

שילוב צ'טבוט בהדרכה פדגוגית בעת הכשרת מורים למתמטיקה לבית הספר העל-יסודי

סיגל כהן טולדנו ואורית ברוזה

תקציר

תכנון שיעורי מתמטיקה נחשב אתגר עיקרי בהכשרת מורים, בייחוד בהתמודדות עם הטרוגניות הלומדים, טיפוח חשיבה מסדר גבוה וקידום שיח מתמטי יעיל. למרות הפוטנציאל הגובר של צ'טבוטים מבוססי בינה מלאכותית בתכנון ההוראה, טרם נבחן לעומק השיח המתפתח בין מתכשרים להוראה ובין צ'טבוט ייעודי ובייחוד האופן ששיח זה משקף ממדים של התאמה דידקטית על פי הגישה האונטורסמיוטית.

מחקר עיצוב זה בוחן כיצד השיח של שישה סטודנטים להוראה עם צ'טבוט נחשב מרחב דיאלוגי לתכנון שיעורי מתמטיקה בבית ספר העל-יסודי. באמצעות הגישה האונטורסמיוטית נותחו שני תהליכי תכנון עם הצ'טבוט לכל משתתף. נבחנו שישה ממדים של התאמה דידקטית: אפיסטמי, קוגניטיבי, מדיאטורי, אינטראקציוני, רגשי ואקולוגי. הממצאים מלמדים על עיסוק עקיב בממדים אפיסטמיים וקוגניטיביים בשתי השיחות אצל כל המשתתפים. התפתחות של ממש נצפתה בתהליך התכנון השני על קשיי תלמידים, הבניית ידע משותפת, הרחבת מגוון הייצוגים וקידום עצמאות לומדים. מנגד שיח מתמטי והוראה דיפרנציאלית נשארו מוגבלים למרות הנחיות הצ'טבוט בנושא. ממצאים אלה מדגימים כי צ'טבוטים מבוססי בינה מלאכותית עשויים לשמש מרחב למידה מקצועי התומך בהעמקת ידע פדגוגי-דידקטי ובפיתוח תכנון רפלקטיבי. נוסף על כך הממצאים מלמדים על פוטנציאל שילוב הצ'טבוט עם הדרכה פדגוגית אנושית, כלומר יצירת מרחב דיאלוגי ביקורתי בין מדריכה פדגוגית לסטודנטים להוראה על התכנון המוצע המסתמך על הבינה המלאכותית, מתוך התמקדות בשיקולי הדעת של הסטודנטים בעת השימוש בצ'טבוט.

מילות מפתח: בינה מלאכותית בחינוך; הכשרת מורים למתמטיקה; תכנון שיעור; הגישה האונטורסמיוטית; צ'טבוט ייעודי.

מבוא

הכשרתם ופיתוחם המקצועי של מורים למתמטיקה מצויים בליבת השיח בחינוך המתמטי. שאלות עיקריות בתחום נוגעות לתכנים שיש לכלול בתוכניות ההכשרה ולדרכי ההוראה המיטביות להצגתם, באופן התומך בפיתוח ידע מקצועי מעמיק ויישומי כאחד (Novotná et al., 2021). תוכניות ההכשרה מכוונות להכין את הסטודנטים להוראה ברכישת ידע מקצועי הכולל ידע תוכן דיסציפלינרי, ידע פדגוגי כללי וידע תוכן פדגוגי (Shulman, 1986). כאן ידע תוכן פדגוגי מקבל ביטוי מובהק בתכנון שיעור, כגון הגדרת מטרות מתמטיות, בחירת משימות, ניתוח דרכי חשיבה של תלמידים ובניית רצף הוראה התומך בהבנה מושגית. לפיכך פיתוח יכולות תכנון מושכלות מחייב תרגול מונחה, רפלקציה מקצועית ומשוב שיטתי. בספרות ההתנסות הקלינית נחשבת הכרחית וחשובה בהכשרת מורים, בהיותה הזירה העיקרית שבה נפגשים הידע האקדמי והעשייה החינוכית בשדה (Burns et al., 2020). עם זה האחריות ללמידת הסטודנטים בתוך הקשר הקליני מוטלת במידה רבה על ההדרכה הפדגוגית, הנחשבת מנוף עיקרי לקידום ההתנסות ולהעמקת משמעותה.

שביט מילר ואחרות (2022) מדגישות כי מדריכים פדגוגיים נחשבים דמות המגשרת בין תאוריה לפרקטיקה ואחריות לקידום שיח מקצועי מעמיק את תכנון ההוראה. לשיטתן, ההדרכה הפדגוגית אינה נחשבת רכיב נלווה להתנסות הקלינית, אלא ציר עיקרי המארגן, מתווך ומעמיק את הלמידה המקצועית הנרכשת באמצעותה. גישה זו מתיישבת עם ממצאים מהספרות הבין-לאומית המציינים שהדרכה פדגוגית משמשת מנגנון עיקרי לתמיכה בלמידת סטודנטים להוראה באמצעות חיבור בין תאוריה לפרקטיקה, טיפוח רפלקציה ומתן משוב פדגוגי ממוקד (Burns et al., 2020).

על רקע מרכזיותה של ההדרכה הפדגוגית בהיותה מרחב המתווך בין ידע תאורטי לתכנון הוראה בפועל, מתחדדת השאלה כיצד אפשר לתמוך בהליך זה גם באמצעות כלים דיגיטליים. בעידן זה תכנון ההוראה מתנהל במרחב רווי משאבים, שבו שפע חומרי ההוראה הזמינים ברשת מרחיב יכולות אך גם מחייב בחירה ביקורתית ומותאמת לעניין פדגוגי ומתמטי. בהיעדר מסגרת תומכת, הבחירה עלולה להישען על שיקולים אינטואיטיביים ולא על שיקול דעת פדגוגי מתמטי מושכל.

בשנים האחרונות גוברת ההתעניינות בשילוב כלים מבוססי בינה מלאכותית בתכנון ההוראה. מחקרים מלמדים על תרומתם הניכרת לייעול תהליכים, לעידוד רפלקציה ולהרחבת מגוון הייצוגים והמשימות המוצעות (Backfisch et al., 2020).



משתמשים או באיכות תוצרים. הספרות הקיימת ממעטת לבחון בשיטתיות את טיב השיח המתפתח בין סטודנטים להוראה ובין צ'טבוט ייעודי ובייחוד את האופן ששיח זה משקף היבטים של ידע תוכן פדגוגי על רקע ניתוח דידקטי מובנה. מטרת המחקר היא למלא פער זה באמצעות בחינת שילובו של צ'טבוט דיאלוגי ייעודי (להלן: הבוט), שפותח בעת הדרכה פדגוגית במכללה להכשרת מורים על פי דרישות לתכנון השיעור. שלא כמו כלים כלליים, הבוט משמש מנגנון תומך שיח מקצועי כדי לעודד רפלקציה ולבסס תכנון הנשען על שיקולים פדגוגיים מתמטיים מפורשים. מטרת המחקר היא לבחון כיצד מתאפיין השיח בין סטודנטים להוראת מתמטיקה ובין הבוט במהלך תהליכי תכנון שיעור ולנתח את השיח מנקודת המבט של ממדי ההתאמה הדידקטית: אפיסטמי, קוגניטיבי, מדיאטורי, אינטראקציוני, רגשי ואקולוגי. לפי הגישה האונטו-סמיוטית (Onto-Semiotic Approach: OSA) המחקר משמש סבב ראשון במחקר עיצוב ומתמקד בניתוח שיח זה בשני תהליכי תכנון שיעור לכל משתתף. מתוך כך מטרת המחקר היא לבחון את הפוטנציאל ואת האתגרים של שילוב בוטים ייעודיים, לא רק בתפקיד כלים טכנולוגיים, אלא מנגנונים לעיצוב שיח מקצועי בהכשרת מורים למתמטיקה ולהבנת הפוטנציאל והאתגרים הכרוכים בשילובם בעת ההדרכה הפדגוגית.

סקירת ספרות

הדרכה פדגוגית

ההדרכה הפדגוגית מוגדרת בספרות פרופסיה מובחנת וייחודית בתוך עולם הכשרת המורים (שביט מילר ואחרות, 2022), היא מתוארת "מלאכת מחשבת" מרובת ממדים, הנשענת על גישה הוליסטית הכורכת יחדיו את הכשרת הסטודנט להוראה עם טיפוח זהותו המקצועית. תפקידה העיקרי במערך ההכשרה הוא לחבר בין שני עולמות עיקריים: העולם האקדמי והעולם הפרקטי. בעולם האקדמי יש הקניית ידע תאורטי, פסיכולוגי, סוציולוגי ודידקטי, ובעולם הפרקטי יש מפגש עם המציאות המורכבת של מערכת החינוך באמצעות ההתנסות המעשית בבתי הספר. מכלול זה ממקם את ההדרכה הפדגוגית בתפקיד חוליה מרכזית ומעצבת בתהליך הכשרת המורים בישראל.

ההדרכה הפדגוגית נחשבת רכיב הכרחי בתוך ההתנסות המעשית בהוראה, ויש לה תפקיד חשוב ביותר בהכשרת המורים (Burns et al., 2020). לצד תפקידה העיקרי של ההדרכה הפדגוגית בגישור בין הידע התאורטי הנרכש במקום האקדמי ובין ההתנסות הקלינית, אחד המוקדים העיקריים בתהליך ההכשרה המעשית הוא פיתוח יכולתם של הסטודנטים לתכנן הוראה וליישמה בפועל בכיתה. כאן המדריך הפדגוגי תומך בלמידת הסטודנטים כיצד ללמד באמצעות פרקטיקות מקצועיות, כגון עידוד חשיבה רפלקטיבית על ההוראה, מתן משוב ממוקד וחיזוק יכולת לתכנן תוכניות לימודים והוראה (Burns et al., 2020). פרקטיקות אלו עולות בקנה אחד עם ממד התמיכה ההוראתית (curricular and instructional support), שהגדרתו לפי ברנס ואחרים (Burns et al., 2020) היא מתן תמיכה הוראתית ממוקדת המסייעת לסטודנטים להוראה לפתח הבנה של תכנון הוראה מהותי ורלוונטי בנושא ההתנסות הקלינית.

כאן תכנון השיעור והוראתו בפועל משמשים רכיב עיקרי בתהליך הלמידה המקצועית של הסטודנטים להוראה, שכן באמצעותם מתאפשר תרגום של ידע דידקטי ותאורטי לפרקטיקה פדגוגית בכיתה. בנושא הכשרת מורים למתמטיקה, מחקרים מלמדים שתוכניות ההכשרה משלבות בין ידע תוכן מתמטי (subject matter knowledge) ובין ידע פדגוגי דידקטי (pedagogical content knowledge) לצד התנסות קלינית כדי לאפשר לסטודנטים ליישם את הידע שרכשו בעניינים הוראתיים ממשיים (Novotná et al., 2021). תהליך זה כרוך בהתמודדות עם מגוון אתגרים פדגוגיים ודידקטיים הבולטים בייחוד בהוראת המתמטיקה, שבה הסטודנטים נדרשים לשלב בין הבנה עמוקה של התוכן המתמטי ובין יכולת לתכנן הוראה המקדמת הבנה בקרב תלמידים. מכאן מתחדדת החשיבות של בחינת האתגרים העיקריים העומדים לפני סטודנטים להוראת מתמטיקה בתהליך תכנון שיעור ובהם התמודדות עם הטרוגניות כיתתית, טיפוח חשיבה מסדר גבוה וקידום שיח מתמטי.

אתגרים בתכנון שיעור במתמטיקה

תכנון שיעור במתמטיקה מציב לפני המורה אתגר מורכב של התמודדות עם הטרוגניות בכיתה הן ברמת ידע תוכן הן בסגנונות הלמידה והקצב של התלמידים. אחד האתגרים העיקריים הוא יישום הוראה מותאמת, המחייבת התאמה של התוכן, התהליך ותוצרי הלמידה למגוון רחב של לומדים. מחקרים מלמדים שמורים רואים בבידול פתרון חשוב לשונות, אך חווים קשיים כמו עומס זמן, מחסור במשאבים וכיתות גדולות, המקשים על תכנון של מסלולי הוראה מגוונים בתוך אותה כיתה (Pozas et al., 2020; Prast et al., 2018; Suprayogi et al., 2017).



