

ההשפעות של הוראה מבוססת משחק מחשב על תהליכי למידה של תלמידים מתקשים במתמטיקה

יפעת בן דוד קוליקנט
האוניברסיטה העברית בירושלים
yifat.kolikant@mail.huji.ac.il

אורית ברוזה
האוניברסיטה העברית בירושלים,
עמותת סנונית לקידום החינוך המתקשב
oritbroza1@gmail.com

The Influences of Computerized Instructional Games on the Learning of Arithmetic for Low Achievers

Orit Broza
The Hebrew University,
Snunit Center For the Advancement of
Web Based Learning

Yifat Ben-David Kolikant
The Hebrew University

Abstract

This article describes a design-based research of a learning environment for teaching decimal numbers to low achieving students. The purpose is to enhance learning processes and to promote meaningful knowledge building. Accordingly, the design is based on three theoretical frameworks: learning in context, game-based learning – scaffolded by additional learning units, and teacher mediation. Two groups, comprising all together 23 students, participated in extracurricular activities, a year apart, each for 8 weeks. Data were obtained from 34 videotapes and 20 recorded computer sessions. Analysis of the first session indicates that learning was impeded by the time limit imposed by the game, the teacher's attempts to divert the students' attention, and lack of uniformity in the mathematical representations. Changes were therefore introduced in the second session, including cutting computer time, smoothing the transition from the realistic to formal context, standardizing social and sociomathematical norms, and synergizing scaffoldings. Significant behavioral and cognitive changes were observed in 84% of the students, suggesting, inter alia, that low achieving students are able to participate in meaningful mathematical discussions. The game and the additional learning units proved an effective teaching tool, but had to be supplemented by an explicitly stated requirement to abide by acceptable social norms.

Keywords: Game based learning, sociomathematical norms, scaffoldings, mediation.

תקציר

המאמר מתאר מחקר עיצוב של סביבה לימודית חדשנית להוראת חיבור וחסור שברים עשרוניים לתלמידים מתקשים במתמטיקה, המבוססת על שלושה עולמות תיאורטיים: למידה בהקשר, למידה מבוססת משחק בשילוב חלונות למידה ותיווך של מורה. הסביבה עוצבה כדי לנסות ולתת מענה לקשיים של התלמידים במתמטיקה ולערב אותם באופן פעיל בבניית הידע. 23 תלמידים השתתפו בלמידה בקבוצות קטנות במהלך 8 שבועות, בשני סבבים. הנתונים

שנאספו כללו 34 קלטות וידאו ו-20 צילומי וידאו של מסכי המחשב ומבעי התלמידים. מניתוח הסבב הראשון נמצא כי לחץ הזמן במשחק, תחרות המורה עם המחשב וחוסר אחידות בייצוגים המתמטיים הכשילו למידה בסביבה. כתוצאה מכך נעשו שינויים משמעותיים והסבב השני אופיין על ידי זמן מחשב קצר יותר במהלכו ניתנה עדיפות לחלונות למידה משחקיים שאינם תלויי זמן, מעבר דידיקטי עדין מהמוחשי למופשט, בקרה עצמית בסביבת המחשב ופיתוח נורמות חברתיות וחברתיות מתמטיות של דיון. הלמידה בסבב השני אופיינה בסינרגיה בין הפיגומים בסביבה, מה שהוביל לכך ש-82% מהתלמידים הצליחו לשנות חלק מדפוס ההתנהגות האופייניים לתלמידים מתקשים, לבנות אסטרטגיות חישוב המבוססות על משמעות, ולהשתמש בידע זה בהקשרים שונים. מסקנה מרכזית היא שתלמידים חלשים יכולים להגיע לשיח מתמטי עשיר. המשחק וחלונות הלמידה היוו כלי יעיל להוראה לתלמידים אלה, אך נדרשת גם הפנמה של נורמות חברתיות מתמטיות שמעודדות למידה של משמעות.

מילות מפתח: למידה ממשחק מחשב, נורמות חברתיות מתמטיות, פיגומים ותיווך.

מבוא ורקע תיאורטי

תלמידים מתקשים במתמטיקה בדרך כלל מאופיינים בהיעדר חוש למספרים, חסכים במיומנויות מטה קוגניטיביות, והיעדר תחושת אחריות פנימית ללמידה. לפיכך, הם מרבים לטעות, חווים כישלונות חוזרים ונשנים, הם חסרי מוטיבציה והופכים להיות פאסיביים מאוד (Goldman, 1989; Geary, 2004).

