. Yaghob, P. Pichappan, & E. El-Qawasmeh (Eds.), *Communications in Computer and Information Science* (Vol. 87, Issue 1, pp. 55–69). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14292-5_7
- Wang, H., Wang, N., & Yeung, D.-Y. (n.d.). Collaborative deep learning for recommender systems. *Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 1235–1244.
- Webster-Wright, A. (2009). Reframing Professional Development Through Understanding Authentic Professional Learning. *Review of Educational Research*, 79(2), 702–739. <https://doi.org/10.3102/0034654308330970>
- Khakaj, F., Aleven, V., & McLaren, B. M. (2016). How teachers use data to help students learn: Contextual inquiry for the design of a dashboard. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9891 LNCS, 340–354. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45153-4_26
- Khakaj, F., Aleven, V., & McLaren, B. M. (2017). Effects of a teacher dashboard for an intelligent tutoring system on teacher knowledge, lesson planning, lessons and student learning. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10474 LNCS, 315–329. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66610-5_23
- Xu, J., & Li, H. (n.d.). Adarank: a boosting algorithm for information retrieval. *Proceedings of the 30th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, 391–398.
- Yao, Y. Y. (1995). Measuring retrieval effectiveness based on user preference of documents. *Journal of the American Society for Information Science*, 46(2), 133–145.
- Yilmaz, E., Aslam, J. A., & Robertson, S. (n.d.). A new rank correlation coefficient for information retrieval. *Proceedings of the 31st Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, 587–594.
- Yoo, Y., Lee, H., Jo, I., & Park, Y. (2015). *Emerging Issues in Smart Learning*. 145–146.

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-44188-6>

Zhao, C., & Wang, J. (2013). Network education video recommendation algorithm based on context and trust relationship. *Proceedings of the IEEE International Conference on Software Engineering and Service Sciences*, 537–540. <https://doi.org/10.1109/ICSESS.2013.6615366>

Zhou, Y., Huang, C., Hu, Q., Zhu, J., & Tang, Y. (2018). Personalized learning full-path recommendation model based on LSTM neural networks. *Information Sciences*, 444, 135–152. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2018.02.053>

אבדור, ש., ריינגולד, ר., & כפיר, ד. (2010). רצף הכשרה והתפתחות מקצועית של המורה המומחה – למידה לאורך החיים. *דפים*, 49, 1–165.

אבידב-אונגר, א. (2013). הפיתוח המקצועי בעידן של רפורמות ושינויים: משמעויות של תפיסת הרצף בתוך ש' שמעוני וא' אבידב-אונגר (עורכות) In *על הרצף: מהכשרה לפיתוח מקצועי – מחקר ותיאוריה פוגשים מדיניות ומעשה* (pp. 197–226).

אבידב-אונגר, א., & אשרת-פינק, י. (2016). ממעוף הציפור : סיפורי התפתחות מקצועית של מורים. מכון מופ"ת.

אבידב-אונגר, א., & פרידמן, י. (2012). העצמת מורים – מזהות ודגמים. מכון סאלד.

צבר בן-יהושע, נ. (1990). המחקר האיכותי בחינוך ובהוראה. מסדה.

ראמ"ה הרשות הארצית להערכה ומדידה. (2015). *הערכת התכנית הלאומית להתאמת מערכת החינוך למאה ה-21*. משרד החינוך.

שקדי, א. (2003). מילים המנסות לגעת: מחקר איכותני – תיאוריה ויישום. רמות - אוניברסיטת תל אביב.

5. למידה

- 5.1. מהם מסלולי הלמידה של תלמידים שמוריהם השתתפו במחקר, לעומת כאלו שמוריהם לא השתתפו בו ואשר השתמשו באותם יישומונים מתמטיים?
- 5.2. מהם ההישגים הלימודיים של תלמידים שמוריהם השתתפו במחקר, לעומת כאלו שמוריהם לא השתתפו במחקר?

בהמשך למדווח בפרק הקודם, ועל מנת לענות על שאלות אלו, ערכנו שני ניסויים מבוקרים בבתי ספר. האחד, בבית הספר "רמב"ם" בחיפה (ממ"ד), השני – "דבורה עומר" בכפר סבא (ממלכת). בשני המקרים, בחנו את השפעתו של האלגוריתם שפיתחנו על יכולותיהם הלימודיות של תלמידים, תוך השוואה לקבוצת ביקורת, כאשר החלוקה לשתי הקבוצות היה אקראית; במחקר הראשון (רמב"ם) – השווינו את "קבוצת האלגוריתם" להמלצותיה של מורה מומחית; במחקר השני (כפר סבא) – השווינו את "קבוצת האלגוריתם" להמלצות של צוות המחקר. חשוב לשים לב כי במקרה הראשון מדובר בהמלצות שהותאמו אישית לתלמידים הן על ידי האלגוריתם והן על ידי המורה, ואילו במקרה השני מדובר באלגוריתם שהתאים תוכן באופן אישי לתלמידים אל מול המלצה בסיסית זהה לכולם.

5.2.1. מתודולוגיה

5.2.1.1. אוכלוסיית המחקר

האוכלוסייה כוללת 77 תלמידים בכיתה ד' ו-ה' מבתי ספר ציבוריים בשטח המטרופולין, 2 כיתות בכל שכבת גיל. בכיתה ד', היו 22 בנים ו-24 בנות. בכיתה ה' היו 12 בנים ו-19 בנות.

המורה המומחה מלמד מתמטיקה בבית ספר הזה. למורה יש 18 שנים של ניסיון בהורה ו-10 שנים ניסיון בשילוב של טכנולוגיה בכיתה. בנוסף היא מכירה היטב את סביבת העבודה בה אנחנו משתמשים בניסוי.

