

מה אפשר ללמוד מסימולציות דיגיטליות ממוקדות תוכן? מודל לפיתוח סימולציות להוראת מתמטיקה רספונסיבית

גיל שורץ*

תקציר

סימולציות הוראה מציעות הזדמנויות ייחודיות לטיפוח כישורי הוראה בסביבות מבוקרות וללא סיכון. עם זאת, ישנו פער יישומי ומחקרי בנוגע לפוטנציאל של סימולציות ממוקדות תוכן, ובמיוחד בפורמטים דיגיטליים ואסינכרוניים. מאמר זה מציג מודל לעיצוב, ליישום ולמחקר של סימולציות דיגיטליות בעזרת מקרה בוחן של סימולציות לטיפוח הוראה רספונסיבית מתמטית, תוך הדגשת חשיבות האוטנטיות והרלוונטיות להוראה בתהליך העיצוב.¹ בעוד אוטנטיות, הנחשבת חיונית למעורבות מורים, נחקרה בעבר, מרכיב הרלוונטיות - התאמת הסימולציות להקשרים הספציפיים של מורים - זכה להתייחסות פחותה. המודל עונה על צורך זה תוך שילוב של שני המרכיבים.

המודל, אשר מבוסס על מודלים קודמים לעיצוב למידה התנסותית של מורים, כולל מעבר תדיר בין כיתות אמיתיות לסביבות דיגיטליות, באופן שמאפשר לכל סביבה להיתרם מרעותה. הדגמת המודל נעשית בעזרת התמקדות בסימולציה דיגיטלית סביב שיעור על חציון וממוצע והצגת חקר מקרה של התנסות מורה בתהליך למידה הכולל סימולציה, רפלקציה, יישום בכיתה ורפלקציה נוספת.

מילות מפתח: הוראה רספונסיבית, למידה מבוססת סימולציה, למידת מורים למתמטיקה, סימולציה דיגיטלית, סימולציה ממוקדת תוכן, קירובי הוראה

מבוא

הרעיון ולפיו תנאי הכרחי ללמידה של פרקטיקה הוא התנסות ממשית בה, איננו חדש. ניתן למצוא אותו הן בשלל אזכורים בתרבות הפופולרית והן בשיטות להוראת מקצועות שונים לאורך ההיסטוריה. מבחינה תאורטית, רכישת מקצוע דרך התנסות תוארה בין היתר בעזרת המושג "שוליינות קוגניטיבית" (Collins et al., 1991), ומוסדה בשלל מקצועות דרך מסלולים כגון סטאז' והתמחות. אלא שבניגוד לסטאז' ולהתמחות, המתקיימים בסביבת העבודה עצמה

* ד"ר גיל שורץ, מכון ויצמן למדע, המחלקה להוראת המדעים
1 המחברת מודה למורה שהשתתפה במחקר על שיתוף הפעולה ועל תרומתה המשמעותית למחקר, וכן לשופטים על הערותיהם המועילות אשר תרמו לשיפור המאמר.

ועל כן כרוכים בסיכונים, למידת מקצוע במסגרת סימולציה מציעה סביבה מבוקרת ובטוחה יותר, המאפשרת התנסות בקבלת החלטות, תיעוד של ההתנסות ורפלקציה עליה. מסיבה זו סימולציות וסימולטורים רווחים בהכשרה מקצועית בתחומי התעופה, הרפואה, וההוראה – מקצועות המאופיינים בקבלת החלטות אינטנסיבית הנשענת על מומחיות תלוית תוכן. בהקשרים חינוכיים, נוסף על הדרישה למומחיות בתחום התוכן, ישנה חשיבות מרכזית למערכות יחסים ולמימונויות תקשורת. מטרת מאמר זה היא להציג מודל קונספטואלי לפיתוח סימולציה דיגיטלית אסינכרונית, המאפשרת למורים למתמטיקה להתנסות בקבלת החלטות תלויות תוכן, ולהדגים הזדמנויות ללמידה מבוססת סימולציה באמצעות התנסות בטכנולוגיה זו.

בשנים האחרונות לצד מודלים של סימולציות סינכרוניות, כגון חזרות הוראה (Kazemi et al., 2016), סימולציות קליניות עם שחקנים (יבלון ואח', 2022; Levin, 2024) וסימולציות של מציאות מעורבת (Dieker et al., 2014), מופיעים גם מודלים של סימולציות דיגיטליות אסינכרוניות, ללא תיווך של גורם אנושי, שבהן מורים מתנסים בדילמות הוראה בסביבות מקוונות המייצגות כיתות ותלמידים בעזרת אנימציה, קומיקס, טקסט ומדיומים אחרים (Reich, 2022; Son et al., 2024; Svinvik et al., 2025). סימולציות דיגיטליות אסינכרוניות מציעות גמישות, נגישות, הטמעה רחבה ואפשרות להתנסויות חוזרות, אך שילובן בשדה המקצועי עדיין מוגבל. בישראל בפרט הן טרם התבססו כמרכיב מפתח בהכשרה ובפיתוח מקצועי של מורים בכלל, ומורים למתמטיקה ומדעים בפרט.

מחקר זה בוחן את האתגר שתואר ומציע להיענות לו בעזרת מודל חדש לעיצוב ולהטמעה של סימולציות דיגיטליות בהוראת מתמטיקה, המשלב שתי מסגרות: מעגל ההתנסות והביצוע (Kazemi et al., 2016) ועיצוב סימולציות דיגיטליות ממוקדות תוכן (Herbst et al., 2022; Schwarts et al., 2025). המודל מתאר בין היתר קשרים בין התנסות בסימולציות לבין הוראה בכיתות אמיתיות, המתבטאים בכך שהסימולציות הדיגיטליות מעוצבות על בסיס שיעורים אמיתיים, ומורים מוזמנים לנסות בכיתותיהם אלמנטים מהסימולציות לאחר שהתנסו בהן. מטרת המחקר היא להדגים, באמצעות חקר מקרה ממוקד, כיצד ניתן להמחיש ולפרש את רכיבי המודל בפועל, על ידי אפיון הזדמנויות הלמידה הטמונות בסימולציות דיגיטליות המעוצבות על בסיס המודל. לפיכך, שאלות המחקר הן:

1. מהן הזדמנויות הלמידה של מורה בהתנסות בסימולציה דיגיטלית של שיעור מתמטיקה?
2. כיצד קשורים מרכיבי המודל לעיצוב סימולציות דיגיטליות להזדמנויות הלמידה של המורה בהתנסות בסימולציה, וכיצד תובנות מהתנסויות אלו תורמות לעיצוב מחודש של הסימולציה?

מחקר זה תורם לספרות בכמה מישורים: ראשית, הוא מתמקד בסימולציות אסינכרוניות ממוקדות תוכן בחינוך מתמטי, תחום שנמצא בחיתוליו בהשוואה לסימולציות חברתיות רגשיות, כפי שאתאר בהמשך. שנית, המחקר מציע מודל לעיצוב סימולציות המשלב עקרונות של הוראה רספונסיבית עם ממדים של אותנטיות ורלוונטיות, שילוב שלא נדון עד כה בספרות. לבסוף, המחקר מדגים את המודל באמצעות חקר מקרה. הבנה מעמיקה של הזדמנויות

הלמידה שמספקות סימולציות דיגיטליות יכולה לתרום לעיצוב מושכל יותר שלהן ולשילוב מיטבי בהכשרת מורים, וכן לסייע במחקר על קשרים בין הכשרה תאורטית, למידה התנסותית ופרקטיקה בפועל. לפני שאציג את המודל לעיצוב הסימולציות, אתמקד במטרת הסימולציה – טיפוח הוראה רספונסיבית, ואמקם את המחקר במסגרת מחקרים על למידה התנסותית ועל למידה מבוססת סימולציות.

רקע ומסגרת תאורטית

הוראת מתמטיקה רספונסיבית

מכיוון שבכיתות מתמטיקה רבות מקובל עדיין מודל ההוראה המסורתי, המתמקד בהקניית חומר ובתרגול חזרתי, אחד היישומים המרכזיים של סימולציות בהוראת מתמטיקה הוא פיתוח הוראה רספונסיבית, כלומר הוראה שבה מורים מתבססים על החשיבה המתמטית, על ההתנסויות ועל נקודות המבט של תלמידיהם. הוראה זו מציבה אתגר למורים בשל הצורך בידע תוכני מעמיק, בפתוחות לרעיונות תלמידים ובקבלת החלטות בזמן אמת. הוראה רספונסיבית קשורה להוראה דיאלוגית, אך ההבדל המהותי בין השתיים הוא שהוראה רספונסיבית מבקשת להתמקד בתפקיד המורה באינטראקציה עם הלומדים (אינטראקציית מורה-תלמידים) ולא, למשל, בעידוד דיאלוג בין תלמידים. כלומר, המטרה בטיפוח הוראת מתמטיקה רספונסיבית היא לעזור למורים לפתח ולחזור לקיים אינטראקציות מתמטיות משמעותיות עם תלמידיהם.

מלבד הקרבה המושגית לספרות על דיאלוג, המושג הוראה רספונסיבית בתחום החינוך המתמטי צמח במקביל בשתי קהילות המדגישות היבטים שונים: תפיסה אחת צמחה מתוך מסורת המחקר הקוגניטיביסטי, אשר מדגישה תהליכים מנטליים של תלמידים; מנגד, רספונסיביות היא גם מושג מפתח בשדה של הוראה רספונסיבית מבחינה תרבותית (culturally-responsive mathematics teaching), שבמסגרתה הרספונסיביות מוכוונת למשאבים התרבותיים של הלומדים. במאמר זה אשתמש בהגדרה של הוראה רספונסיבית מתמטית, אשר נשענת על שני גופי הידע הנדונים: הוראה אשר במסגרתה מורים מתחשבים בחשיבה, בנקודות המבט ובחוויות של תלמידיהם בהקשר של התוכן המתמטי המרכזי בעת תכנון והוראה של שיעורים.