אחד האתגרים המרכזיים בהוראת מתמטיקה לתלמידים אלה הוא לערב אותם באופן פעיל בבניית הידע המתמטי מתוך הבנה, ולהימנע מלמידה רוטינית של פרוצדורות (Haylock, 1991). כדי להתמודד עם אתגר זה עיצבנו סביבת למידה עשירה במשאבים המבוססת על שלושה עקרונות תיאורטיים ומחברת ביניהם: (א) למידת מתמטיקה בהקשר רלוונטי לחיי היום יום, (ב) שילוב משחק מחשב וחלונות למידה ו-(ג) פיגומים ותיווך של מורה.

למידה בהקשר יומיומי שואפת לאוטנטיות ורלוונטיות של התכנים המתמטיים, (Gravemeijer & Doorman, 1999) כדי ליצור מעורבות רבה יותר של התלמידים המתקשים. למשחק באופן טבעי יש את הפוטנציאל לגרום לתלמידים להיות אקטיביים ולא פאסיביים בכך שהוא מאפשר ניסוי וחקר, ללא חשש מפני כישלון (Squire, 2008; Gee, 2007). בכדי לקשר בין הידע שנלמד במשחק לידע מופשט יותר נעשה שימוש בחלונות הלמידה שהם פעילויות מתוקשבות תומכות במשחק (ברוזה וברזילי, 2010).

כדי להימנע מהתנהגות בלתי רצויה של ניסוי וטעייה לא הפקת לקחים, אשר לגיטימית בסביבת מחשב (Carroll & Rosson, 1987) ולסייע ללומדים לקשר בין הידע שנבנה במשחק לידע מחוץ למשחק (Klawe, 1999), הוראה בסביבה כוונה לשים דגש על פיתוח נורמות התנהגות סוציו-מתמטיות (Yackel & Cobb, 1996), לספק פיגומים ו"מטה פיגומים" אשר מטרתם להעמיק את משמעות הפעולות של התלמיד עם הכלים המתווכים ולסייע בקישור הסיטואציה לידע מופשט יותר (Mariotti, 2000; Pea, 2004). כאשר הפיגומים השונים (במחשב או בתיווך המורה) מתקשרים אחד עם השני ומכוונים לאותו צורך, נוצר אפקט סינרגטי (Tabak, 2004) אשר יכול להוביל ללמידה משמעותית.

קונטקסט המחקר

ההוראה בסביבה עסקה בחיסור שברים עשרוניים באמצעות משחק "הגלידרייה" (http://kids.gov.il/money_he/glideriya.html) וחלונות למידה אשר פותחו על ידי עמותת סנונית לקידום החינוך המתקדם. במהלך המשחק, התלמיד נדרש לקבל הזמנות מהלקוחות, להכין אותן, לחשב

את עלות ההזמנה, לקבל את הכסף ולתת עודף, בזמן נתון. תוך כדי משחק, נזקקים התלמידים ליכולת לייצג את הכסף בשפה מתמטית ושימוש יעיל באסטרטגיות לחישוב עודף. חלונות הלמידה מסייעים בבנייה של המיומנויות הללו.

על מנת לעודד למידה פעילה וקבלת החלטות משותפת, רוב הזמן התלמידים שיחקו בזוגות מול המחשב. בזמן זה המורה נמצאה תמיד ברקע, מתבוננת בקשיים ובדרכים בהם התלמידים פועלים, ובמידת הצורך מתערבת. לאחר מכן התקיים דיון בקבוצה על הדרכים השונות לפתור בעיות עודף, טיפול במצבי תקיעות והתמודדות עם בעיות דומות בע"פ או בכתב.

מטרת המחקר היתה לבחון ולאפיין את דפוסי האינטראקציה של התלמידים והמורה בסביבה החדשה, ולבדוק האם וכיצד התרחשה למידה. למידה הוגדרה כאימוץ של פיגומים, פרקטיקות ונורמות סוציו-מתמטיות שתיווכה המורה ושימוש עצמאי בהם בהקשרים שונים בסביבה.

מתודולוגיה

התבססנו על המתודולוגיה של מחקרי העיצוב במדעי הלמידה (Brown, 1992) איסוף הנתונים נערך בשני סבבים. נתוני הסבב הראשון נותחו באופן ראשוני והממצאים יושמו לקראת הסבב השני.