מדד לקושי של פרק מבוסס על נתונים היסטוריים מתוך סביבת הלמידה. כיוון שכל תלמיד יכול לבצע אינטראקציה יותר מפעם אחת בפרק, אנחנו משתמשים רק בניסיון הראשון של כל תלמיד בכל פרק. עבור חישוב של קושי הפרקים המשמשים עבור ההתערבות שלנו, מיינו אותם לפי הציון הממוצע שלהם (לפי הנתונים ההיסטוריים), והשתמשנו בזמן הממוצע שנדרג לתרגיל כשובר שוויון. לפי דירוג זה, חילקנו את הפרקים ל-3 קבוצות בגודל שווה: דרגה 1 (הכי קל) עד לדרגה 3 (הכי קשה). עשינו זאת עבור כל קבוצת גיל בנפרד.

5.2.1.2. תהליך המחקר

איסוף הנתונים בוצע בין דצמבר 2018 עד ינואר 2019. הניסוי כלל מספר צעדים:

1. מבחן לפני – מבחן עם דף ועפרון עבור חלקים מקבוצות המחקר.
2. שלב 1 – איסוף נתונים עבור האלגוריתם והמורה.
3. בניית ההמלצות – מבוסס על איסוף המידע בשלב 1, המורה והאלגוריתם מקצים פרק לתלמידים.
4. שלב 2 – שלב ההתערבות, תלמידים פותרים את הפרקים המומלצים.
5. מבחן אחרי – מבחן עם דף ועפרון להשוואה בין קבוצות המחקר.

נרחיב על כל אחד מהצעדים בתורו.

5.2.1.3. מהלך המחקר

מבחן לפני

מבחן עם דף ונייר שנבנה על ידי מומחים. התלמידים פתרו את המבחן בכיתות המקוריות שלהם, עם השגחה של המורה. לפי הציונים במבחן זה, התלמידים חולקו לקבוצות מחקר של אלגוריתם \ מורה על מנת להבטיח ששתי הקבוצות לא שונות בידע קודם. התלמידים סודרו על פי הציון שלהם וחולקו לשתי קבוצות על פי כך.

שלב 1 – איסוף נתונים

בשלב זה, ששימש כקו בסיס לאיסוף נתונים, ניתנו לכל התלמידים באותה קבוצת גיל ודרגה סט של 10 פרקים, באותו הסדר. פרקים אלו נבחרו על ידי המורה, מבוסס על הסילבוס של הכיתה. התלמידים עבדו בנפרד על מחשב במעבדת בית ספר, עם המורה וחלק מהצוות המחקרי נמצאים אבל לא מתערבים או עוזרים בשום שלב. לתלמידים היה בערך 90 דקות להשלים את כל הפרקים, ורוב התלמידים הצליחו לעשות זאת. אלו שלא הצליחו לסיים בזמן, באו למעבדה יותר מאוחר על מנת לסיים את הפרקים.

הקבוצות של האלגוריתם והמורה הראות התנהגות דומה בפעילות שלב שלב 1, כאשר נמדד אחוז הבעיות שנפתרו נכון בסוף ההרצה הראשונה של פרק ומבחנית הזמן שבזבזו לסיום ההרצה הראשונה של פרק (ראה טבלה 1).

Grade	Group	Mean (SD) % Corr. Prob.	Mean (SD) Time Spent
4	Algo. (N=21)	0.76 (0.15)	210.47 (48.60)
	Teacher (N=25)	0.74 (0.20)	235.26 (94.33)
t-value (df=44)		0.45 ψ	1.15 ψ
5	Algo. (N=15)	0.79 (0.22)	149.20 (41.50)
	Teacher (N=16)	0.88 (0.17)	142.36 (33.73)
t-value (df=29)		1.21 ψ	0.51 ψ

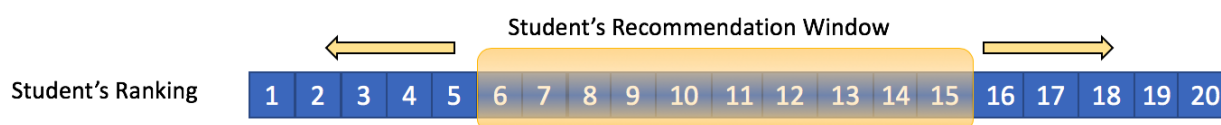
טבלה 1 : השוואת הפעילות של קבוצות המחקר בשלב 1 (ψ – לא משמעותי)

בניית ההמלצות

קבצי לוג משלב 1 נאספו, נותחו ובוצע עליהם עיבוד מקדים. לאלגוריתם ולמורה ניתן מאגר זהה של פרקים שנבחרו מראש (12 עבור כיתה ד' ו-20 עבור כיתה ה') שמתוכם הם יכולים לבחור 10 פרקים לשלב 2. הסט שנבחר נועד להתמקד על להמשיך למידה ולהתאמן על שברים.

המורה והאלגוריתם נתנו את ההמלצות שלהם לכל המשתתפים. על מנת להבטיח את שהמורה "עיוורת", היא לא הורשתה בשום שלב של הניסוי (בפעילויות בכיתה, ניתוח דוחות או החלטת ההמלצות) לקשר בין התלמידים וה-ID שהמערכת נתנה להם. בנוסף היא לא לקחה חלק במבחן לפני או אחרי, בכתיבתו או מתן הציונים.

המלצת האלגוריתם. עבור הקבוצה של האלגוריתם, הלוגים שומשו כקלט עבור ה-NCFR, שנתן דירוג קושי מותאם אישי לכל אחד מהתלמידים עבור הסט של כל הפרקים האפשריים מתוך חלק 2. המטרה היא להמליץ על רצף של 10 שאלות (מתוך סט גדול יותר), כיוון שהפרקים נבחרו מראש במיוחד לכל קבוצת גיל וכיוון שאנחנו רוצים להמליץ בדרגת קושי עולה, ביצענו התאמה נוספת על מנת לבחור את 10 הפרקים הרצויים. הרעיון הוא שכל תלמיד יקבל פרקים קלים\קשים בהתאם לביצועים שהוא הראה במהלך שלב 1 של הניסוי, בהתאם לציון שקיבל. נקודת ההתחלה היא שכל תלמיד שתפקד (בממוצע) בדומה לרוב התלמידים האחרים בקבוצה שלו בשלב 1, יקבל 10 פרקים בינוניים מתוך דירוג הפרקים האישי שלו. על מנת לעשות זאת יצרנו חלון זז (בגודל 10) והנחנו אותו באמצע של דירוג הפרקים של התלמיד. לכל סטיית תקן מתחת לממוצע (מתוך כל התלמידים בכיתה) החלון זז צעד אחד לכיוון הפרקים הקלים (כלומר, התלמיד יקבל שאלה אחת יותר קלה) וכל סטיית תקן מעל הממוצע, החלון יזוז צעד אחד לכיוון שאלות יותר קשות (כלומר, התלמיד יקבל פרק אחד יותר קשה). תמונה 3 מדגימה את החלון הזז עם מאגר של 20 שאלות ו-10 שאלות שצריך להמליץ עליהם.