המחקר בחינוך מתמטי מצביע על כך שהוראה רספונסיבית מתמטית חיונית לקידום למידה משמעותית של תלמידים (Robertson et al., 2016). עם זאת, מדובר בגישה מורכבת שמורים רבים מתקשים ליישם. הוראה כזו מחייבת מורים להיות קשובים למגוון היבטים של חוויית הלמידה של התלמידים – בהם הידע הקודם שלהם, התגובות הרגשיות ודרכי החשיבה והפעולה השונות במתמטיקה. לשם כך נדרש שילוב בין הבנה מעמיקה של תוכן מתמטי לבין יכולת להכיר בפרספקטיבה של התלמידים ולקבל החלטות פדגוגיות מושכלות בזמן אמת. אף שמדובר בגישה מרכזית להוראה מיטבית, עדיין חסרה הבנה מספקת ביחס לאופן שבו ניתן לעצב פיתוח מקצועי שיתמוך במורים בטיפוח יכולת זו. יתרה מכך, לרוב המתכשרים להוראה והמורים החדשים בישראל אין התנסויות מספקות כלומדים במרחבים רספונסיביים בכיתת המתמטיקה, ולכן ישנה חשיבות גדולה להגדלת מרחב התקדימים שלהם – הן כלומדים בקורסים הן כמורים מתנסים בסימולציות.

למידה התנסותית ויישומה בהכשרת מורים

מחקר זה, בדומה למחקרים רבים בתחום הסימולציות, נשען על תאוריה סוציו-תרבותית המדגישה למידה בהקשר של פרקטיקות הוראה ותיווכן, וכן על למידה דרך התנסות, אבן יסוד בחינוך הפרוגרסיבי (Dewey, 1938). יסודות תאורטיים אלו הדריכו גם את גרוסמן ואחרים (Grossman et al., 2009) ביצירת המסגרת של "פדגוגיות של הפרקטיקה" – מסגרת המתארת פדגוגיות שונות ללמידת פרקטיקה בהתבסס על מחקר של הכשרה מקצועית במקצועות שונים, ביניהם פסיכולוגיה, הסמכה לרבנות וכמורה והוראה. המסגרת מתארת שלושה אופנים מרכזיים (שיש ביניהם חפיפות) ללימודי פרקטיקה:

- **שימוש בייצוגי הוראה** (representations of practice), כגון וידאו, חקרי מקרה כתובים, קומיקס ועוד, אשר ממחישים היבטים שונים בהוראה.
- **עיצוב סביבות שבהן ניתן להתנסות בקירובי הוראה** (approximations), למשל בסימולציות או תסרוט (scripting).
- **פירוק לגורמים של פרקטיקה** (decomposition).

כאמור, ג'ון דיואי הוא הוגה ידוע אשר קידם את רעיון הלמידה מהתנסות. בדומה לו, דונלד שון (Schön, 1983), אשר ידוע בתרומתו להבנת מושג הרפלקציה, מתאר גם הוא כיצד כדי ללמוד פרקטיקה חדשה יש, לצד רפלקציה, לקבל "חופש ללמוד באמצעות עשייה בסביבה עם סיכון נמוך" (עמ' 17). רעיונות אלו מתלכדים באופן מובהק במודל של דייויד קולב (Kolb, 1984), המתאר למידה התנסותית כתהליך מחזורי בן ארבעה שלבים: (1) התנסות ממשית – עיסוק ישיר בפעולה או בחוויה; (2) תצפית רפלקטיבית – התבוננות לאחור על ההתנסות וניתוחה; (3) גיבוש מושגים – הפקת עקרונות או הכללות מתוך ההתנסות והרפלקציה; (4) ניסוי פעיל – יישום הרעיונות שנלמדו בסיטואציות חדשות. קולב מדגיש כי למידה משמעותית מתרחשת כאשר הלומדים נעים דרך כל ארבעת השלבים, כשכל שלב מזין את הבא אחריו. מודל זה מציע לא רק תיאור של תהליך הלמידה אלא גם בסיס לפיתוח סביבות למידה המעודדות למידה מחויות בפועל. מהמודל של קולב (1984) ומהתאוריה של גרוסמן ואחרים (Grossman et al., 2009) ניתן להסיק כי ישנה הסכמה שלמידה היא תהליך שמשלב התנסויות, יישומים ורפלקציה. בהתאם, מרכיבים אלו הם חלק מהמודל שיוצג בהמשך המאמר.

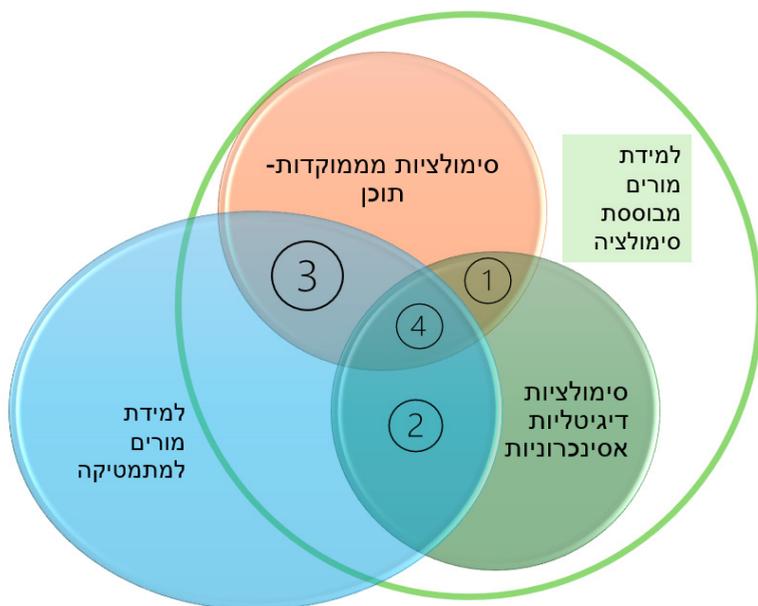
מודל קיים אשר משלב פעילויות כאלו בתחום התוכן של הוראת המתמטיקה נקרא **מעגל ההתנסות והחקר** (cycle of enactment and investigation) (Kazemi et al., 2016). מטרת המודל היא לתמוך בלמידה של הוראת מתמטיקה שאפתנית במסגרת הכשרת מורים. המעגל מתחיל בצפייה בפעילות הוראה מסוימת (שמתרחשת בכיתה או מצולמת בווידיאו), ולאחר מכן נערכת חקירה משותפת של התוכן המתמטי ושל הפרקטיקות שהודגשו בה. לאחר שלב זה המתכשרים להוראה מתכננים שיעור שמתבסס על אותה פעילות ומבצעים חזרת הוראה (rehearsal) פומבית מול עמיתיהם, תוך כדי קבלת משוב בזמן אמת ממורי מורים. לאחר החזרה המתכשרים מעבירים את הפעילות לתלמידים בכיתה אמיתית. השלב האחרון כולל חקירה של ההתרחשות בשיעור תוך שימוש בתיעוד מהשדה, על מנת לבחון כיצד הפרקטיקות והעקרונות

שנלמדו באו לידי ביטוי. תהליך זה מאפשר התנסות חוזרת ומונחית בתכנון, בהוראה ובניתוח של פרקטיקות הוראת מתמטיקה, תוך תשומת לב לשילובן בתוכן מתמטי ספציפי.

מיקום המחקר במסגרת הספרות על סימולציות

גופי הידע של למידת מורים מבוססת סימולציה ושל למידת מורים למתמטיקה הם גדולים ומסועפים, ולכן חלק זה יפתח במיקום המחקר הנוכחי. בתרשים 1 מתוארת חפיפה בין גופי ידע אלה. נוסף על כך, התרשים כולל תתי-תחומים הקשורים לסימולציות ומרכזיים למחקר זה: (א) סימולציות ממוקדות תוכן, כלומר כאלה אשר מיועדות למורים מדיסציפלינה מסוימת, שהתכנים שלהן קשורים לדיסציפלינה זו, והן כוללות מרכיב של ידע תוכני להוראה; (ב) סימולציות דיגיטליות אסינכרוניות, כלומר סימולציות שבהן מורים משתתפים דרך מחשב, מחשב לוח (טבלט) או טלפון, והן אינן מערבות גורם אנושי פרט למתנסים עצמם.

כדי להקל על הקוראים, החפיפות בין תחומי העניין השונים מסומנות במספרים 1-4, המסייעים למקם את המחקרים המוזכרים בסקירת הספרות (למשל, מעגל החקר וההתנסות ממוקם בתחום 3). בעוד המחקר הנוכחי מתמקד בחפיפה הכוללת בין כל תתי-הקבוצות (מספר 4 בתרשים), גם הספרות הרלוונטית לחלקים 1, 2 ו-3 וכן ספרות כללית על למידה מבוססת סימולציה ועל למידת מורים למתמטיקה תורמת להבנת בעיית המחקר. החלקים הבאים מתייחסים לגופי הידע על סימולציות דיגיטליות ועל סימולציות ממוקדות תוכן, תוך ציון חפיפות ביניהם לבין גופי ידע אחרים, כפי שמתואר בתרשים.



תרשים 1. מיקום המחקר בספרות הרלוונטית

סימולציות דיגיטליות אסינכרוניות

כאמור, לסימולציות דיגיטליות אסינכרוניות ישנם מספר יתרונות בולטים על פני סימולציות עם שחקנים:

- **נגישות וגמישות:** ניתן לגשת לסימולציה מכל מקום ובכל זמן, ללא תלות בגורמים חיצוניים כגון שחקנים, מנחים או כיתה פיזית. הדבר מאפשר השתתפות רחבה יותר, כולל בקרב מורים הגרים באזורים מרוחקים.
- **הטמעה רחבה:** בזכות אופייה הדיגיטלי והעצמאי ניתן לשלב את הסימולציה בהכשרות ובפיתוח מקצועי במגוון הקשרים – החל מקורסים אקדמיים ועד השתלמויות למורים בפועל, ללא צורך בהיערכות לוגיסטית מורכבת. ניתן להפעילה בזמנית עבור משתתפים רבים ולהטמיעה לאורך זמן כחלק מתהליך מתמשך של למידה מקצועית.
- **התאמה אישית:** ניתן לתכנן סימולציות המותאמות אישית לאתגרים הספציפיים של מורים ומשתנות בהתאם לבחירות שהם מבצעים, כלומר ליצור מסלולי למידה אישיים.
- **חזרתיות:** מורים יכולים לשוב ולתרגל את אותה הסימולציה מספר פעמים או להתנסות בגרסאות שונות שלה, ובכך להעמיק את ההתנסות ולבחון כיצד הבדלים בקבלת החלטות שלהם גורמים להתרחשויות שונות בכיתה המדומה.