המחקר הקיף 23 תלמידי כיתה ה' מתקשים אשר לא אובחנו כלקויי למידה. הסבב הראשון כלל 12 תלמידים, הסבב השני כלל 11 תלמידים (סה"כ שש קבוצות). למחקר הוקצתה מורה שהוכשרה ע"י החוקרת ולימדה בשני הסבבים. המחקר התקיים בקבוצות קטנות של עד ארבעה תלמידים, במשך שמונה שיעורים במהלך יום הלימודים, בשעות רוחב בית ספריות, במסגרת שעות המתמטיקה.

שאלות המחקר

1. מהי ההתפתחות בדפוסי האינטראקציה של התלמידים והמורה בסביבה לאורך כל תקופת המחקר?
 1.1 אילו דפוסים חדשים מופיעים אצל המורה ואצל התלמידים במהלך המחקר שלא הופיעו בתחילתו?
 1.2 מה הייתה ההשפעה של דפוסים אלו על הלמידה בסביבה?

כלי המחקר וניתוח הנתונים

כלי המחקר המרכזי בשני הסבבים היה תמלול וניתוח של 34 קלטות וידאו. הסבב השני כלל גם ניתוח של 20 צילומי וידאו של מסכי המשחק ומבעי התלמידים. ניתוח השיעורים התמקד בבחינת המשאבים שהתלמידים השתמשו באינטראקציה, ההצדקות שנתנו, האסטרטגיות שבנו ומידת השימוש בהם לאורך זמן, התמודדות עם טעויות והאופן בהם נחלצו. התמלילים חולקו לאפיזודות שהגדירו את יחידות הניתוח. כל אפיזודה נפתחה במשימה חדשה שהציבה המורה, ונבחנו ההיבטים הבאים בכדי לזהות את דפוסי האינטראקציה בסביבה: (א) מי השתתף באפיזודה, (ב). הכלים שהיו מעורבים (ג) פיסות הידע שבאו לידי ביטוי ו-(ד) קשיים שעלו, האם נפתרו ואם נפתרו כיצד? ועל ידי מי?

הנתונים קודדו ברמת התלמידים וברמת המורה. על מנת לזהות דפוסי התנהגות של המורה והתלמידים לאורך זמן ולזהות שינוי אם התרחש, ובהינתן שהיו גם המסכים שאפשרו הצלבת נתונים, מופו המבעים בסבב השני לשלוש קטגוריות מרכזיות ונערכה ספירה שלהם. הקטגוריה הראשונה כוללת ידע מתמטי. הקטגוריה השנייה כוללת פעולות המכוונות לוויסות ובקרה. הקטגוריה השלישית כוללת פעולות מחוללי דיון ודיאלוג (טבלאות 1 ו-2).

טבלה 1. דוגמאות לקידוד המבעים של המורה על פי שלושת הקטגוריות

קטגוריה	פעולות של המורה	דוגמא
ידע מתמטי	המללה מתמטית של ההסבר	"את עושה בדרך של חיבור".
	דיון בפעולה	"בעצם מה את עושה? איזו פעולה?"
ויסות ובקרה	דרישה לבדיקה	"יש לך דרך לבדוק את זה?"
דיון ודיאלוג	בקשת הסבר	"למה?" "תסבירי לנו איך את עושה?"
	גיוס העמיתות לקבוצה במצבי תקיעות	"מישהי רוצה לעזור לה אולי?"
	בקשה להסביר דרך של חבר בקבוצה	"אתה יכול להסביר את הדרך שבה הוא פתר?"
	יצירת הסכמות ואי הסכמות	"אתם מסכימים עם הדרך של יואב?"

טבלה 2. דוגמאות לקידוד המבעים של התלמידים על פי שלושת הקטגוריות

קטגוריה	פעולות של התלמידים	דוגמא
ידע מתמטי	הסבר	"בשבילי לפתור את זה, זה כמו לעשות מכנה משותף בשברים. במקום לעשות שש שקלים, אני עושה שש מאות אגורות ועוד ארבעים."
ויסות ובקרה	שימוש באסטרטגיית בדיקה של חיבור כדי לבדוק תרגיל חיסור	"לעשות השלמה. למשל יש [יצא לנו] חמש עשרה נקודה עשרים, והמסכה עלתה ארבע שמונים אז פשוט לחבר את זה."
דיון ודיאלוג	התייחסות לדרך של עמית בקבוצה	"לדעתי הדרך של תום מסובכת אבל התוצאה נכונה."