תמונה 4: הדגמה של החלון זז המשמש עבור קבוצת האלגוריתם.

המלצת המורה. למורה הוצג טבלה עם ציונים המבוססים על הלוג והזמן שלקח לכל תלמיד עבור כל פרק. לאחר מעבר על הדוחות, המורה החליט לחלק את התלמידים (בכל קבוצת גיל בנפרד) ל-3 קבוצות דרג (חלשים, בינוניים וחזקים), וחילק רצף שונה של 10 שאלות לכל קבוצה.

שלב 2 איסוף מידה (התערבות)

לכל אחד מהתלמידים הוקצו פרקים שהומלצו לפי קבוצת המחקר שלהם. הם עבדו במחשב במעבדה שלל בית ספר, באותה הצורה כמו בשלב 1.

מבחן אחרי

כמה ימים לאחר שלב 2, התלמידים ביצעו מבחן עם דף ועפרון על החומר שכוסה בשלב 2. לא ראינו הבדל במבחן בין 2 הקבוצות. בכיתה ד', הציון הממוצע (על סקלה של 0-26) עבור האלגוריתם היה 18.48 (SD=6.82) ועבור הקבוצה של המורה הממוצע היה 18.28 (SD=6.42), עם $t(44)=0.1$ ו- $p=0.92$. בכיתה ה' (על סקלה של 0-25), הציון הממוצע עבור האלגוריתם היה 17.00 (SD=7.52) ועבור הקבוצה של המורה הממוצע היה 18.06 (SD=6.27), עם $t(29)=0.43$ ו- $p=0.67$.

5.2.2 ממצאים

5.2.2.1. קושי באופן כללי בשלב 2

בחנו את הקושי של הפרקים שהמורה נתן עבור כל אחת מ-3 הקבוצות. כאשר חישבנו את הממוצעים של הפרקים שהמורה הציעה לכל קבוצה, קיבלנו ערך גדל בין הקבוצה החלשה לבינונית ובין הבינונית לחלשה. (השוואה קבוצה של 10 מספרים בכל מצב, לא ביצענו ניתוח סטטיסטי עבור מובהקות). זה מראה באופן כללי ישור בין הערכה שהמורה עושה של קושי הפרקים והמדד לקושי שלהם. הממצאים מסוכמים בטבלה 2.

כעת אנו משווים את הקושי בשלב 2 בין ההמלצות של המורה ושל האלגוריתם. חישבנו לכל תלמיד את הקושי הממוצע על 10 הפרקים המומלצים, ואז חישבנו את הממוצע בין תלמידים. **סה"כ, המורה בהשוואה לאלגוריתם, ממליצה על פרקים יותר קשים.** הבדלים אלו הם מובהקים סטטיסטית, אם כי מציינים גודל אפקט קטן (ראה טבלה 3).

כיתה	"חלשים"	"בינוניים"	"חזקים"
ד'	1.9	2.1	2.4
ה'	1.4	1.8	2.5

טבלה 2: קושי ממוצע של רצף הפרקים המומלץ עבור כל אחת מהקבוצות המורה.

Grade	Average (SD) Teacher's Sequence's Difficulty	Average (SD) Algorithm's sequence's Difficulty	Paired t-test	Effect0.05 Size
4 (N=46)	2.17 (0.21)	1.96 (0.11)	9.32***	0.05
5 (N=31)	2.02 (0.44)	1.77 (0.18)	3.84**	0.13d

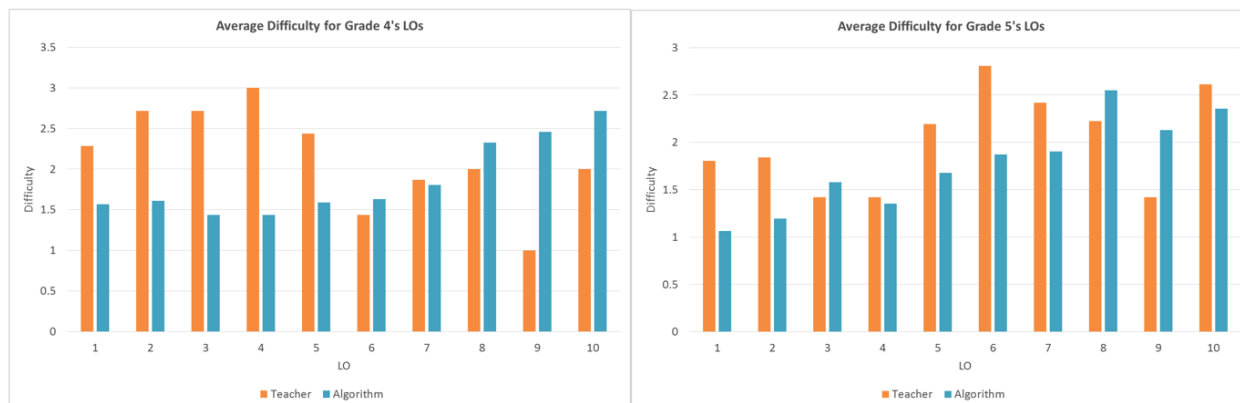
טבלה 3: השוואה בין קושי המלצות המורה והאלגוריתם. $p < 0.001^{***}$, $p < 0.01^{**}$.