בכיתות אלו מורים למתמטיקה מדווחים כי התאמת המשימות לרמת המוכנות, לעניין ולפרופיל הלמידה של תלמידים השונים זה מזה דורשת עבודת תכנון מרובה, מעקב שוטף והערכה מתמשכת, ולא תמיד אפשר לעשות אותה בתנאי יום-יום בבית הספר (Insorio, 2024; Woolcott et al., 2021). לדוגמה, תלמידים בעלי הישגים גבוהים עשויים להזדקק לבעיות פתוחות ומאתגרות שמעודדות חקירה והכללה, בעוד תלמידים המתקשים זקוקים לעיתים לדוגמאות מסוימות, ייצוגים חזותיים ותיווך צמוד. יצירת שיעור שמציע מסלולים מגוונים בו בזמן, כגון משימות בדרגות קושי מגוונות, קבוצות עבודה לא אחידות או התאמה של מטלות הבית, מחייבת מהמורה לתכנן מסלולי למידה מקבילים ולנהל אותם ביעילות (Prast et al., 2018).

עוד אתגר בתכנון שיעור במתמטיקה קשור לשילוב רמות חשיבה שונות זו מזו על פי הטקסונומיה של בלום (Larsen et al., 2022), המדגישה מעבר מרמות נמוכות של זכירה והבנה לרמות גבוהות של ניתוח, הערכה ויצירה. מחקרים מראים כי תוכניות לימודים ומשימות במתמטיקה נוטות להתמקד בעיקר ברמות של זכירה, הבנה ויישום, בעוד משימות המצריכות חשיבה מסדר גבוה, כגון פתרון בעיות פתוחות, נימוק, והכללה, מופיעות בתדירות נמוכה יחסית (Atta et al., 2024; Orhanian, 2024; Samsudi et al., 2024). לפיכך מורים נדרשים לתכנן שיעורים שמאזנים בין תרגול מיומנויות בסיסיות ובין טיפוח חשיבה גבוהה באמצעות התאמת רמת המורכבות ליכולת התלמידים ולדרישות ההערכה (Thompson, 2008). חוסר איזון עשוי להביא מצד אחד לידי שעמום וחוסר מעורבות אצל תלמידים מתקדמים ומצד אחר לידי תסכול והצפה אצל תלמידים המתקשים, בייחוד בכיתות הטרוגניות.

לבסוף גם שיח מתמטי בכיתה משמש אתגר עיקרי בתכנון שיעור. השאיפה היא לעבור מדפוס של שיח סגור, הנשען על שאלות קצרות ותשובות נכונות או לא נכונות, לשיח עשיר שבו תלמידים מתארים את דרכם, מצדיקים טענות, שואלים זה את זה שאלות ומגיבים על רעיונות של חבריהם. גישת שיח מחויב (accountable talk) מדגישה אחריות לקהילה הלומדת, לידע מדויק ולתקנים של נימוק ומראה שאפשר לשפר באמצעותה את איכות הדיון ואת עומק ההבנה המתמטית (Brandel et al., 2025; Xu & Mesiti, 2022). עם זה מורים מתקשים לעיתים לעודד תלמידים להסביר "למה זה נכון", לנסח טיעון מתמטי לכיד ולהשתתף בדיון פתוח, בייחוד כשיש פערים גדולים ביכולת הביטוי ובביטחון העצמי בין תלמידים (Esmonde & Langer-Osuna, 2013; Harbour & Denham, 2021).

אתגרים אלו מחייבים לתכנן במודע משימות המעודדות שיח, כמו בעיות פתוחות, מטלות חקר ושאלות המזמינות יותר מתשובה אחת, לצד יצירת מבנים ארגוניים התומכים בשיתוף למשל דיון בזוגות או בקבוצות לפני שיתוף במליאה, תפקידים מובנים בקבוצה וכללי שיח מוסכמים (Harbour & Denham, 2021; Staples, 2008). ממצאי מחקרים עולה כי כאשר מורים משלבים בידול, רמות חשיבה גבוהות ושיח מתמטי מתוכנן, אפשר ליצור שיעורי מתמטיקה המקדמים הן הישגים הן השתתפות ניכרת של כלל התלמידים, אך הדבר דורש פיתוח מקצועי מתמשך ותמיכה מערכתית (Insorio, 2024; Prast et al., 2018; Woolcott et al., 2021).

תכנון שיעור בעידן בוטים בחינוך

בשל ההתפתחויות הטכנולוגיות בשנים האחרונות חלה עלייה ניכרת בשימוש בכלים דיגיטליים, ובייחוד בבוטים אינטראקטיביים, לצורכי תכנון ויישום של מערכי שיעור. מחקרים בזירה החינוכית הכללית מראים שבוסים משולבים בתהליכי תכנון, שיח בין-עמיתי והעשרת ההוראה בקרב מורים ומדריכים פדגוגיים. בריינס וגלאגר (Breines & Gallagher, 2020) מדגישים את יכולתם של בוטים דיגיטליים להנגיש משאבים, להציף רעיונות ולבנות מאגרי משוב שיתופיים בתהליך תכנון השיעור, בייחוד בקבוצות לומדים ובסביבות הכשרה רב-תחומיות. מחקרים אלה גורסים כי השימוש בבוטים מאפשר למורים לתרגל תרגול אוטומטי, ללמוד למידה שיתופית, לנהל תהליכי חקר אישיים ולהנגיש כלים התומכים בתכנון בין-תחומי בלחיצת כפתור.

מגוון מחקרי ניתוח-על (מטא-אנליזה), דוגמת סקירת הספרות של פרס ואחרים (Pérez et al., 2020), מדגישים כי השיח על שימוש בצ'טבוטים חינוכיים מתרכז ביתרונות של תמיכה בהיבטים ניהוליים, משובים אוניברסליים ויצירת שיח דינמי על תכנוני שיעור, החל מגיל גן ועד השכלה גבוהה. סקירות אלה מתמקדות בקידום עצמאות בקרב לומדים ובשיפור תהליכי תיווך בין לומד למורה ומסיבות תשומת לב גם לסוגיות של אימוץ, עיצוב והערכת הצלחתם של הבוסים בהיותם חלק מן הפדגוגיה הבית ספרית. זאת ועוד, מהספרות עולה כי שימוש בצ'טבוטים מגביר את תחושת המסוגלות, מעודד רפלקציה מקצועית ומסייע בפיתוח מיומנויות דידקטיות ורפלקטיביות (Essel et al., 2022; Lee & Yeo, 2022).

שימוש בבוטים לתכנון שיעור במתמטיקה

בתחום הוראת המתמטיקה חלה עלייה במחקרים הבוחנים במפורש כיצד בוטים תורמים לתכנון שיעורים. קרושינסקאיה ואחרים (Krushinskaia et al., 2024), מציגים פיתוח של בוט ייעודי להוראת מתמטיקה המסייע למורים לזהות יעדים מתמטיים מדויקים, לנסח מטרות, לבנות תהליכי הערכה ולקבל משוב ממוקד לשיפור השיעור. העומק והמורכבות בשיח עם בוטים אלו מאפיינים את החידוש בהעצמת מתכנני השיעור במתמטיקה.

קוהיל ואחרים (Kuhail, 2023) מחלקים בין בוטים הפועלים במסלולי שיחה קשיחים ובין אלה המאפשרים שיח פתוח והסתעפויות רפלקטיביות בעניין בעיות מתמטיות. יתרונו של הפתרון הרפלקטיבי מובהק בייחוד בבנייה דינמית ויצירתית של מערך השיעור ובלמידה רב-שלבית ומותאמת לתהליך החשיבה של המורה.

ביקורת עמיתים וניתוח תוצרים של בוטים במתמטיקה מוצגים במחקרם של אגה ואחרים (Aga et al., 2024). במחקר נמצא שמורים מתנסים ראו בבוטים לא רק כלי ליעול התכנון, אלא בסיס לשיפור ביטחונם בבחירת פעילויות מתמטיות, העלאת רמת הביקורת על איכות התכנון, התמודדות עם מורכבות הפדגוגיה והפנמת תהליכי פיתוח מקצועי מעמיקים. כמה מתהליכים אלה נבחנו גם בקרב מורים לעתיד בגיל הרך (Seckel et al., 2023), שבחנו את תרומת הרובוט Bee-Bot לבניית רצפי הוראה מתמטיים, למשל פעילויות גאומטריות וחקר וכן עשיית רפלקציה מקצועית בשילוב של רובוטים בהוראה, תהליך שאפשר להתמקד גם בהיבטים דידקטיים ולא רק טכנולוגיים.

נוסף על כך ספרות עדכנית מלמדת על יתרון ייחודי לבוטים מתמטיים בטיפוח שאילת שאלות מעמיקות בקרב מתכשרים להוראה. הקשיים הרבים בניסוח משימות פתוחות, בזיהוי שגיאות צפויות בקרב לומדים ובבניית דגמי הסבר בעלי ערך מועדף נענים היטב באמצעות שיח אוטומטי בעת תכנון השיעור (Ding & Carlson, 2013; Sapkota & Hayes, 2024). במחקר של נסוטיון ויוליה (Nasution & Yulia, 2023), שבו השתמשו במודל הוראה מבוסס בעיות (telegram quiz bot), נמצא כי תרגול מתמטי מבוסס בעיות מגביר לא רק את המוטיבציה והמעורבות של לומדים, אלא גם את רמת החשיבה, העניין, הקצב והתפתחות השיח המתמטי. בוטים אלו מאפשרים לתרגל תרגול דינמי של תכנון שיעור, להתמודד עם טעויות אופייניות של תלמידים ולשפר את דפוסי השיח הדידקטי, בייחוד כשהבוטים מתוכננים להציג דילמות או טעויות הדורשות התמודדות פדגוגית (Lee & Yeo, 2022).

הגישה האונטו-סמיוטית (OSA) לניתוח תכנון שיעור במתמטיקה

הבדל מהותי בין מחקרי חינוך כלליים ובין מחקרי מתמטיקה, כפי שמתבטא בסקירה עד כה, הוא העומק והמורכבות של דרישות הבוטים. בעוד הזירה הכללית שמה דגש בשיפור שיתופיות, נגישות ומשוב אובייקטיבי במגוון תחומי דעת, ספרות מחקרית מתקדמת במתמטיקה מתמקדת בפיתוח מיומנויות דיסציפלינריות, כגון תרגום ידע מתמטי פורמלי ליישום דידקטי, מעבר מושכל בין ייצוגים (גרפי, סמלי, מילולי), הדגשת שיח פתוח ורפלקטיבי וכן טיפוח גמישות מחשבתית וחדשנות בהגדרת מושגים וקידודם.

ייתכן שהבדל זה נעוץ בגישה התאורטית העיקרית שנותנת כלים להבנת התהליכים בתחום המתמטיקה. הגישה האונטו-סמיוטית (OSA), כפי שפיתח אותה גודינו (Godino, 2023), עוסקת בניתוח רחב של פעילות מתמטית בממדים אונטולוגיים (אובייקטים, רעיונות), סמיוטיים (ייצוג, שפה, סימנים), פרקטיים (מתודות פעולה ולמידה), רפלקטיביים (התבוננות, דיון) וקשרים חברתיים. יישומה מאפשר לחשוף את מכלול המשמעויות והייצוגים המופעלים בתהליך פיתוח של תכנון שיעור במתמטיקה וכן לזהות את הדרכים שמורים לעתיד לומדים בהן, בונים ומבטאים את מושגיהם. מושג מפתח בגישה זו שאנו משתמשים בה לצורך ניתוח הנתונים, הוא התאמה דידקטית (didactic suitability), המציע להעריך את איכות תכנון ההוראה לפי שישה ממדים: אפיסטמי, קוגניטיבי, רגשי, אינטראקציוני, מדיאטורי ואקולוגי. ששת ממדי ההתאמה הדידקטית נוגעים להיבטים מגוונים של איכות ההוראה ומוגדרים כך: הממד האפיסטמי עוסק בדיוק ובמשמעות של הידע המתמטי המוצג, הממד הקוגניטיבי נוגע להתאמת ההוראה לרמת החשיבה של הלומדים, הממד הרגשי בוחן היבטים של מוטיבציה, עניין ומעורבות, הממד האינטראקציוני עוסק באיכות השיח והאינטראקציה בכיתה, הממד המדיאטורי נוגע לשימוש באמצעי המחשה חומריים וטכנולוגיים, ייצוגים וכלים המסייעים להבנה והממד האקולוגי בוחן את התאמת ההוראה לקשר הרחב, כגון תוכנית הלימודים, זמן, משאבים ומדיניות. ההתאמה הדידקטית מוגדרת כמידה שבה תהליך הוראה או חלק ממנו ניתן במאפיינים הנחשבים למיטביים כדי להשיג התאמה בין המשמעויות האישיות של התלמידים (הלמידה) ובין המשמעויות המוסדיות (ההוראה) מתוך התחשבות בנסיבות ובמשאבים הזמינים (הסביבה).