ממצאים

דפוסי האינטראקציה של המורה והתלמידים בסבב הראשון

האינטראקציות בכל שיעור היו מגוונות וכללו עבודה בזוגות על המחשב, דיון במליאה עם המורה (עם או ללא מחשב), ועבודה אינדיבידואלית בדפי עבודה. המורה היתה קשובה לקשיים של התלמידים, וכדי לסייע להם נעזרה בשתי אסטרטגיות לפתרון מתוך חלונות הלמידה של המשחק, וכיוונה את התלמידים להיעזר בהם. היא השתמשה במחשב כדי לגייס את התלמידים ולעורר בהם עניין, ובמקביל ניצלה עיתוי זה לדיון מתמטי על דרכים מועדפות או כיצד להיחלץ מטעות.

התלמידים נצפו פעילים מאוד ונהנים מהעבודה בקבוצה קטנה וממשחק המחשב. דרך המשחק פתר כל אחד בתורו תרגילי חיסור רבים התייחסו למשובים שקיבלו מהלקוחות ותיקנו את עצמם בהתאם. דרך חלונות הלמידה נחשפו התלמידים לשתי דרכים מרכזיות לפתרון, ואימצו אותן במהלך פעילותם במשחק או כיתה. במהלך הדיון המשחק הפך להיות סיפור הרקע או הקרקע שאפשרה צמיחה של ידע חדש. עם זאת, בסבב זה היו מקרים מועטים בלבד של בניית אסטרטגיות באופן עצמאי על ידי התלמידים, דיון עשיר בין העמיתים בזוגות ובקבוצה, ופיתוח בקרה עצמית בסביבת המחשב ומחוצה לה. הממצאים הצביעו על שני מכשולים מרכזיים: משחק המחשב ומעברים מהירים בין הייצוגים המתמטיים.

לא פעם המורה התחרתה במשחק המחשב על תשומת הלב של התלמידים ואלו התמרמרו כשהתבקשו לעבור מהמחשב למטלות כתיבה, או לדיון במליאה. יתרה מזאת, לחץ הזמן במשחק לא עודד את התלמיד לחשיבה מעמיקה, אלא דווקא לניחוש מהיר. בזמן העבודה בזוגות במשחק ובחלונות הלמידה חלק מהתלמידים פיתחו אסטרטגיות של ניסוי וטעייה, תוך שימוש בבדיקה

לצורך קבלת משוב ותיקון הטעויות שלהם. התנהגות זו איננה רצויה ואין בה תרומה משמעותית להבנת המתמטיקה.

הקושי השני היה המעברים המהירים בין הייצוגים המתמטיים שנעשו באופן בלתי מודע ע"י המורה והקשו על התלמידים לעקוב, ואחת כמה וכמה לקחת חלק בשיח המתמטי.

לאור זאת נעשו שינויים משמעותיים בסבב השני בעיצוב הסביבה ובדרך ההוראה: **שינויים בעיצוב הסביבה: (1)** כדי להתגבר על התחרות בין המורה למחשב, הופחת זמן העבודה של התלמידים על המחשב וגדל זמן הדיון בקבוצה. כמו כן, כדי לפתור את בעיית לחץ הזמן במשחק, נתנה עדיפות לשימוש בחלונות הלמידה שעבודה בהם אינה מותנית בזמן. **(2)** כדי לתמוך בבנייה עצמאית של אסטרטגיות, נוספו שטרות ומטבעות מוחשיים והוסר חלון הלמידה העוסק בהוראה מפורשת של שתי דרכים לפתרון.

שינויים בהוראה: (1) כדי להתמודד עם הקושי במעברים מהמוחשי למופשט, נבנתה תכנית הוראה דידקטית המדגישה מעברים עדינים מהסביבה הריאליסטית למתמטיקה הפורמלית, בדגש על איחוד רמת הייצוגים המתמטיים בכל המדיומים.

(2) כדי לרסן התנהגות אימפולסיבית מול המחשב המורה נתבקשה להעביר את האחריות לבדיקה אל התלמידים, גם בסביבת המחשב וגם מחוצה לה.

בחלק הבא נדגים כיצד השינויים הללו השפיעו על ההוראה בסביבה וכתוצאה מכך על למידת התלמידים בסבב העיקרי.

