A circular portrait of Dr. Susan M. Branson, a woman with short brown hair, wearing glasses and a yellow headband. She is smiling slightly and looking towards the camera. The background is a solid purple color.

Dr. David J. Nisbet is a professor of psychology at the University of North Carolina at Chapel Hill. He is also a senior research advisor at the Center for the Study of Social Design. Dr. Nisbet has published numerous articles on the psychology of social design and the role of the built environment in promoting well-being. He is also the author of the book "The Psychology of Social Design: How the Built Environment Shapes Our Lives".

הוראה מבוססת נתונים במתמטיקה בקרב מורים המלמדים עם סביבת למידה מותאמת אישית*

רותי ברגר ברבן ז"ל, מיכל איילון ויניב ביטון

תקציר

מחקר זה נעשה על רקע המגמה העולמית של קבלת החלטות ותכנון הוראה מבוססי נתונים בהוראת המתמטיקה. בעשורים האחרונים התפתחה בעולם החינוך הגישה של קבלת החלטות ותכנון ההוראה על בסיס נתונים כדי לשפר את ההוראה ולהתאים התאמה מיטבית את חומרי הלמידה, בייחוד בהוראת מתמטיקה. המחקר מוסיף על הידע הקיים בנושא קבלת החלטות של מורי מתמטיקה על סמך נתוני הערכה ממערכת אדפטיבית (DBDM) והמסלולים המכוונים להחלטות התערבות בלמידה.

במחקר זה נבחנו תהליכי קבלת ההחלטות של מורים למתמטיקה המשתמשים במערכת אדפטיבית חדשנית מבית מטה, ששמה "בדרך שלי". היא מיועדת ללימוד נושא שברים במתמטיקה בכיתות ד'-ה' בשילוב טכנולוגיה. במחקר השתתפו חמש מורות למתמטיקה בעלות ותק של למעלה מ-15 שנים בהוראה ושלוש שנים ניסיון בשימוש במערכת אדפטיבית. כלי המחקר כללו ראיונות ותצפיות בלתי משתתפות. ממצאי המחקר העלו שלושה סוגי מסלולים שלפיהם מורים עובדים בדרך להחליט החלטות בענייני הוראה: 1. מסלול ישיר חלקי – עובר על חלק מן אבני הדרך; 2. מסלול ישיר מלא – עובר על כל אבני הדרך ברצף; 3. מסלול איטרטיבי – שיש בו חזרות לאבני דרך קודמות כדי לקבל מידע נוסף.

המסלול האיטרטיבי נמצא מנצל את הנתונים היטב, בעוד המסלולים הישירים מציגים ניצול בסיסי של הנתונים. המחקר מספק תובנות חשובות למקבלי החלטות בתחום החינוך המתמטי ולמפתחי סביבות למידה דיגיטליות. נוסף על כך הוא מדגיש את הפוטנציאל של מערכות אדפטיביות בשיפור תהליכי קבלת החלטות מבוססת נתונים של מורים.

מילות מפתח: קבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM); מערכת למידה אדפטיבית; מסלולי קבלת החלטות; הערכה מעצבת; לוח המכוונים (dashboard).

מבוא

בעשורים האחרונים נפוץ בעולם החינוך הרעיון של קבלת החלטות על בסיס נתוני הערכה, כחלק בלתי נפרד מתכנון ההוראה והלמידה, ואף נשמעת קריאה למחקרים נוספים בתחום (אלכסנדרון והרשקוביץ, 2018; Hershkovitz & Alexandron, 2020). מהספרות שנסקרה עולה כי מורים אוספים נתוני הערכה מעצבת ומסכמת בדרכים מגוונות למטרת עיצוב ההוראה והלמידה (Kippers et al., 2018). חשיבות מיוחדת נודעת לצורך בקבלת נתונים אלה בזמן אמת המשמש בסיס למשוב בונה לתכנון ההוראה (זוהר ובושריאן, 2020; 2020; Rakoczy et al., 2019; Diefes-Dux et al., 2012).

כיוון שההערכה של המורים בנושא נתוני הישגים כרוכה בתפיסות סובייקטיביות, פרשנויות והטיות, עלול להיווצר קושי בזיהוי של אירועי הערכה ואפיונם, בתהליכים של קבלת החלטות על בסיס נתונים אלה (DBDM) ומתוך כך מתוכננת התערבות מתאימה (Attali, 2015; Ayalon & Wilkie, 2021). כדי שמורים ידעו להשתמש היטב בנתוני הערכה ולהחליט החלטות מושכלות (informative) המסתמכות עליהם, מן הראוי לחקור מתי, מדוע וכיצד המורים מחליטים באמצעות כלי הערכה ממוחשבים (כגון מערכת אדפטיבית). על החלטות אלו להתנהל על פי קשייהם, צורכיהם והתקדמותם של התלמידים, וגם על פי יעדי החינוך המתמטי, תוכנית הלימודים ומטרות ההוראה.

למיטב ידיעתנו, טרם נחקר בהוראת המתמטיקה כיצד מורים מזהים ומאפיינים אירועי הערכה באמצעות נתוני הערכה ממוחשבים המשמשים בסיס לקבלת החלטות להמשך ההוראה, מהם המסלולים לקבלת החלטות מבוססת נתונים שהמערכת האדפטיבית מאפשרת לצורך קביעת התערבות (או אי-התערבות) בהוראה לשם שיפור ההוראה והלמידה ולשם תכנון תגובה מתאימה.

מחקר זה מתמקד בבחינת מאפיינים של החלטות שמחליטים מורים למתמטיקה בעניין התערבות בהוראה ולמידה על בסיס נתוני הערכה המתקבלים במהלך הלמידה ממערכת אדפטיבית. מערכת זו מאפשרת ללומדים להתקדם בקצב אישי ומספקת

* המאמר הוא עיבוד מתוך עבודת המוסמך של רותי ברגר ברבן ז"ל באוניברסיטת חיפה, בהנחיית פרופ' מיכל איילון וד"ר יניב ביטון והוא מוקדש לזכרה.



להם משוב מיידי ומתמשך. מערכת "שברים בדרך שלי" היא מערכת טכנולוגית אדפטיבית חדשנית ללימוד נושא שברים במתמטיקה לכיתות ד'-ה'. המערכת פותחה במרכז לטכנולוגיה חינוכית בשיתוף פעולה עם מיקרוסופט ונותנת פתרון להטרונגיות הכיתתית ומתאימה ללמידה במודל היברידי בכיתה ובבית.

במחקר זה זוהו ואופיינו אירועי הערכה המשמשים נקודת מוצא למסלולים מגוונים לקבלת החלטות של המורים על סמך הנתונים של המערכת האדפטיבית, לשם בחירה בהתערבות או אי-התערבות בהוראה.

לפיכך מטרת המחקר היא לזהות את המסלולים שמורים בוחרים במערכת אדפטיבית על סמך קבלת החלטות מבוססת נתונים, וכן לאפיין תהליכי הערכה שבהם מורים למתמטיקה מחליטים להמשיך את ההוראה על בסיס נתונים המשמשים משוב מסביבת הלמידה האדפטיבית.

סקירת ספרות

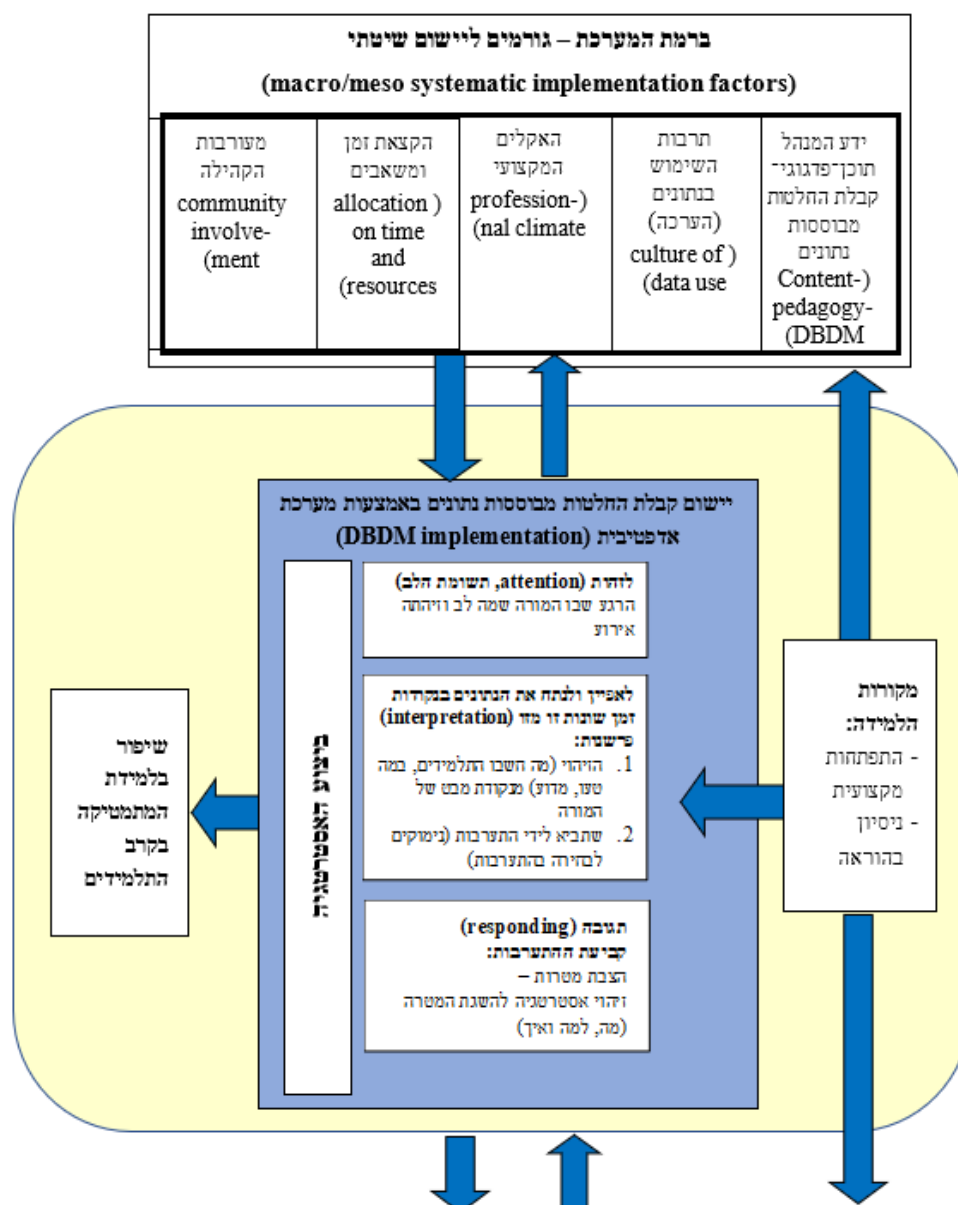
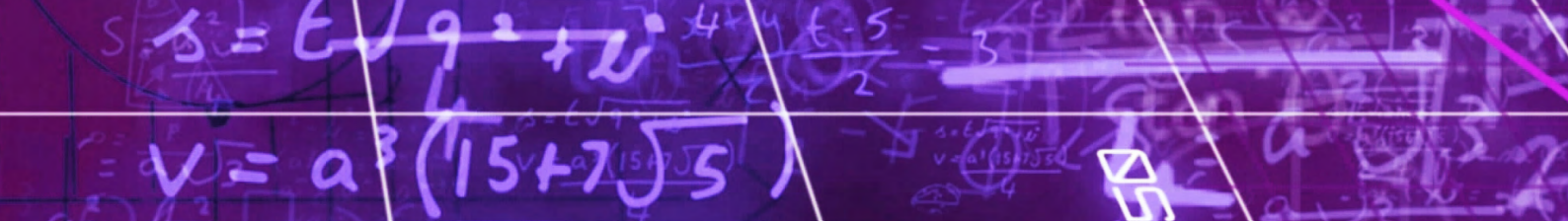
קבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM) בהוראה

בעשורים האחרונים התפתחה בעולם החינוך הגישה של קבלת החלטות ותכנון הוראה על בסיס נתונים כדי לשפר את ההוראה ולהתאים התאמה מיטבית את חומרי הלמידה, בייחוד בהוראת מתמטיקה (Cai et al., 2020; Janssen et al., 2017).

קבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM – Data-Based Decision Making) מוגדרת תהליך שבו מורים, מנהלים וחברי צוות ניהול אוספים ומנתחים נתונים על בית הספר ותלמידיו בשיטתיות ומתוך ניתוח הנתונים הם מקבלים מגוון החלטות לשם תמיכה בלמידת התלמידים. החלטות אלו עשויות לכלול מגוון פעולות, כגון קביעת צורכי ההוראה של התלמידים, הצבת יעדים, התאמת ההוראה, התאמה של תוכנית הלימודים, הערכת יעילות התוכניות והפרקטיקות ושיפור מדיניות בית הספר (Van Geel et al., 2016).

מטרת קבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM) היא למקסם בשיטתיות את ההישגים של כלל התלמידים ושל תלמידים יחידים מתוך התמקדות מפורשת ומכוונת בהערכה ובניתוח של נתונים על ביצועי התלמידים. מחקרים הראו כי שימוש בנתונים יכול להביא לידי שיפור בהישגי התלמידים כאשר נעשה בהם שימוש נכון. אולם כדי להשתמש בנתונים, המורים צריכים להיות בעלי ידע ומיומנויות הדרושים לניתוח ופרשנות של נתונים (Hebbecke et al., 2022). כדי שקבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM) תהיה יעילה, יש צורך לקבל נתונים מדויקים ובאיכות גבוהה. לצורך שיפור כישורי המורים להחליט החלטות על בסיס נתונים יש לספק להם מערכות תומכות למידה מתאימות ובד בבד להכשירם באמצעות מסגרות לפיתוח מקצועי לצורך ניצול והפקה של נתונים ומידע מתאימים לביסוס החלטותיהם באשר לדרכי ההוראה שישתמשו בהם (Mandinach & Schildkamp, 2021; Visscher, 2021).

התפתחותם המקצועית של המורים וניסיונם בהוראה על בסיס מקורות הלמידה שלהם נעשית באמצעות קבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM) בדרך הזו: המורים מזהים "אירוע" שתשומת ליבם מופנית אליו (נתוני הערכה המוצגים לפנייהם בלוח המחווניים של המערכת האדפטיבית); המורים מתבוננים בנתוני המשוב המוצגים בלוח המחווניים והם מאפיינים, מפרשים ומנתחים אותם לפי הנושאים, הפעילויות והתלמידים בנקודות זמן מגוונות (לפני השיעור, במהלך השיעור, אחרי השיעור). ההתמקדות של המורים בזיהוי החשיבה והלמידה מכוונת אותם להחליט החלטה מנומקת אם להתערב או לא להתערב; קביעת ההתערבות, התגובה, כרוכה בהצבת מטרות ובזיהוי אסטרטגיה המתאימה להשגתן. על בסיס מודל זה (Kearns et al., 2021, ראו איור 1), התוצר המצופה מהמורים הוא שיפור בלמידת המתמטיקה של התלמידים. במחקר הזה יש הנחה כי המודל ישים להוראה ולתלמיד היחיד, לקבוצת תלמידים או לכיתה כולה. ישימות זו מתנהלת באמצעות הלוח המחווניים של סביבת למידה אדפטיבית המציג נתוני הערכה לפני המורה בזמן אמת ובכל זמן נתון. ההחלטות שמתקבלות בתום תהליך זה יכולות לשפר את הלמידה במתמטיקה. לדוגמה, שינוי אסטרטגיות הוראה, תוספת שעות הוראה, חיזוק תלמידים מסוימים או יצירת קבוצות הוראה ממוקדות יותר. במחקרים קודמים נמצא קשר חיובי בין יישום התערבות קבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM) להישגי התלמידים במתמטיקה, וזאת בלי קשר למאפייני הרקע של התלמידים, ונמצא כי משיטת קבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM) מרוויחים בעיקר התלמידים הממוצעים בהישגיהם, המצליחים לשפרם במובהק לאחר יישום קבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM), ולא דווקא המחוננים או המתקשים מאוד (Kearns et al., 2021; Van Geel et al., 2016).



הגורמים המשפיעים על היישום בפועל בידי המורה:

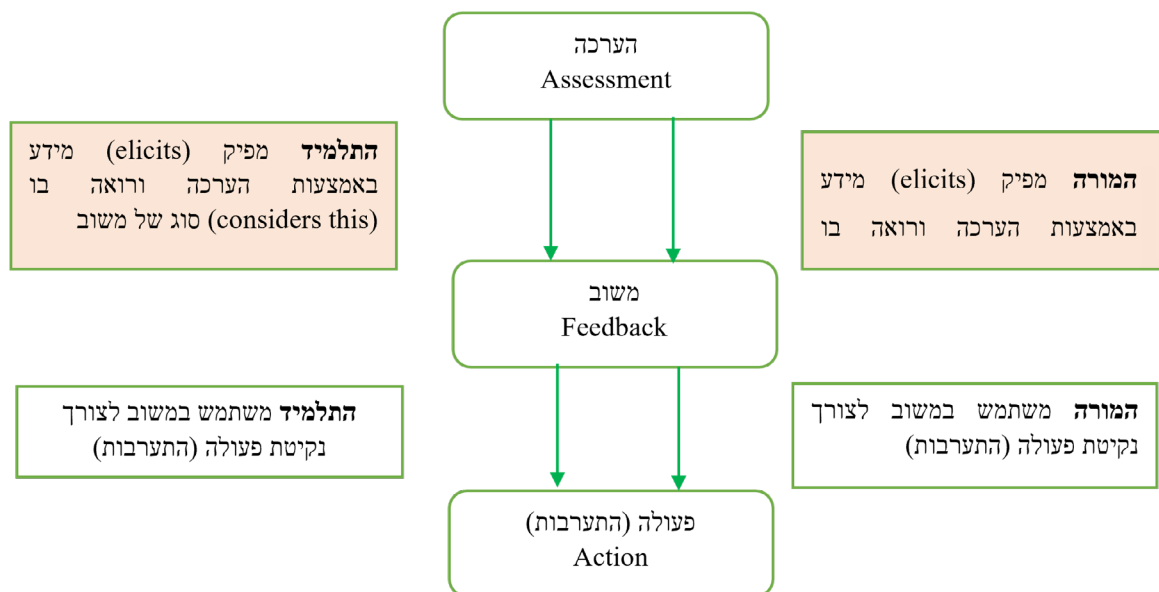
אמונות ועמדות:		ידע ומיומנויות:	
חוללות עצמית self-Efficacy	שימוש בנתונים data use	קבלת החלטות מבוססות נתונים DBDM	תוכן content
	שיתוף פעולה collaboration	שיתוף פעולה collaboration	פדגוגיה pedagogy

איור 1: מודל לתיאור הגורמים הקשורים ליישום יעיל של קבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM) לשם שיפור ההוראה במתמטיקה (מבוסס על Kearns et al., 2021)

יישום הערכה מעצבת באמצעות קבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM)

הערכה מעצבת (formative assessment) מוגדרת כשימוש בראיות על ידע והבנה של הלומד בכיתה והישגיו, תהליך "מעצב" המכוון את המורים, הלומדים ועמיתיהם להחליט על צעדיהם הנדרשים לקדם ולשפר את ההוראה והלמידה (Kyaruzi et al., 2018). הערכה מעצבת מכוונת ליצירת "מצבים מאפשרים" במהלך הלמידה כדי למפות את הידע וההבנה של התלמידים לשם תכנון המשך ההוראה. "מצבים מאפשרים" אלה יכולים להיות במהלך דיון בשיעור, בהוראה יחידנית, בשימוש בעדויות מתוך תוצרי תלמידים, והם מזמנים משוב של המורה והעמיתים על הלמידה ועל התוצרים ומייצרים תובנות (Brooks et al., 2021).

הערכה מעצבת לשיפור הלמידה וקבלת החלטות מבוססת נתונים הן בעלות מאפיין הערכה משותף – התמקדות באיסוף מידע חינוכי המעניק תמונה אובייקטיבית ומקיפה ביותר של התקדמות התלמידים, כדי לשפר את ההוראה ולהתאימה לצורכי התלמידים ולשיפור למידתם בסביבת מידה מושכלת ויעילה. על סמך תובנות המופקות משימוש בגישות הערכה אלו, מורים יכולים לשנות את הדרך שהם מלמדים בה (Brooks et al., 2021; Mandinach & Schildkamp, 2021).



איור 2: מסגרת מושגית של הערכה מעצבת (Kippers et al., 2016; Kippers et al., 2018, p. 201)

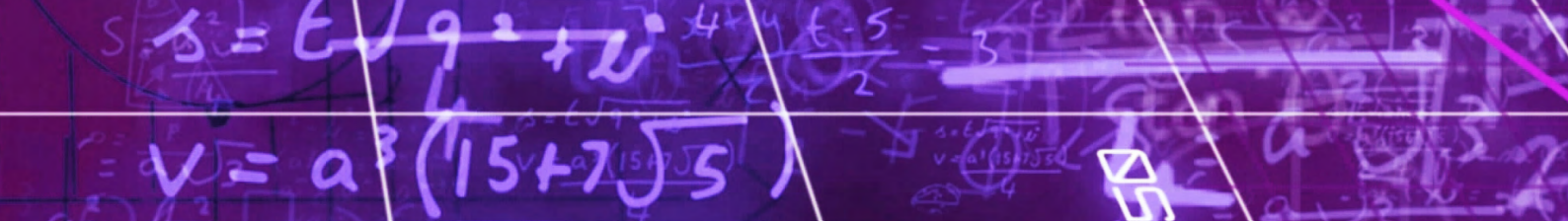
הנחת היסוד במחקר היא ששימוש יעיל בהערכה מעצבת, לצד קבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM), מותנה באיסוף נתונים הרלוונטיים למטרות ההוראה והלמידה, המוגדרות במדויק ובנות-מידדה, ברמת התלמיד, הקבוצה והכיתה, בתהליך הלמידה ובתוצריה (Hershkovitz & Alexandron, 2020; Visscher, 2021). כלומר כאשר מורים מקבלים נתונים ומידע מפעילות או מהערכה – עליהם לגבש החלטות כיצד עליהם לפעול, תהליך שראשיתו בזיהוי האירוע המחייב (או שאינו מחייב) אותם להתערב ולתכנן תגובה מתאימה.