הגישה האונטו-סמיוטית (OSA) רואה בידע המתמטי לא אובייקט מוחלט אלא תוצר של פרקטיקות (Godino, 2023), לכן שיחות בין מורים או סטודנטים מתכשרים להוראה ובוט הן חלק מאותן פרקטיקות, בהן שימוש באובייקטים מתמטיים, דיון בייצוגים, מושגים ותהליכי פתרון, בחירה של דרכי הוראה, משימות ואינטראקציות כיתתיות. גישה זו משמשת



בסיס לניתוח מיקרו של פרקטיקות דידקטיות מכיוון שהן האובייקט העיקרי לניתוח, אפשר להתבונן באמצעותן בפעולות המורה או הסטודנט, פעולות הבוט והקשר הרחב שההוראה נידונה בו. ניתוח תוכן השיחות יכול לחשוף האם בשיח יש שיקולים אפיסטמיים (דיוק מושגי), האם יש עיסוק בהיבטים רגשיים של התלמידים, האם מתוארים ייצוגים וכלי הוראה מדיאטוריים (מתווכים ויזואליים או חומריים) ובחינת קשר חברתי או מוסדי. גישה זו מאפשרת ניתוח מיקרו של פרקטיקות, בהן פעילויות הסטודנטים, הבוט והקשרים של ההוראה. במחקר הזה ניתוח השיחה של סטודנטים עם הבוט חוקר היבטים אפיסטמיים, רגשיים, ייצוגיים וחברתיים ומאפשר לבחון כיצד אפשר להעניק משמעות לאובייקטים המתמטיים באמצעות השיח.

הגישה האונטורסמיוטית (OSA) מאפשרת לנתח ניתוח מעמיק של השיח בין סטודנטים להוראת מתמטיקה לצ'טבוטים מתוך התמקדות בממדים אונטולוגיים (אובייקטים, רעיונות), סמיוטיים (ייצוגים, שפה), פרקטיים (שיטות פעולה), רפלקטיביים (התבוננות, דיון) וקשרים חברתיים. מחקרים עדכניים (Chau et al., 2025; Kuhail et al., 2023; Lee & Yeo, 2022) מעידים כי השיח עם צ'טבוטים תורם לשיפור ושינוי בממדים הבאים:

- ממד התוכן: שיפור ביכולת להסביר מושגים מתמטיים, לזהות טעויות ולהתאים משימות לרמת התלמיד.
- ממד קוגניטיבי (תהליכי חשיבה): לעודד רפלקציה, לשאול שאלות מגוונות ולפתח חשיבה ביקורתית.
- ממד אינטראקציה: דיאלוג דינמי, משוב מיידי והתנסות באינטראקציה המדמה כיתה.
- ממד פדגוגי: לתרגל התאמה אישית של ההוראה לצרכים מגוונים של תלמידים.

עדויות אלה מדגישות כי השיח המתמטי עם הבוט מסייע למורים להעמיק בשיח סמנטי ייצוגי, להפיק רפלקציה דידקטית מתקדמת ולהעלות את איכות החשיבה המתמטית מלבד תרגול גנרי. לצד התרומה יש מגבלות, כמו חוסר גיוון בתגובות הצ'טבוט, קושי ליצור שיח פתוח ולעיתים חוסר התאמה למצבים כיתתיים מורכבים (Kuhail et al., 2023; Lee & Yeo, 2022).

בשל העובדה שהמחקר בתחום עדיין בראשיתו, יש צורך במחקרי עומק, איכות וכמות שיבחנו את הלמידה באמצעות שיח עם בוטים על תכנון שיעור, מתוך שימוש בכלים תאורטיים מתקדמים ובפרספקטיבה ארוכת טווח. מטרת המחקר היא למלא את הפער הקיים בספרות ולבחון את השיח בין סטודנטים להוראת המתמטיקה לבוט על תכנון שיעור במרוצת זמן, מתוך ניתוח שיח איכותני של השיח באמצעות ממדי ההתאמה הדידקטית לפי הגישה האונטורסמיוטית (OSA). נוסף על כך במחקר נבחנו איכות השיח הדידקטי, סוגי השאלות, רמות הרפלקציה והאינטראקציה בין סטודנטים לבוט בעניין של תכנון שיעור ומתוך כך ממלא חסך מחקרי בתחום (Kuhail et al., 2023; Lee & Yeo, 2022).

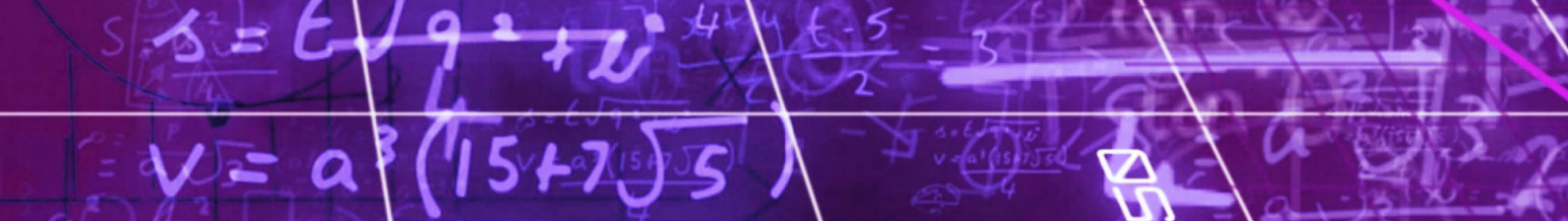
שאלות המחקר

1. כיצד מתבטא השיח בין סטודנטים להוראת מתמטיקה לבוט ייעודי בעת תכנון שיעור על פי ממדי ההתאמה הדידקטית בגישה האונטורסמיוטית (OSA)?
2. אילו ממדי התאמה דידקטית ניכרים בשיח הסטודנטים עם הבוט בכל אחת מהשיחות בשני תהליכי התכנון?
3. כיצד מתפתחים ממדי ההתאמה הדידקטית בגישה האונטורסמיוטית (OSA) בשיח הסטודנטים להוראת מתמטיקה עם הבוט בין התכנון הראשון לתכנון השני וכיצד הם מתבטאים בכל אחת מנקודות זמן?

מתודולוגיה

גישת המחקר, הקשר ומטרות

המחקר הזה משמש סבב ראשון של מחקר עיצוב (design-based research) (Philippakos et al., 2021). מחקר עיצוב הוא מתודולוגיה שיטתית וחזרתית המתמקדת בעיצוב, יישום, ניתוח ושכלול של התערבויות חינוכיות בסביבות אמיתיות. גישה זו נבחרה כדי לגשר בין תאוריה לפרקטיקה ולפתח פתרונות מעשיים מבוססי ראיות לאתגרים שסטודנטים להוראה מתמודדים עימם בעת אינטראקציה עם צ'טבוט (Collins et al., 2016). מטרתו של הסבב הראשון היא ללמוד על עיצוב האינטראקציה עם הבוט ולהעמיק בהבנת היכולת הטמונה בו, לצורך שיפורו והתאמתו לכלי שישולב בהדרכה הפדגוגית בסבבי המחקר העתידיים. מטרת המחקר היא לבחון את השיח המתפתח בין סטודנטים להוראת מתמטיקה לבוט ייעודי בתהליך תכנון שיעור, ולנתח שיח זה באמצעות ממדי ההתאמה הדידקטית על פי הגישה האונטורסמיוטית (OSA). המחקר נשען על מתודולוגיה איכותנית-פרשנית (Creswell & Poth, 2016) המשתמשת בגישה האונטורסמיוטית לניתוח האינטראקציות בין סטודנטים לבוט.



הסטודנטים המתכשרים להוראת המתמטיקה מתנסים בפועל בחינוך ובהוראה של המתמטיקה בעת ההתנסות המעשית. הם נחשפים לתוכנית הלימודים במתמטיקה ומטרותיה, לחומרי הוראה, למידה והערכה מגוונים ונדרשים לתכנן וללמד שיעורים העומדים בתקנים המקובלים ומותאמים לכיתה שהם מתנסים בה. תכנון ההוראה צריך להישען על עקרונות של תוכנית הלימודים המדגישים פיתוח הבנה מושגית, מיומנויות חשיבה מתמטיות ושילוב בין תחומי התוכן המגוונים בהוראה.

תכנון השיעור נעשה בליווי מקצועי אישי של המדריכה הפדגוגית, מתוך הקפדה על למידת התוכן לשיעור ברמת ידע מורה, קביעת מטרות לשיעור ותכנון שיעור רציף וברור שיש בו מידה רבה של למידה פעילה. אחרי כל שיעור הסטודנטים משתתפים בדיונים רפלקטיביים, ונדרשים לכתוב רפלקציה המסתמכת על תיעוד ומשובים של עמיתים לשם שיפור ההוראה שלהם. דרכי ההוראה של הסטודנטים נשענים על הנלמד בשיעור חקר ההתנסות, המלווה את ההתנסות המעשית בבית הספר ומתנהל בזיקה ישירה אליה.

כדי לפתור את האתגרים הניצבים לפני הסטודנטים להוראה ולקדם את מיומנויותיהם בפיתוח תכנוני שיעור, הוקם בוט ייעודי מבוסס מודל GPT. את הבוט הקימה בעת ההדרכה הפדגוגית הכותבת הראשונה של מאמר זה, כדי להתמודד עם האתגרים שתוארו בסקירת הספרות וכדי לענות על הצורך של הסטודנטים להוראה לקבל תמיכה מיידית, אישית וגמישה בדומה לליווי של מדריכה פדגוגית. בעוד לכלים קיימים יש יתרונות מסוימים, רובם גנריים מדי, הם אינם מותאמים לתכנון של הוראת מתמטיקה ואינם מספקים משוב דיאלוגי פדגוגי בזמן אמת.

פיתוח ואפיון של הבוט נשען על תבניות של תכנון שיעור, מודלים של שיח מחייב, הנחיות לשאלות מקדמות למידה והתמקדות בשגיאות נפוצות בתהליך הלמידה. הכלי מדמה סביבה דיאלוגית שבה המשתמש מקבל תיווך פדגוגי ותוכן מותאם לרמת הכיתה, מתוך עידוד לחשיבה על קשיים צפויים, דרכי שיח והזדמנויות ללמידה מעמיקה.

אוכלוסיית המחקר

המחקר נעשה בקרב שישה סטודנטים להוראת מתמטיקה המתנסים בבית הספר העל-יסודי ובעת ההתנסות הם מתכננים שיעורים ויחידות הוראה בליווי הבוט. כולם הסכימו להשתמש בהתכתבויות עם הבוט לצד שמירה על עילום שמות המשתתפים (מספר אישור ועדת אתיקה מוסדית 95-040925).

כלי המחקר

הבוט הייעודי ומאפייניו

מטרת הבוט לתת פתרון לסטודנטים בשתי רמות תמיכה עיקריות:

רמה ראשונה: תמיכה מבנית בתכנון השיעור

ברמה זו הבוט מציע למשתמש עיון ברכיבים של תכנון השיעור על פי התבנית המקובלת בתוכניות ההכשרה תוך בחינת היבטים טכניים ותהליכיים:

- זיהוי פרטי השיעור: כיתה, רמת הלמידה, מספר תלמידים וקשר פדגוגי.
- ניסוח מטרת על ומטרות ביצועיות, זיהוי ידע קודם, מושגים ומיומנויות נדרשות.
- פירוק השיעור לרכיבים אלה: פתיחה, מהלך השיעור (בהם הקניה, התנסות ותרגול) וסיכום.
- תכנון הקצאת זמן לכל חלק, בחירת משימות ושילוב פעילויות דיפרנציאליות.

כל אלה מגובשים יחד למבנה שיעור שלם, המספק למשתמש תחושת ביטחון ורקע ברור ליצירת תכנון הוראה איכותי והבוט מספק פיגומים התומכים בתהליך זה.

רמה שנייה: תמיכה פדגוגית דידקטית עמוקה וחשיבה מקצועית

מלבד התמיכה המבנית, הבוט מכון את המשתמש לחשיבה רפלקטיבית על מהות ההוראה בדרכים אלה:

- זיהוי שגיאות אופייניות בנושאים מתמטיים וניסוח שאלות מקדמות על פי עקרונות של הוראה מבוססת שגיאות (error-based learning).
- עידוד תכנון של פתיחה עשירה ומעוררת עניין, מתוך כוונה להפעיל את התלמידים ולהציב בעיה מקורית בנקודת מוצא.
- הצעת דרכי שיח כיתתי מחייב (accountable talk): שילוב של שאלות פתוחות, בקשות להבהרה, הוספה, ערעור או חיבור לתשובות של אחרים.



- הכוונה ליצירת אינטראקציות מגוונות עם תלמידים: ראיית שונות בכיתה, דרכים לעידוד השתתפות ומתן מקום לחשיבה עצמאית.
- שילוב טכנולוגיות דיגיטליות כדי לתמוך בהמחשה, לשתף ולשפר את הנגישות ללמידה.
- תמיכה בבחירת משוב איכותי ולא הערכה שיפוטית, כמו נכון, לא נכון וצודקת, אלא משוב המקדם את הלומדים לחשיבה נוספת.