השפעות על ההוראה בסביבה

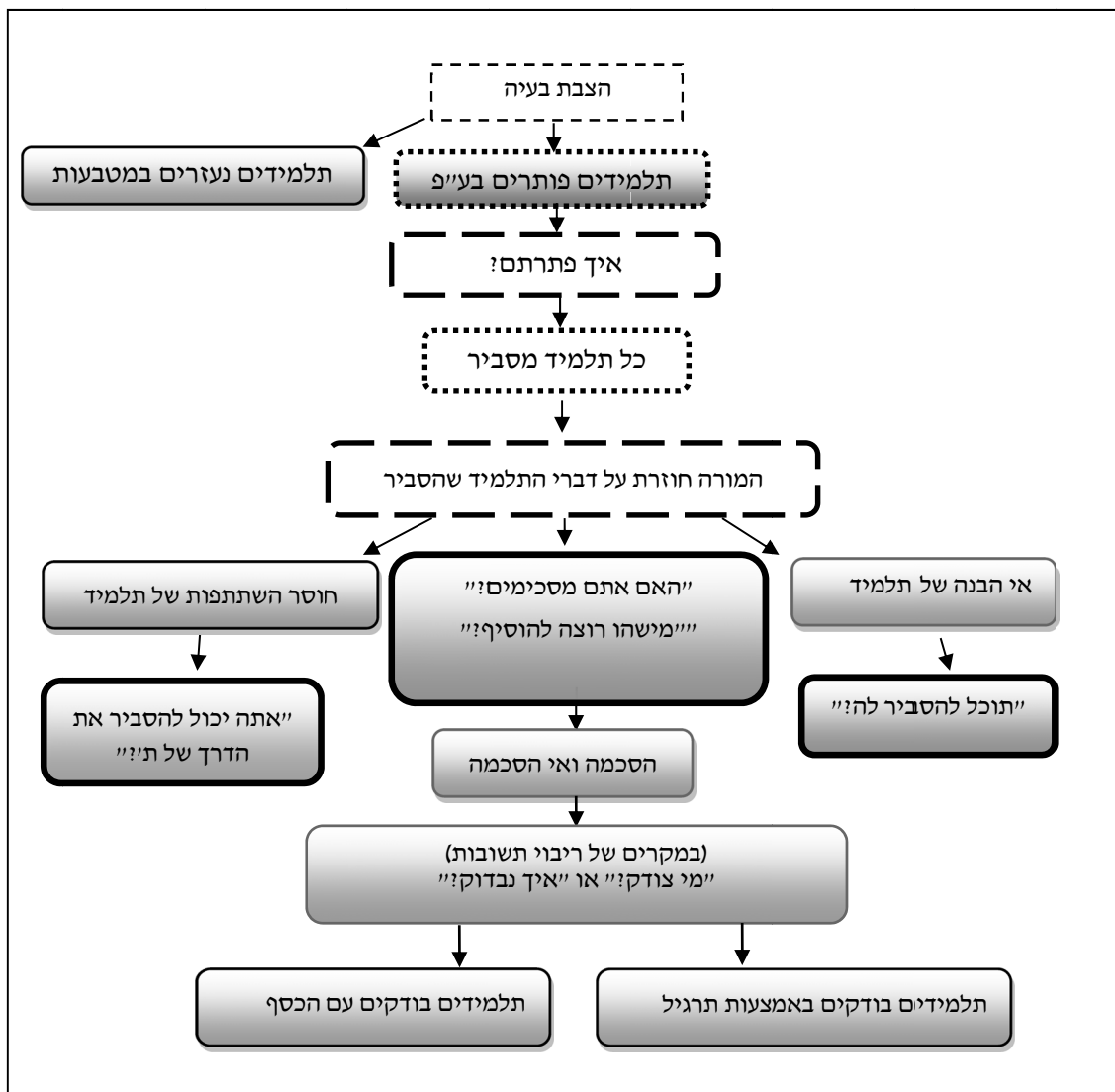
כמות ואיכות הדיונים בסבב השני גדלו באופן משמעותי בהשוואה לסבב הראשון. אלה התמקדו לא רק בדרכים המתמטיות שהתלמידים בנו בסיוע הפיגומים בסביבה, אלא גם ביצירת נורמות ע"י המורה של אחריות משותפת וגיוס הקבוצה לבדיקה של הדרכים, להסכמה לגביהן ולייעול שלהן. טבלה 3 מסכמת את מבעי המורה והתלמידים.

טבלה 3. כימות המבעים של המורה ושל התלמידים על פי שלוש הקטגוריות המובילות

קטגוריה	מבעי המורה			מבעי התלמידים		
	1ה	2ה	3ה	1ה	2ה	3ה
ידע מתמטי	112	89	106	84	89	97
ויסות ובקרה	23	15	37	16	7	21
דיון ודיאלוג	145	143	100	102	113	123

טבלה 3 ממחישה כי המורה השקיעה את המאמץ הרב ביותר בפעולות מחוללי דיון, שם מספר המבעים הוא הגדול ביותר. כתוצאה מכך, אקטיביות התלמידים בקטגוריה זו ניכרת בהתאמה. ממצא זה מראה שהמאמץ של המורה בעידוד נורמות סוציו-מתמטיות של דיון הצליח.