עוד לפני פריחתה של הבינה המלאכותית היוצרת והפיכתה לנגישה לציבור הרחב פותחו סביבות סימולטיביות מבוססות בינה מלאכותית. דוגמה מוכרת לכך היא הסימולציה SimSchool² הפועלת כמערכת זמינה לפי דרישה (on-demand), כך שמורים יכולים להתנסות בה באופן עצמאי וחזרתי (Gibson, 2007). הכיתה בסימולציה מיוצגת בעזרת אנימציה. במהלך ההתנסות המורה בוחרת מתוך תפריטים כיצד להגיב לתלמידים, ויכולה גם לנסח תגובות משלה בטקסט חופשי. תגובות אלו משפיעות על התנהגות התלמידים ועל צבע ההילה המופיעה מעל ראשיהם – אינדיקטור ויזואלי לרמת ההתאמה של תגובות המורה לצרכים הרגשיים והקוגניטיביים של התלמידים. עם סיום הסימולציה מתקבל משוב מפורט המתייחס לרמות שונות של הבנה, ניהול כיתה ותמיכה רגשית בתלמידים.

מדוגמה זו עולה כי עיצוב הסימולציה, ובפרט כאשר מדובר בסימולציה ללא תיווך אנושי, ממלא תפקיד מרכזי ביצירת תהליך הלמידה הרצוי למורים. מעצבי סימולציות נדרשים לקבל שורה של החלטות בהתאם למטרות הלמידה, ובהן: מהי יחידת ההתרחשות (למשל, שיעור שלם או אירוע מסוים במהלך השיעור או מחוצה לו); מהם הייצוגים הפדגוגיים והאופנויות (modalities) שלהם; ואילו ערוצים של השתתפות יעמדו לרשות המתנסים. כך, למשל, יש להחליט כיצד לדמות את המתרחש בכיתה (למשל בעזרת וידאו, טקסט, תמונות, קומיקס, אנימציות, שמע וכדומה), ואם ההשתתפות של המורה המתנסה תבצע באמצעות הקלדה, בחירה מתוך אפשרויות סגורות, הקלטת קול, צילום וידאו או שילוב כלשהו ביניהם. נוסף על כך, יש לקבל החלטות על מבנה התהליך הסימולטיבי, אשר באופן גס ניתן לחלקו לשלושה שלבים: הכנה, התנסות ורפלקציה. מעבר להיבטים הקשורים לשלב ההתנסות עצמו, יש לתכנן את מרכיבי שלב ההכנה, כגון היכרות עם המשימה שבליבת השיעור; וכן כיצד יתנהל שלב הרפלקציה, לרבות אם יכלול תיווך של גורם אנושי, שכן קיימים מודלים של סימולציות דיגיטליות שבהם שלבים אלו נתמכים בהנחיה או בשיח קבוצתי מלווה.

מרכיב חשוב נוסף בתכנון הסימולציה הוא סוגי המשוב שיקבלו הלומדים, מתי יינתנו ועל ידי מי. בדוגמה של SimSchool, למשל, ישנו משוב הניתן במהלך הסימולציה, שמטרתו לכוון את הלומדים בזמן אמת, והוא מועבר דרך רמזים כמו הבעות פנים של התלמידים המדומים או שינוי בצבע ההילה שמופיעה מעל ראשיהם. כמו כן, כפי שהוזכר, לאחר סיום הסימולציה מוצגת הערכה מסכמת הכוללת ציונים על פי פרמטרים מוגדרים מראש.

החלטות עיצוב אלו רלוונטיות גם בסימולציות המערבות גורם אנושי, אך במקרים אלו ניתן להשאיר מקום לגמישות בזמן אמת. לדוגמה, בשיחת רפלקציה שלאחר סימולציה עם שחקנים, המנחים עשויים להתאים את אופי המשוב על פי ההתרחשות ולבחור להדגיש תובנות שונות. במצבים כאלו מטרת המשוב היא לזמן נקודות מבט שונות ויצירת תובנות משותפות. לעומת זאת, כאשר הסימולציה דיגיטלית ואסינכרונית וללא תיווך אנושי, ישנה חשיבות מיוחדת לכך שהמשוב יהיה מובנה, כך שיזמן ללומדים אפשרות לעיבוד עצמאי של ההתנסות.

מבחינת הזדמנויות הלמידה של המורים המתנסים, ישנה גם חשיבות גדולה לבחירה בתוכן השיעור, בבעיות המרכזיות שבו, במטרות ההוראה ובאופן הפעלת התלמידים. בהתאם לסוג הסימולציה ולמטרותיה, בחירות אלו יכולות לשמש כרקע בלבד או להוות את מוקד הלמידה המרכזי. נבחין בין שני סוגים של סימולציות: הסוג הראשון הוא סימולציות גנריות, המתמקדות בכישורי הוראה כלליים, כגון ניהול כיתה, תקשורת עם תלמידים והורים, פיתוח אמפתיה ועוד; הסוג השני הוא סימולציות ממוקדות תוכן, שבהן ניתוח התוכן הדיסציפלינרי, מטרותיו הפדגוגיות והאינטראקציה סביבו הם בליבת ההתנסות. החלק הבא יעסוק בסימולציות אלו.

סימולציות ממוקדות תוכן

בישראל רבות מהסימולציות בתחום החינוך ממוקדות במיומנות חברתיות-רגשיות (יבלון ואח', 2022). ישנן גם סימולציות שחקנים ממוקדות תוכן (למשל, Levin & Segev, 2023), אך תמונת המצב שעולה מסקירת הספרות מצביעה על כך שאלו מהוות מיעוט. זאת ועוד, סימולציות אשר נערכות למורים בתחומי המתמטיקה והמדעים לאו דווקא מתמקדות בתוכן הלימודי. לדוגמה, צוקרמן ואחרים (Zuckerman et al., 2024) בחנו את ההשפעה של מגדר התלמידים על תגובות מורי מתמטיקה לתלמידים ותלמידות המתקשים במתמטיקה ונמצאים בסכנת נשירה. מחקרן של לוין ושגב (Levin & Segev, 2023) מטפל בקונפליקטים הנוגעים להוראת ספרות, לדוגמה שיחה עם מורה מומחית שממליצה למורה צעירה להימנע מלדון בנושאים חברתיים מעוררי מחלוקת, ובמסגרת הסימולציה ניתנת למתכשרים להוראה הזדמנות לנסח לעצמם חזון מקצועי (שם). בשתי הדוגמאות מתוארים קונפליקטים הנוגעים להוראת תחום תוכן מסוים, אך לא קונפליקטים וקבלת החלטות בזמן הוראת תוכן.

בשנים האחרונות בישראל ובעולם ניכרת מגמה מתפתחת של עיצוב סימולציות המדגישות אינטראקציה פדגוגית המעוגנת בהקשר דיסציפלינרי ספציפי, שבה תרגול קבלת החלטות מתמקד במאפייני תחום התוכן (למשל, Levin, 2025) או בהתמודדות עם חשיבה ועם קשיים של תלמידים בתחום התוכן עצמו (למשל, Codreanu et al., 2021). בהקשר זה, סמואלסון

ושותפיו (Samuelsson et al., 2022) השתמשו בסימולציות מציאות רבודה הכוללות אוטורים של תלמידים, שפיתחה חברת TeachLive (Dieker et al., 2014), וטענו כי סימולציות אלו תרמו ברזמנית לטיפוח כישורי ניהול כיתה ולשיפור תהליכי קבלת החלטות מתמטיות. במסגרת מגמה זו נתמקד להלן בסימולציות ממוקדות תוכן, כלומר סימולציות המאופיינות בכך שבמהלכן נדרשים המתנסים להשתמש בידע תוכן פדגוגי (pedagogical content knowledge) כחלק מהתנהלותם בסיטואציה המדומה, במקביל לטיפוח מיומנויות פדגוגיות, כגון ניהול כיתה, וכישורים בין-אישיים כגון אמפתיה, הקשבה ויצירת קשר עם תלמידים. לדוגמה, בתחום החינוך המדעי והמתמטי (ראו תחום 3 בתרשים 1) קבלת ההחלטות עשויה להיות קשורה לאבחון החשיבה המתמטית של התלמידים (Codreanu et al., 2021), לחילוף חשיבה כזו (Mikeska et al., 2023) ולניהול דיון מתמטי (Kinsey et al., 2024).

עם זאת, חרף פוטנציאל זה תחום הסימולציות ממוקדות התוכן בלמידת מורים למתמטיקה מצוי עדיין בראשית דרכו. להלן יוצגו כמה מן החלוצים בתחום. דוטגר ועמיתיו (Dotger et al., 2015) הראו כיצד סימולציית שחקנים ממוקדת תוכן יכולה לחשוף פערים בפרשנות ובתקשורת מתמטית של מתכשרים. התרחישים במחקר זה עסקו בפירוש גרפים כאיורים חזותיים בלבד, ללא הבנת הקשרים בין הצירים. המחקר מדגיש את פוטנציאל הסימולציה ככלי לפיתוח מיומנויות בניהול שיח מתמטי.