סביבת הלמידה "שברים בדרך שלי"

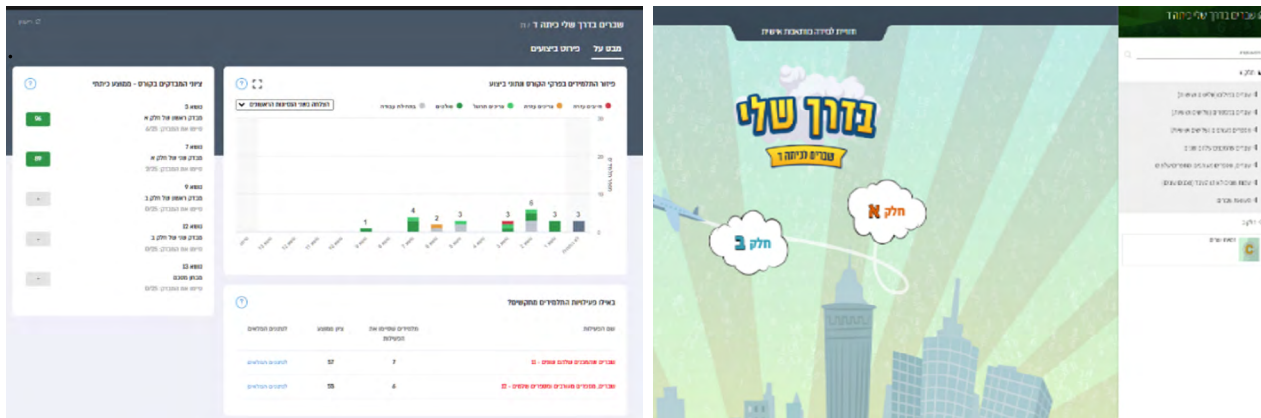
"סביבת למידה אדפטיבית" מוגדרת כמערכת ממוחשבת הלומדת את דרך הפעולה של התלמיד – היא מזהה קשיים וחוזקות ומתאימה מסלול למידה גמיש וייחודי בשביל כל תלמיד, לפי הקצב שלו ויכולותיו (Kabudi et al., 2021). המערכת מאפשרת למורה לקבל נתונים על כל תלמיד בכל זמן ובמרוצת הזמן, חוסכת למורה זמן של הכנת מערכי שיעור ובדיקת מבחנים ותרגילים, ומפנה למורה זמן לדיאלוג אנושי של שיח, דיונים והרחבות עם התלמידים (Barana & Marchisio, 2016).

במחקר זה נבחנת מערכת אדפטיבית המספקת סביבת למידה אדפטיבית – "שברים בדרך שלי" (לכיתות ד'-ה'), שפותחה בשיתוף של מטח ומיקרוסופט. מערכת למידה זו נועדה להקנות, לחזק ולתרגל את נושא השברים בכיתות ד'-ה' ולהעשיר את התלמידים ב-30 שעות לימודיות בערך. המערכת מבחינה בין תלמיד חזק, שבשבילו המנוע מדלג על משימות תרגול ומציע משימות העשרה, ובין תלמיד מתקשה שבשבילו הלמידה מותאמת לרמתו באמצעות דילוג על משימות העשרה.

המערכת מציגה לפני המורה דוחות לצפייה בלוח המחוונים (dashboard), ועל סמך הנתונים המוצגים בלוח הבקרה הוא יכול לנהל את התקדמות התלמידים באמצעות סגירה ופתיחה של פרקים לפי התקדמותם. לוח הבקרה מתעדכן בכל שלוש



שניות, ולכן מורים המתבוננים בו יכולים לראות: 1. כמה תלמידים נמצאים בכל פרק של תוכנית הלימודים; 2. מה מצבם הלימודי; 3. תוצאות המבדקים שניתנו בפרק. מידע זה מתמצת בעבור המורים את מצב הכיתה ומשמש "אירוע הערכה"



איור 4: לוח הבקרה – לוח המחוונים המוצג לפני המורה ("מבט-על")

איור 3: מסך פתיחה של "שברים בדרך שלי" לכיתה ד'



איור 5: לוח המחוונים במערכת אדפטיבית – דוגמה ל"אירוע הערכה"

שיטת המחקר

במחקר זה רצינו לבחון את האופן שבו מורים משתמשים בנתונים המוצגים במערכת למידה אדפטיבית לצורך קבלת החלטות פדגוגיות והתאמת ההוראה לצורכי התלמידים. המחקר נשען על תאוריות של הערכה מעצבת וקבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM), ומציע מודל ראשוני לתייעוד ולמיפוי של תהליכי קבלת ההחלטות של מורים. מטרת המחקר הייתה לאפיין מסלולים של קבלת החלטות של המורים על סמך נתוני ההערכה המוצגים בלוח המחוונים, ולבחון את פרשנותם, את נימוקיהם ואת שיקוליהם להתערב או לא להתערב.

מערכת המחקר והליך המחקר

שאלת המחקר: מהם המסלולים בתהליך קבלת ההחלטות על בסיס נתונים מסביבת למידה אדפטיבית ומהם הנימוקים להחלטת המורים להתערב או לא להתערב?

נעשו חמישה חקרי מקרה באמצעות ראיונות ותצפיות בלתי משתתפות. בכל חקר מקרה יש סדרה של שלושה שיעורים בנושא "שברים" אצל מורות למתמטיקה המשתמשות בסביבת למידה אדפטיבית בשיעוריהן. התנהלו ראיונות עם המורות



לפני השיעור ובתום השיעור, והכותבת הראשונה נכחה בהם בתפקיד צופה בלבד. הראיונות נעשו בתיאום מראש עם המורות כדי לפנות להן זמן מייד עם תום השיעור. הנתונים מהראיונות ומהתצפיות אפשרו לחשוף את שיקולי הדעת של המורה למתמטיקה בתהליכים של קבלת החלטות מבוססת נתונים שסיפקה מערכת אדפטיבית, ואת האופן שפירשו המורות נתונים אלה עד לקבלת החלטה.

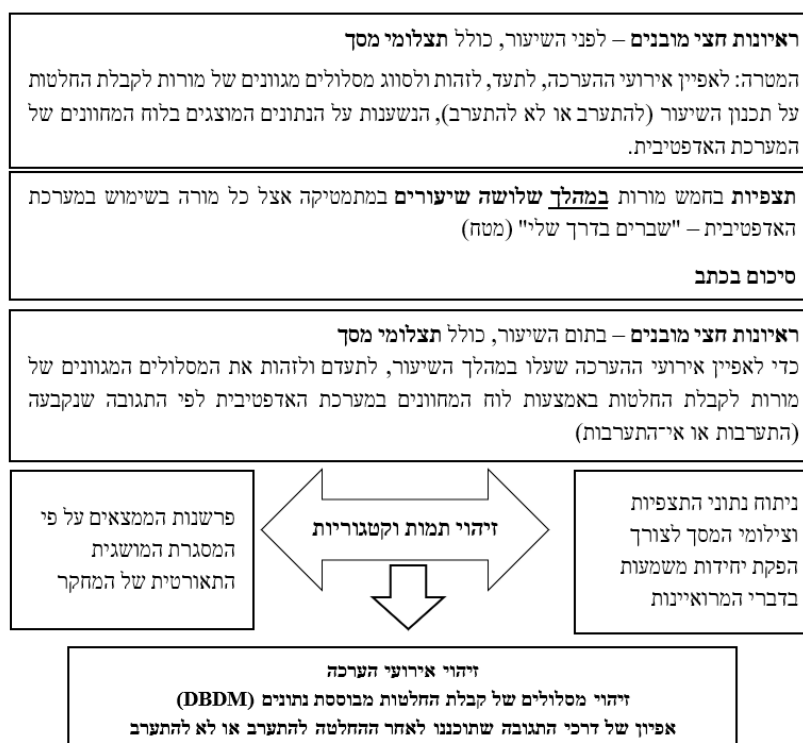
המשתתפות במחקר

במחקר השתתפו חמש מורות למתמטיקה בבית ספר יסודי המלמדות בכיתות ד'–ה' (כיתות רגילות שיש בהן גם תלמידים עם לקויות למידה) במגזר היהודי (ממלכתי וממלכתי-דתי), שנבחרו בדגימה בלתי הסתברותית מסוג דגימת זמינות (nonprobability availability sampling, Daniel, 2011). לכולן יש ותק של למעלה מ-15 שנים בהוראת מתמטיקה ולכולן יש ותק של שלוש שנים בהוראה בסביבת למידה אדפטיבית – שילוב מערכת אדפטיבית – "שברים בדרך שלי" בשיעורי המתמטיקה.

עיבוד הנתונים וניתוחם

הראיונות תומללו ונותחו בעבור כל סדרת שאלות בגיליון אקסל בנפרד. לכל מורה נבנה גיליון נפרד. התשובות נותחו באמצעות ניתוח תוכן שיטתי. מטרות הניתוח היו לאפיין שימוש בלוח המחוונים במערכת האדפטיבית לצורך קבלת החלטות ולזהות סוגי מסלולים לקבלת החלטות כדי לשרטט מפה לתיעוד מסלולים אלה. בניתוח האיכותני, התשובות לראיונות חולקו ליחידות משמעות (units of meaning – ממילה בודדת ועד לכמה משפטים שמביעים רעיון אחד) באמצעות זיהוי "מילות מפתח" ונושאים שחוזרים בתשובות. העיסוק בראיונות בהסברים ובפרשנות של המורות בדבר קבלת החלטות מבוססת נתונים להמשך ההוראה התמקד בפרשנותן ובישקולי דעתן רק באירוע ההערכה שזיהו במערכת האדפטיבית.

בתיאור הממצאים מהראיונות משולבות תובנות מהתצפיות ומצילומי מסך רלוונטיים מהראיונות. מערך המחקר ומהלכו – המשתתפות, הכלים והניתוח על בסיס התאוריה (כמסגרת מושגית) וכן הפקת תמות העולות מהתצפיות ומדברי המשתתפות בראיונות – מוצגים באיור 6.



איור 6: מערך המחקר ומהלכו

ממצאים

במחקר זה נעשו חמישה חקרי מקרה באמצעות ראיונות ותצפיות בלתי משתתפות כדי ללמוד מהם המסלולים בתהליך קבלת ההחלטות על בסיס נתונים מסביבת למידה אדפטיבית ומהם הנימוקים להחלטת המורים להתערב או לא להתערב.

ניתוח הראיונות העלה דפוסים מאפיינים שאפשרו לזהות שלושה סוגי מסלולים של קבלת החלטות מבוססת נתונים:

1. **מסלול ישיר בין כמה מאבני הדרך ורכיביהן** – מסלול שעברה בו המורה ($\leftarrow$) מנקודת הפתיחה של המסלול, אבן הדרך הראשונה: התבוננות בלוח המחוננים במערכת האדפטיבית במבט־על ועד לתום המסלול באבן הדרך הרביעית: "קבלת החלטה" או החמישית: "תגובה והתערבות", **מתוך דילוג על כמה מאבני הדרך ורכיביהן** (אבן דרך שנייה: "מיקוד הזיהוי", אבן דרך שלישית: "פרשנות").