הבוט משמש אמצעי תומך ומסייע בבניית תכנוני שיעור החל מהגדרת מטרות ויעדים למדידת למידה וכלה בנייתו, תכנון וקבלת משוב לשיפור והתאמה בעת תהליך. במובן זה הקמת הבוט בידי ההדרכה הפדגוגית אינו רק כלי ארגוני, אלא מערכת התומכת בקבלת החלטות הוראתיות ומגשרת על הפער בין הבנה תאורטית של עקרונות הוראה ובין היכולת ליישם אותם בתכנון ממשי.

לפיכך אפשר לראות בפיתוח הבוט פתרון פדגוגי לאתגרים העיקריים המתוארים בספרות בתחום הוראת המתמטיקה. מחקרים מלמדים שהוראה מכוונת לשונות בכיתה, טיפוח חשיבה מסדר גבוה וקידום שיח מתמטי מתוכנן תורמים ללמידה משמעותית ולהשתתפות רחבה של תלמידים, אך יישומם בפועל מחייב תמיכה מקצועית מתמשכת (Insorio, 2024; Prast et al., 2018; Woolcott et al., 2021). על פי אתגרים אלו אפיינו את הבוט הייעודי במכוון באמצעות הנחיות פדגוגיות ומאמרים שהוטמעו בו מראש כדי לתת לסטודנטים תמיכה מובנית בתהליך תכנון השיעור. הבוט נועד להגיב על דרישות הסטודנטים ולהנחות אותם לתכנון מותאם לצורכי הלומדים, לעודד פיתוח משימות ברמות חשיבה שונות ולקדם שיח פדגוגי מתמטי ורפלקטיבי. במובן זה האינטראקציה עם הבוט מבקשת לגשר בין הדרישות התאורטיות של הוראה איכותית ובין המורכבות הכרוכה ביישומן בפועל בעת תכנון שיעור.

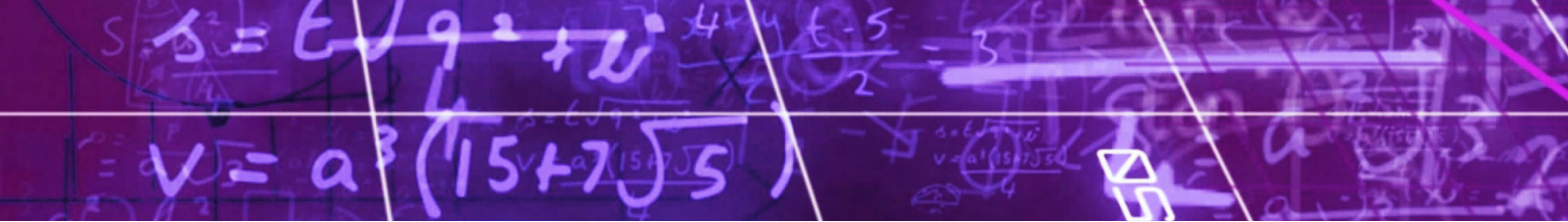
ניתוח הנתונים

כלי המחקר העיקרי הוא 12 תמלולים של שיחות עם הבוט הייעודי על 12 אירועי תכנון שיעור (שתי שיחות לכל אחד מששת הסטודנטים, במוצע 3,815 מילים לכל שיחה). תמלול השיח של כל אחת מהשיחות חולק לאירועים, כשכל אירוע נפתח בדילמה חדשה ולכן שימש יחידת ניתוח. בכל שיחה היו כשישה אירועים במוצע לשיחה. האירועים נותחו בשיטתיות לפי ממדי ההתאמה הדידקטית. בתוך כל ממד נעשה קידוד משני של תמות המתאימות לשלב תכנון השיעור על פי גודינו ואחרים (Godino et al., 2019). בניתוח נבחנו התכנונים הראשונים והאחרונים כדי לבחון התפתחות במרוצת הזמן. לאחר מכן הושוו הממדים המגוונים באמצעות תוכן התמות ועושרן. המאפיינים של ההתפתחות בכל תמה נקבעו לפי עושר וריבוי של המופעים, כפי שמקובל במחקר איכותני (Bouncken et al., 2026).

ניתוח הנתונים נעשה לפי השלבים האלה:

1. חלוקה לאירועים: יחידות ניתוח (תצורות דידיקטיות), כאשר כל יחידה חדשה החלה ברעיון חדש או בדרישה חדשה שהעלה הסטודנט להוראה.
2. מיפוי אונטו־סמינטי: זיהוי ואפיון של ממדי ההתאמה הדידקטית בכל אירוע וקידוד תמטי הנשען על הספרות (Godino, 2023; Godino et al., 2019).
3. ספירת הופעות של תמות ברמה האישית: בחינת שכיחות אצל כל סטודנט לצד בחינה איכותנית של העומק שלהן.
4. הערכת מרכזיות התמות ברמה הקבוצתית: קביעה באיזו תדירות כל תמה חוזרת אצל רוב המשתתפים, באילו הקשרים ומה מעמדן של תמות אחרות לעומתה.
5. השוואה ברמת הממד והתמה: בדיקה האם הממד והתמה הופיעו בעקיבות אצל המשתתפים או שההופעה הייתה חד-פעמית או שולית. ממד או תמה נחשבו עקיבים כאשר הופיעו אצל יותר ממחצית המשתתפים.
6. זיהוי הדומה והשונה בין שתי נקודות הזמן בשתי השיחות (שיחה ראשונה ושיחה שנייה): תהליך הקידוד הביא לידי יצירת מטריצה שהראתה אם כל ממד ותמה הופיעו בבירור (■) או לא הופיעו (□). מיפוי זה סייע להבין את ההתפתחות שקרתה אם בכלל בין שתי נקודות הזמן.

מאחר שהחקורת הראשונה הייתה מעורבת בפיתוח הצ'טבוט, אנו מכירות בקיומה של הטיה הנובעת מן התפקיד הכפול. כדי לצמצם סיכון זה, החוקרת השנייה שימשה עמית ביקורתי (peer debriefing) ובחנה את שלבי הקידוד והפרשנות, והדיון בממצאים נעשה מתוך תיעוד שיטתי של תהליך הניתוח וחתימה להסכמה בין החוקרות (Guba & Lincoln, 1994). כשהייתה מחלוקת בקידוד התנהל דיון פתוח ומשא ומתן. בתהליך זה החוקרות דנות בכל קידוד



שנוי במחלוקת, בוחנות את הנימוקים ומגיעות לידי הסכמה משותפת. בפועל נעשו דיונים משותפים עד להגעה להסכמה, כאשר אחוז ההסכמה הראשוני עמד על 75% והמחלוקות (15%) נפתרו בדיון בין החוקרות ועל סמך הספרות. טבלה 1 מציגה את תהליך הקידוד בכל ממד בכל אחת מהשיחות אצל כל משתתף. בטבלה נמצאים שם המדד, שאלות מנחות שנבחנו במהלך הניתוח לצורך אפיון כל ממד, תיאור מפורט של התמות שצמחו מתוך הנתונים ומעוגנים בספרות המחקר וכן ציטוטים שמדגימים כל תמה. הממדים והתמות נגזרו מתוך הגישה האונטורסמיוטית (OSA) שיישמו אותה גודינו ואחרים (Godino et al., 2019). הציטוטים מייצגים קטעים אמיתיים מתוך השיחות של הסטודנטים עם הבוט מתוך שמירה על הניסוח המקורי כדי להדגים דפוסי שיח טבעיים.

טבלה 1: פירוט של ממדי ההתאמה הדידקטית על פי תמות

ממד	שאלות שנבחנו (מה? ואיך?)	תמות	הדגמת הממד והתמות בציטוטים נבחרים
אפיסטמי	מהות: מהם האובייקטים המתמטיים הנידונים בשיח? ניתוח: האם הסטודנטית מזהה, מגדירה, מדייקת או שואלת על אובייקטים מתמטיים עיקריים? האם עוסקת במבנים, יחסים או קטגוריות מתמטיות?	עיסוק במשמעות רלוונטיות של התוכן	"המשמעות של שאלה מילולית היא לתרגם מצב מהחיים למתמטיקה." "המצבים לקוחים מחיי היום-יום של התלמידים..."
קוגניטיבי	מהות: לאילו פרקטיקות מתמטיות השיח שייך? (פתרון בעיות, חישוב, הסבר, נימוק, הכללה, הצדקה, דוגמה נגדית) ניתוח: מה הפעולה המתמטית שהסטודנטית מנסה? האם יש תיעוד של ניסוי, חקירה, השוואה או צידוק?	קשיים צפויים רמות חשיבה שונות הוראה מותאמת	"בלבול בין חלוקה באחוז לבין הכפלה באחוז..." "האם יש יותר מדרך אחת לפתור את הבעיה?" "נבקש מהתלמידים להציג דרכים שונות לפתרון." "התמקדות בצורות שונות לפי מה שמתאים ל[רמת] התלמידים."
מדיאטורי	מהות: אילו ייצוגים וסימנים מופיעים? (סמלים, שפה מילולית, גרפים, ציורים, טבלאות) האם אותו רעיון מתמטי זוכה לביטוי או פירוש בכמה דרכים? האם יש העברה בין ייצוגים? ניתוח: כיצד הסטודנט מתרגם מושג בין ייצוגים למיניהם? האם יש מעבר בין שפה טבעית לסמלית? האם מתעכבים על פירוש סימנים או מונחים? האם השיח מדגים ריבוי משמעויות לאותו מושג או פירוק של מושג מורכב לחלקיו?	תיווך ויזואלי תיווך מוחשי	"אני רוצה להשתמש בטבלת ערכים שבה מראים אחוז וערך" "אולי לתת דוגמה עם כסף?"
אינטראקציוני	מהות: עד כמה יש מודעות, שיח רפלקטיבי או ביקורתי על פירושים, דרמשמעות, קונפליקט מושגי, דיוק טרמינולוגיה? ניתוח: האם יש התלבטות משותפת על משמעות מושג / שימוש נכון בסימן / דיון בהגדרה?	שיח מתמטי בניית ידע משותף	"שאלות מיקוד להמשך: 'איך נוכל לבדוק את זה?' 'האם זה נכון לומר שיותר 'סביר' לקבל אדום?' 'איך אפשר לנסח זאת במדויק?'" "כל קבוצה עובדת על סוג אחר, משלימה טבלה בכיתה."
אקולוגי	מהות: באיזה עניין מתנהל השיח? האם המשמעות המדוברת היא מוסדית (הגדרה בית ספרית / אקדמית) או פרטית (פירוש אישי, דימוי, ניסיון)? ניתוח: האם הסטודנטית מזכירה תקנים פדגוגיים, תוכניות לימוד, מוסכמות כיתתיות או מציעים פרשנות לפי ניסיון אישי של תלמידים?	התאמה לשכבת גיל הקשר תרבותי	"שיעור חזרה בכיתה ח', רמה ג'." "מבחן אמיתי של תלמיד מהכיתה."
רגשי	מהות: האם יש ביטויים כמו תחושת סקרנות? ניתוח: האם הסטודנטית מדגישה פיתוח סקרנות, עידוד לעצמאות, עידוד ותחושת מסוגלות?	עידוד לעצמאות פיתוח מעורבות	"בצעו 20 ניסויים, תעדו תוצאות" "האם תוכלו לנחש מה יקרה?"

הערה: הממדים והתמות נגזרו ממסגרת הגישה האונטורסמיוטית (Godino et al., 2019). הציטוטים מייצגים קטעים אמיתיים מתוך השיחות של הסטודנטים עם הבוט.

ממצאים

פרק זה מחולק לארבעה סעיפים. בסעיף הראשון מוצגת טבלה השוואתית שמשווה בין השיחה הראשונה לשנייה של כל סטודנט על פי כל הממדים והתמות. בטבלה מופיעים שמות בדויים שניתנו למשתתפים. בהמשך הממצאים מחולקים לשלוש קטגוריות מגוונות, וכל קטגוריה מופיעה בסעיף אחר. בכל סעיף נמצאות הדגמות של כל אחת מהתמות בכל אחד מהממדים באמצעות ציטוטים מתוך שיחות של הסטודנטים עם הבוט.