הסימולציות שפיתחו שוואנסי ובורסט (Shaughnessy & Boerst, 2018), אשר שייכות לתחום (3), נועדו לשמש כלי הערכה מעצבת, ולעיתים גם מסכמת, בקורסים של מתכשרים להוראת מתמטיקה, תוך התמקדות בפרקטיקות של חקירת חשיבתם של תלמידים (eliciting and interpreting student thinking) בנושאי שברים וחשיבה פרופורציונלית. הסימולציות מבוססות על אינטראקציה קצרה עם "תלמידה מדומה" – שאותה מגלמת מורת מורים (ולא שחקנית מקצועית), אשר פועלת על פי פרוטוקול תגובה מפורט, הכולל תסריטים של דרכי פתרון ואופני תגובה לסוגים שונים של שאלות מצד המתנסים. הסימולציה מתבצעת בשלושה שלבים: תכנון מוקדם של המתנסה על בסיס עבודה כתובה של התלמידה, אינטראקציה חיה עם ה"תלמידה" וריאיון רפלקטיבי שבו המתנסים מתבקשים לפרש את תהליך החשיבה של התלמידה ולהציע צעדים פדגוגיים אפשריים. שיטה זו מאפשרת הערכה שיטתית של יכולות ההוראה של המשתתפים בתחומים כגון זיהוי תהליך פתרון, פרשנות של הבנה מתמטית והתייחסות מכבדת לתלמידים כמשתתפים בשיח המתמטי. לסוג זה של סימולציה מספר מגבלות, ובהן הקושי של מורי המורים המשחקים תלמידים לשחזר אינטראקציה אותנטית עם ילדים, היעדר אפשרות לחזרה על ההתנסות לצורך תרגול נוסף והאתגר שבהסתמכות על גורם אנושי חי שמקשה הטמעה רחבה. מגבלות אלה, ובמיוחד השתיים האחרונות, מעלות את הצורך בפיתוח סימולציות הניתנות ליישום בקנה מידה רחב.

על אף הגידול בשימוש בסימולציות מבוססות בינה מלאכותית יוצרת לקידום רספונסיביות בהוראת מתמטיקה (Son et al., 2024), העיסוק בספרות בסימולציות דיגיטליות אינכרוניות

ממוקדות תוכן בחינוך מתמטי נותר מוגבל. יוצאי הדופן הם מספר תרחישים בפלטפורמת Teacher Moments³ (Reich, 2022), שבה מורים מתנסים בתרחישים קצרים מבוססי קונפליקט, בין היתר בשיעורי מתמטיקה. למשל, באחד התרחישים באתר מורים מתנסים נדרשים להחליט כיצד לסייע לשלושה תלמידים הדנים בבעיה הקשורה לפונקציה קווית, כאשר אחד מהם מציג גישה שגויה. התרחישים מתוכננים מראש, לרבות תגובות התלמידים (אם כי בימים אלו מוצגות באתר גרסאות בטא המשלבות בינה מלאכותית יוצרת, המאפשרת אינטראקציות גמישות ודינמיות יותר). עבודתם של אבוד ואמפרין (Abboud & Emprin, 2024) מציעה דוגמה לפיתוח סימולציות דיגיטליות להוראת גיאומטריה מבוססת טכנולוגיה. הם הדגימו כיצד סימולציות יכולות לא רק לחשוף ידע ואמונות של מורים לגבי הוראת גיאומטריה אלא גם לעצב אותם מחדש. בין השאר הם מעלים את האפשרות ששילוב משוב מהסימולטור עשוי לתמוך בהבחנה בין פעולות של בנייה לעומת השערה בהוראה בסביבות גיאומטריה דינמיות. הסימולציה בפלטפורמת WeBabble (Svinvik et al., 2025) מאפשרת למורים להתנסות בנייה דיון מתמטי, ומחקר עליה המחיש כיצד היא מסייעת למורים להשתפר בתגובתם לאמירות בלתי צפויות של תלמידים.

עבודות של הרבסט ועמיתיו (Herbst et al., 2022) תיעדו את הפיתוח ואת החקר של סימולציות דיגיטליות אסינכרוניות ממוקדות תוכן, בהקשר של הוראת גיאומטריה. סימולציות אלו נבנו במסגרת מחקרים ארוכי טווח להבנת תהליכי קבלת החלטות של מורים למתמטיקה. במחקרים אלו עוצבו שיעורים מבוססי בעיות, שאותם לימדו מורות מנוסות. שיעורים אלו תועדו באמצעות וידאו, ונאספו בהם ארטיפקטים של תלמידים, אשר שימשו בסיס לבניית הסימולציה. המודל המתואר לעיל נשען על שילוב בין מודל זה לבין מודל מעגל ההתנסות והחקר של קזמי ואחרים (Kazemi et al., 2016).

מודל לפיתוח סימולציות להוראת מתמטיקה רספונסיבית

המודל לפיתוח סימולציות להוראת מתמטיקה רספונסיבית (ראו תרשים 2) מדגיש את חשיבותם של שני מרכיבים לעיצוב סימולציות אפקטיביות: אותנטיות ורלוונטיות, בשילוב שלבי הלמידה ההתנסותית לפי קולב (Kolb, 1984).

אותנטיות, רלוונטיות ושלבי הלמידה ההתנסותית בספרות על קירובי הוראה וסימולציות ישנה הסכמה כי סימולציה, מעצם הגדרתה, שומרת רק על חלק מסוים ממרכיבי הפרקטיקה האותנטיים. ניתן להבחין בין **אותנטיות טכנית**, כלומר הדמיה של מאפיינים חיצוניים של הכיתה האמיתית (כגון זמן, קולות או דימויי תלמידים), לבין **אותנטיות פדגוגית** הבאה לידי ביטוי בהתמודדות עם דילמות מהותיות, עם שיקולים פרקטיים ועם מורכבויות רגשיות ומקצועיות בעבודת הוראה (Howell & Mikeska, 2021). למשל,

לוינ ואחרים הבחינו, בהתבסס על עבודה אמפירית עם מורים, בין שלושה גורמים אשר תורמים לאותנטיות: היבטים פיזיים של סביבת התרחיש, היבטים הקשריים והיבטים התנסותיים (Levin et al., 2025). מכיוון שאותנטיות נחשבת למשפיעה על מידת המעורבות הרגשית והקוגניטיבית של המתנסים בסימולציה, היא מהווה שיקול מרכזי בעיצוב סימולציות חינוכיות. לצד העיסוק באותנטיות בספרות על סימולציה, נראה שהמושג רלוונטיות, כלומר עד כמה הסימולציה מותאמת להקשר של המורים המשתתפים, זכה להתייחסות מועטה יותר. בפרט טרם נבדק די הצורך כיצד אותנטיות ורלוונטיות משתלבות ופועלות יחד לחיזוק תרומת הסימולציה ללמידת מורים. מושג הרלוונטיות משתלב באופן טבעי עם מודל הלמידה ההתנסותית של קולב (Kolb, 1984). כאשר החוויה הקונקרטית נתפסת כרלוונטית להקשר של הלומד, גם עולה הסיכוי שהרפלקציה עליה תהיה משמעותית יותר, שהמושגים המופשטים שיגובשו יהיו מתורגמים להבנות ישימות, וששלב היישום הפעיל תתרחש למידה מעמיקה יותר. במחקר זה הסימולציה ממלאת את מקומה של החוויה הקונקרטית והרפלקטיבית, בעוד המעבר להוראה בכיתה משמש שלב של יישום ובחינה מחדש – תהליך שהאפקטיביות שלו תלויה לא רק באותנטיות של החוויה אלא גם ברלוונטיות שלה למורים עצמם. כדי להבטיח שעיצוב הסימולציה יישען על ממדים של אותנטיות ורלוונטיות בד בבד עם שלבי הלמידה ההתנסותית, המודל המוצג לעיל ממליץ לבסס אותה על שיעור מוכר ומהימן, לשלב בה ארטיפקטים אותנטיים ולהמשיך ולשפר אותה באופן תדיר תוך הסתמכות על התנסויות חוזרות של מורים בשיעור זה. המודל יוצג להלן בעזרת דוגמה מעיצוב סימולציה דיגיטלית אסינכרונית של שיעור מתמטיקה בכיתה י"א לתלמידים הלומדים 3 יחידות לימוד.



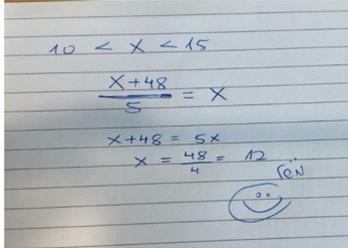
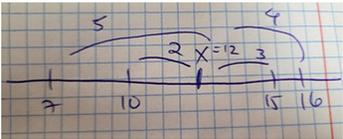
תרשים 2. מרכיבי המודל לעיצוב סימולציה ממוקדת תוכן

דוגמה: סימולציית הממוצע והחציון

הגרסה הראשונה של סימולציית הממוצע והחציון נבנתה בסביבת google form, תוך התבססות על שיעור מצולם של פרויקט עדש"ה: ייצוג בעזרת קומיקס של סיטואציות מהשיעור ושימוש בעבודות תלמידים וברעיונות שהם העלו במהלך השיעור (אך ללא שימוש בקטעי וידאו מהשיעור עצמו). הסימולציה עצמה כוללת שלושה חלקים: שלב ההכנה, שבו המשתתפים נחשפים לבעיה ומתבקשים לפתור אותה בדרכים שונות; שלב ההתנסות, שבו המשתתפים נחשפים למבנה הכללי של השיעור (הבעיה המתמטית שבמרכזו ומטרת השיעור) ומתמודדים עם החלטות פדגוגיות, כגון בחירה וסידור של עבודות תלמידים ומענה לשאלות תלמידים; ושלב הרפלקציה, שנועד לעיבוד ההתנסות ולהעמקת ההבנה. בסימולציה לא ניתן משוב פורמלי. לוח 1 מפרט את שלבי מודל העיצוב, כולל עיצוב תהליך הלמידה של המורים, בעזרת דוגמאות מסימולציית "הממוצע והחציון".