איור 1 מתאר דיון טיפוסי שנערך בקבוצה. פעולות ייחודיות לסבב זה נצבעו באפור, ופעולות הדומות לסבב הקודם סומנו בקווים מקווקוים.



איור 1. דוגמה לתרחיש אופייני של פעולות של המורה בדיון במליאת הקבוצה

מן האיור ניתן לראות שהאינטראקציה היתה שונה משמעותית מהסבב הקודם. בעוד שבסבב הקודם המורה התמקדה בפעולות הקשורות באופן ישיר לידע המתמטי והמטה מתמטי, בסבב השני היא הדגישה יותר היבטים חברתיים והתאמצה לגייס את המעורבות של התלמידים ע"י בקשה להסכמה, בקשה מתלמיד להסביר דרך של עמית או דיון בשאלה מי צודק? בראיון עם המורה הסבירה זו כי אימצה את השאלה "מי צודק" מחלון למידה והחליטה להשתמש בה כדי לעודד חשיבה ולחולל דיון במקרים בהם היו יותר מתשובה אחת. בכך היא יצרה קוהרנטיות בין הפיגום בחלון הלמידה לפיגום בדיון.

ההשפעות על הלמידה של התלמידים

לדפוס פעולה זה של המורה היו השלכות על התנהגות התלמידים. פיגום ה"מי צודק" שהמורה השתמשה בו בדיונים בקבוצה, אומץ על ידם ונעשה בו שימוש גם בדיון בסביבת המחשב. האפיזודה הבאה מדגימה זאת (טבלה 4). ש' וני עובדות על המחשב והמורה נמצאת ברקע. הן נדרשות לחשב עודף מ-50 ש"ח עבור גלידה שעלתה 38.60 ש"ח.



איור 2. צילום מסך מתוך חלון למידה "החזרת עודף"

טבלה 4. תמלול השיחה בין ש' לנ'

1. ש : טוב חמישים פחות שלושים. אני אתחיל?
2. נ : כן
3. ש : חמישים פחות שלושים שווה עשרים ואז אנחנו מורידים את היחידות אז עשרים פחות שמונה זה שתיים עשרה. עכשיו... צריך לעשות שתיים עשרה פחות שישים אגורות.
4. נ : לא. את פשוט עושה שתיים עשרה נקודה שישים.
5. ש : לא! צריך להוריד את האגורות.
6. נ : שתיקה
7. ש : עי' ! [קריאה למורה] אנחנו צריכות עזרה. נ' אומרת שצריך להעלות את האגורות, כאילו להשאיר אותם ואני אומרת שצריך להוריד את האגורות.
8. מורה : אוקיי. אז מה נעשה?
9. ש : אני חושבת שאני צודקת.
10. מורה : איך אפשר לבדוק?
11. ש : שתיקה

הבנות מתחבטות בשאלה "מי צודקת?" ועליהן להכריע. פיגום זה יצר התנגדות ועמידה אחת מול השנייה (מבעים 4, 5). התנהגות זו איננה אופיינית לתלמידים מתקשים, אשר בדרך כלל נוטים לקבל כל אמירה המטילה ספק בנכונות הדרך שלהם, ובמקרה זה מעידה על שינוי משמעותי וחשיבה ביקורתית. חשוב גם לציין שבניגוד למקובל בסבב הראשון הבנות בוחרות שלא לבצע ניסוי וטעיה של שתי התוצאות שהתקבלו מול המחשב. למרות זאת, מהר מאוד צץ דפוס ישן של קריאה לעזרה של המורה להכרעה בנוגע להתלבטות שלהן, מה שמשקף את השבירות בתהליך הלמידה של התלמידים בסביבה. המורה איננה "משתפת פעולה", ומחזירה את הכדור אל התלמידות כשהיא מחזקת את המטה פיגום "מי צודק" המכוון אותן לבדיקה (מבעים 8, 10). בהמשך השיחה, בסיוע הבדיקה עם המורה והכסף, ש' ונ' הבינו שהדרך של ש' נכונה ונ' אמצה אותה ופעלה לפיה באופן עצמאי בשיעורים מתקדמים.