1. השוואה בין שיעור ראשון לשני בכל הממדים

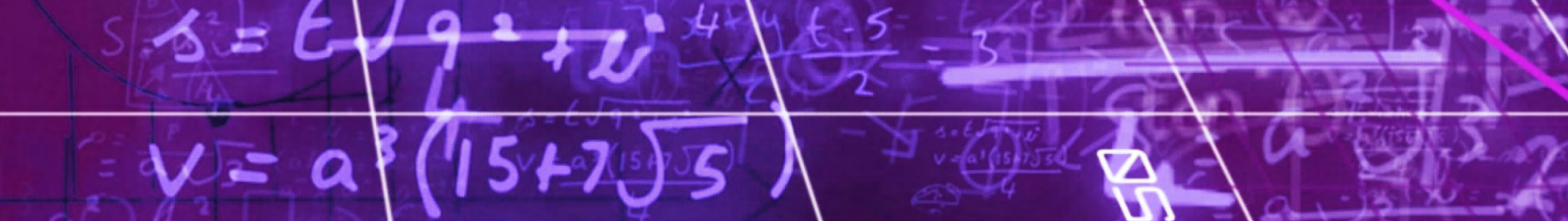
טבלה 2: מיפוי ויזואלי של הופעת הממדים והתמות אצל הסטודנטים בשתי השיחות

משתתף		אבי		גנית		הדר		מירב		דינה		דנה	
שיחה		2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
ממד – קטגוריה													
אפיסטמי – עיסוק במשמעות													
אפיסטמי – רלוונטיות התוכן													
קוגניטיבי – קשיים צפויים													
קוגניטיבי – רמות חשיבה שונות													
קוגניטיבי – הוראה מותאמת													
אינטראקציוני – שיח מתמטי													
אינטראקציוני – בניית ידע משותף													
מדיאטורי – ויזואלי													
מדיאטורי – תיווך מוחשי													
רגשי – עידוד לעצמאות													
רגשי – פיתוח מעורבות													
אקולוגי – התאמה לשכבת גיל													
אקולוגי – הקשר תרבותי													

הערה: ☒ = התמה הופיעה בבירור בשיח תכנון השיעור של המשתתפים; ☐ = התמה לא הופיעה. הניתוח מסתמך על שתי שיחות תכנון לכל משתתף (N=6). הממדים נגזרו מהגישה האונטורסמיוטית (Godino et al., 2019).

ניתוח הופעת הממדים והתמות בשיחות תכנון השיעור מלמד על דפוסים ברורים בשיח הפדגוגי של הסטודנטים להוראה. בטבלה 2 אפשר לזהות את הממדים הדומיננטיים בשיחות וכן להשוות בין שתי שיחות התכנון. מן הנתונים עולה כי הממדים האפיסטמיים והקוגניטיביים הופיעו בתדירות הגבוהה ביותר בקרב מרבית המשתתפים, בעיקר בקשר של משמעות התוכן המתמטי לרלוונטיות הנושא הנלמד ולזיהוי קשיים צפויים של תלמידים. לעומת זאת הממדים האינטראקציוניים והרגשיים הופיעו בתדירות נמוכה יותר ועקיבה פחות בקרב המשתתפים. עם זה בשיחת התכנון השנייה ניכרת התרחבות מסוימת בבחינת ממדים אלו, הכוללת עיסוק בשיח מתמטי בכיתה, בבניית ידע משותף ובעידוד מעורבות תלמידים. נוסף על כך הופיעו אזכורים של הממד המדיאטורי, בעיקר בנושא שימוש בייצוגים חזותיים המשמש אמצעי לתיווך מושגים מתמטיים. ממצאים אלו מראים שהשיח על תכנון השיעור של הסטודנטים מתמקד בעיקר בהיבטים אפיסטמיים וקוגניטיביים של התוכן, מתוך התפתחות הדרגתית בבחינת ממדים אחרים של הוראה.

כדי לבחון האם חלה התפתחות, נותח המידע בניתוח דו-ממדי (אורכי ורוחבי בין ממדים ותמות). מן הניתוח עלה כי שלוש קטגוריות של ממדים ותמות הופיעו אצל רוב המשתתפים (למעלה ממחציתם):



1. **תמות שהיו יציבות והופיעו בשתי השיחות:** משמעות ורלוונטיות (ממד אפיסטמי), קשיים צפויים (ממד קוגניטיבי), רמות חשיבה שונות (ממד קוגניטיבי), ויזואלי (ממד מדיאטורי), פיתוח מעורבות (ממד רגשי), התאמה לשכבת גיל והקשר תרבותי (ממד אקולוגי).
2. **תמות שלא הופיעו בשיחה הראשונה והופיעו בשיחה השנייה:** בניית ידע משותף (ממד אינטראקציוני), עידוד לעצמאות (ממד רגשי), הקשר תרבותי (ממד אקולוגי).
3. **תמות שלא הייתה עקיבות בהן או שלא הייתה בהן עדות כלל:** הוראה מותאמת (ממד קוגניטיבי), שיח מתמטי (ממד אינטראקציוני), תיווך מוחשי (ממד מדיאטורי).
הסעיפים להלן יפרטו וידגימו את שלוש הקטגוריות המגוונות.

2. תמות שהיו יציבות והופיעו בשתי השיחות

1. ממד אפיסטמי

משמעות

בטבלה 2 אנו רואים כי תמה זו הופיעה אצל כל המשתתפים בשתי השיחות. מטבלה 3 עולה כי ציטוטים בשיחות מסוימות (למשל דינה והדר) מציגים מטרות ביצועיות מפורטות יותר בניסוח תכנון השיעור השני, דבר העשוי להעיד על התפתחות.

טבלה 3: דוגמאות לציטוטים בעבור התמה "משמעות" מתוך השיחות עם הבוט

משתתף	אבי	גנית	הדר	מירב	דינה	דנה
שיחה						
1	"התלמידים יבינו את משמעות האחוזים."	"הנושא שבחרתי להתחיל איתו את השיעור ברור ומענין מספיק."	"להבין ויזהו את התכונות של משולש שווה שוקיים"	"המשמעות של שאלה מילולית היא לתרגם מצב מהחיים למתמטיקה."	"להבין את התכונות של משולש שווה שוקיים."	"המשמעות של משוואת מעגל היא לקשר בין מיקום לנוסחה."
2	"מושג ההסתברות, ניסוי מקרי, מרחב תוצאות."	"נגיע יחד לכל ההגדרות של חישובים בעזרת הפונקציות הטריגונומטריות."	"קישור בין פתרונות אלגבריים לגיאומטריים. פיתוח הבנה עמוקה של מושג השוויון."	"דמיון בגאומטריה = שימור צורה, שינוי גודל. הזוויות נשמרות הצלעות גדלות או קטנות באותו יחס."	"השיעור עוסק בשימוש בנתונים כמותיים לצורך תיאור קבוצת נתונים, זיהוי מגמות וניתוח מידע..."	"לבנות שיעור מסכם בחקירה דרך השוואה בין שלושה סוגים של פונקציות..."

רלוונטיות

אפשר לראות בטבלה 2 כי תמה זו הופיעה אצל רוב המשתתפים בשתי השיחות (חמישה מתוך שישה בשיחה הראשונה, ושישה מתוך שישה בשיחה השנייה). טבלה 4 מדגימה את הקשרים שיצרו המשתתפים בין התוכן המתמטי לחוויות היום-יום של התלמידים.

טבלה 4: דוגמאות לציטוטים בעבור התמה "רלוונטיות" מתוך השיחות עם הבוט

משתתף	אבי	גנית	הדר	מירב	דינה	דנה
שיחה						
1	"להשתמש באחוזים בחיי היום-יום..."	"המחשה מצוינת באמצעות הדוגמה של המצילים והילד שנסחף לים."	"אפשר לצרף תמונה של פירמידה אמיתית, מבנה מוכר מהעולם האמיתי."	"אולי לתת דוגמה עם כסף?"	"הצגת תמונה של גשרים, פירמידות..."	לא הופיע
2	"האם הסתברות עוזרת לנו לקבל החלטות ביום-יום?"	"משימות מציאותיות – שווה לחשוב איך לשלב בעיה מחיי היום-יום בשיעור חזרה."	"בדקתי עם הפלאגריט וקראתי קצת בגוגל איך לעשות את השיעור הזה מעניין..."	"האם אלו משולשים זחים? אם לא – אז מה הם כן?"	"שאלה מחברת בין החיים האישיים של התלמידים לסטטיסטיקה."	"למה אתם חושבים שפונקצייה אחת עולה מהר יותר מהשנייה?"

2. ממד קוגניטיבי

קשיים צפויים

מטבלה 2 עולה כי תמה זו הופיעה אצל שלושה משתתפים בלבד בשתי השיחות. בטבלה 5 מופיעים הקשיים המתמטיים הצפויים של התלמידים, כפי שזיהו אותם המשתתפים.

טבלה 5: דוגמאות לציטוטים בעבור התמה "קשיים צפויים" מתוך השיחות עם הבוט

משתתף	אבי	גנית	דינה
שיחה			
1	"איזה קשיים יכולים להתעורר אצל התלמידים?" "בלבול בין חלוקה באחוז לבין הכפלה באחוז..."	"תוכלי לעזור לי לחשוב על שאלות שהתלמידים יעלו על דברים שהם יתקשו."	"האם כדאי להראות לתלמידים גם טעויות נפוצות בשרטוט משולש שווה שוקיים, למשל בלבול בין גובה לתיכון או חוצה זווית?"
2	"קושי להבין את ההבדל בין הסתברות תאורטית לניסויית."	"קושי 1: תלמידים לא מזהים מתי אפשר להשתמש במשפט הסינוסים..."	"טעויות נפוצות בחישובים סטטיסטיים..."

רמות חשיבה שונות

על פי טבלה 2 תמה זו הופיעה אצל חמישה מתוך שישה משתתפים בשתי השיחות שלהם על תכנון השיעור. טבלה 6 משקפת את תשומת הלב של המשתתפים למגוון דרישות קוגניטיביות בעת תכנון השיעור.

טבלה 6: דוגמאות לציטוטים בעבור התמה "רמות חשיבה שונות" מתוך השיחות עם הבוט

משתתף	אבי	גנית	הדר	מירב	דינה
שיחה					
1	"האם יש יותר מדרך אחת לפתור את הבעיה? נבקש מהתלמידים להציג דרכים שונות לפתרון."	"אשמח להצעות לשאלות שהתלמידים יוכלו לשאול אחד את השני כדי לבדוק את ההבנה, ואיך לעודד אותם לחשוב על יותר מדרך אחת."	"בתחילת השיעור אני אציג שלושה משולשים – באחד [אבקש] להציג גובה, בשני תיכון, ובשלישי חוצה זווית."	"חשבתי לפתוח את השיעור בשאלה ולתת לתלמידים להתמודד לבד."	"בתחילת השיעור אני אציג 3 משולשים ואבקש מהתלמידים לזהות מה מאפיין כל אחד, ולהסביר."
2	"שאלות המשך לתלמידים חזקים: אם נסיף עוד 5 כדורים כחולים, איך זה ישפיע..."	"שאלות לקידום: איזה מידע נתון? האם זה מספיק לנו כדי לפתור את השאלה..."	"לתלמידים שלא כל כך מבינים ואין להם הרגלי למידה..."	"שאלות הכוונה: מה יקרה אם נגדיל את כל הצלעות פי 2?"	"שלוש מטרות אופרטיביות ברמות חשיבה שונות."

3. ממד מדיאטורי

ויזואלי

על פי טבלה 2 תמה זו הופיעה אצל חמישה מתוך שישה משתתפים. טבלה 7 מדגימה את השימוש של המשתתפים בייצוגים חזותיים בשתי השיחות על תכנון הוראת המתמטיקה.

טבלה 7: דוגמאות לציטוטים בעבור התמה "ויזואלי" מתוך השיחות עם הבוט

משתתף	אבי	גנית	הדר	דינה	דנה
שיחה					
1	"אני רוצה להשתמש בטבלת ערכים שבה מראים אחוז וערך."	"ניתן להוסיף איור של המשולש."	"אפשר לצרף תמונה של פירמידה אמיתית."	"להראות דגם של גשר."	"אפשר לבקש מהתלמידים לצייר בעצמם את המעגל."
2	"מצגת קצרה שמציגה ניסוי הסתברותי נוסף (זריקת קובייה)."	"שימוש בכלים טכנולוגיים (GeoGebra)"	"צילום מתוך מבחן פתור, הצגת גרפים..."	"טבלת שכיחויות, תרשים עמודות, תרשים עוגה..."	"טבלה על הלוח, שלושה גרפים..."

4. ממד רגשי

פיתוח מעורבות

על פי טבלה 2 תמה זו הופיעה אצל חמישה מתוך שישה משתתפים. טבלה 8 מדגימה את האסטרטגיות של המשתתפים לעורר ולפתח מעורבות של התלמידים.

טבלה 8: דוגמאות לציטוטים בעבור התמה "פיתוח מעורבות" מתוך השיחות עם הבוט

משתתף	גנית	הדר	מירב	דינה	דנה
שיחה					
1	"הדוגמה של המצילים והילד שנסחף לים מעורר עניין ומסייע בהבנה."	"איך לעורר עניין בתחילת השיעור?"	"האם יש שאלות מסקרנות שאפשר לשאול בסוף?"	"איך ליצור פתיחה שתעורר עניין?"	"להתחיל את השיעור עם חידה."
2	"פתיחה מגייסת בבעיה או מקרה מעניין."	"לשאול: למה חשוב ללמוד מתוך טעויות?"	"סיטואציית פתיחה באמצעות דילמה: האם אלו משולשים זהים?"	"שאלה על החיים האישיים של התלמידים."	"במקום שאלה קונבנציונלית, כמו במשחק – הפתעה גרפית."