2. **מסלול ישיר בין כל אבני הדרך ורכיביהן** – מסלול שעברה בו המורה מנקודת הפתיחה של המסלול, אבן הדרך הראשונה: התבוננות בלוח המחוננים במערכת האדפטיבית במבט־על ועד לתום המסלול באבן הדרך הרביעית: "קבלת החלטה" או החמישית: "תגובה והתערבות", **בלא דילוג על שאר אבני הדרך**. לאורך המסלול התבוננות בו בזמן ($\leftrightarrow$) בנתוני הלוח המחוננים נעשתה רק ברכיבים שבתוך אבני הדרך.

3. **מסלול איטרטיבי (iterative) בין כל אבני הדרך ורכיביהן** – מנקודת הפתיחה של המסלול, אבן הדרך הראשונה: התבוננות בלוח המחוננים במערכת האדפטיבית במבט־על ועד לתום מסלול קבלת ההחלטות באבן הדרך הרביעית: "קבלת החלטה" או החמישית: "תגובה והתערבות", המורה **עשויה לחזור** לאבני דרך קודמות (**איטרציה**), כדי לקבל נתונים אחרים על ההחלטה והתגובה. לאורך המסלול התבוננות בנתוני הלוח המחוננים נעשתה **הן בין אבני הדרך הן ברכיביהן**.

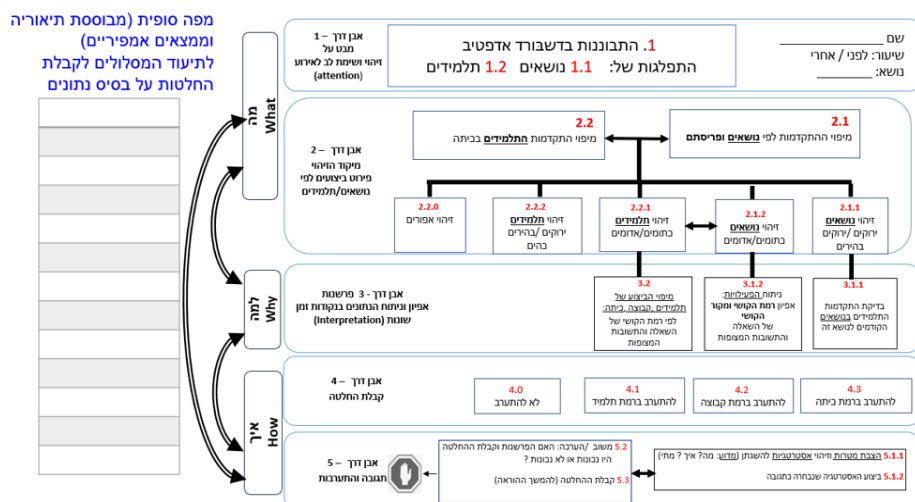
סך הכול תועדו ונותחו 50 מסלולים המתארים אירועי הערכה, ונבחרו 15 (30%) מהם לניתוח מעמיק (שלושה מהם מוצגים להלן בממצאים). העיקרון לבחירתם היה תשובה מפורטת של המורה לשאלות הריאיון ופירוט הנמקה ברורה להחלטות שהתקבלו. תחילה זוהו ביטויים חוזרים שעלו בתשובות, ונבנה מהם מודל של קטגוריות לתיאור ההנמקה לבחירות בהמשך, נותחו אירועי ההערכה שתיארו בראיונות על פי הסכמה החדשה.

לצורך הניתוח נקבעו הסימנים האלה:

- חץ ישיר ($\leftarrow$) – מתאר נתיב (pathway) במסלול (route) שבו המורה מתבוננת ברכיב אחד של אבן דרך ועוברת לרכיב אחר באותה אבן דרך, או רכיב אחר באבן הדרך שלאחריה.
- חץ איטרטיבי ($\leftrightarrow$) – מתאר נתיב במסלול שבו המורה מתבוננת בו בזמן בכמה רכיבים של אבן דרך אחת או התבוננות בו בזמן בשתי אבני דרך שונות זו מזו. לדוגמה, מיקוד זיהוי בתלמיד מסוים (אבן דרך 2) בעת פרשנות (אבן דרך 3).

בניתוח של 15 אירועי ההערכה נמצאו שני מסלולים ישירים בין כמה מאבני הדרך, חמישה מסלולים ישירים בין כל אבני הדרך ורכיביהן ושמונה מסלולים איטרטיביים בין כל אבני הדרך ורכיביהן.

לסיכום, להלן המפה המעודכנת לתיעוד מסלולי קבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM) לאחר אירוע הערכה שזוהה בלוח המחוננים על בסיס התאוריה וממצאי הראיונות. ממצאי הראיונות יוצגו להלן על גבי המפה המעודכנת (איור 7).



איור 7: מפה מעודכנת לתיעוד מסלולים לקבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM) על בסיס התאוריה והממצאים

מאפייני המסלול

במסלול ישיר זה המורה בודקת בתכליתיות במבט-על את נושאי הלימוד ופריסתם בזיקה להתקדמות הבנות. היא אינה מנצלת את הרכיבים של אבן דרך 2 (זיהוי נושאים ותלמידים לפי ירוק-כתום-אדום-אפור) ושל אבן דרך 3 (פרשנות וניתוח הנתונים שהמערכת האדפטיבית מספקת), אלא מחליטה ללמד במליאה (4.3) על בסיס ניסיונה והכרתה בחשיבות הנושא מבחינה מתמטית.

מאפיינים ייחודיים

מבט-העל במערכת אדפטיבית מאפשר למורה מנוסה לוותר על שלב ה"למה" (הרכיבים של אבן דרך 2 ושל אבן דרך 3), ולמעשה לקבל בתכליתיות ובו בזמן תשובה לשאלות "מה-למה-איך", ומתוך כך להחליט ישיר על ההתערבות ומטרותיה.

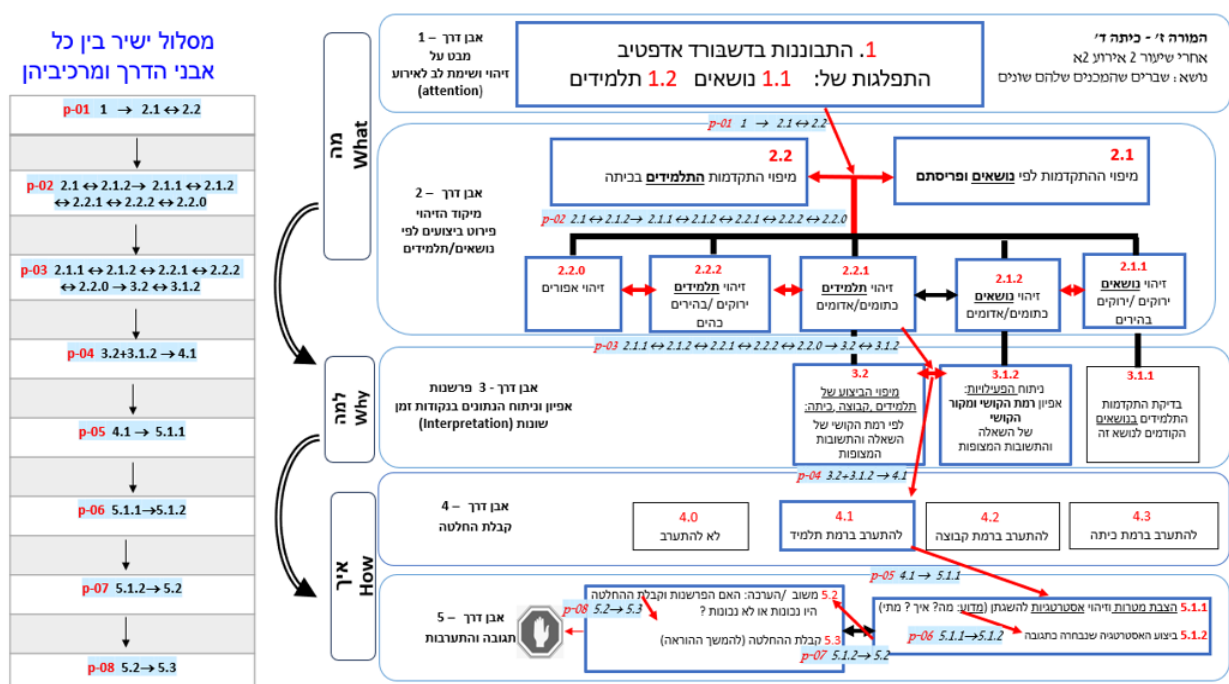
מאפייני ההתערבות

ההתערבות ברמת הכיתה שהמורה בחרה מכוונת אותה לפעול ("אני ארצה", "רציתי להכיר להן"). את החלטתה היא מנמקת באמצעות שיקול משולב בין הנושא הנלמד ובין הידע של התלמידים על רקע ההצלחה של כמה מהם ואי-הצלחה של אחרים ברצף הפעילויות.

2. מסלול ישיר בין כל אבני הדרך ורכיביהן

מסלול קבלת ההחלטות באירוע הערכה א' – קבלת החלטות באמצעות התבוננויות בו בזמן ברכיבים של אבני הדרך – "עד פעילות 9 [...] הצבע ירוק [...] בדקתי מה השאלות. משאלה 8 ואילך – היו כבר אפורים כתומים ואדומים".

אחרי שיעור בכיתה ד' שנושא היה "שברים שהמכנים שלהם שונים", המורה ז' מתבוננת בלוח המחווניים. באירוע הערכה זה איור 9 מציג את המסלול הישיר שכיוון להחלטה מוכללת בנושא הוראת המתמטיקה.



איור 9: מסלול ישיר בין כל אבני הדרך ורכיביהן, באמצעות התבוננות בו בזמן ברכיבים, שמכוון להחלטה מוכללת בנושא הוראת מתמטיקה

נתיב 1 – $p-01 \ 1 \rightarrow 2.1 \leftrightarrow 2.2$

במסלול זה אירוע ההערכה מתחיל בהתבוננות משולבת בלוח המחווניים – בנושא ובתלמידים. הוא נמשך במיפוי ההתקדמות לפי נושאים ופריסתם (2.1) בידי המורה באמצעות המערכת האדפטיבית לצד ($\leftrightarrow$) זיהוי התקדמות התלמידים (2.2): "בדקתי בלוח המחווניים את הנושא הבא, שבו גם בנות כבר התקדמו, והנושא 4 היה שברים שהמכנים שלהם הם שונים".



נתיב 2 – 2.2.0 ↔ 2.2.2 ↔ 2.2.1 ↔ 2.1.2 ↔ 2.1.1 ↔ 2.1.2 ↔ 2.1 – p-02

המערכת האדפטיבית מאפשרת למורה למקד את הזיהוי בכלל הרכיבים של אבן הדרך 2: "שמתי לב, שעד פעילות 9 שכל הבנות שהגיעו לנושא זה ידעו יפה שהצבע הוא ירוק וגם האחוזים רובם 100. בדקתי מה השאלות. רובן עסקו במכנה. זיהוי מהו מכנה ומה תפקידו. משאלה 8 ואילך – היו כבר אפורים כתומים ואדומים".