לוח 1. שלבי מודל העיצוב ודוגמאות מסימולציית "הממוצע והחציון"

שלב	פירוט ומרכיבים אותנטיים ורלוונטיים	ארטיפקטים ממחישים
1. בחירת שיעור	<ul style="list-style-type: none"> בחירת שיעור אשר מכיל דילמות הוראה, שיושם בכיתה אמיתית ונותח בעבר במסגרות התפתחות מקצועית. הבעיות המופיעות בשיעור יהיו רלוונטיות לתוכנית הלימודים וקשורות למטרות קוריקולריות ברורות. 	<p>השיעור "הממוצע והחציון" צולם בישראל בכיתה י"א 3 יח"ל. השיעור מופיע באתר עדש"ה (תחת השם "נפלאות הממוצע"). נכתבו עבורו חומרים מלווים, והוא נותח בעשרות מפגשי השתלמות. הבעיה בשיעור מתאימה לבגרות 3 יח"ל. לפניכם קבוצה של ארבעה מספרים: 7, 10, 15, 16. לקבוצה מוסיפים מספר נוסף x שערכו בין 10 ל-15. מהו המספר x, אם נתון שהממוצע של חמשת המספרים (ארבעת המספרים ו-x) שווה לחציון שלהם?</p>

ארטיפקטים ממחישים	פירוט ומרכיבים אותנטיים ורלוונטיים	שלב
<ul style="list-style-type: none"> עבודות תלמידים ומשפטים אשר הוטמעו בסימולציה בהשראת השיעור המקורי:  <p>"חציון שווה שכיח שווה ממוצע"</p> <ul style="list-style-type: none"> עבודת תלמידים שעוצבה כדי להציף רעיונות מתמטיים לגבי ממוצע: 	<ul style="list-style-type: none"> בחירת אירועים או צומתי החלטה בשיעור, שבהם יש צורך להבין את נקודת המבט של התלמידים. עיבוד האירועים מהשיעור המצולם לארטיפקטים של סימולציה: מעבר מווידאו לתיאור מילולי או בעזרת קומיקס, כתיבת שאלות סגורות או פתוחות הנוגעות לדילמות בסימולציה ופיתוח עץ החלטות בהתאם. לעיתים יש ליצור ארטיפקטים (למשל עבודות תלמידים) אשר לא הופיעו בשיעור המקורי. הדגשת האותנטיות בכתיבת התסריט לסימולציה, לדוגמה שימוש בכתב יד; התייחסות לזמן המוגבל של השיעור; פנייה בגוף שני למורים ("כיצד היית רוצה להציג את הבעיה לתלמידך?"). 	<p>2. עיצוב סימולציות הדורשות הוראה רספונסיבית</p>
	<ul style="list-style-type: none"> התנסות סימולטיבית בשיעור (דיגיטלית) רפלקציה על הסימולציה התנסות בכיתה רפלקציה על ההתנסות 	<p>3. עיצוב ויישום תהליך למידה למורים</p>
<ul style="list-style-type: none"> רעיונות חדשים של תלמידים יתווספו לסימולציה: "מה יקרה אם נוסיף שני מספרים?"  <ul style="list-style-type: none"> מתן דגש רב יותר לשלב שבו התלמידים מתמודדים עם הבעיה 	<ul style="list-style-type: none"> שימוש בארטיפקטים ואירועים מההתנסויות החדשות בשיעור, כמו גם תובנות מהרפלקציה, כדי לשפר ולעצב מחדש היבטים של הסימולציה 	<p>4. שיפור הסימולציה תוך התמקדות ברלוונטיות ובאותנטיות</p>

מטרת המחקר הנוכחי היא להבין כיצד מרכיבי המודל קשורים להזדמנויות למידה של מורים מהסימולציה. לפיכך, בהמשך המאמר אתאר את שיטות המחקר ששימשו להבנת שאלה זו ואת ממצאי המחקר.

מתודולוגיה

מחקר זה נשען על עקרונות של מחקר מבוסס עיצוב (design-based research) (Bakker, 2018). בגישה זו תהליך הפיתוח של כלי או מודל נבנה ונחקר לאורך מספר מחזורים הכוללים עיצוב, הפעלה, ניתוח ועריכת התאמות. המודל לעיצוב סימולציות נשען על עקרונות אלו ומפרש אותם בצורה ספציפית למקרה של עיצוב סימולציות מעודדות הוראה רספונסיבית במתמטיקה. כדי להמחיש את הזדמנויות הלמידה הטמונות בסימולציות הדיגיטליות שפותחו לפי מודל זה, אציג חקר מקרה של מורה מתחילה, שהתנסתה בסימולציה דיגיטלית ולאחריה לימדה שיעור זה בכיתה. המחקר הוא איכותני ואקספלורטורי, ומטרתו היא לזהות דפוסים אפשריים ולהעלות אפשרויות פרשניות. בהתאם לכך, הקידוד של הזדמנויות הלמידה של המורה עלה מתוך ניתוח אינדוקטיבי של הנתונים. המורה מלמדת מתמטיקה בתיכון מקיף במערכת החינוך הממלכתית-יהודית בישראל, ביישוב במעמד סוציאקונומי בינוני (אשכול חמש מתוך 10, לפי נתוני הלמ"ס). המחקר התבצע בעת שהייתה בשנה השלישית להוראה. המורה נבחרה למחקר בשל נכונותה לקחת חלק בתהליך הכולל התנסות דיגיטלית ולאחריה הוראה בכיתה, וכן בשל התאמתה ללוח הזמנים של המחקר. התקבלה הסכמה אתית לביצוע המחקר הן מוועדת האתיקה של המוסד הן מהמדען הראשי של משרד החינוך.

איסוף הנתונים

בהתאם לשאלת המחקר הראשונה, רוב הנתונים שנאספו קשורים לתהליך הלמידה של המורה, אשר כלל שיחת רקע מקדימה שבה היא תיארה את הקשר ההוראה שלה ואתגרים שעמדו בפניה; התנסות בסימולציה "הממוצע והחציון"; והוראת שיעור "הממוצע והחציון" שבוע לאחר ההתנסות. הנתונים שנאספו בתהליך זה וכן בתהליך עיצוב הסימולציה כוללים: מזכרי עיצוב (design memos) של הסימולציה; הקלטה של שיחה מקדימה; תיעוד (דוח google form) של האינטראקציות של המורה עם הסימולציה הדיגיטלית; הקלטת וידאו של המורה במהלך ההתנסות בסימולציה, כולל שיתוף המסך שבו השתמשה, תוך חשיבה בקול (המורה התבקשה לספר בקול רם על תחושות שעולות בה ביחס לאירועים בסימולציה ולדבר על התלבטויות או הפתעות שלה במהלך ההתנסות); רשימות שדה מהשיעור שלימדה והקלטת שמע משיחה שנערכה מיד לאחר אותו שיעור, שבמהלכה תיארה המורה קשרים בין ההתנסות הדיגיטלית להוראה בפועל.

ניתוח הנתונים

כל הנתונים המוקלטים תומללו. לאחר מכן ביצעה החוקרת ניתוח נושאי (Clarke & Braun, 2022) כדי לבדוק אילו הזדמנויות למידה ואתגרים הקשורים להוראת מתמטיקה רספונסיבית עולים מדברי המורה. בשלב הראשון קודדו הרפלקציות והתצפיות באופן פתוח כדי לזהות דפוסים

חוזרים. בשלב השני אורגנו קודים אלו תחת קטגוריות רחבות יותר שקשורות להזדמנויות ללמידה ונשענות מבחינה מושגית על ספרות של הוראה רספונסיבית במתמטיקה (למשל, פרקטיקות של בחירה וסידור) (Smith & Stein, 2018). במהלך הניתוח נעשתה בין היתר הבחנה בין שני סוגים של הזדמנויות למידה: תוך כדי הסימולציה (within), כולל תהליך הרפלקציה, והזדמנויות הקשורות לקשרים בין הסימולציה להוראה בפועל (between). הזדמנויות מהסוג הראשון כוללות קודים הקשורים לתובנות של המורה בזמן הסימולציה, הפתעות, פערים בהתייחסות לבעיה ופתרונה לאורך הסימולציה, הצדקות לקבלת ההחלטות וכיוצא בזה. הזדמנויות מהסוג השני זוהו בעזרת קישור בין רשימות השדה מהשיעור שלימדה המורה לבין השיחה שנערכה איתה לאחר השיעור, שבה לעיתים היא התייחסה מפורשות לסימולציה, כאשר תיארה את קבלת ההחלטות שלה. כך התאפשר לקשר בין הסימולציה, תצפית החוקרת בזמן השיעור והריאיון עם המורה. שני סוגי הזדמנויות אלו נותנים מענה לשאלת המחקר הראשונה. כדי לענות על שאלת המחקר השנייה זיהתה החוקרת קשרים בין התובנות שהעלתה המורה והזדמנויות הלמידה שהוזכרו למעלה ובין המודל, תוך התמקדות במרכיבי האוטנטיות והרלוונטיות בסימולציה.

לשם הגברת מהימנות הניתוח הפרשני נעשה שימוש בתהליך של member checking/ reflection (בדיקת הממצאים על ידי המשתתפים). המורה המשתתפת קראה את המאמר במלואו, לרבות תיאור הפרשנות שניתנה לממצאיו, והעירה על מידת התאמתו לחווייתה. תהליך זה שימש להבהרה ולדיוק הפרשנות, תוך שמירה על ההכרה בכך שמדובר במחקר איכותני ראשוני, המבוסס על מקרה יחיד ואינו מתיימר להכללה.

ממצאים

פרק זה יתאר את הזדמנויות הלמידה של המורה בזמן הסימולציה, בתווך שבין הסימולציה להוראה בכיתה ובמהלך ההתנסות בשיעור בכיתה. לאחר מכן תידון שאלת המחקר השנייה – כיצד הזדמנויות אלו קשורות למרכיבי המודל לעיצוב סימולציות דיגיטליות, וכיצד הן, בתורן, משפיעות על המשך פיתוח הסימולציה. הטענות המרכזיות בחלק זה הן כי התבססותן של סימולציות על שיעורים אמיתיים, לצד שילוב ארטיפקטים אותנטיים, מחזקת את הרלוונטיות של הכלי עבור מורים, וכי ההתנסות (בזמן סימולציה) בניתוח עבודות תלמידים ובתרגול תגובות פדגוגיות מאפשרת למורה ליישם פרקטיקות חדשות בהוראה בפועל. להלן אפרט את הממצאים המגבים טענות אלו, תוך כדי הבחנה בין הזדמנויות למידה במהלך ההתנסות בסימולציה ובמהלך ההתנסות בכיתה.