5. ממד אקולוגי

התאמה לשכבת גיל

תמה זו הופיעה בשתי השיחות של כל המשתתפים שהציגו עצמם מורים לשכבות גיל מסוימות והזכירו מאפייני אוכלוסייה כגון "הקבצה ב'". 3 יחידות לימוד וכדומה.

3. תמות שלא הופיעו בשיחה הראשונה והופיעו בשיחה השנייה

1. ממד אינטראקציוני

בניית ידע משותף

על פי טבלה 2 תמה זו הופיעה רק בשיחה השנייה אצל שלושה מתוך שישה משתתפים. אצל משתתף אחד תמה זו לא הופיעה כלל ואצל שתי משתתפות התמה הופיעה בשתי השיחות. טבלה 9 מציגה את הופעתן של גישות לבניית ידע שיתופי בשיחה השנייה על תכנון השיעור השני.

טבלה 9: דוגמאות לציטוטים בעבור התמה "בניית ידע משותף" מתוך השיחות עם הבוט

משתתף	אבי	דינה	דנה
שיחה			
1	לא הופיע	לא הופיע	לא הופיע
2	"נבנה טבלת שכיחות יחד בכיתה."	"לבנות שאלה עם התלמידים: כמה אחים יש לכל אחד..."	"חקירה עצמאית, שיתוף בכיתה..."

2. ממד רגשי

עידוד לעצמאות

על פי טבלה 2 תמה זו הופיעה אצל שלושה מתוך שישה משתתפים רק בשיחה השנייה. משתתף אחד לא השתמש בו כלל. טבלה 10 משקפת כיצד המשתתפים בשיחה על תכנון השיעור השני קידמו את העצמאות של התלמידים.

טבלה 10: דוגמאות לציטוטים בעבור התמה "עידוד לעצמאות" מתוך השיחות עם הבוט

משתתף	אבי	גנית	הדר
שיחה			
1	לא הופיע	לא הופיע	לא הופיע
2	"בצעו באופן עצמאי כ-20 ניסויים עם מטבע או קובייה ותעדו תוצאות."	"כל תלמיד ימציא בעצמו תרגיל קטן..."	"תלמידים יפתרו לבד, לאחר מכן נדון בתשובות..."

3. ממד אקולוגי

הקשר תרבותי

על פי טבלה 2 תמה זו הופיעה אצל שלושה מתוך שישה משתתפים רק בשיחה 2. טבלה 11 מדגימה את השילוב של דוגמאות אמיתיות ורלוונטיות שנתנו המשתתפים בשיחה שהתנהלה בנושא תכנון השיעור השני.

טבלה 11: דוגמאות לציטוטים בעבור התמה "הקשר תרבותי" מתוך השיחות עם הבוט

משתתף	אבי	הדר	דנה
שיחה			
1	לא הופיע	לא הופיע	לא הופיע
2	"ניסוי בבית עם מטבע או קובייה."	"מבחן אמיתי של תלמיד מהכיתה."	"אביא גרפים שמדמים מצבים מהחיים (כמו מהירות, אוכלוסייה) כדי לקשר למציאות."

4. תמות שלא הייתה עקיבות בהן או שלא הייתה בהן עדות כלל

1. ממד קוגניטיבי

הוראה מותאמת

תמה זו לא הופיעה כלל בשתי השיחות אצל ארבעה משתתפים. היא הופיעה אצל שני משתתפים בשיחה השנייה בלבד.

2. ממד אינטראקציוני

שיח מתמטי

תמה זו הופיעה אצל שני משתתפים בלבד בשיחה הראשונה בעניין תכנון השיעור הראשון. הבוט הציע הנחיות מגוונות לקידום השיח המתמטי, כגון "האם תרצה שאציע שאלות לקידום שיח מתמטי?" המשתתפים דחו את הצעותיו והשיבו "לא עכשיו" או "אחר כך".

3. ממד מדיאטורי

תיווך מוחשי

תמה זו לא הופיעה אצל שלושה משתתפים אף באחת מהשיחות. אצל שני משתתפים התמה הופיעה בחוסר עקיבות, היא הופיעה בשיחה הראשונה אך לא בשיחה השנייה.

דיון

מאפייני השיח בין סטודנטים להוראת מתמטיקה לצ'טבוט ייעודי לפי ממדי ההתאמה הדידקטית

מטרת המחקר הייתה לבחון כיצד מתאפיין השיח בין סטודנטים להוראת מתמטיקה לבוט ייעודי בשתי שיחות בנושא תהליכי תכנון שיעור על פי ממדי ההתאמה הדידקטית בבסיס הגישה האונטורסמיוטית (OSA) וכיצד ממדים אלה ניכרים ומתפתחים במרוצת הזמן. ממצאי המחקר מראים כי האינטראקציה של הסטודנטים עם הבוט אינה משמשת כתמיכה טכנית בלבד ליצירת מערכי שיעור, אלא משמשת בעבורם כמרחב דיאלוגי התומך בניסוח, בבחינה ובהעמקה של שיקולים דידקטיים.

ברמה הכללית השיח שהתפתח בשני תהליכי התכנון משקף נוכחות בולטת של ממדים אפיסטמיים וקוגניטיביים, המתבטאים בהגדרת מטרות מתמטיות, בבחירת ייצוגים ובבחינת רמות חשיבה שונות של תלמידים. לצד זאת ממדים אינטראקציוניים, רגשיים ומדיאטוריים (בתמה תיווך מוחשי) הופיעו במידה חלקית מאוד ולעיתים רק בשיחות בתהליך התכנון השני. ממצאים אלה עולה כי בעוד הסטודנטים מפעילים יחסית בטבעיות שיקולים הקשורים לתוכן ולמבנה המשימה, שיקולים הנוגעים לארגון האינטראקציה הכיתתית, לאוטונומיה של התלמידים או לפיתוח עניין ומעורבות הלומדים בכיתה, הם דורשים מודעות פדגוגית מפורשת יותר.

ניתוח הופעת הממדים בכל אחת מהשיחות מעלה כי כמה מהממדים הופיעו ביציבות כבר בשיחה הראשונה, בעוד אחרים נוספו או הועמקו בשיחה השנייה. דפוס זה עשוי להעיד על תהליך של למידה מתהווה בתוך האינטראקציה עצמה, שבו הבוט משמש לא רק ספק הצעות, אלא כלי המעורר רפלקציה ומרחיב את מנעד השיקולים הדידקטיים שהסטודנטים מביאים בחשבון. תהליך זה מכונן לפיתוח תכנון מורכב יותר ועשיר בשיקול דעת.

מבחינה אורכית ההתפתחות בין השיחה הראשונה לשנייה התבטאה לעיתים בהעמקת הביטוי של ממדים קיימים ולא רק בהופעת ממדים חדשים. למשל, מעבר מניסוח כללי של מטרות לניסוח ביצועי ומדויק יותר, או מיחס כללי כלפי הקושי של תלמידים לזהות טעויות צפויות מסוימות. מתוך כך עולה כי ההתפתחות אינה רק כמותית (נוכחות או היעדר), אלא גם איכותנית ומתבטאת ברמת המורכבות והמודעות הדידקטית.

מכלול ממצאים אלה מלמד כי השיח עם הבוט עשוי לשמש מרחב מתווך בין הידע הפדגוגי הקיים של הסטודנטים ובין התפתחותם המקצועית המתגבשת. מרחב זה מאפשר לסטודנטים לנסח, לבחון ולעבד שיקולים דידקטיים בתהליך התכנון עצמו. מתוך פרשנות זו מתרחב השיח על תרומתם של צ'טבוטים חינוכיים להכשרת מורים למתמטיקה ולתכנון שיעורי מתמטיקה, כפי שעולה גם ממחקרים עדכניים בנושא (Aga et al., 2024; Sawyer, 2024; Wollny et al., 2021). לצד זאת הממצא שממדים מסוימים הופיעו במידה חלקית או נשארו מצומצמים מלמד כי השימוש בבוט לבדו אינו מבטיח איזון מלא בין כלל ממדי ההתאמה הדידקטית וכי בעת ההכשרה נדרש גם תיווך פדגוגי אנושי, מדויק ומותאם.

הופעתם והתפתחותם של ממדי ההתאמה הדידקטית בשיח של הסטודנטים עם הבוט

מהממצאים עולה כי הסטודנטים להוראה עסקו בעקיבות בתמות של "משמעות" ו"רלוונטיות" בשתי השיחות (ממד אפיסטמי), מתוך הצגת ניסוח מדויק יותר של מושגים מתמטיים ותיאורים עשירים יותר של קשרים ומבנים מתמטיים בשיחה השנייה. הופעתן העקבית של תמות אלו ולעיתים בגרסאות מפורטות ומועשרות יותר, מעידה כי השיח עם הבוט תומך בתרגום ידע מתמטי מופשט לידע הוראתי ממוקד תלמיד, המעוגן במטרות ביצועיות בהירות יותר. במונחים של הגישה האונטורסמיוטית (OSA) מדובר בהתרחבות הממד האפיסטמי ובהעמקת המשמעויות המוסדיות והאישיות של אובייקטים מתמטיים באמצעות עיבוד שיטתי של מושגים, הגדרות וקשרים מתמטיים שהוא בלתי נפרד מתכנון השיעור. במובן זה הבוט מתפקד כמו "שותף לחשיבה" המסייע לסטודנטים לדייק אובייקטים ורעיונות מתמטיים עיקריים לצד האתגר לנסח מטרות הנשענות על הבנה ולא רק על תרגול חישובי (Godino, 2023).



הסטודנטים עברו מתכנון המתמקד בעיקר במטרות כלליות ובפעילויות בסיסיות לתכנון שיש בו בחינה מעמיקה יותר של שאלות הבוחנות דרכי פתרון מגוונות, הבחנה בין רמות קושי וזיהוי מפורש של טעויות שכיחות של תלמידים. הדבר מתבטא בהתרחבות ניכרת של התמות "רמות חשיבה שונות" ו"קשיים צפויים" (ממד קוגניטיבי) בין שתי השיחות. תנועה זו מעידה על התקדמות לעבר חשיבה "מובנית" יותר על תהליכי החשיבה של הלומדים, יכולות ההצדקה וההשוואה שלהם והצורך בהיערכות מוקדמת להתמודדות עם מוקדי קושי מתמטיים צפויים. ממצאים אלה עולים בקנה אחד עם מחקרים המדגישים את היכולת של צ'טבוטים לשמש בסיס לפיתוח מיומנויות פרשנות של חשיבת תלמידים, לזהות שגיאות ולהכשיר לפתרון פדגוגי מותאם. שימוש זה מחזק את היכולת לנתח אירועים כיתתיים באמצעות עדשה מתמטית-קוגניטיבית. במונחים של הגישה האונטו-סמיוטית (OSA) שינויים אלו מבטאים העמקה של הממד הקוגניטיבי מעשי ושל עיבוד פרקטיקה מתאימה, לא רק "מה לעשות" אלא "כיצד לחשוב" במהלך ההוראה (Aga, 2024; Bastian et al., 2025).

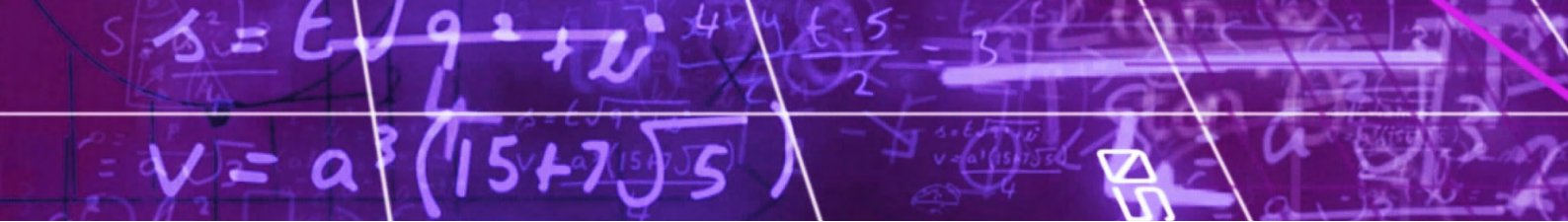
גם ברמת הממד המדיאטורי, בתמה "ויזואלי" נצפתה עקיבות אצל מרבית הסטודנטים בשתי השיחות, בעת מעבר מאזכורים כלליים של ייצוגים בשיחה הראשונה למשל תמונה או טבלה, לשימוש מגוון יותר בשיחה השנייה למשל גרפים, טבלאות וכלים דיגיטליים. אפשר לראות בזה עדות שההתנסות עם הבוט אפשרה לסטודנטים להרחיב את מגוון הייצוגים שהם מגייסים לצורך תכנון שיעור ועזרה להם לנסות במודע מעבר בין ייצוגים מסוימים (מילוליים, סימבוליים, גרפיים). בגישה האונטו-סמיוטית (OSA) מדובר בהעשרה של הממד הסמיוטי תיווכי, המדגיש ריבוי של ייצוגים ומעברים ביניהם לשם העמקת ההבנה המתמטית. מחקר בתחום צ'טבוטים חינוכיים מדגיש אף הוא את יכולתן של מערכות דיאלוגיות להציע ייצוגים ואמצעי ויזואליזציה מגוונים ומתוך כך לתמוך בלמידה המותאמת להעדפות ולפרקטיקות הוראה (Okonkwo & Ade-Ibijola, 2021; Pérez et al., 2020; Wollny et al., 2021).