5.2.2.2. קושי לאורך שלב 2

רצינו להרחיב את האנליזה על מנת להבין יותר טוב את תהליך לאורך הפעילויות בשלב 2. בשלב 2, לכל תלמיד ניתנה סדרה שונה של רצף פרק, על מנת להיות יכולים להבדיל בין רצפים מומלצים שיכולים להיות שונים בין אחד לשני לפי הפרקים ואו הסדר, אנחנו מתייחסים לכל פגישה של תלמיד עם פרק כהזדמנות למידה.

אנחנו בוחנים את הקושי של הזדמנויות למידה על ידי מיצוע הקושי לכל הזדמנויות למידה בנפרד (עבור תלמידים), ומשווים בין המלצות המורים והאלגוריתם. עבור כיתה ד', המלצות האלגוריתם מאופיינות ע"י קושי כללי גדל לאורך ההזדמנויות למידה, בזמן שהמלצות המורים יש מגמה הפוכה. דבר זה מתנך על ידי חישוב של מגמה לינארית עבור שני הוקטורים, עם $m = 0.13$ עבור האלגוריתם ו- $m = -0.13$ עבור המורה.

עבור כיתה ה', ראינו מגמת עלייה בקושי עבור שניהם. עלייה לינארית של $m=0.15$ ו- $m=0.07$ עבור האלגוריתם והמורה בהתאמה. ראה תמונה 5.



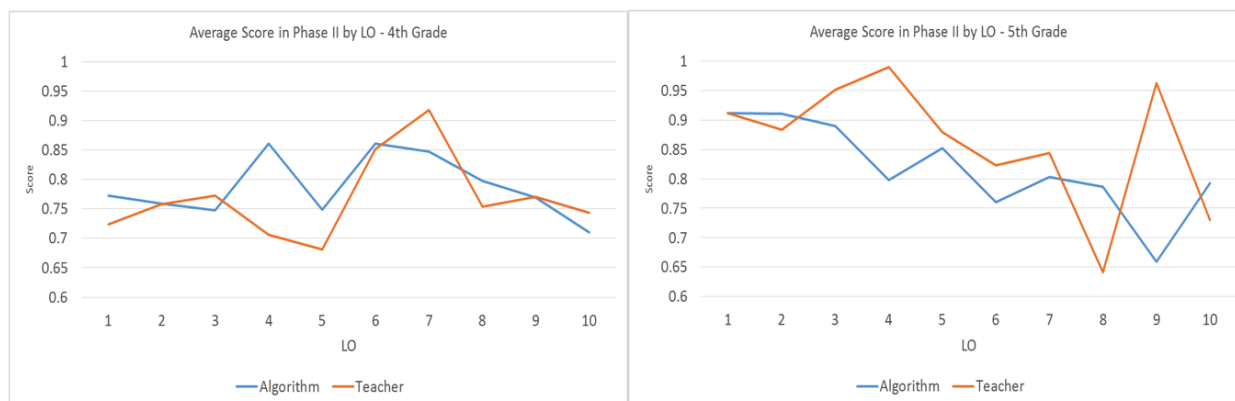
תמונה 5: קושי ההמלצות (כיתה ד' – שמאל, כיתה ה' – ימין), השוואה בין המורה (כתום) והאלגוריתם (כחול)

בנוסף הערכנו את מידת ההסכמה בין ההמלצות של המורים והאלגוריתם על ידי מדד AP correlation. מדד זה מודד את הדמיון בין 2 סדרים. לכן, אנחנו משתמשים בו על החלק שחופף בין 2 ההמלצות לתלמידים.

עבור כיתה ד', ה-AP correlation הממוצע הוא $(SD=0.12, N=46)$ 0.42. בנוסף אנו שמים לב כי הגודל הממוצע של חפיפה הוא 6.22 $(SD=0.87)$. עבור כיתה ה', ה-AP correlation הממוצע הוא 0.775 $(SD=0.22, N=31)$, עם ממוצע חפיפה של 5.19 $(SD=0.79)$. נתונים אלו תומכים עם הממצאים שצוינו: איפה שגם ההמלצות של המורים והאלגוריתם מראים קושי עולה (כיתה ה'), אנחנו רואים התאמה גבוהה בין ההמלצות, בזמן שכשיש מגמות הפוכות (כיתה ד'), רמת ההתאמה הרבה יותר נמוכה).

5.2.2.3. התנהגות התלמידים בפועל

לכל הזדמנות למידה, חישבנו את הציון הממוצע בכל קבוצת מחקר. כפי שניתן לראות בתמונה 6, בכיתה ד' לא היה יתרון ברור למורה ($N=25$) או לאלגוריתם ($N=21$), בזמן שבכיתה ה', היה יתרון כללי עבור הקבוצה של המורה ($N=16$) לעומת הקבוצה של האלגוריתם ($N=15$). אם לוקחים בחשבון את הממצאים שדווחו למעלה, ניתן להסיק שכאשר ההמלצות של האלגוריתם והמורים חופפים, למורה יש יתרון על פני האלגוריתם. בניגוד, כאשר הם אינם חופפים, אין יתרון לאף אחד מהם.



תמונה 6 : ציונים של שלב 2 עבור כיתה ד' (שמאל), כיתה ה' (ימין), משווים בין המורה (כתום) והאלגוריתם (כחול)

5.2.3 מחקר המשך

מן המחקר הלה הסקנו כי הן המורה והן האלגוריתם יכולים להרוויח זו מזה. המורה תוכל להתעשר בידע חשוב אודות הקושי האובייקטיבי של פעילויות מסויימות, אשר לא תמיד מגולם בתוכנו, אלא במשתנים אחרים כגון ממשק, נרטיב ואנימציה. האלגוריתם מצידו יוכל להתעשר במידע אודות קשרים בין פעילויות מסויימות ברמת התוכן, מידע אליו מתייחסת המורה.