הזדמנויות למידה בזמן ההתנסות בסימולציה

הסימולציה אפשרה למורה התנסות פעילה שבמסגרתה עלו מגוון הזדמנויות ללמידה פדגוגית מתמטית, הקשורות לפתרון בעיה, להתייחסות לדרכי חשיבה אפשריות של תלמידים ולהחלטות מפתח פדגוגיות, כפי שיתואר להלן.

עיסוק בבעיה מתמטית, בדרכי הפתרון שלה ובהשתמעויות פדגוגיות

במהלך פתרון הבעיה בתחילת הסימולציה שיתפה המורה בתהליך החשיבה שלה באופן גלוי, כולל תחושת בלבול וניסיונות להגיע לפתרונות בעלי אופי שונה. המורה תיארה כי התהליך

הלא־ליניארי של מציאת הפתרון גרם לה לשים לב למורכבות הכרוכה במושגים "ממוצע" ו"חציון", ובאופן שבו הם משתנים כאשר נוספים איברים לקבוצה. לדוגמה, היא ציינה כי הבחינה בכך שדרך הפתרון ולפיה המספר x שנוסף לקבוצה זהה לחציון הקיים (12.5) איננה תקפה מתמטית, ותובנה זו הובילה אותה לבחון דרכים נוספות ולחשוב על השתנות החציון במצבים שונים. היא הוסיפה כי תהליך זה אפשר לה גם לחוות במידת מה את התסכול שתלמידים עשויים לחוות במפגש עם שאלות מסוג זה, מכיוון שלא הייתה לה היכרות מוקדמת עם הבעיה או עם בעיות דומות. בתהליך בדיקת הממצאים עם המורה (member checking/reflections) היא הוסיפה: "מכיוון שלא זיהיתי את הפתרון מיד, יכולתי לחקות את הלך המחשבה של תלמידים ולגייס את הכלים העומדים לרשותם לצורך התמודדות עם הבעיה".

טיפוח גמישות מחשבית ביחס לפתרונות של תלמידים

מרכיב מרכזי בסימולציה הוא ניתוח דרכי פתרון של תלמידים (כולל דרכים שגויות) ותרגול של שאילת שאלות או מתן תגובות אחרות לתלמידים. שלב זה עזר למורה להכיר דרכים מגוונות, לאמץ את נקודת המבט של התלמידים על הבעיה, וכן יצר עבור המורה הזדמנות לדמיין יישום אפשרי של השיעור בכיתה. היא שיערה כי רוב התלמידים יבחרו בדרך חישוב טכנית, אך הודתה שאין ביכולתה לצפות מראש כיצד יתנהלו הדברים: "הם כן יפתיעו אותי... זה כל הזמן קורה". במהלך ניתוח העבודות היא הביעה התלהבות מדרכים מסוימות ודיברה על מרכיבים אותנטיים ורלוונטיים בהן ("זה נראה כמו משהו שהתלמידים שלי יעשו"), והחלה לשקול כיצד ניתן למנף אותן לדיון בכיתה.

בחירה וסידור של פתרונות תלמידים

מרכיב מרכזי נוסף בסימולציה הוא בחירה וסידור של פתרונות תלמידים להצגה בדיון כיתתי (selecting and sequencing). פעילות זו, שבה המורה נדרשה לבחור שלוש עבודות מתוך שמונה להצגה בדיון כיתתי, תרמה לחשיבה של המורה על מטרות ההוראה ועל המסר המרכזי שברצונה להעביר, תוך מחשבה על האילוצים שתלמידיה מציבים בפניה ("הם מאוד מצפים לקבל, את יודעת, דיברנו על זה, סדר פעולות כזה, ומאוד נאטמים כשנדרשים לחשוב. והשאלה הזאת מדגישה את הצורך בלחשוב, בלהבין מה שואלים אותך"). היא שקלה את היתרונות ואת החסרונות של כל פתרון – האם הוא מדבר אל התלמידים? האם הוא מבלבל? האם הוא מעלה תובנה ייחודית? לאחר שבחרה שלושה פתרונות, היא גיבשה סדר הצגה שמתחיל בגישה נאיבית (מעבר על האפשרויות אחת־אחת – הגישה שהיא ציפתה שרוב התלמידים ישתמשו בה), לאחר מכן פתרון עם הסבר מילולי, המתייחס למהות המושגים ממוצע וחציון: "כי ניתן להסיק אותו כמסקנה אחרי שרואים את הפתרון הנאיבי", ולבסוף פתרון שמכיל טעויות כדי "שנבין יחד מה הייתה הבעיה בפתרון ובהבנה של השאלה". תהליך זה הוא דוגמה ללמידה מקצועית שמתרחשת "דרך עשייה" ובכוחה לתרום לשינוי בקבלת החלטות בכיתה.

הזדמנויות למידה (לא מתוכננות) בתווך שבין הסימולציה לכיתה אחת ההזדמנויות הייחודיות שהתאפשרו במסגרת הסימולציה האסינכרונית הייתה היכולת לשוב ולהתנסות בה מחדש, בזמן ובקצב המתאימים למורה. בשבוע שבין ההתנסות הראשונה ליישום בכיתה בחרה המורה להתנסות שוב בסימולציה, בצורה וולונטרית ושלא כחלק מהמחקר, מתוך כוונה לחדד את בחירותיה הפדגוגיות לקראת השיעור. התנסות חוזרת זו – שאינה מתאפשרת לרוב בסימולציות הכוללות שחקנים ומרכיבים סינכרוניים אחרים – סיפקה למורה, לדבריה, מרחב לתכנון השיעור ולהעמקה ברעיונות המתמטיים שלו; היא ציינה שהסימולציה סייעה לה לדמיין את מהלך השיעור ואת סדר הצגת הפתרונות. במילים אחרות, המורה השתמשה בסימולציה כמשאב רלוונטי עבור ההוראה שלה.

הזדמנויות למידה בזמן ההוראה בפועל לאחר ההתנסות בסימולציה הוראת השיעור לאחר ההתנסות בסימולציה אפשרה למורה לבחון מחדש את שיקול הדעת הפדגוגי שלה, להפגין גמישות ולהעמיק בהבנת מטרות ההוראה שלה. הסימולציה שימשה בסיס לתכנון, אך ההתרחשויות הבלתי צפויות בכיתה הביאו את המורה לזהות מצבים חדשים ולפעול בהם בדרכים שלא היו מוכרות לה קודם. בכך בא לידי ביטוי הפוטנציאל של הסימולציה לתרום ללמידה התנסותית של המורה בזמן ההוראה ממשית, וכן להשתמש בהתנסות הסימולטיבית כמשאב רלוונטי. לוח 2 מתאר קשרים בין התנסויות בפרקטיקות שונות בסימולציה לבין מהלכי הוראה בשיעור מנקודת מבטה של המורה המתנסה, על פי דבריה בשיחת התחקור שנעשתה מיד לאחר השיעור.

לוח 2. קשרים בין ההתנסות להוראה בפועל

התנסות בפרקטיקה בסימולציה	עזרה לפיתוח פרקטיקה רספונסיבית בשיעור	דוגמה מהתמלול
זיהוי אסטרטגיות תלמידים והשהיית שיפוט	יכולת לתת לתלמידים יותר זמן לחשיבה, נסיגה מנכונות, עידוד לדרכים נוספות	"ידעתי לחפש פתרונות שונים, שזה משהו שכנראה לא הייתי מצליחה, ידעתי שאני גם, כאילו, פחות בקלות... לא נתתי לאף אחד פתרון. אני חושבת שזה שיכולתי להחזיק בראש כמה סוגי פתרונות, עזר לי לא לכוון אותם לפתרון ספציפי. [...] מאוד מאוד השתדלתי כל פעם, כאילו, לקחת ממש <i>literally</i> צעד אחורה, כשאני מרגישה שאני הולכת לחשוף משהו שאני לא רוצה." "עצם זה שהסתכלתי לפני כן על דרכי פתרון שונות, אז יכולתי יותר בקלות להתגמש או לראות פתרון, ואז להגיד, אה, אוקיי, זה יכול להוביל לסוג פתרון כזה, 'תמשיך, יופי'. זה, 'אה, זה כיוון אחר, יופי'. ולא להסתכל ואז להגיד, רגע, זה עובד, זה לא עובד."

דוגמה מהתמלול	עזרה לפיתוח פרקטיקה רספונסיבית בשיעור	התנסות בפרקטיקה בסימולציה
<p>"לא ידעתי כל כך באמת איזה פתרונות אני רוצה להציג, וכאילו, סך הכול רובם עשו כזה שני פתרונות. כאילו, רובם עשו או בעצם לקחת את הממוצע ולהוסיף אותו בתור החציון החדש, או לנסות מספר מספר."</p> <p>"ואז הייתי כזה, רגע, איזה פתרון אני מציגה? ואז אמרתי, טוב, גם ככה עם הכיתה הזאת, עם כיתות בכללי, כאילו, לנדב מישוהו לעלות אל הלוח זה לא כזה נעים, אז נתתי להם להציג ו... לא יודעת, רציתי שהם יראו שזה פתרונות שמתקשרים."</p> <p>"תלמידה 1 פשוט מאוד התעניינה בפתרון של תלמידה 2, וראיתי שהפתרון שלה אחר, אמרתי, יאללה, בואי, בואי נחפש את ההבדלים בין הפתרונות."</p>	<p>דין מפורש בקשרים בין פתרונות והכרה ביתרון של היבט זה לתלמידים, אף שלא נעשו בחירה וסידור</p>	<p>התנסות בבחירה ובסידור של פתרונות תלמידים</p>
<p>בסימולציה המורה כתבה שמטרתה בשיעור היא "העמקת ההבנה על מושגי הממוצע והחציון, התנסות בחשיבה מופשטת יותר".</p> <p>בשיעור עצמו הבינה המורה (לדבריה) שהתפיסה של התלמידים לגבי ממוצע וחציון חלשה, ולכן בחרה שלא להציג כלל את הפתרון בעזרת משוואה, והתחילה מהפתרון שמדגיש את מהות הממוצע.</p>	<p>הדגשת המסר המתמטי העיקרי ללא כניסה לפרטי חישובים</p>	<p>ניסוח מטרות מתמטיות ברורות לשיעור</p>
<p>"אני לא ידעתי לענות לה על חלק מהשאלות. מה עושים, אם מוסיפים שניים [שני מספרים], היא כאילו, את כל השאלות האלה שואלת מתוך איזה פחד כזה של אני צריכה לדעת חומר לבגרות, ומצד שני, שואלת שאלות מהממות."</p>	<p>הקשבה מתמטית (גם אם לא כל השאלות נענו)</p>	<p>מענה לשאלות תלמידים בדיוניים</p>