ציין	התקדמות	שאלה 1	שאלה 2	שאלה 3	שאלה 4	שאלה 5
86		100	50	100	100	80
96		100	100	100	100	80
90		100	50	100	100	100
81		100	100	33	71	100
96		100	100	83	100	100
100		100	100	100	100	100

איור 10: דוגמה ללוח הבקרה של המורה בסביבה

נוסף על ההתבוננות בתמונה הכללית של התלמידות, המורה מזהה תלמידה שחלה אצלה ירידה בביצועיה: "אבל תלמידה אחת בלטה לי שעבדה יפה עד פעילות 8, ובפעילות 9 ועשר ממש נפלה ולא ידעה. בדקתי מי התלמידה".

נתיב 3 – 3.1.2 ↔ 3.2 ↔ 2.2.0 ↔ 2.2.2 ↔ 2.1.1 ↔ 2.1.2 ↔ 2.1 – p-03

כדי להבין את מקור הקושי שלה, המורה מתבוננת בו בזמן ($\leftrightarrow$) ברכיבים המגוונים המוצגים במערכת האדפטיבית:

כשבדקתי מה היו השאלות – לא היה ברור לי למה היא לא ידעה. הן לא היו שאלות ברמת הבנה גבוהה, אלא ברמת ידע בסיס.

למרות זאת, לא הצליחה. היא לא הבינה מהו מכנה ומהו מונה. ואיפה רושמים כל אחד מעל קו השבר או מתחתיו?

שאלה 1

הפס השלם הוא היחידה. בחרו את הציור המתאים למספר המעורב.

$2\frac{2}{6}$

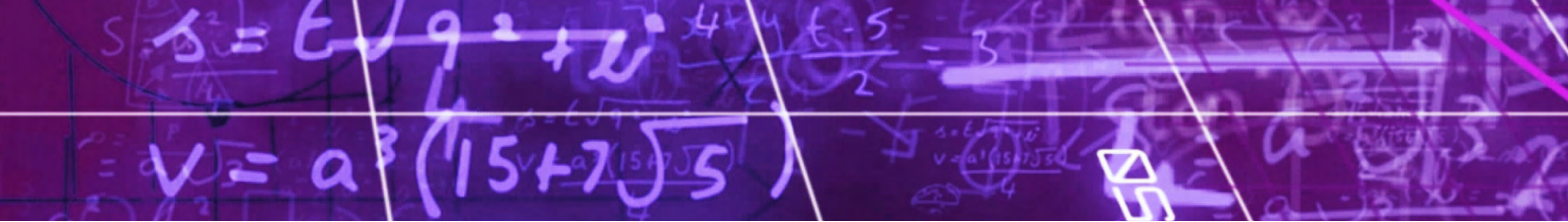
☐ ☐ ☐

☐ ☐ ☐

☐ ☐ ☐

כ נקה בדיקה ✓

איור 11: שאלה מתוך הסביבה



נתיב 4 – 4.1 → 3.1.2 ↔ 3.2 p-04

שיקולים איטרטיביים אלו הניעו את המורה להחליט להתערב ברמת תלמידה (4.1): "קראתי לה למחשב שלי. בהתחלה התלמידה לא הבינה למה טענה".

נתיב 5 – 5.1.1 → 4.1 p-05

כיוון שהתלמידה לא הבינה למה טענה, המורה מציבה מטרה שתבהיר לה את טענה: "אחרי הסבר קצר היא הבינה, ואמרה שזה ברור, וגם שהיא מבינה את ההבדל בין החלק הצבוע למספר החלקים".

נתיב 6 – 5.1.2 → 5.1.1 p-06

בהמשך היא מתארת את האסטרטגיה להוראה שהשתמשה בה: "פתחתי את המשימות וביקשתי ממנה לפתור. מייד ראיתי שהיא כתבה את החלקים הצבועים כמכנה ואת סך החלקים כמונה. ישבתי והסברתי לה מהו מכנה מהו מונה וכיצד אנו רושמים אותו כשבר".

נתיב 7 – 5.2 → 5.1.2 p-07

ההערכה של החלטתה מגובה בנתונים שסיפקה לה המערכת האדפטיבית: "בלט לי שאותה תלמידה ידעה יפה את תשע הפעילויות הראשונות, ודווקא כאן, שלדעתי אין סיבה שלא ידעה. האמת שדי הופתעתי מהתלמידה. אני יודעת משנים שאני מלמדת שיש הרבה בנות שמתבלבלות בין כתיבת המונה למכנה. אבל דווקא ממנה התפלאתי".

נתיב 8 – 5.3 → 5 p-08

המורה מסיימת בתיאור החלטה כללית שקיבלה בתום המסלול על הוראת המתמטיקה: "אבל זה חיזק אצלי שתמיד צריך לבדוק שיש הבנה גם אצל בנות שברור כאילו יודעות את הנושא". אירוע זה משקף מעגל שלם של הערכה מעצבת, התלמידה מקבלת משוב מיידי מהמערכת, והמורה משלימה את המשוב לתלמידה באמצעות התבוננות בלוח המחוונים.

מאפייני המסלול

- במסלול ישיר זה שניצל את כל אבני הדרך, המערכת האדפטיבית מאפשרת למורה לצפות בשיטתיות בנתונים מגוונים, הנוגעים בו בזמן לנושאים או פעילויות לפי תלמידים. ניתוח ופרשנות של נתונים אלה תורמים לחיזוק התובנות והמסקנות שהיא מגבשת על בסיס ניסיונה הרב והיכרותה את תלמידה ומכוונים להחלטה מבוססת נתונים.
- הסביבה של המערכת האדפטיבית תורמת גם לקידום המקצועי של המורה ולשיפור ההוראה, כיוון שהיא מספקת נתונים המחזקים את הערכת המורה במידה שבה הידע והניסיון המקצועיים שלה מדויקים ואמינים לצורך קבלת החלטות. כאן המורה עושה הערכה מחודשת של הניסיון שלה בהוראת הנושא ("אני יודעת משנים שאני מלמדת שיש הרבה בנות שמתבלבלות בין כתיבת מונה למכנה") על בסיס ניתוח ההתערבות שעשתה ברמת התלמידה הבודדת ("אבל דווקא ממנה התפלאתי").

מאפיינים ייחודיים

- המורה עוברת בין כל אבני הדרך ובוחנת תלמידים–נושאים–פעילויות באמצעות **התבוננות בו בזמן** (↔) ברכיבי אבן הדרך המוצגים באמצעות המערכת האדפטיבית.
- המסלול, שיש בו ניצול מלא של אבני הדרך ורכיביהן המוצגים באמצעות המערכת האדפטיבית, כיוון את המורה לא רק להחליט על הוראת הנושא והערכת האסטרטגיה שנבחרה, אלא גם להציע החלטה שאפשר **להכלילה** להוראת כל נושא במתמטיקה או בתחומי דעת אחרים (וידוא הבנה של בנות שלכאורה הבינו).

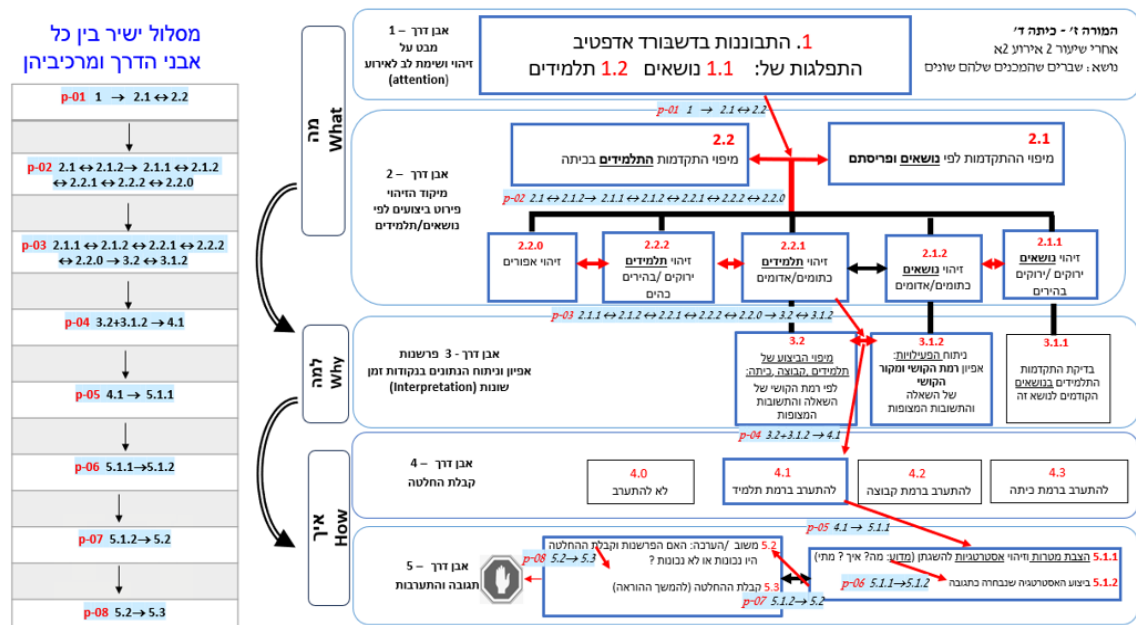
מאפייני ההתערבות

ההתערבות ברמת התלמידה שהמורה בחרה בה מאפשרת לתלמידה לזהות ולנתח לעומק את מקור גישתה השגויה ("ביקשתי ממנה לפתור"), מתוך קבלת אחריות מצידה כמורה, לוודא את הבנתה של התלמידה והבנה אצל כלל התלמידות (גם אלו שלכאורה אמורות לשלוט בחומר הנלמד, על רקע היכרותה איתן וניסיונה בהוראת מתמטיקה).

3. מסלול איטרטיבי בין כל אבני הדרך ורכיביהן

מסלול קבלת ההחלטות באירוע הערכה ב' – קבלת החלטה באמצעות נתונים מרכיבים מגוונים בתוך אבני הדרך וביניהן – "לאותם שני תלמידים, לאורך הדרך, ירוק/אדום וגם בסוף אפור. נכנסתי לשאלות באפור, לראות מה השאלות והפעילויות".

אחרי השיעור בכיתה ה' שנושאו היה "השבר כחלק מכמות", המורה ל' מתבוננת בלוח המחווניים. באירוע הערכה זה אזור 12 מציג את המסלול האיטרטיבי שכיוון להחליט להתערב ברמת הקבוצה מתוך ($\leftrightarrow$) הצבת מטרות ותכנון האסטרטגיות להשגתן.



אזור 12: מסלול איטרטיבי בין כל אבני הדרך המשלב השוואה מורכבת עם נושאים/פעילויות שדילגו עליהם התלמידים או המחשב (המרכיב האפור), שמכוון למשוב/הערכה של האסטרטגיה שנבחרה ונעשתה

נתיב 1 – $p-01 \ 1.2 \rightarrow 3.2$
במסלול זה לאחר השיעור הסתייעה המורה במערכת האדפטיבית כדי לבחון אירוע שזיהתה: "פתחתי את הלוח המחווניים, לא תמיד יש לי זמן בשיעור, עניינו אותי שני תלמידים, לא הייתי בטוחה שהם באמת מבינים עד הסוף".