בהמשך למחקר זה, ערכנו מחקר נוסף בבית הספר "דבורה עומר" בכפר סבא (שכבות ד', ו'), בו השוונו את ההתאמות האישיות של האלגוריתם שפיתחנו להתאמת בסיס אחידה לכלל התלמידים (בכל שכבה בנפרד). במחקר השתתפו 70 תלמידי שכבת ד' ו-65 תלמידי שכבת ו', והוא התנהל באופן דומה למחקר הקודם: ערכנו ניסוי אקראי מבוקר, במסגרתו מחצית מן התלמידים שויכו לקבוצת מחקר א', אשר קיבלה המלצות אלגוריתם, ומחציתם – לקבוצת מחקר ב', אשר קיבלה המלצות של צוות הפרויקט. הפעם, כדי לקבל נתונים אמינים יותר לגבי השפעת ההמלצות, החלטנו להמיר את מבחן הפוסט הסטנדרטי במשימת פוסט אחידה לכל התלמידים באותה המערכת בה עבדו.

במחקר המשך זה נמצא כי לא היו הבדלים משמעותיים בין קבוצת האלגוריתם לקבוצת הבסיס, בהתייחס להישגי התלמידים במשימת הסיכום. בתוך כך, ניתוח הנתונים העלה ממצאים חשובים הקשורים לממשק המשתמש. ההמלצות של צוות המחקר לקחו בחשבון את הממשק, והכינו את התלמידים הן לתוכן של משימות הסיכום והן לממשק שלהן. האלגוריתם לא התחשב בממשק, ועדיין התלמידים בקבוצת האלגוריתם השיגו תוצאות זהות. הדבר עשוי להצביע על חוכמתו של האלגוריתם להכין את התלמידים למשימה שהוא אינו מכיר; בנוסף, ייתכן ואם פרמטרים הנוגעים לממשק ייכנסו לאלגוריתם – הוא יוכל להכין את התלמידים טוב יותר מאשר מורה מומחית, ואת זאת כדאי לבחון במחקרי המשך.

משני מחקרים אלו עלתה תובנה חשובה מאוד מבחינה מחקרית ומעשית: מדידת התנהגותם של תלמידים במערכת המקוונת עשויה לספר בידינו מידע רב על אודותם, אשר אינו ניתן למדידה באמצעים סטנדרטיים

6. קשיים ואתגרים

6.1 שיתוף פעולה עם מפתחים של סביבות למידה מקוונות למתמטיקה

חשוב להזכיר כי כבר בשלב ההכנות להגשת ההצעה לפרויקט, במסגרת הקול-קורא של לשכת המדען הראשי—כלומר, בחודשים שקדמו לחודש יולי 2016—קיימנו מגעים עם ספקי תוכן המאושרים על ידי משרד החינוך, על מנת לזכות לשיתוף פעולה שלהם במסגרת הצעת המחקר. בסופו של דבר, הצעת המחקר כללה שיתוף פעולה עם ספק תוכן אחד בלבד, והסיבה היחידה לכך היא העובדה שרק אנשי חברה זו שמחו להתניע שיתוף פעולה פעיל עמנו. עם זאת, המשכנו במגעים עם ספקי התוכן האחרים המאושרים על ידי משרד החינוך ואשר היו רלוונטיים לפרויקט ("עת הדעת", "סנונית" ו"מטח"; חברת "אלנט" נמצאה כלא רלוונטית, כיוון שלא פיתחו יישומונים לבית הספר היסודי), ואלו נמשכו במהלך כל השנה הראשונה להפעלת הפרויקט. לצערנו, השיחות והפגישות שקיימנו, כמו גם ניסיונות סיוע של אנשי לשכת המדען הראשי, לא הובילו ליצירת שיתופי פעולה חדשים. אנו מיצרים על כך שספקי התוכן האחרים לא השכילו לשותף פעולה עמנו, ומודים לאנשי לשכת המדען הראשי על ניסיונות הסיוע שלהם בהרחבת שדה המחקר במסגרת הפרויקט.

6.2 גיוס מורים ובתי ספר לצורך הפעלת הפרויקט

לצורך הפעלת הפרויקט, נדרשנו לגייס מורים להשתלמות מקצועית (שפיתחנו, קיימנו וחקרנו במהלכו), כמו גם לגייס בתי ספר בהם נוכל לערוך ניסוי אמפירי (לבחינת האלגוריתמים שפיתחנו במסגרת המחקר). הן גיוס המורים והן גיוס בתי הספר התבררו כמשימות מאתגרות מאוד. לצורך כך, ניצלנו את מיטב קשרינו המקצועיים והאישיים. נציין כי בשנה השנייה לפרויקט מפמ"רית המתמטיקה, דורית נריה, קישרה אותנו עם דליה חן ממחוז מרכז. דליה פתחה בפנינו את הדלת לביצוע השתלמות אחד במרכז פיסג"ה בראשון לציון וכן ברחובות. בסופו של דבר, גייסנו כ-40 מורים שהשתתפו בהשתלמות המקצועית (בשתי השנים). לצורך קיומו של המחקר האמפירי, זכינו לשיתוף פעולה מלא ומלבב עם בית הספר "רמב"ם" בחיפה ועם בית הספר "דבורה עומר" בכפר סבא. אנו מודים מקרב לב למר מאיר יושעי, מנהל בית ספר "רמב"ם", ולגב' אור-לי עדי, מנהלת בית ספר "דבורה עומר"—כמו גם לגב' מורן סיני, גב' עינת סהר-בירן ומר גל מניר, המורים למתמטיקה ב"דבורה עומר"—על שפתחו בפנינו את דלתות בתי הספר שלהם ואפשרו לנו לקיים את המחקר אצלם; מן התקשורת עמם ומן הביקורים בבתי הספר הללו למדנו המון, ולא יהיה מוגזם לומר שהצפייה מקרוב במתרחש בבית הספר הופכת אותנו לחוקרי חינוך טובים יותר.