לסיכום, ההוראה בפועל לאחר ההתנסות בסימולציה אפשרה למורה להתנסות בשטח בפרקטיקות חדשות שתרגלה על תלמידים המיוצגים כאוטורים. הממצאים מצביעים על כך שהסימולציה לא רק שימשה כהכנה לשיעור, אלא הפכה למשאב מתמשך בתהליך קבלת ההחלטות בכיתה. לדבריה, היא הצליחה לזהות יותר רעיונות מתמטיים בפתרונות של התלמידים, שהתה את השיפוטיות לגביהם, התנסתה בהקשבה מתמטית והוציאה לפועל מטרות פדגוגיות מורכבות תוך התאמה למציאות המשתנה של השיעור. בכך תרמה הסימולציה לחיזוק פרקטיקות רספונסיביות, שמבוססות על הבחנה בנקודות המבט של התלמידים ועל גמישות בהתאם להן.

הקשר בין מרכיבי המודל לעיצוב סימולציות דיגיטליות להזדמנויות הלמידה של המורים ותומותן של התובנות מהתנסויות אלו לעיצוב מחודש של הסימולציה בחלק זה אדגים כיצד הזדמנויות הלמידה שתוארו לעיל עשויות להיות מוסברות, לפחות בחלקן, באמצעות רכיבי הליבה של המודל – ובייחוד בחירת שיעור מהימן, שימוש בארטיפקטים פדגוגיים אותנטיים ותכנון מחזור למידה הכולל התנסות, רפלקציה והוראה בכיתה, ואתמקד ברכיבים האותנטיים והרלוונטיים בשלבים אלה.

הבחירה בבעיה מתוך חומרי הבגרות, שיש לה מטרות תוכן ברורות והיא נמצאת על התפר בין פרוצדורה לחשיבה מתמטית, חיזקה את ממד הרלוונטיות של הסימולציה. עבור המורה, הדבר סייע למקם את השאלה באופן הגיוני ברצף ההוראה ולנסח תגובות מתאימות במהלך ההתנסות. מרכיב מרכזי נוסף שהשפיע על הזדמנויות הלמידה היה עיצוב הארטיפקטים – פתרונות תלמידים שנבחרו בקפידה כדי להציג שוני בין אסטרטגיות, טעויות נפוצות וקישור לנושאים אחרים שנלמדו. המורה סיפרה שהשימוש בכתב היד יצר עבורה תחושה מוחשית, כאילו היא "שומעת את התלמידים" – תחושה שניתן לראות בה תרומה לחיזוק ממד האותנטי של הסימולציה. תהליך הרפלקציה, שבא לידי ביטוי גם בהתנסות חוזרת בסימולציה, תרם לכך שהסימולציה שימשה לא רק כהכנה לשיעור אלא ככלי תכנוני פעיל, שהמורה חזרה אליו כדי לדמיין תרחישים כיתתיים, לתרגל ניסוחים ולחדד בחירות דידקטיות.

הזדמנויות הלמידה שהתרחשו בשדה, כמו גם פוטנציאל ללמידה שלא מומש, יכולים לסייע בעיצוב של גרסאות משופרות של הסימולציה. ההוראה בכיתה שימשה כמעין "מבחן מציאות" לרעיונות שעלו בסימולציה, והובילה לתובנות לגבי הצורך להאריך חלקים מסוימים בסימולציה שנחוו כמאתגרים בכיתה (ראו בהמשך), כמו גם להוסיף אליה אילוצים הקשורים לאינטראקציות עם תלמידים שהן מעבר למתמטיקה. לדוגמה, תוך כדי השיעור נתקלה המורה בדילמות אלה: האם להכניס לשיעור תלמידים שאיחרו? כיצד להתייחס לתפקוד המתמטי של תלמיד שעובר משברים אישיים? כיצד להתמודד עם תלמידים שמביעים התנגדות למהלך השיעור? נוסף על כך, רעיונות מתמטיים אשר לא הופיעו בסימולציה המקורית נאספו מהשדה וישמשו לשיפור הגרסה הבאה.

שלב התחקור לאחר ההוראה בפועל שימש מרכיב מפתח לקשירת החוויה כולה – סימולציה, הוראה ורפלקציה – לכדי מסקנות על הוראה בכלל. בשלב זה התבהר למורה כיצד הסימולציה עזרה לה להתכונן לשיעור ומה הפתיע אותה, ודרך שלב זה עלה הצורך לעדכן את הסימולציה, כך שתכיל גם אינטראקציות עם תלמידים מעבר לחומר המתמטי. זאת ועוד, עלתה תובנה חשובה הנוגעת לשלב העבודה העצמית של התלמידים. המורה ציינה כי שלב זה, שבו התלמידים מתמודדים לראשונה עם בעיה חדשה בעצמם (כלומר כזו שדורשת יצירתיות והתמודדות לא שגרתית), מהווה נקודת מפתח פדגוגית: "שם הם נוטים לוותר, ושם גם אני מוותרת להם". אמירה זו מצביעה על הצורך לעדכן את הסימולציה כך שתקדיש זמן ניכר לחלק העבודה העצמית בשיעור, לפחות עבור מורים אשר מזהים חלק זה כחולשה שהם רוצים להתמודד

איתה. במסגרת תהליך בדיקת הממצאים הוסיפה המורה כי ייתכן שכדאי להכניס לסימולציה שלב אשר מסייע למורים להתאים את הבעיה לתלמידים ה"נוטים לוותר", כך שיקבלו תמיכה נוספת בשלב הצגת הבעיה.

דיון, מגבלות וכיוונים להמשך המחקר

מאמר זה הציג מודל לעיצוב סימולציה ממוקדת תוכן לפיתוח פרקטיקות הוראה רספונסיביות בקרב מורים למתמטיקה, והדגים את המודל בעזרת חקר מקרה. ממצאי חקר המקרה מלמדים כי סימולציה המתמקדת בעבודות תלמידים ובקבלת החלטות בעזרת הדגמה של אותנטיות פדגוגית, מספקת למורה מרחב המעודד חיבור בין ידע מתמטי למטרות פדגוגיות; המורה סיפרה כי עבודות התלמידים סייעו לה בקבלת החלטות בזמן אמת ועודדו אותה לגלות גמישות רבה יותר כלפי רעיונות התלמידים ולהתמקד במשמעות המתמטית המרכזית ולא רק בפרטי חישובים. תובנה זו מצביעה על הפוטנציאל של עבודות תלמידים לשמש מתווך בין ידע התוכן לבין פרקטיקות ההוראה. באופן כללי, מסקנה אפשרית מחקר המקרה היא שיייתכן שסימולציות מהסוג המתואר מתאימות במיוחד למורים מתחילים וחדשים, אשר נדרשים לגשר בין ידע תאורטי שנרכש במהלך ההכשרה לבין מציאות כיתתית מורכבת – מספר תלמידים גדול, רעיונות מגוונים של תלמידים והידרשות לקבלת הכרעות פדגוגיות מהירות.

המקרה מצביע על החשיבות שבפיתוח מומחיות הן בידע מתמטי ספציפי והן בפרקטיקות הוראה רספונסיביות כדי לממש הוראה דיאלוגית בשיעורי מתמטיקה, אך נדרשים מחקרים נוספים כדי לבחון סוגיה זו בקרב מורים אחרים ובהקשרים רחבים יותר. במקרה הנוכחי סייעה הסימולציה בטיפוח ידע מתמטי אשר קשור להוראה. המחקר קורא להמשך פיתוח של סימולציות ממוקדות תוכן בד בבד עם היבטים של ניהול כיתה והקשרים חברתיים.

לתרומת המחקר מספר רבדים. ראשית, הוא מציע הסתכלות חדשה על עיצוב סימולציות, בכך שהוא מדגיש את השילוב בין אותנטיות לרלוונטיות כקריטריון מרכזי בעיצוב חוויית הלמידה. שנית, הוא תורם לקהילה הצומחת של סימולציות בהוראת המתמטיקה (Castro Superfine et al., 2025; Svinvik et al., 2025) ומוסיף הבנה ייחודית לגבי הפוטנציאל של סימולציות ממוקדות תוכן לתמוך בהתפתחות מקצועית של פרחי הוראה ומורים מתחילים. שלישית, מבחינה תאורטית המאמר תורם להבנה מעמיקה יותר של קשרים אפשריים בין התנסות לפרקטיקה פדגוגית. הוא מראה כי התנסות בסימולציה אינה רק שלב מקדים להוראה אלא תהליך המאפשר למורה לפתח שיקול דעת, לחדד מטרות מתמטיות ולהתנסות בפענוח של עבודות תלמידים. במילים אחרות, ייתכן כי הפרקטיקות החדשות נוצרות מתוך ההתנסות ולא רק מתממשות אחריה. המאמר מציג את חשיבותו של ממד הרלוונטיות ומציע הסתכלות מחודשת על מושג האותנטיות, אשר תומכת בסיווג שהציגו לוין ואחרים (Levin et al., 2025): הוא מראה כי חוויות אותנטיות אינן מחייבות נוכחות של תלמידים אמיתיים, אלא יכולות להיווצר גם דרך ארטיפקטים שמדמים מצבי הוראה מורכבים. בכך, המאמר תורם לדיון בשאלה אם הוראה רספונסיבית יכולה להילמד דרך אינטראקציות שאינן אנושיות.