דוגמא נוספת לאימוץ המטה פיגום מקונטקסט של דיון בקבוצה לקונטקסט של סביבת המחשב היא האפיזודה בה ת' נצפה מאמץ בדיקה עצמית וחשיבה מבוקרת בזמן שהוא עבד לבד באותו חלון למידה (התנהגות שונה מאוד מתלמידי הסבב הראשון). הטבלה הבאה מפרטת את סדרת החישובים והאופן שבו ת' פעל כדי לפתור את הבעיות שהוצגו בפניו.

טבלה 5. דפוסי הפעולה של ת' על המחשב

זמן	חישוב	אופן הפעולה
א 00:05-00:51	20-	[חושב, ממלמל.. משתמש באצבעות, מזיז את העכבר על גבי המספרים במחשב] נותן עודף נכון 6.30. [מבט של סיפוק עצמי]
ב 00:54-01:30	50-	[חושב..] שם שבעה שקלים [נשען אחורנית עם הכסא] ומוסיף עשרים אגורות. לוחץ על כפתור בדיקה מקבל משוב חיובי [מחייך].
ג 01:34-01:44	20-	ארבעה שקלים וחצי. [פותר מהר]
ד 01:47-02:21	10-7.20	[חושב.. מסית את המבט לדיון ברקע של המורה עם הזוג השני...ופונה בחזרה למחשב]. נעזר באצבעות. שם שני שקלים ושמונים אגורות מקבל משוב חיובי. אומר "יש! לא טעיתי בכלום!" ומביט למורה, אך המורה עסוקה ולא שומעת אותו.
ה 02:31-02:54	20-	נותן עודף תשעה עשר שקלים ועשרים אגורות, מקבל משוב שלילי "זה לא קצת יותר מדי?". חושב.. ממלמל לעצמו [סופר] מתקן לשמונה שקלים ועשרים אגורות. מקבל משוב חיובי. מרים ידיים ואומר "יש!"
ו 02:57-03:25	10-4.10	משפסף עיניים, נראה שעומס התרגילים מעייף אותו. "חמש.. תשעים." סופר שוב [בודק את עצמו] עובר על המטבעות וסופר אותם, לפני שהוא מקיש אישור. מקבל משוב חיובי, קופץ אגרופים ואומר "יש!"
ז 03:29-04:01	10-6.30	שם שלושה שקלים לוחץ על אישור. מקבל משוב חיובי. מתמתח אחורנית אומר "יש", מסתכל על המורה שעובדת עם הזוג השני.

ת' מצליח בכל המשימות, וניכר כי ההצלחות מספקות לו הרבה מאוד אושר וביטחון. הוא מחשב ליד המחשב בזמן ממוצע של 30 שניות לפתרון כל בעיה, מה שמעיד על כך שהוא אינו מתפתה להתנהגות אימפולסיבית ובלתי מרוסנת. אולי לצורך כך הוא שומר על קשר עין עם המורה. השגיאה בתרגיל ה' קטעה את רצף ההצלחות שלו. במקרה כזה בסבב הקודם בדרך כלל נטו תלמידים לעבור לדפוס פעולה של ניסוי וטעיה. לעומתם ת' מחשב ומתקן. יתרה מזאת, בתרגיל הבא הוא בודק את עצמו ע"י ספירה חוזרת של המטבעות לפני לחיצה על כפתור "אישור".

שני הסיפורים ממחישים שינויים בדפוסי ההתנהגות והחשיבה של תלמידים מתקשים אשר באים לידי ביטוי באימוץ פרקטיקות מתמטיות שהמורה יצרה וחיזקה בעבודה עם המחשב וללא המחשב. 82% מתלמידי הסבב השני התנהגו באופן דומה וכתוצאה מכך הצליחו לבנות אסטרטגיות חישוב המבוססות על משמעות הכסף והחוקים שלו, כדי לפתור בעיות ותרגילים בע"פ או בכתב.

חשוב לציין שלא כל הפיגומים בסביבה הופנמו ואומצו. דוגמא לפיגום כזה הוא הכתיבה הפורמלית של השברים העשרוניים. תלמידים הצליחו באמצעות משחק המחשב וחלונות הלמידה לכתוב שברים עשרוניים, אולם כאשר נדרשו על ידי המורה לענות על השאלה "איך לרשום?" שבר עשרוני במהלך תיעוד החישובים שנעשו בע"פ, הם התקשו בכך.

מסקנות ודין

מחקר זה בדק התנהגות של תלמידים מתקשים בסביבה חדשה ומורכבת. הממצאים מראים אימוץ של פיגומים, התהוות של נורמות סוציו-מתמטיות ופרקטיקות אפיסטמיות הנוגעות למיומנויות של הצדקות והנמקות (Cobb et al, 2001; Ryu & Sandoval, 2012), עדות לכך שהתרחשה למידה. שאלות כמו 'מי צודק?' או 'איך נבדוק?' הפכו חלק מתרבות הלמידה ואפשרו לתלמידים חלשים להשתתף באופן אקטיבי בשיח מתמטי עשיר המעודד למידה משמעותית.