6.3 הרחבת מקורות המידע לנתונים

אתגר נוסף בו נתקלנו במהלך מחקר הנוכחי היה הרחבה של מקורות המידע עליהם יכולנו להסתמך לצורך איסוף נתונים. בשני מקרים במיוחד בא אתגר זה לידי ביטוי:

הצלבת נתוני מבחן המיצ"ב עם נתונים נוספים אשר יספקו מידע על התלמידים, המורים ובתי הספר. בהמשך לדיון בנושא בפגישת וועדת ההיגוי (יוני 2019), ובהמשך לכך בפגישה מיוחדת עמכם (אוגוסט 2019), הסכמנו לבחינה מחודשת של הקשר בין ציוני המיצ"ב לבין פעילות במערכת המקוונת ללימוד מתמטיקה. לצורך כך, נזקקנו לנתונים נוספים, לגביהם שוחחנו עם מר יוסי מחלוף מראמ"ה. בין היתר, דובר על השגת הנתונים הבאים:

- הפרדה בציוני המיצ"ב במתמטיקה על פי רמות חשיבה (גבוהה/נמוכה)
- אוריינות דיגיטלית של התלמידים

- עמדות כלפי מקצועות מתמטיקה, שפה
- עמדות מורים לגבי שימושי מחשב בהוראה במקצועות מתמטיקה, שפה

עד למועד הגשת דו"ח זה לא קיבלנו את הנתונים הללו.

הטמעה במערכת של האלגוריתמים וההחזיות שפיתחנו, במטרה לחקור בזמן אמת שימושי מורים בכלים מבוססי-דאטה לקבלת החלטות. לצערנו, למרות שיתוף הפעולה הרב וההדוק עם אנשי החברה איתה שיתפנו פעולה, לא הצלחנו להגיע למצב בו אנו יכולים להטמיע במערכת שלהם, לצורכי הניסוי, את האלגוריתמים שפיתחנו להתאמה אישית של תכנים לתלמידים ושל ההחזיות שפיתחנו לצורך זה. דבר זה הקשה על תכנון המחקרים האמפיריים שערכנו בבתי הספר, כיוון שנדרשנו לשליפת נתונים על ידי אנשי החברה ולהרצת האלגוריתמים offline והביא, הלכה למעשה, להארכת משך הזמן בו נמשכו הניסויים וליצירת תלות שלנו באנשי החברה. כמו כן, אין דבר זה את האפשרות ללוות מורים שהשתתפו בהשתלמות המקצועית תוך כדי שימוש שוטף שלהם במערכת לקבלת החלטות מבוססת-דאטה.

7. המלצות

7.1 המלצות מעשיות לאנשי חינוך

פיתוח מקצועי בשילוב טכנולוגיות בהוראת המתמטיקה. הצורך לשלב טכנולוגיה במעשה ההוראה היומיומי אינו מוטל עוד בספק. ברור כי מורות צריכות סיוע בבואן לבחור מה לשלב וכיצד. נראה שליווי מקצועי לאורך זמן, יש בכוחו לפתח אצל המורה כישורים שיסייעו לה להפוך לבת-אוריין בשילוב טכנולוגיה בהוראת המתמטיקה. לאורך ההשתלמות ראינו תהליך בו מורות עברו מהתבוננות ביישומון כהפוגה "קומית" במהלך השיעור למרכיב אשר יכול לקדם ידע של תלמידים בשלבים השונים בשיעור. לצורך כך, הן למדו לנתח מהו הידע הקודם הדרוש לתלמיד כדי להשתמש ביישומון נתון, מהי רמת החשיבה הנדרשת, מה היישומון מקדם, וכיצד ניתן לנצל אותו כבמה להצמחה של שאלות ברמת חשיבה גבוהה יותר. כל זה הושג בהשתלמות בהיקף של 30 שעות. אולם, רוב המערכות מספקות בנוסף גם מידע על פעילות התלמידים במערכות, כולל חיתוכים שונים שהמורה יכולה להסתייע בהן על מנת לנצל ביעילות את זמנה במהלך השיעור. ראינו כי יש צורך להבין את הדיווחים השונים הקיימים במערכת על מנת שהמורה תמצא את זה המתאים לצרכיה – מבחינת עומס המידע הקיים.

פיתוח מקצועי מתמשך לכלל המורים. בבואנו לגייס מורות להשתלמות, נתקלנו לעיתים קרובות בתגובה האומרת: שילוב טכנולוגיה? כבר עשיתי! תגובה זו מעידה על מידת אי ההבנה של מורות באשר למגוון הרחב של יישומים טכנולוגיים הקיימים לטובת הוראת מתמטיקה, ועל מידת ההתמקצעות הדרושה בקבוצות של כלים. לא דומה שילוב יישומונים מישחקיים לשילוב סביבות פתוחות או להפעלה של ספר לימוד דיגיטאלי. אנו מציעים לפיקוח לשקול באופן מחזורי השתלמויות ברמות שונות שייסייעו למורות לשכלל את שימושיהן ושיקולי הדעת שלהן.

קבלת החלטות נתמכת-נתונים. חלק משמעותי מפרויקט זה התבסס על נתונים שסמויים, בדרך כלל, מן העין. כפי שהדגמנו במגוון המחקרים שערכנו, השימוש בנתונים אלו עשוי לסייע רבות לטיוב תהליכי הוראה ולמידה. ברור שאין בכוונתנו להמליץ כי כל מורה צריך להיות אשף בניתוח נתוני עתק. עם זאת, חשוב להטמיע תהליכי קבלת החלטות שמבוססות על נתונים רבים ככל האפשר, גלויים וסמויים. את הנתונים הסמויים, בפרט מאפייני פעילות של תלמידים במערכות למידה מקוונות, יש להנגיש לאנשי חינוך באופן שיאפשר להם להבין אותם ולפעול בהתאם לתובנותיהם. וכמובן, יש להכשיר את אנשי החינוך לכך.