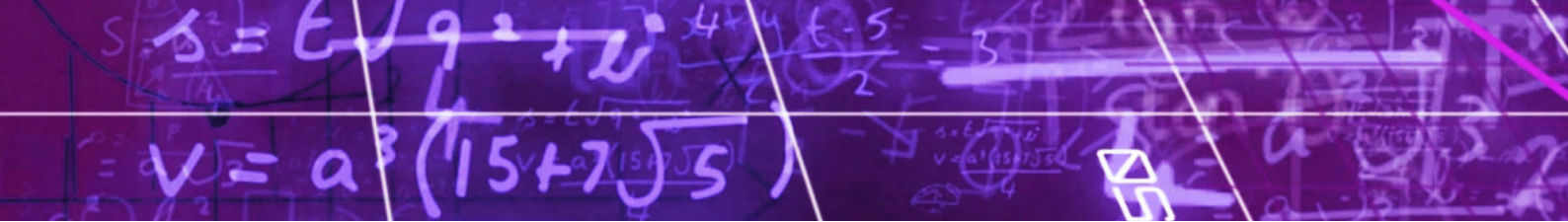
נתיב 2 – $p-02 \ 3.2 \leftrightarrow 3.1.2$
לצורך כך היא מתמקדת בניית תלמידים אלה: "סיננתי את שני התלמידים, ובדקתי מה עשו בנושא 1, השבר כחלק מכמות, שכבר למדנו אותו ועשינו חזרה היום בשיעור".

נתיב 3 – $p-03 \ 3.2 \leftrightarrow 3.1.2 \leftrightarrow 2.2.0$
המורה משלבת התבוננות ברכיב האפור לצורך תמיכה בהחלטה המתגבשת: "ראיתי שלאותם שני תלמידים – לאורך הדרך – ירוק/אדום וגם בסוף אפור. תחילה נכנסתי לשאלות באפור, לראות מה השאלות והפעילויות, והאם כדאי להתעכב עליהן, כי אפור בדרך כלל זה העשרה שהמחשב דילג, או אולי התלמידים דילגו, כי היה קשה להם". כאן המערכת האדפטיבית מאפשרת למורה לאפיין את הנתונים, לנתח ולפרש אותם (אבן דרך 3).

נתיב 4 – $p-04 \ 3.2 \leftrightarrow 3.1.2 \leftrightarrow 2.2.0 \leftrightarrow 4.0$
זיהוי אופי הפעילויות שדילגו עליהן (אפור) ופרשנות הנתונים שמוצגים במערכת האדפטיבית מסייעים למורה להחליט לא להתערב: "החלטתי לא לתת כרגע מענה לגבי האפור, זה העשרה".

נתיב 5 – $p-05 \ 4.0 \rightarrow 2.1.2 \leftrightarrow 3.1.2$
באמצעות המערכת האדפטיבית המורה מתבוננת בזמן ($\leftrightarrow$) בזיהוי נושאים כתומים/אדומים (2.1.2) וניתוח הפעילויות שלהם (3.1.2) – זיהוי רמת הקושי, מקור הקושי של השאלות והתשובות המצופות, שכיוונו אותה להחלטה:

להתערב דווקא בשאלות שהיו אדומות. בסוף השיעור – נשאלו עשר דקות, השאלות הללו היו עדיין במהות התחלה, למרות שבמליאה בפתחת השיעור עשיתי חזרה עם כולם וגם ישבתי עם קבוצת תלמידים. כאשר עברתי ביניהם, השאלות ששאלו אותי ואת החברים לידם עוררו אצלי חשש שהם עדיין לא הבינו מהו שבר וזיהוי.



נתיב 6 – 5.1.1 ↔ 4.2 → 3.1.2 ↔ 2.1.2 p-06

ההחלטה להתערב ברמת הקבוצה (4.2) שולבה (↔) בהצבת המטרה והנמקת האסטרטגיה שבחירה:

לכן קראתי לשני התלמידים האלה. נושא זה הוא הבסיס להבנת המשך החומר בשברים. זה היה כבר סוף השיעור ולא היה הרבה זמן, אבל זה המהות וחשוב לי לשמוע אותם ולראות מה יודעים. ולדעתי, הם כבר אחרי המליאה, וגם התקדמו בנושא, היה חשוב לי לשמוע את התשובות שלהם ולשאול אותם שאלות שידייקו אותי היכן הקושי ותוך כדי זה לעזור להם.

נתיב 7 – 5.1.2 → 5.1.1 ↔ 4.2 p-07

המורה מפרטת את דרך ההתערבות (5.1.2): "קראתי לשני התלמידים אליי. פתחתי להם את המשימות מהמערכת האדפטיבית אצלי במחשב ויחד איתם ובשאלות מכוונות שלי פתרנו את השאלות בפעילות. גם ביקשתי מהם שיציירו לי את השברים שאני אומרת".

נתיב 8 – 5.2 → 5.1.2 p-08

מסלול זה מסתיים בתיאור המשוב של המורה על התערבות שעשתה: "השאלות ששאלתי, וביקשתי מהם גם הסבר, וביקשתי שיציירו לי, נתתי להם על דף עוד תרגול. השאלות והתיווך שלי עזרו להם להבין וגם לי במה הם מתקשים". על בסיס המשוב היא מעריכה את החלטתה ומצדיקה את נכונותה: "זה מחזק אותי! כשיש קושי – צריך לברר עם התלמיד ישירות. השאלות עימו חידדו לי ולו מה הוא לא יודע, ולי – מה לעשות [כדי] לעזור לו".

מאפייני המסלול

במסלול איטרטיבי זה, שעבר בין כל אבני הדרך ורכיביהן, המורה משלבת השוואה איטרטיבית עם נושאים/פעילויות שדילגו עליהם התלמידים או המחשב (הרכיב האפור) לשם קבלת ההחלטה. במהלך המסלול המורה מנצלת היטב את הנתונים שמספקת לה המערכת האדפטיבית לא רק להחליט אלא גם כדי לתת לה משוב ולהעריך את האסטרטגיה שבחירה בה ויישמה אותה.

מאפיינים ייחודיים

ממסלול זה הופקו שני מאפיינים שייוספו לסכמה הראשונית של מסלול קבלת ההחלטות:

- שימוש בו בזמן (↔) בנתונים מהמערכת האדפטיבית בין אבני הדרך, זיהוי נושאים שבהם תלמידים מתקשים (כתומים/אדומים) (2.1.2) לצד (↔) ניתוח הפעילויות והשאלות לאפיון מקור הקושי (3.1.2).
- קבלת החלטה (↔) – כאן ברמת הקבוצה (4.2) המשולבת בפירוט המטרות והאסטרטגיות המתוכננות להשגתן (5.1.1).

מאפייני ההתערבות

ההתערבות שהמורה בחרה ברמת התלמיד (שני תלמידים יחד) מסייעת להם להתמודד עם משימות המערכת האדפטיבית שלא הצליחו בהן. באמצעות שאלות מכוונות והמחשה (ציורי שברים) המורה מנחה אותם לפתור את השאלות בפעילות.



סיכום המסלולים לקבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM) לאחר אירוע הערכה שזוהה בלוח המחוונים

מאפייני המסלולים	מסלול איטרטיבי/ ישיר	מעבר בין אבני הדרך לקבלת ההחלטה	מאפייני המסלול	מאפיינים ייחודיים של השימוש במערכת האדפטיבית במסלול לקבלת החלטה	מאפייני ההתערבות שנקבעה לאחר ההחלטה
מסלול ישיר בין כמה מאבני הדרך ורכיביהן					
המורה ז' כיתה ד' לפני שיעור "מספר מעורב" (משבר למספר מעורב ולהפך) שלושה נתיבים	ישיר	כמה מהן	קבלת החלטה לאחר התבוננות תכליתית בנתוני המערכת האדפטיבית בנושאי הלימוד ופריסתם	מבט העל במערכת אדפטיבית מאפשר למורה מנוסה לוותר על שלב ה"למה" ולקבל תשובה לשאלות ה"מה-למה-איך" המכוון אותה ישר להחליט על ההתערבות ומטרותיה.	ההתערבות ברמת הכיתה שהמורה בחרה מניעה אותה לבחור בפעולות הוראה על בסיס שיקול משולב בין הנושא הנלמד לידע של התלמידים.
מסלול ישיר בין כל אבני הדרך ורכיביהן					
המורה ז' כיתה ד' אחרי שיעור "שברים שהמכנים שלהם שונים" שמונה נתיבים	ישיר	כולן	קבלת החלטות באמצעות התבוננויות בו בזמן ברכיבים של אבני הדרך	המסלול הכולל ניצול מלא של אבני הדרך ורכיביהן המוצגות במערכת האדפטיבית, גרם למורה לא רק להחליט על הוראת הנושא ולהעריך את האסטרטגיה שנבחרה, אלא גם להציע החלטה שאפשר להכלילה להוראת כל נושא במתמטיקה ובתחומי דעת אחרים.	ההתערבות ברמת התלמידה שהמורה בחרה מאפשרת לה לזהות ולנתח לעומק את מקור גישתה השגויה לצד קבלת אחריות עליה, כמורה, כדי לוודא את ההבנה של התלמידה וכלל התלמידות על רקע היכרותה עימן וניסיונה בהוראת מתמטיקה.
מסלול איטרטיבי בין כל אבני הדרך ורכיביהן					
המורה ל' כיתה ה' אחרי שיעור "השבר כחלק מכמות" שמונה נתיבים	איטרטיבי	כולן	קבלת החלטה באמצעות נתונים מרכיבים מגוונים בתוך אבני הדרך וביניהן	במסלול נעשה שימוש בו בזמן בנתונים מהמערכת האדפטיבית בכל אבני הדרך ורכיביהן. זיהוי הנושאים שתלמידים מתקשים בהם מלווה בניתוח הפעילויות והשאלות לאפיון מקור הקושי. קבלת ההחלטה משולבת בפירוט המטרות והאסטרטגיות המתוכננות להשגתן.	ההתערבות ברמת שני תלמידים שהמורה בחרה בהם מסייעת להם להתמודד בהנחייתה עם משימות באמצעות שאלות מכוונות והמחשה.

דיון

מטרת מחקר זה היא לזהות ולאפיין את הפוטנציאל של שילוב המערכת האדפטיבית בקבלת החלטות מבוססת נתונים (DBDM) בהוראת מתמטיקה בבית הספר היסודי. השתתפו במחקר חמש מורות¹ לכיתות ד'–ה' שרואיינו לפני שלושה שיעורים ואחריהם ברצף. בזמן השיעור נעשתה תצפית בלתי משתתפת בכיתה בעת שיעורי המתמטיקה. נקודת המוצא של המחקר היא שבמהלך הלמידה וביצוע המשימות, המערכת האדפטיבית צוברת בזמן אמת כמות גדולה של נתונים. איסוף הנתונים ובחינה שיטתית ומתמשכת מאפשרים למקבל החלטות להפיק מידע מדויק ומקיף על הצלחות וקשיים של תלמידים בנושאים המתמטיים. לפיכך הם מסייעים למורה להתערב או לא להתערב, לבחון איזו מסגרת מתאימה (תלמיד/קבוצה/כיתה), להגדיר מה מטרת ההתערבות ואילו אסטרטגיות יש לנקוט כדי להשיגה.