לצד התרומה המחקרית, חשוב להצביע על מגבלות הנובעות מהיותו של המחקר חקר מקרה אקספלורטורי. ראשית, המחקר התמקד בהתנסות יחידה של מורה אחת, ולכן אין מטרתו להציע הכללות רחבות אלא להמחיש כיצד ניתן לפרש את תרומת הסימולציה בהקשר מסוים. שנית, ניתוח התהליכים בוצע ברובו מתוך נקודת מבטה של המורה עצמה, מה שמגביל את היכולת להבין כיצד סימולציות אלו משפיעות בפועל על התלמידים בכיתה. כמו כן, מאחר שהסימולציה עסקה בשיעור אחד בלבד, לא נבחן האופן שבו שימוש עקבי או חוזר בסימולציות עשוי לתרום להתפתחות מקצועית מתמשכת לאורך זמן. בהמשך יהיה מעניין לבחון כיצד סימולציות מהסוג המתואר פועלות בקרב מורים בשלבים שונים של הקריירה ובתחומי תוכן נוספים במתמטיקה. מחקר עתידי יכול גם לעקוב אחר שינוי בפרקטיקות לאורך זמן, או לבחון את ההשפעה של שיח עמיתים סביב הסימולציה.

אף שלא נצפו קשיים הקשורים למידת האוטנטיות של הסימולציה, הודות לשימוש בחומרים אמיתיים מעבודת תלמידים, בשפה כיתתית ובדילמות רלוונטיות, היעדר אינטראקטיביות ישירה עם תלמידים (כפי שמתאפשר, למשל, בסימולציה עם שחקנים) עשוי להוות מגבלה בכל הנוגע לאימון בתגובות בזמן אמת. עם זאת, ממצא זה מדגיש את הפוטנציאל של סימולציות ממוקדות תוכן לשמש שלב ביניים מהותי בתהליך ההתמקצעות: הן מאפשרות מרחב התנסות ראשונית נטול השלכות וכן פניות רגשית וקוגניטיבית ושהות לעיבוד ההתנסות – תנאים חשובים במיוחד עבור מורים בראשית דרכם. שילוב של רכיבים אינטראקטיביים או תרחישים פתוחים יותר בגרסאות עתידיות, למשל באמצעות בינה מלאכותית יוצרת (ראו Schwartz & Czaczkes, submitted), עשוי להעמיק את ההבנה של תגובות בזמן אמת ולהרחיב את טווח ההתנסויות המדומות, כך שישקפו באופן נאמן עוד יותר את מורכבות ההוראה בפועל.

לנוכח המחסור הקיים בסימולציות דיגיטליות אסינכרוניות, ובפרט כאלה שממוקדות בתוכן הדיסציפלינרי ובפרקטיקות רספונסיביות, המחקר הנוכחי מציע כיוון חדש לעיצוב כלים התומכים בהתפתחות מקצועית. המודל שהוצג במאמר מדגיש את חשיבות הקשרים בין תכנון, התנסות, רפלקציה והוראה בפועל. הוא מדגים כיצד שימוש בארטיפקטים אותנטיים ובמשוב מעצב ולא מסכם ובחירת חומרי הוראה רלוונטיים למציאות המורים יכולים לאפשר למורים לפתח פניות, גמישות ופדגוגיה רספונסיבית גם מחוץ לסימולציה עצמה.

מקורות

יבלון, י', אילוז, ש' ואיזנהמר, מ' (2022). התנסות סימולטיבית בהוראה ובלמידה: היבטים תאורטיים ומחקריים. מכון מופ"ת.

Abboud, M., & Emprin, F. (2024). Classroom simulators: A new training approach to investigate teachers' professional knowledge and support its development. In T. Lowrie, A. Gutiérrez, & F. Emprin (Eds.), *Proceedings of the twenty-sixth ICMI study: Advances in Geometry education* (pp. 135–142). Université de Reims Champagne-Ardenne.

- Bakker, A. (2018). *Design research in education*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203701010>
- Castro Superfine, A., Amador, J., Bragelman, J., Tyminski, A., & Barnes, G. (2025). Exploring the use of teaching simulations to support prospective teacher noticing. *ZDM–Mathematics Education*, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11858-025-01729-5>
- Clarke, V., & Braun, V. (2017). Thematic analysis. *The Journal of Positive Psychology*, 12(3), 297–298.
- Clarke, V., & Braun, V. (2022). *Thematic analysis: A practical guide*. SAGE Publications, Ltd.
- Codreanu, E., Sommerhoff, D., Huber, S., Ufer, S., & Seidel, T. (2021, April). Exploring the process of preservice teachers' diagnostic activities in a video-based simulation. *Frontiers in Education*, 6, 626666. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.626666>
- Collins, A., Brown, J. S., & Holum, A. (1991). Cognitive apprenticeship: Making thinking visible. *American educator*, 15(3), 6–11.
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Macmillan Company.
- Dieker, L. A., Rodriguez, J. A., Lignugaris, B., Hynes, M. C., & Hughes, C. E. (2014). The potential of simulated environments in teacher education: Current and future possibilities. *Teacher Education and Special Education*, 37(1), 21–33. <https://doi.org/10.1177/0888406413512683>
- Dotger, B., Masingila, J., Bearkland, M., & Dotger, S. (2015). Exploring iconic interpretation and mathematics teacher development through clinical simulations. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 18(6), 577–601. <https://doi.org/10.1007/s10857-014-9290-7>
- Gibson, D. (2007). SimSchool and the conceptual assessment framework. In D. Gibson, C. Aldrich, & M. Prensky (Eds.), *Games and simulations in online learning: Research & development frameworks* (pp. 308–322). Idea Group.
- Grossman, P., Compton, C., Igra, D., Ronfeldt, M., Shahan, E., & Williamson, P. W. (2009). Teaching practice: A cross-professional perspective. *Teachers College Record*, 111(9), 2055–2100. <https://doi.org/10.1177/016146810911100905>
- Herbst, P., Shultz, M., Bardelli, E., Boileau, N., & Milewski, A. (2022). How can teaching simulations help us study at scale the tensions mathematics teachers have to manage when considering policy recommendations? *Educational Studies in Mathematics*, 110(1), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10118-0>
- Howell, H., & Mikeska, J. N. (2021). Approximations of practice as a framework for understanding authenticity in simulations of teaching. *Journal of Research on Technology in Education*, 53(1), 8–20. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1809033>

- Kazemi, E., Ghouseini, H., Cunard, A., & Turrou, A. C. (2016). Getting inside rehearsals: Insights from teacher educators to support work on complex practice. *Journal of Teacher Education*, 67(1), 18–31. <https://doi.org/10.1177/0022487115615191>
- Kinsey, D., Mikeska, J. N., Howell, H., & Bharaj, P. K. (2024). Examining the connection between preservice teachers' discussion performance in a mixed reality teaching simulation with their self-reported goals and success in facilitating discussions. *Computers & Education: X Reality*, 5, 100071
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Levin, O. (2024). Simulation as a pedagogical model for deep learning in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 143, 104571. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2024.104571>
- Levin, O. (2025). 'Do not harm': Dealing with teaching-related challenges through the technology of simulation-based learning. *Technology, Pedagogy and Education*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2025.2553582>
- Levin, O., Frei-Landau, R., Flavian, H., & Miller, E. C. (2025). Creating authenticity in simulation-based learning scenarios in teacher education. *European Journal of Teacher Education*, 48(2), 291–312. <https://doi.org/10.1080/02619768.2023.2175664>
- Levin, O., & Segev, Y. (2023). Preservice literature teachers' insights gained from online clinical simulation within disciplinary training. *L1-Educational Studies in Language and Literature*, 22, 1–19. <https://doi.org/10.21248/l1esll.2023.22.1.381>
- Mikeska, J. N., Howell, H., & Kinsey, D. (2023). Do simulated teaching experiences impact elementary preservice teachers' ability to facilitate argumentation-focused discussions in Mathematics and Science? *Journal of Teacher Education*, 74(5), 422–436. <https://doi.org/10.1177/00224871221142842>
- Reich, J. (2022). Teaching drills: Advancing practice-based teacher education through short, low-stakes, high-frequency practice. *Journal of Technology and Teacher Education*, 30(2), 217–228.
- Robertson, A. D., Scherr, R. E., & Hammer, D. (Eds.). (2016). *Responsive teaching in science and mathematics*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315689302>
- Samuelsson, M., Samuelsson, J., & Thorsten, A. (2022). Simulation training—a boost for pre-service teachers' efficacy beliefs. *Computers and Education Open*, 3, 100074. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100074>
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Routledge.
- Schwartz, G., & Czaczkes, S. (submitted). Implicit formative feedback in AI-Based simulations for assessing mathematically responsive teaching. *The 2nd Feedback and Assessment in Mathematics Education conference (FAME2)*.

- Schwartz, G., Herbst, P., & Brown, A. (2025). Harnessing asynchronous digital simulations of problem-based lessons to support mathematics teachers' professional development: A design-based approach. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 1883–1916. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10514-x>.
- Shaughnessy, M., & Boerst, T. (2018). Designing simulations to learn about preservice teachers' capabilities with eliciting and interpreting student thinking. In G. Stylianides & K. Hino (Eds.), *Research advances in the mathematical education of pre-service elementary teachers – An international perspective* (pp. 125–140). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68342-3_9
- Smith, M. S., & Stein, M. K. (2018). *5 practices for orchestrating productive mathematics discussions*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Son, T., Yeo, S., & Lee, D. (2024). Exploring elementary preservice teachers' responsive teaching in mathematics through an artificial intelligence-based Chatbot. *Teaching and Teacher Education*, 146, 104640. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2024.104640>
- Svinvik, S., Asklund, J. O., & Gjøvik, Ø. (2025). Using a simulated environment to enable pre-service teachers to engage in productive mathematical discussion. *Research in Mathematics Education*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/14794802.2025.2481389>
- Zuckerman, D., Yablon, Y. B., & Iluz, S. (2024). The role of simulation in exposing hidden gender biases: A study of motivational discourse in mathematics education. *Education Sciences*, 14(11), 1265. <https://doi.org/10.3390/educsci14111265>