7.2 המלצות להמשך מחקר

הרחבת המחקר. במהלך הפרויקט, עלה הצורך להרחיב את המחקר לפלטפורמות נוספות ולאוכלוסיות נוספות. האתגרים אשר עמדו בפנינו לא אפשרו לנו לעשות זאת, ואנחנו ממליצים להמשיך ולנסות לפעול בכיוון זה.

שיפור האלגוריתם. בעקבות התובנות שעלו מבחינתו של האלגוריתם שפיתחנו במסגרת הפרויקט, אנו מציעים לבחון שיפור האלגוריתם, בפרט על ידי הוספת מאפיינים הקשורים לתרגילים (למשל, ממשק גרפי ומיפוי לנושא).

הנגשת מידע למורים. הפרויקט פותח פתח לשאלות מחקר הקושרות באופן הדוק את פעולתם של תלמידים בסביבות למידה דיגיטליות ליכולת של מורים לקבל נתונים אודות פעילותם של תלמידים במערכות הללו. בפרט, אנו ממליצים להמשיך לחקור אילו סוגי מידע יהיו היעילים ביותר בעבור מורים, וכיצד להנגיש להם אותם בצורה שתאפשר להם לפעול.

קבלת החלטות מבוססת נתונים. המחוון למורים, אותו פיתחנו במסגרת הפרויקט, הינו כר פורה להמשך מחקר בנוגע לקבלת החלטות מבוססת נתונים בקרב מורים למתמטיקה.

תחומי דעת נוספים. כמובן, הפרויקט כולו עסק בהוראת המתמטיקה, ובהחלט מומלץ לבחון את הסוגיות אשר נבחנו במהלכו גם בתחומי דעת אחרים בהם נעשה שימוש נרחב בסביבות למידה מקוונות.

8. תוצרי הפרויקט (פרסומים)

8.1. מאמרים בכתבי עת (בשלבם שונים של עבודה)

Haleva, Hershkovitz, & Tabach. (accepted). Students' activity in an online learning environment for mathematics: The role of thinking levels. *Journal of Educational Computing Research*.

Cohen, A., Ezra, O., Tzayada, O., Hershkovitz, A., Levy, B., Gal, K., Segal, A., & Tabach, M. (under review). Personalizing computerized educational games in children mathematics learning: Human teacher versus machine-based considerations. *Educational Technology Research & Development*.

Levy, B., Hershkovitz, A., Tabach, M., Cohen, A., Segal, A., & Gal, K. (under review). Personalization in graphically-rich e-learning environments for K-6 Math. *IEEE Transactions on Learning Technologies*.

Ben-Haim, E. & Cohen, A. (in preparation). Types of graphic interface design and their role in learning via mathematical applets at the elementary school. *Computers & Education*.

Klein-Latucha & Hershkovitz. (in preparation). Log-based large scale analysis of persistence and performance in an online learning environment. *Interactive Learning Environments*.

הרשקוביץ, א., טבח, מ., כהן, ע. וגל, ק. (בהכנה). שילוב יישומונים מתמטיים ברצף ההוראה – מבט רב-תחומי. מספר חזק 2000.

8.2. הצגות בכנסים

Ben-Haim, E., Cohen, A., Tabach, M. (2019). Types of graphic interface design and their role in learning via mathematical applets at the elementary school. *The Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (February 6-10, Utrecht, The Netherlands)*.

Hershkovitz, A., Tzayada, O., Ezra, O., Cohen, A., Tabach, M., Levy, B., Segal, A., & Gal, K. (2019). Can an algorithm prepare students to tasks without knowing what the tasks are? *The 6th International Conference on Computational Science & Computational Intelligence (December 5-7, Las Vegas, NV)*.

Levy, B., Hershkovitz, A., Tzayada, O., Ezra, O., Segal, A., Gal, K., Cohen, A., & Tabach, M. (2019). Teacher vs. algorithm double-blind experiment of content sequencing in mathematics. *The 12th International Conference on Educational Data Mining (July 2-5, Montreal, QC)*.

Michaeli, S., Kroparo, D., & HersHKovitz, A. (2019). The contribution of teachers' use of educational dashboards to their professional growth. *E-Learn: World Conference on E-Learning (November 4-7, New Orleans, LA)*.

Nakash-Stern, G., & Cohen, A. (2019). Developing MAP for integrating mathematical applets in teaching sequence. *The Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (February 6-10, Utrecht, The Netherlands)*.

Tzayada, O. (accepted). Embedding educational computer games into lessons. *Tenth YERME Summer School (April 21-26, 2020, Rhodes, Greece)*.

כהן, ע., גל, ק., הרשקוביץ, א. וטבח, מ. (2018). שיקולים מבוססי-דאטה בשילוב יישומונים משחקיים ברצף הוראת המתמטיקה. *בכנס הרביעי למדעי הלמידה (21 בינואר, תל אביב)*.

כהן, ע., עזרא, א., הרשקוביץ, א., לוי, ב., צאיידה, א., טבח, מ. וגל, ק. (2020). בניית רצף משחקים לימודיים במתמטיקה: שיקולי מורה מומחית למול אלגוריתם. *כנס ירושלים השמיני למחקר בחינוך מתמטי (10-11 בפברואר, ירושלים)*.

הרשקוביץ, א., כהן, ע. וטבח, מ. (2019). שימוש ביישומונים מתמטיים ברצף ההוראה: מבט רב-תחומי. *יום העיון המחקרי הרביעי של בית הספר לחינוך, אוניברסיטת תל אביב (10 ביוני, תל אביב)*.

הרשקוביץ, א., לוי, ב. וטבח, מ. (2019). שימוש בסביבה מקוונת ללימוד מתמטיקה כמקדם למידה: עדויות מבוססות לוגים ונתוני מיצ"ב. *כנס ירושלים השביעי למחקר בחינוך מתמטי (28-29 בינואר, ירושלים)*.

הרשקוביץ, א., לוי, י., כהן, ע. וטבח, מ. (2019). תחרות בריאה: פעילות בסביבה משחקית מקוונת והישגים במתמטיקה. *כנס צי"ס השלושה-עשר למחקרי טכנולוגיות למידה (12-13 בפברואר, רעננה, ישראל)*.