על פי הממצאים תיארו המורות את השימוש במערכת האדפטיבית לצורך קבלת החלטות לפני השיעורים ולאחריהם, ואולם במהלך השיעורים עצמם כמעט שלא נצפו כניסות של המורות ללוח המחוונים. כמה מהן הסבירו שהכיתות גדולות והן מעדיפות לתת פתרון לתלמידים על פי מה שתכננו לשיעור. לטענתן, רק אם נשאר זמן לשיעור והן פנויות להסתכל בלוח המחוונים, הן נעזרות בו לשם קבלת החלטה בצורך בהתערבות בשיעור זה או בשיעור שלאחריו.

באירועי ההערכה שנחקרו במחקר זה זוהו שלושה סוגים של מסלולים לקבלת החלטות מבוססת נתונים באמצעות המערכת האדפטיבית: 1. מסלול ישיר בין כמה מאבני הדרך ורכיביהן; 2. מסלול ישיר בין כל אבני הדרך ורכיביהן; 3. מסלול איטרטיבי בין כל אבני הדרך ורכיביהן. להלן המאפיינים של שלושת המסלולים:

1. **מסלול ישיר בין כמה מאבני הדרך ורכיביהן:** במסלול זה הנתונים שהמורה מקבלת לאחר מבטעל בנתונים של המערכת האדפטיבית משמשים בעיקר לזיהוי ראשוני ולמיקוד הזיהוי של האירוע (הנושא הנלמד). קבלת ההחלטה נעשית בתכליתיות בנושאי הלימוד ופריסתם ונשענת בעיקר על הידע הפרקטי של המורה, ניסיונה המצטבר והיכרותה עם הישגי הכיתה, מה לימדה, עד כמה התקדמה לפי תוכנית הלימודים והכרתה בחשיבות הנושא מבחינה מתמטית. המורה מתבוננת בכמה מאבני הדרך ורכיביהן בלבד, ואינה מנצלת את מגוון הנתונים שהמערכת האדפטיבית עשויה לתמוך בהחלטתה. כלומר מבטעהל מאפשר למורה להסתמך על ניסיונה המצטבר ולוותר על שלב ה"למה" (בלי ניתוח ופרשנות). מתוך כך היא מקבלת תשובה בו בזמן לשאלות ה"מה–למה–איך" ומחליטה ישיר על ההתערבות ומטרותיה.

2. **מסלול ישיר בין כל אבני הדרך ורכיביהן:** במסלול זה המורה מנצלת את כל אבני הדרך ורכיביהן. המורה עוברת בשיטתיות בין כל אבני הדרך, מנקודת הפתיחה של המסלול: התבוננות בלוח המחוונים במערכת האדפטיבית במבטעל, ועד לתום המסלול: קבלת החלטה, תגובה והתערבות. לאורך המסלול ההתבוננות היא בו בזמן ברכיבים המוצגים בנתוני הלוח המחוונים (תלמידים–נושאים–פעילויות) לצורך מיקוד הזיהוי, ורק לאחר מכן ניתוח ופרשנות של הנתונים. שלב זה תורם לחיזוק התבוננות והמסקנות שהמורה מגבשת על רקע ניסיונה המקצועי, תוכנית הלימודים והיכרותה את תלמידיה, המנחות אותה להחליט החלטה המסתמכת גם על נתונים במערכת האדפטיבית.

3. **מסלול איטרטיבי בין כל אבני הדרך ורכיביהן:** במסלול זה המורה מנצלת את כל אבני הדרך ורכיביהן מתוך התבוננויות איטרטיביות ובו בזמן בנתונים של המערכת האדפטיבית, בתוך אבני הדרך (הרכיבים) וביניהן. כלומר המורה חוזרת לאבני דרך קודמות כדי לקבל עוד נתונים לצורך החלטה על ההתערבות והתגובה. נוסף על כך במסלול זה קבלת ההחלטה נעשית לצד קביעת התגובה, המטרות והאסטרטגיות המתוכננות להשגתן. במהלך המסלול המורה מנצלת היטב את הנתונים שמספקת לה המערכת האדפטיבית לא רק בקבלת ההחלטה אלא גם כדי לתת לעצמה משוב על הוראה קודמת (בשיעור זה או בקודמו) ולהעריך את האסטרטגיה שבחרה בה ויישמה אותה.

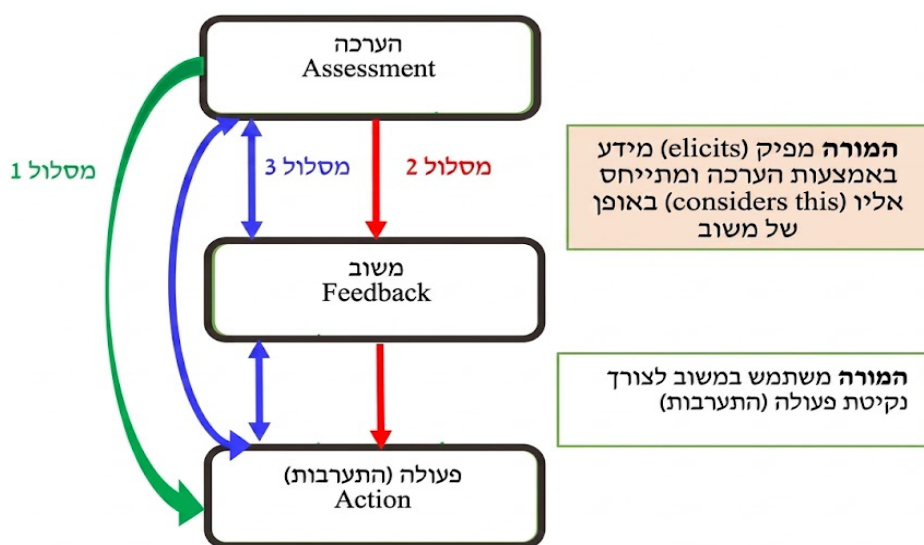
כזכור, המסלול לקבלת החלטות (אבן דרך 4) ותכנון תגובה והערכתה (אבן דרך 5) במערכת האדפטיבית מתחיל במבטעל בלוח המחוונים (אבן דרך 1), במיקוד הזיהוי של אירוע ההערכה (אבן דרך 2) ובהמשך באפיון וניתוח באמצעות פרשנות הנתונים והנמקת הבחירה בהתערבות בנושא תוכנית הלימודים במתמטיקה (אבן דרך 3). כלומר המסלולים לקבלת ההחלטות בסביבת המערכת האדפטיבית נותנים פתרון לצורך בהגברת האובייקטיביות הכרוכה בהערכת הישגים (Ayalon & Wilkie, 2021).

מהממצאים עלתה הבחנה עיקרית בין המסלולים הישירים ובין המסלול האיטרטיבי, הנובעת מדרך הניצול (utilization) של הנתונים שהמורים עשויים להפיק מההתבוננות במסכים של המערכת האדפטיבית (Heitink et al., 2016); במסלולים הישירים שבהם בכל אבן דרך נאספים נתונים אחרים שמכוונים לראות בקבלת

1. השימוש בלשון נקבה נבחר כיוון שבמחקר זה השתתפו מורות בלבד.

ההחלטה הערכה מעצבת, אופן הניצול של הנתונים הוא בסיסי (basic utilization) והנתיבים עוברים מאבן הדרך הראשונה ועד לאחרונה. לעומת זאת במסלול האיטרטיבי – אופן הניצול של הנתונים הוא מיטבי (optimal utilization), כיוון שהוא כולל לולאת משוב – נתיבי חזרה לאבני דרך קודמות ולרכיבים המגוונים שבתוך אבני הדרך (הלוח ושוב) כדי לחדד את ההחלטה המתקבלת על בסיס נתונים אחרים.

השוואת ממצאים אלו למודל התאורטי של קיפרס (Kippers et al., 2018) מראה שנוסף על המסלול המקורי "2". מסלול ישיר בין כל אבני הדרך ורכיביו" המתואר במודל זה, במחקר זה זוהו שני מסלולים אחרים: "1". מסלול ישיר בין כמה מאבני הדרך ורכיביו", "3". מסלול איטרטיבי בין כל אבני הדרך ורכיביו". איור 13 מציג מסלולים אלו על רקע מודל ההערכה המעצבת מבוססת הנתונים של קיפרס (Kippers et al., 2018).



מקרא:

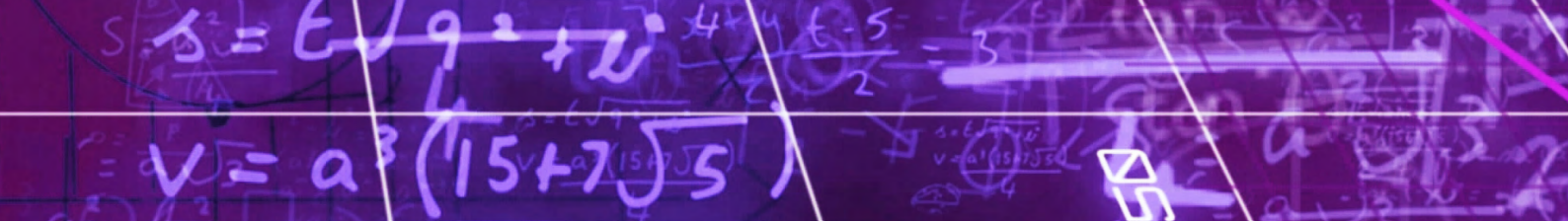
1. מסלול ישיר בין כמה מאבני הדרך ורכיביו
2. מסלול ישיר בין כל אבני הדרך ורכיביו
3. מסלול איטרטיבי בין כל אבני הדרך ורכיביו

איור 13: שלושה מסלולים לקבלת החלטות בסביבת הלמידה האדפטיבית – הערכה מעצבת מבוססת נתונים על בסיס המודל של קיפרס (Kippers et al., 2018)

מקומם של הידע והניסיון הקודם של המורים בתהליכים של קבלת החלטות

מעיון בשלושת המסלולים ונתיביהם עולה השאלה הזו: מה מקומו של ניסיונה של המורה, הידע שלה בהוראת מתמטיקה והיכרותה עם התלמידים בתהליך קבלת ההחלטות? מהראיונות עלה כי במסלול הראשון קבלת ההחלטה נעשית ישירות לאחר מבט על בלוח המחווים ומיקוד הזיהוי על פי ניסיון, היכרות עם תוכנית הלימודים והנלמד – מבלי לעבור שלב של ניתוח ופרשנות של הזיהוי באמצעות נתונים אחרים שהמערכת האדפטיבית מאפשרת לאסוף אותם. במסלול השני קבלת ההחלטה נעשית לאחר נתונים שהציגה המערכת האדפטיבית, ובאמצעות ניתוח הזיהוי ופרשנותו הם מחזקים את הידע הפרקטי של המורה הנשען על ניסיונה. במסלול השלישי המורה לא רק מתכננת התערבות לאחר החלטה באמצעות המערכת האדפטיבית, אלא גם נעזרת בנתונים שהמערכת האדפטיבית מאפשרת כדי להעריך מחדש את ניסיונה בהוראת הנושא ומאפייני התלמידות, וכן להעריך שוב את החלטותיה בשיעורים קודמים והנלמד בכיתה לאחריהם. מתוך כך במסלול קבלת החלטות זה סביבת המערכת האדפטיבית תורמת גם לקידומה המקצועי של המורה ולשיפור ההוראה שלה.