הבוט סייע לחלק מהסטודנטים להמשיג את השיעור: לא רק רצף של פעילויות, אלא תהליך קולקטיבי של בניית ידע שבו הלומדים יוצרים נתונים, מנסחים שאלות ומסיקים מסקנות. עדות לכך היא התנועה בין השיחה הראשונה לשיחה השנייה בהופעת תמת בניית ידע משותף בממד האינטראקציוני. תמה זו הופיעה אצל מעט סטודנטים (2) בשיחה הראשונה ועלתה אצל רוב מהמשתתפים (5) בשיחה השנייה בדרך של פעילויות, כגון בניית טבלאות שכיחות עם תלמידים, ניסוח משותף של שאלות כיתתיות ודיון בתוצרי הכיתה. ממצא זה משתלב עם מחקרים המדגישים את תרומתם של צ'טבוטים ליצירת סביבות למידה המדמות אינטראקציה כיתתית, בהן שיח על טעויות והעלאת רעיונות מגוונים, גם כשהדיאלוג עצמו מתנהל עם סוכן דיגיטלי ולא עם לומדים בפועל (Bastian et al., 2025; Wollny et al., 2021).

מבחינה רגשית, התמה פיתוח מעורבות הופיעה אצל מרבית המשתתפים בשתי השיחות. בשיחה השנייה נוספו הצעות רבות יותר לפתיחות שיעור הנשענות על דילמות, חידות או חיבורים לעולמם של התלמידים. בד בבד התמה עידוד לעצמאות הופיעה אצל יותר משתתפים רק בשיחה השנייה, בדוגמת הצעות למשימות חקר עצמאיות, ניסויים אישיים ותיעוד תוצאות. מגמות אלו מלמדות שהשיח עם הבוט חיזק את מודעות המשתתפים לעורר עניין ולהעניק ללומדים שלהם אחריות לתהליכי הלמידה. ממצאים אלה עולים בקנה אחד עם מחקרים המתעדים את תרומת הצ'טבוטים להפחתת חרדה, להגברת מוטיבציה ולחיזוק תחושת המסוגלות והעצמאות של לומדים בהשוואה למערכות למידה מסורתיות (Okonkwo & Ade-Ibijola, 2021; Pérez et al., 2020).

תמונה מורכבת יותר עולה בתמות שהציגו שינוי חלקי או לא עקיב ובפרט הוראה מותאמת בממד הקוגניטיבי ושיח מתמטי בממד האינטראקציוני. הממצא שהוראה מותאמת הופיעה רק אצל מיעוט מהסטודנטים ורק בשיחה השנייה וכן שתמת השיח המתמטי כמעט שלא זכתה לביטוי מפורש בשיח על אף שהבוט הציע שאלות המקדמות שיח בכיתה, עשוי להעיד כי הסטודנטים אינם רואים בבוט כתובת עיקרית לפיתוח היבטים אלה.

אפשר לפרש זאת בשתי דרכים משלימות: מצד אחד זה עשוי ללמד על קשיים עמוקים יותר בתכנון הוראה מותאמת ושיח כיתתי עשיר, לדוגמה קשיים המתועדים בספרות על הכשרת מורים למתמטיקה, המדגישה עומס עבודה, מחסור בזמן וניהול מורכב של כיתות הטרוגניות. מצד אחר ייתכן שסטודנטים חשים ביטחון יחסי בהיבטים של הוראה מותאמת ושיח מתמטי, ולכן פונים לבוט בעיקר כדי לקבל תמיכה אפיסטמית וקוגניטיבית, להם יותר זקוקים לשם דיוק תוכן, זיהוי טעויות וצפיית קשיים ופחות לקבל הכוונה בהיבטים פדגוגיים תקשורתיים (Okonkwo & Ade-Ibijola, 2021). מעניין להשוות ממצא זה למחקרים המראים כי מורים וסטודנטים להוראה משתמשים בכלי בינה מלאכותית ליצירת תכנוני שיעור "חדשניים", אך לעיתים נוטים להסתמך לרוב על הכלי ולוותר על ביקורתיות פדגוגית, בייחוד בכל הנוגע להתאמה לגיל, לשפה ולהבדלים בין לומדים. מחקרים מסוימים אף זיהו נטיות של סטודנטים להוראה להרשים באמצעות עושר התוכן הדיגיטלי המופק בכלי



בינה מלאכותית, אך הם עושים התאמות זעירות בלבד, בעיקר ברמת העיצוב ולא ברמת החשיבה הדידקטית העמוקה. כאן היעדר שימוש עקיב בהוראה מותאמת ובשיח מתמטי בעת השיח עם הבוט עשוי לשקף לא רק מגבלות של הכלי עצמו, אלא גם צורך להעמיק את ההכשרה הפדגוגית בעניין שימוש ביקורתי בבינה מלאכותית, הנחשבת הן מקור תוכן והן שותפה לתכנון שיח כיתתי דיפרנציאלי (Aga et al., 2024; Sawyer, 2024).

בוט ייעודי המשמש סביבה תומכת לתיווך פדגוגי בתכנון שיעור בגישה האונטור-סמיוטית (OSA)

יישום הגישה האונטור-סמיוטית (OSA) לניתוח השיח של סטודנטים להוראה עם בוט ייעודי, מאפשר לראות באינטראקציה זו דרך חדשה של "תצורה דידיקטית", שבה תפקידים פדגוגיים מסורתיים של מדריך פדגוגי מועברים בחלקם לסוכן דיגיטלי. ניתוח הממצאים לפי ממדי ההתאמה הדידקטית (אפיסטמי, קוגניטיבי, מדיאטורי, אינטראקציוני, רגשי ואקולוגי) מראה כי גם בסביבה זו מתנהלת בנייה הדרגתית של פרקטיקות הוראיות: שימוש באובייקטים מתמטיים, בחירת ייצוגים, תכנון משימות, התמקדות בקשיים צפויים, עיצוב שיח כיתתי והקצאת מרחב לממדים רגשיים ואקולוגיים בכיתה. במונחים של הגישה האונטור-סמיוטית (OSA) השיח עם הבוט יוצר רצפים של תצורות דידיקטיות, שבהן הסטודנט נע בין משמעותיות אישיות למוסדיות בניסיון להפוך ידע תאורטי לפרקטיקות הוראה ממשיות (Godino, 2023).

כאן הבוט אפשר לסטודנטים להוראה להתנסות בתכנון שיעור, בניסוח מטרות, בזיהוי טעויות אופייניות ולבנות תרחישים כיתתיים בסביבה בטוחה וגמישה, בלי חשש מהתנסות מיידי בכיתה. מחקרים הבוחנים צ'טבוטים המדמים לומדים או מצבים כיתתיים, מראים שאינטראקציות מסוג זה מעודדות מורים וסטודנטים להוראה לפתח מיומנויות של זיהוי (noticing), פרשנות והתאמת תגובה. מיומנויות אלה הן רכיבים עיקריים בידע הוראה מסתגל (אדפטיבי). ממצאי המחקר הזה מרחיבים שיח זה, שכן שהם מראים כי גם אינטראקציה עם בוט שאינו מדמה לומדים אלא משמש יועץ פדגוגי מתמטי המתווך שיקולים דידיקטיים במהלך תכנון השיעור, יכולה לתמוך בהבניית התאמה דידיקטית רחבה הנוגעת למגוון ממדי השיעור (Bastian et al., 2025; Wollny et al., 2021). המחקר הזה נוסף על המחקרים בספרות הקיימת והוא מציע לראות בבוט לא רק כלי סימולציה או תמיכה מבנית, אלא סביבה המאפשרת תיווך של ידע תוכן פדגוגי באמצעות שיח דיאלוגי מתמשך.

מסקנות, השפעות על הכשרת מורים ומגבלות

ממצאי המחקר מלמדים כי שימוש בבוט לתכנון שיעורי מתמטיקה עשוי לתרום להתפתחותם המקצועית של סטודנטים להוראה במישורים משולבים אלה: העמקה אפיסטמית של הידע המתמטי, פיתוח רגישות לקשיים קוגניטיביים ולרמות חשיבה שונות, הרחבת השימוש בייצוגים מדיאטורים, חיזוק המודעות לממד הרגשי ולמעורבות התלמידים בתהליך הלמידה והגברת ההבנה של תכנון שיעור שיש בו תהליך של בניית ידע משותפת ולא רק רצף של פעילויות בכיתה. השיח עם הבוט מאפשר לסטודנטים להתנסות בתכנון שיעור בסביבה בטוחה, גמישה ועשוי לשמש מרחב סימולציה מוקדם, המאפשר לגשר בין ידע תאורטי לתרגול תכנוני טרם ההתנסות בשדה. ממצאים אלה עולים בקנה אחד עם הצעות בספרות להעמיק את הפיתוח והמחקר בנושא צ'טבוטים המותאמים לחונכות פדגוגית ולקדם מטא-קוגניציה וחשיבה רפלקטיבית בקרב מורים וסטודנטים להוראה (Okonkwo & Ade-Ibijola, 2021; Pérez et al., 2020).

עם זה הופעתם החלקית של ממדי הוראה מותאמת ושיח מתמטי מלמדת כי השיח עם הבוט אינו מבטיח פיתוח מאוזן של כלל ממדי ההתאמה הדידקטית. ממצא זה מתחדד לנוכח מסגרת ההדרכה הקלינית שמציעים ברנס ואחרים (Burns et al., 2020) המדגישה כי הדרכה פדגוגית איכותית נשענת על שילוב בין מוקד תוכן והוראה ובין מוקד בין-אישי ורגשי. בעוד הבוט תומך בעיקר במוקד הראשון – ניסוח מטרות, בניית משימות, בחירת ייצוגים וצפיית קשיים – עיבוד דילמות פדגוגיות מורכבות, פיתוח שיח כיתתי והעמקה רפלקטיבית מחייבים תיווך אנושי מכוון.

כאן תרומתו הייחודית של המדריך הפדגוגי מתבהרת. מחקרן של שבטי מילר ואחרות (2022) רואה בהדרכה מלאכת גישור רב-ממדית בין אקדמיה לשדה, בין ידע דיסציפלינרי לפרקטיקה כיתתית ובין פיתוח מיומנויות לטיפול זהות מקצועית. ניסיון ההוראה הקודם של המדריך הפדגוגי, היכרותו עם מורכבות ההטרוגניות הכיתתית ועם דילמות של ניהול שיח, וגם יכולתו לשלב ידע פדגוגי דידיקטי עם שיקול דעת ערכי והקשרי, ממקמים אותו במקום עיקרי בבניית ידע הוראה מסתגל. יתרה מזו, ההדרכה הפדגוגית אינה מתמצה בשיפור תוצר תכנוני, אלא כוללת רפלקציה מודרכת, משוב ממוקד וחיבור עקיב בין תאוריה לפרקטיקה, רכיבים שיש בהם תנאי להבניית ידע מקצועי עמוק.

לפיכך תרומתם של בוטים בהכשרת מורים למתמטיקה אינה מצויה בהחלפת ההדרכה האנושית, אלא בשילוב מושכל עימה. הבוט עשוי לשמש מרחב סימולציה גמיש להרחבת יכולות תכנון ולארגון שיטתי של רעיונות, בעוד המדריך הפדגוגי ממלא תפקיד של מסנן מקצועי, מעמיק ביקורתי ומתווך הקשרי. מודל משולב זה מאפשר למנף את יכולות העיבוד



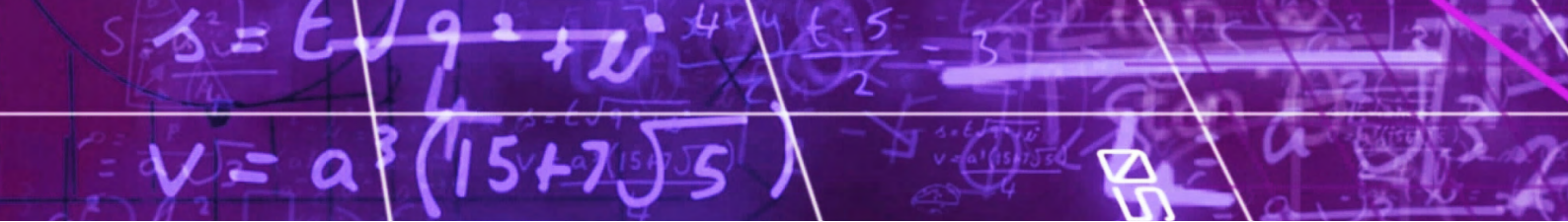
וההצעה של הבינה המלאכותית לצד הניסיון, השיפוט והזהות המקצועית של המדריך הפדגוגי האנושי.