צאיידה, א. וטבח, מ. (2020). מעקב אחר מהלכי ההוראה בשיעורי מתמטיקה בבתי ספר יסודיים המשלבים משחקים מתמטיים ממוחשבים. *כנס ירושלים השמיני למחקר בחינוך מתמטי (10-11 בפברואר, ירושלים)*.

8.3. עבודות תיזה (M.A.) ודוקטורט (Ph.D.)

- **רינת אלמוזלינוס צור** (בהנחיית ד"ר ענת כהן), שילוב סרטוני אנימציה ברצף ההוראה בתחום הדעת מתמטיקה בבית ספר היסודי (M.A. הוגש).
- **איתן בן חיים** (בהנחיית ד"ר ענת כהן), סוגי גרפיקה ותפקידם בממשק משחקי לימוד בהוראת מתמטיקה בגיל היסודי: גרפיקה סכמתית כנגד גרפיקה מונפשת (M.A. הוגש).
- **אריק גולדשטיין** (בהנחיית ד"ר ענת כהן), מאפייני יישומונים מתמטיים ללימוד שברים בסביבללימוד מתמטיקה ותרומתם ללומדים (M.A. בתהליכים).
- **לבנת חלווה** (בהנחיית פרופ' מיכל טבח וד"ר ארנון הרשקוביץ), איפיון התנהגות לימודית ביישומונים מתמטיים מרמות חשיבה שונות (M.A. הוגש).

- **שירן מיכאלי** (בהנחיית ד"ר ארנון הרשקוביץ), השימוש בלוח בקרה (Dashboard) לצורך קבלת החלטות מבוססות נתונים בקרב מורים למתמטיקה: הבנה של ייצוגי מידע והנעה לפעולה בעקבות חשיפה להם (M.A. הוגש).
- **עדן כתאני** (בהנחיית ד"ר ענת כהן), מאפייני המשחקים הפופולריים אצל תלמידים אשר שחקו באתר ללימוד מתמטיקה (M.A. הוגש).
- **בן לוי** (בהנחיית פרופ' קובי גל), התאמת תוכן חינוכי לתלמידים באמצעות דירוג קושי מותאם אישית
- **אסף מקמיל** (בהנחיית ד"ר ענת כהן), הערכת מאפייני למידה עם יישומונים מתמטיים בכתה ומחוצה לה באמצעות ניתוח נתוני עתק (M.A. בתהליכים).
- **גל נקש** (בהנחיית ד"ר ענת כהן), בניית מחוון לשילוב יישומונים מתמטיים ברצף ההוראה (M.A. הוגש).
- **אודליה ציאדה** (בהנחיית פרופ' מיכל טבח), שילוב משחקים מתמטיים ממוחשבים ברצף-ההוראה, תוך עיסוק במשימות מסדר חשיבה גבוה (Ph.D. בתהליכים).
- **דרור קורפרו** (בהנחיית ד"ר ארנון הרשקוביץ), שימושי מורים למתמטיקה בלוח בקרה (Dashboard) בראי התפתחותם המקצועית (M.A. הוגש).
- **אורלי קליין-לטוכה** (בהנחיית ד"ר ארנון הרשקוביץ), מאפייני התמדה והצלחה בתהליך הלמידה בקרב תלמידים הלומדים באמצעות יישומונים מתמטיים באתר אינטרנט ללימוד מתמטיקה (M.A. בתהליכים).

9. סיכום אישי

בבסיסו של הפרויקט עמד מחקר רב-תחומי, אשר ריכז אל תוך תחום הוראת המתמטיקה בבית הספר היסודי את המומחיות והניסיון של ארבעת החוקרים השותפים: הוראת מתמטיקה בשילוב טכנולוגיה, ניתוח נתוני עתק בחינוך, הוראה ולמידה בעידן הגלובלי, ופיתוח אלגוריתמים להתאמה אישית בחינוך. בהתאם לכך, שאלות המחקר הרחבות פרשו בפנינו כר נרחב למחקר ולפיתוח, אשר בליבו נמצאים התלמידים והמורה בכיתת בית הספר היסודי, ומסביבם נטויות רשת עניפה של רעיונות הלקוחים מעולמו מחקריים שונים.

בעבורנו, היתה זו התנסות ראשונה של עבודה משותפת, ואנו מודים מכל הלב על ההזדמנות הזו, אשר ניתנה לנו בזכות התקציב הנדיב אשר בבסיסו של הפרויקט. העבודה המשותפת על הפרויקט לא רק הצמיחה מחקר מגוון, חשוב ומעניין, אלא סייעה לפתח כל אחד ואחת מאיתנו כחוקרים טובים יותר. יתרה מכך, התקציב איפשר לנו להעניק מלגות לתלמידי מחקר רבים, ובכך להרחיב ולהעמיק את רשת המחקר ולסייע בפיתוח הדור הבא של אנשי חינוך; אנו משוכנעים שסטודנטים אלו ייקחו איתם הלאה את הניסיון והתובנות שרכשו במהלך המחקר, ועל ידי כך ירחיבו את מוטת הכנפיים של הפרויקט ויאפשרו לו להגביה עוף ולהרחיק למחוזות נוספים.

כמובן, לא רק התקציב הנדיב איפשר זאת, אלא הליווי הצמוד והתמיכה, לאורך כל הדרך, אשר קיבלנו מאנשי לשכת המדען הראשי של משרד החינוך ומן הוועדה האקדמית המלווה. נתקלנו באנשים אשר מעוניינים בקידום החינוך בישראל, ומקדישים לכך ממרצם ומזמנם, תוך שהם מקפידים על רמה מקצועית גבוהה ועל אווירה נעימה. הפגישות שקיימנו במהלך הפרויקט הועילו לנו לזקק את מחשבותינו ולטייב את המחקר. תודה מכל הלב לכולכם!

בברכה,

פרופ' מיכל טבח

ד"ר ארנון הרשקוביץ

ד"ר ענת כהן

פרופ' קובי גל

פברואר 2021