על פי הספרות אף על פי שישנם נתונים רבים, זמינים ומתאימים, לרוב המורים אין די ידע, כישורים ומיומנויות כדי לנצלם להערכה מעצבת של ניסיון והחלטות קודמים ולשפר על פיהם את ההוראה (לויזרד, 2013). המערכת האדפטיבית מספקת בזמן אמת נתונים מצטברים מדויקים ובאיכות גבוהה, ואפשר להפיק מהם מידע חשוב לשיפור ההוראה (Lai & Schildkamp, 2013). מחקרים הראו כי ככל שמורים אספו וניתחו יותר נתוני הערכה, כך הם ניצלו אותם לצורך קבלת החלטות בהוראה (Hebbecke et al., 2022). מכאן שסביבת הלמידה האדפטיבית במתמטיקה משמשת תשתית



יעילה לקידום המקצועי של מורים והכשרתם לניצול ולהפקה של נתונים ומידע הנחוצים לביסוס החלטותיהם בנושא הוראה, מטרותיה, הדרכים להשגתן ודרכי הערכתן (Cai et al., 2020; Ebbeler et al., 2016; Schildkamp et al., 2017). (Schoenfeld, 2011; Visscher, 2021; Mandinach & Schildkamp, 2021).

ממצא מעניין אחר שעלה בניתוח המסלולים לקבלת ההחלטות היה שתהליך קבלת ההחלטות על בסיס הנתונים שהמערכת האדפטיבית מציגה, מחזק לא רק את הידע הפרקטי של המורים, אלא לפעמים אף מאפשר למורים לקבל החלטות שאפשר להכלילן בהוראת נושאים מתמטיים אחרים, ואף להכלילן בתחומי דעת אחרים. במילים אחרות, אפשר ללמוד שניצול נתונים במערכת האדפטיבית לקבלת החלטות בהוראת המתמטיקה במסלולים המגוונים עשוי לחזק בקרב מורים את יכולותיהם ואת מיומנותיהם בניתוח של נתוני הישגים ולהשתמש בהם לצורך הערכה ועיצוב של ההוראה בתבונה (Barana & Marchisio, 2016). זאת בדומה לתהליך שבו ההערכה המעצבת המשולבת בתוכנית הלימודים מסייעת לפתח מיומנויות של פתרון בעיות מקוריות אצל הלומד (מיומנות שאפשר להעביר אותה למקצועות אחרים) (ביטון, 2011).

לסיכום, מחקר זה התנהל על רקע המגמה העולמית של עידוד להחליט החלטות ולתכנן את ההוראה על בסיס נתונים במתמטיקה (אלכסנדרון והרשקוביץ, 2018; 2017; Janssen et al., 2017; Cai et al., 2020). מתוך כך הוא מוסיף נדבך על ידע מחקרי בנושא הדרכים שבהן מורים למתמטיקה מחליטים לאחר נתוני הערכה שמערכת אדפטיבית (DBDM) מספקת אותם, ובנושא המסלולים המכוונים אותם להחליט אם להתערב או לא להתערב בלמידה, ברמת תלמיד, קבוצה או כיתה. במחקר זה נלמד כי בעת התכנון לפני השיעורים המורה נעזרת בנתונים שמציגה המערכת האדפטיבית כדי להחליט על דרך ההתערבות בשיעור. רוב המורות שמו דגש בעבודתן על סמך תוכנית הלימודים במתמטיקה, ניסיון הקודם, החומרים המגוונים שפיתחו בעבר והיכרותן עם התלמידים.

רשימת מקורות

אלכסנדרון, ג' והרשקוביץ, א' (2018). ביג דאטה בחינוך – פוטנציאל ואתגרים. **קריאת ביניים**, 31, 8–12.
ביטון, י' (2011). **הערכת עמיתים המשולבת בלמידת מתמטיקה בחינוך קדם יסודי** [עבודת דוקטור]. הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל, חיפה.

זוהר, ע' ובושריאן, ע' (עורכים). (2020). **התאמת תוכניות הלימודים וחומרי הלימוד למאה ה-21 – סיכום עבודתה של ועדת המומחים, תמונת מצב והמלצות**. יוזמה – מרכז לידע ולמחקר בחינוך, האקדמיה הלאומית הישראלית

למדעים. <http://education.academy.ac.il/Index4/Entry.aspx?nodeId=992&entryId=21219>

לויורד, ע' (2013). **האמנם מוכנים מורי העתיד לאתגר של הערכת לומדים?** [עבודת דוקטור]. אוניברסיטת תל אביב.

מטח – המרכז לטכנולוגיה חינוכית. (ח"ת). **שברים בדרך שלי: פריצת דרך טכנולוגית**. <https://lo.cet.ac.il/player/?document=25223c06-0105-4203-9c2e-413e44984024&language=he>

Attali, Y. (2015). Effects of multiple-try feedback and question type during mathematics problem solving on performance in similar problems. *Computers & Education*, 86, 260–267. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.08.011>

Ayalon, M., & Wilkie, K. J. (2021). Investigating peer-assessment strategies for mathematics pre-service teacher learning on formative assessment. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 24(4), 399–426. <https://doi.org/10.1007/s10857-020-09465-1>

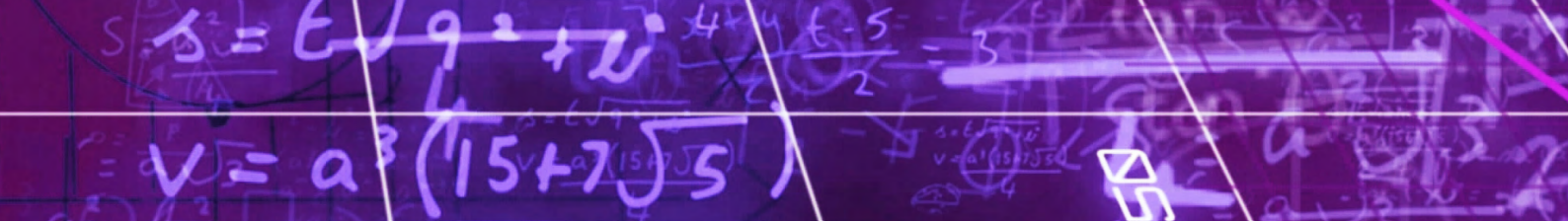
Barana, A., & Marchisio, M. (2016). Ten good reasons to adopt an automated formative assessment model for learning and teaching Mathematics and scientific disciplines. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 228, 608–613. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.07.093>

Brooks, C., Burton, R., Vander Kleij, F., Ablaza, C., Carroll, A., Hattie, J., & Neill, S. (2021). Teachers activating learners: the effects of a student-centred feedback approach on writing achievement. *Teaching and Teacher Education*, 105, Article 103387. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103387>

Cai, J., Morris, A., Hohensee, C., Hwang, S., Robison, V., Cirillo, M., Kramer, S. L., & Hiebert, J. (2020). Timely and useful data to improve classroom instruction. *Journal for Research in Mathematics Education*, 51(4), 387–398. <http://dx.doi.org/10.5951/jresmetheduc-2020-0056>



- Daniel, J. (2011). *Sampling essentials: Practical guidelines for making sampling choices*. Sage. <https://doi.org/10.4135/9781452272047>
- Diefes-Dux, H. A., Zawojewski, J. S., Hjalmanson, M. A., & Cardella, M. E. (2012). A framework for analyzing feedback in a formative assessment system for mathematical modeling problems. *Journal of Engineering Education*, 101(2), 375–406. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb00054.x>
- Ebbeler, J., Poortman, C. L., Schildkamp, K., & Pieters, J. M. (2016). Effects of a data use intervention on educators' use of knowledge and skills. *Studies in Educational Evaluation*, 48, 19–31. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2015.11.002>
- Hebbecke, K., Förster, N., Forthmann, B., & Souvignier, E. (2022). Data-based decision-making in schools: Examining the process and effects of teacher support. *Journal of Educational Psychology*, 114(7), 1695–1721. <https://doi.org/10.1037/edu0000530>
- Heitink, M. C., Van der Kleij, F. M., Veldkamp, B. P., Schildkamp, K., & Kippers, W. B. (2016). A systematic review of prerequisites for implementing assessment for learning in classroom practice. *Educational Research Review*, 17, 50–62. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.12.002>
- Hershkovitz, A., & Alexandron, G. (2020). Understanding the potential and challenges of Big Data in schools and education. *Tendencias Pedagógicas*, 35, 7–17. <https://doi.org/10.15366/tp2020.35.002>
- Janssen, M., Vander Voort, H., & Wahyudi, A. (2017). Factors influencing big data decision-making quality. *Journal of Business Research*, 70, 338–345. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.08.007>
- Kabudi, T., Pappas, I., & Olsen, D. H. (2021). AI-enabled Adaptive learning systems: A systematic mapping of the literature. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, Article 100017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100017>
- Kearns, D. M., Feinberg, N. J., & Anderson, L. J. (2021). Implementation of data-based decision-making: Linking research from the special series to practice. *Journal of Learning Disabilities*, 54(5), 365–372. <https://doi.org/10.1177/00222194211032403>
- Kippers, W. B., Schildkamp, K., & Poortman, C. L. (2016, April 10). *The use of formative assessment by teachers in secondary education in the Netherlands* [Paper presentation]. American Educational Research Association conference, Washington D. C., USA.
- Kippers, W. B., Wolterinck, C. H., Schildkamp, K., Poortman, C. L., & Visscher, A. J. (2018). Teachers' views on the use of assessment for learning and data-based decision making in classroom practice. *Teaching and Teacher Education*, 75, 199–213. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.06.015>
- Kyaruzi, F., Strijbos, J. W., Ufer, S., & Brown, G. T. (2018). Teacher AfL perceptions and feedback practices in mathematics education among secondary schools in Tanzania. *Studies in Educational Evaluation*, 59, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2018.01.004>
- Lai, M. K., & Schildkamp, K. (2013). Data-based decision making: An overview. In K. Schildkamp, M. Lai, & L. Earl (Eds.), *Data-based decision making in education: Challenges and opportunities* (pp. 9–21). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4816-3_2
- Mandinach, E. B., & Schildkamp, K. (2021). Misconceptions about data-based decision making in education: An exploration of the literature. *Studies in Educational Evaluation*, 69, Article 100842. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100842>
- Rakoczy, K., Pinger, P., Hochweber, J., Klieme, E., Schütze, B., & Besser, M. (2019). Formative assessment in mathematics: Mediated by feedback's perceived usefulness and students' self-efficacy. *Learning and Instruction*, 60, 154–165. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.01.004>
- Schildkamp, K., Poortman, C., Luyten, H., & Ebbeler, J. (2017). Factors promoting and hindering data-based decision making in schools. *School Effectiveness and School Improvement*, 28(2), 242–258. <https://doi.org/10.1080/09243453.2016.1256901>



- Schoenfeld, A. H. (2011). Toward professional development for teachers grounded in a theory of decision making. *ZDM*, 43(4), 457–469. <https://doi/10.1007/s11858-011-0307-8>
- Van Geel, M., Keuning, T., Visscher, A. J., & Fox, J. P. (2016). Assessing the effects of a school-wide data-based decision-making intervention on student achievement growth in primary schools. *American Educational Research Journal*, 53(2), 360–394. <https://doi.org/10.3102/0002831216637346>
- Visscher, A. J. (2021). On the value of data-based decision making in education: The evidence from six intervention studies. *Studies in Educational Evaluation*, 69, Article 100899. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100899>