המשחק היה משאב חשוב בהוראה לתלמידים אלה בשל האקטיביות, התרגול, המשוב וההנאה. בכך הוא היווה קרקע נינוחה לבנייה של ידע חדש. מינון היתר שלו בסבב הראשון הפך אותו לאחד המכשולים המרכזיים בדרך ללמידה משמעותית. הקטנת המינון של המשחק בסבב השני, מעבר לחלונות הלמידה ודגשים בהוראה על דיאלוג ושכנוע, הובילו לשינוי. כמו המשחק חלונות הלמידה

המתקשבים עודדו אקטיביות וקבלת החלטות, ובנוסף סיפקו פיגומים חשיבתיים. ממצאי הסבב הראשון העידו על כך שאלה אינם מספיקים. לכן, מה שקידם את החשיבה של התלמידים בסבב השני היה הבנייה של המורה על הפיגומים הללו, ואימוץ שלהם לתוך השיח הקבוצתי. בכך הקטינה המורה את הנתק בין שני הקונטקסטים של הלמידה (עם ובלי מחשב), יצרה קוהרנטיות בין הסביבה המתקשבת לדיונים מחוצה לה וחיזקה את ההשפעה ההדדית בין הפיגומים (Tabak, 2004). כתוצאה מכך התלמידים נכסו לעצמם את הפיגומים והפיגו פרקטיקות של חשיבה גם כאשר המורה לא נכחה באופן ישיר באינטראקציה.

המסקנות המתבקשות ממחקר זה הן כי בהוראה לתלמידים מתקשים בסביבת משחק מחשב יש צורך לתת את הדעת למתח בין התרומה של המשחק לחוויית הלמידה לבין היותו מכשול, ולכן יש למצוא דרכים ליצירת איזון בין המשחק לבין הדיון בתיווך המורה. יתרה מכך, תפקיד המורה הוא קריטי ביצירת קוהרנטיות בין הקונטקסטים השונים של הלמידה, ובביסוס נורמות סוציו-מתמטיות של חשיבה רפלקטיבית.

מקורות

- ברוזה א' וברזילי, ש' (2011). כשמתמטיקה של חיי היום-יום פוגשת את בית הספר: משחקים ולומדים באתר 'איפה הכסף'. בתוך: עשת-אלקלעי י', כספי א', וגרי נ' (עורכים), **האדם הלומד בעידן הדיגיטלי. כנס צייס למחקרי טכנולוגיות למידה 2011**, עמ' 92-100. רעננה: האוניברסיטה הפתוחה.
- Carroll, J. M., & Rosson, M. B. (1987). *Paradox of the active user*. The MIT Press.
- Cobb, P., Stephan, M., McClain, K., Graveneijer, K. (2001). Participating in Classroom Mathematical Practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 10, p. 113-163
- Geary, David C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 37, 4-15.
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Palgrave Macmillian Publishing, New York.
- Goldman, S.R. (1989). Strategy instruction in mathematics. *Learning Disabilities Quarterly*, 12, 43-55
- Gravemeijer, K., & Doorman, M. (1999). Context problems in realistic mathematics education: A calculus course as an example. *Educational Studies in Mathematics*, 39, 111-129.
- Haylock, D. (1991). *Teaching Mathematics to Low Attainers*, 8-12. London: Paul Chapman Publishing.
- Klawe, M. M. (1999, September). Computer games, education and interfaces: The E-GEMS project. In Graphics Interface (pp. 36-39).
- Mariotti, M.A. (2000). Introduction to proof: the mediation of a dynamic software environment. *Educational Studies in Mathematics*, 44, 25-53.
- Pea, R.D. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education and human activity. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 423-451.
- Ryu, S., & Sandoval, W. A. (2012). Improvements to elementary children's epistemic understanding from sustained argumentation. *Science Education*, 96(3), 488-526.
- Squire, K. (2008). Video game-based learning: An emerging paradigm for instruction. *Performance Improvement Quarterly*, 21, 7-36.
- Tabak, I. (2004). Synergy: A complement to emerging patterns of distributed scaffolding. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 305-335.
- Yackel, E. & Cobb, P. (1996). Sociomathematical norms, argumentation and autonomy in Mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27, 458-477.