לבסוף למחקר זה מגבלות מספר שיש להביא בחשבון. המדגם המצומצם, ההתמקדות בשיח תכנוני ולא ביישום בפועל וההסתמכות על כלי טכנולוגי מסוים הם מגבלה מתודולוגית בסבב ראשון של מחקר העיצוב. לפיכך הסבב השני של העיצוב יורחב גם לבחינת תרומת השיח עם הבוט להתפתחות ידע הוראה מסתגל ולביסוס שיח מתמטי עשיר גם בענייני כיתה אמיתיים.

יתרה מזו, עוד מגבלה היא מעורבותה של החוקרת הראשונה בפיתוח הכלי ובניתוח הנתונים שנאספו מן השימוש בו. מעורבות זו עשויה ליצור הטיה פרשנית, אף שנעשו צעדים לצמצומה באמצעות בחינה ביקורתית של הממצאים, תיעוד שיטתי של תהליך הניתוח ודיון משותף בפרשנויות. זאת ועוד, יש להביא בחשבון כי ייתכן שהסטודנטים שינו את אופי שיחותיהם עם הבוט מתוך מודעות שהשיחות עשויות להיבחן במחקר. עם זה יש לציין כי הכלי הוצג לסטודנטים ככלי עזר לתמיכה בלמידה ובהתנסות, והסטודנטים שיתפו פעולה מתוך מוטיבציה להתקדם בתהליך ההתנסות בכיתה. אף על פי כן ייתכן שמודעותם למחקר השפיעה במידת מה על אופי האינטראקציות עם הבוט.

רשימת מקורות

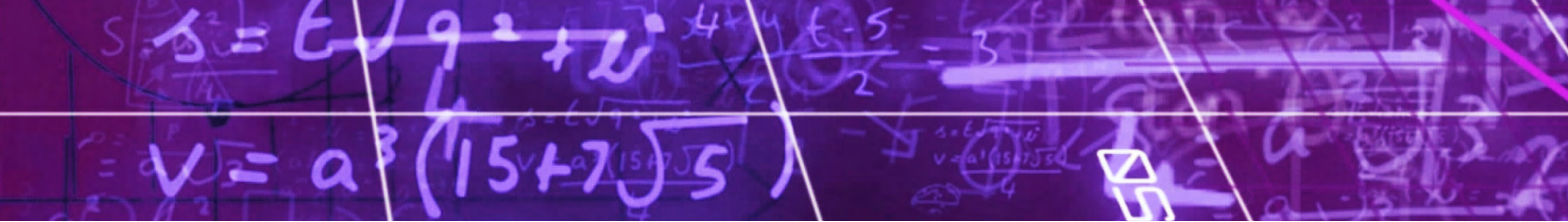
- Aga, Z. G., Sawyer, A. G., & Wolfe, M. (2024). More confidence more critical: Investigating secondary mathematics preservice teachers' use of an artificial intelligence chatbot as a curriculum development tool. *American Journal of Creative Education*, 7(2), 1–15. <https://doi.org/10.55284/ajce.v7i2.1278>
- Atta, S. A., Atta, S. O. A., Belbase, S., Assan, F. K., & Samuel, A. (2024). An investigation of the connection of bloom's taxonomy to the core mathematics curriculum for senior high schools in Ghana. *Golden Ratio of Social Science and Education*, 4(1), 1–37. <https://doi.org/10.52970/grsse.v4i1.229>
- Backfisch, I., Lachner, A., Hische, C., Loose, F., & Scheiter, K. (2020). Professional knowledge or motivation? Investigating the role of teachers' expertise on the quality of technology-enhanced lesson plans. *Learning and Instruction*, 66, Article 101300. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101300>
- Bastian, A., Buchholtz, N., & Kaiser, G. (2025). Using AI chatbots to facilitate mathematics preservice teachers' noticing skills. *Frontiers in Education*, 10, Article 1605921. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1605921>
- Bouncken, R. B., Czakon, W., & Schmitt, F. (2026). Purposeful sampling and saturation in qualitative research methodologies: Recommendations and review. *Review of Managerial Science*, 20, 579–615. <https://doi.org/10.1007/s11846-025-00881-2>
- Brandel, N., Deri, M., Karsenty, R., & Schwarz, B. B. (2025). The effectiveness of a principle-based professional development programme in promoting teachers' high-level talk in primary mathematics classrooms. *British Journal of Educational Psychology*, 96(1), 356–381. <https://doi.org/10.1111/bjep.70020>
- Breines, M., & Gallagher, M. (2020). A return to Teacherbot: Rethinking the development of educational technology at the University of Edinburgh. *Teaching in Higher Education*, 28(3), 517–531. <https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1825373>
- Burns, R., Jacobs, J., & Yendol-Hoppey, D. (2020). A framework for naming the scope and nature of teacher candidate supervision in clinically-based teacher preparation: Tasks, high-leverage practices, and pedagogical routines of practice. *The Teacher Educator*, 55(2), 214–238. <https://doi.org/10.1080/08878730.2019.1682091>
- Chau, D. B., Luong, V. T., Long, T. T., & Linh, N. T. T. (2025). Personalized mathematics teaching with the support of AI chatbots to improve mathematical problem-solving competence for high school students in Vietnam. *European Journal of Educational Research*, 14(1), 323–333. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.14.1.323>
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2016). Design research: Theoretical and methodological issues. In S. A. Barab & K. Squire (Eds.), *Design-based research* (pp. 15–42). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203764565>



- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). Sage publications.
- Ding, M., & Carlson, M. (2013). Elementary teachers' learning to construct high-quality mathematics lesson plans. *The Elementary School Journal*, 113(3), 359–385. <https://doi.org/10.1086/668505>
- Esmonde, I., & Langer-Osuna, J. M. (2013). Power in numbers: Student participation in mathematical discussions in heterogeneous spaces. *Journal for Research in Mathematics Education*, 44(1), 288–315.
- Essel, H., Vlachopoulos, D., Tachie-Menson, A., Johnson, E., & Baah, P. (2022). The impact of a virtual teaching assistant (chatbot) on students' learning in Ghanaian higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19, Article 57. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00362-6>
- Godino, J. D., Batanero, C., & Font, V. (2019). The onto-semiotic approach. *For the Learning of Mathematics*, 39(1), 38–43.
- Godino, J. D. (2023). Onto-semiotic approach to the philosophy of educational mathematics. *Paradigma*, 44(1), 7–33.
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1994). Competing paradigms in qualitative research. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 105–117). Sage Publications.
- Habiyaremye, H., Ntivuguruzwa, C., & Ntawihwa, P. (2024). Developing mathematical knowledge for teaching through lesson planning and technological pedagogical content knowledge among Rwandan teacher training college tutors. *Education and Information Technologies*, 29, 21063–21093. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12634-x>
- Harbour, K. E., & Denham, A. R. (2021). Supporting all students: Productive mathematical discourse in online environments. *Intervention in School and Clinic*, 57(2), 167–174. <https://doi.org/10.1177/10534512211001849>
- Insorio, A. O. (2024). Addressing student diversity to improve mathematics achievement through differentiated instruction. *International Journal of Professional Development, Learners and Learning*, 6(1), 46–60. <https://doi.org/10.30935/ijpdll/14462>
- Krushinskaia, K., Elen, J., & Raes, A. (2024). Design and development of a co-instructional designer bot using GPT-4 to support teachers in designing instruction. In *ALL@ AIED* (pp. 26–37). <https://ceur-ws.org/Vol-3836/paper3.pdf>
- Kuhail, M., Alturki, N., Alamlawi, S., & Alhejori, K. (2023). Interacting with educational chatbots: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 28, 973–1018. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11177-3>
- Larsen, T. M., Endo, B. H., Yee, A. T., Do, T., & Lo, S. M. (2022). Probing internal assumptions of the revised Bloom's taxonomy. *CBE Life Sciences Education*, 21(4), Article 66. <https://doi.org/10.1187/cbe.20-08-0170>
- Lee, D., & Yeo, S. (2022). Developing an AI-based chatbot for practicing responsive teaching in mathematics. *Computers & Education*, 191, Article 104646. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104646>
- Nasution, E., & Yulia, P. (2023). The effect of problem based instruction model using Telegram Quiz Bot on students' learning motivation. *Mathline: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 8(2), 151–164. <https://doi.org/10.31943/mathline.v8i2.391>
- Novotná, J., Gosztonyi, K., Hošpesová, A., Fried, K., Moraová, H., & Györi, J. G. (2021). Mathematics teacher education in the Czech Republic and Hungary: Commonalities and differences. *ZDM – Mathematics Education*, 53, 1541–1553. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01278-7>



- Okonkwo, C. W., & Ade-Ibijola, A. (2021). Chatbots applications in education: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, Article 100033. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100033>
- Orhania, S. (2024). Preparation of tests from the subject of mathematics according to Bloom's taxonomy. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5(2), 2330–2337. <https://doi.org/10.55248/gengpi.5.0224.0542>
- Pérez, J., Daradoumis, T., & Puig, J. (2020). Rediscovering the use of chatbots in education: A systematic literature review. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(6), 1549–1565. <https://doi.org/10.1002/cae.22326>
- Pozas, M., Letzel, V., & Schneider, C. (2020). Teachers and differentiated instruction: Exploring differentiation practices to address student diversity. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 20(3), 217–230. <https://doi.org/10.1111/1471-3802.12481>
- Prast, E. J., Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2018). Differentiated instruction in primary mathematics: Effects of teacher professional development on student achievement. *Learning and Instruction*, 54, 22–34. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.01.009>
- Philippakos, Z. A., Howell, E., & Pellegrino, A. (Eds.). (2021). *Design-based research in education: Theory and applications*. Guilford Publications.
- Samsudi, M., Gafrillia, A. L., & Hazarika, A. (2024). Bloom Anderson's taxonomy-based cognitive level analysis of grade 10 interactive mathematics book questions. *Journal of Teaching and Learning Mathematics*, 1(2), 111–119. <https://doi.org/10.22219/jtltm.v1i2.28783>
- Sapkota, B., & Hayes, A. H. (2024). Preservice teachers' mathematical knowledge for teaching: Focus on lesson planning and reflection. *School Science and Mathematics*, 124(5), 323–339. <https://doi.org/10.1111/ssm.12644>
- Saralar-Aras, I., & Türker-Biber, B. (2024). Enhancing technological pedagogical content knowledge of prospective teachers through mathematics lesson plan development. *Education and Information Technologies*, 29, 14491–14512. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12435-8>
- Sawyer, A. G. (2024). Artificial intelligence chatbot as a mathematics curriculum developer: Discovering preservice teachers' overconfidence in ChatGPT. *International Journal on Responsibility*, 7(1), 1–24. <https://doi.org/10.62365/2576-0955.1106>
- Seckel, M., Salinas, C., Font, V., & Sala-Sebastià, G. (2023). Guidelines to develop computational thinking using the Bee-Bot robot from the literature. *Education and Information Technologies*, 28, 16127–16151. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11843-0>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Staples, M. E. (2008). Promoting student collaboration in a detracked, heterogeneous secondary mathematics classroom. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11(6), 349–371. <https://doi.org/10.1007/s10857-008-9078-8>
- Suprayogi, M. N., Valcke, M., & Godwin, R. (2017). Teachers and their implementation of differentiated instruction in the classroom. *Teaching and Teacher Education*, 67, 291–301.
- Thompson, D. R. (2008). Mathematics teachers' interpretation of higher-order thinking in Bloom's taxonomy. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 3(2), 96–109. <https://doi.org/10.29333/iejme/221>
- Wollny, S., Schneider, J., Di Mitri, D., Weidlich, J., Rittberger, M., & Drachsler, H. (2021). Are we there yet? A systematic literature review on chatbots in education. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 4, Article 654924. <https://doi.org/10.3389/frai.2021.654924>



- Woolcott, G., Marks, A., & Markopoulos, C. (2021). Differentiating instruction: Development of a practice framework for and with secondary mathematics classroom teachers. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 16(2), Article em0637. <https://doi.org/10.29333/iejme/11198>
- Xu, L., & Mesiti, C. (2022). Teacher orchestration of student responses to rich mathematics tasks in the US and Japanese classrooms. *ZDM – Mathematics Education*, 54(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01322-6>