

טיפול הכוונה עצמית בלמידה להעלאת ההישגים בפתרון בעיות מילוליות במתמטיקה בקרב תלמידי כיתות ג'¹

ענבל קולושי-מינסקר



ד"ר ענבל קולושי-מינסקר

בוגרת תואר שלישי באוניברסיטת בר-אילן ומאבחנת דיסקטית מוסמכת.

מרצה בשאנן - המכללה האקדמית הדתית לחינוך. מרצה בהשתלמויות מורים ומדריכת מתמטיקה בבתי ספר בחינוך יסודי.

תקציר

מחקר זה בוחן באיזו מידה אימון להכוונה עצמית בלמידה הממוקד בפתרון בעיות מילוליות במתמטיקה, משפר את היכולת לפתור בעיות חד-שלביות (רמת רכישה) ולבצע העברה להפקת בעיות חד-שלביות (העברה קרובה) ולפתרון בעיות מורכבות יותר (העברה רחוקה).

במחקר השתתפו 140 תלמידי כיתות ג', 72 בנים ו-68 בנות במגזר היהודי הממלכתי. קבוצת הניסוי (69 נבדקים) למדה לפתור בעיות בשיטת הוראה המטפחת הכוונה עצמית בלמידה, הכוללת הוראה באמצעות סכמות מארגנות ידע ואימון של שאלות מטה-קוגניטיביות. לעומתה קבוצת הביקורת (71 נבדקים) למדה לפתור בעיות בהוראה רגילה. התלמידים סווגו לשתי רמות הישגים (גבוהים ונמוכים) על פי תוצאות מבחן מקדים.

ממצאי המחקר הראו כי לאחר תוכנית ההתערבות, בקבוצת הניסוי חל שיפור ניכר בהישגי התלמידים בפתרון בעיות מילוליות מתמטיקה בכל סוגי הבעיות שנבדקו. התלמידים בעלי ההישגים הנמוכים השתפרו במידה רבה יותר מהתלמידים בעלי ההישגים הגבוהים.

מילות מפתח: הכוונה עצמית בלמידה; פתרון בעיות מילוליות; שימוש במיומנויות מטה-קוגניטיביות; הישגים במתמטיקה.

רקע תאורטי

הכוונה עצמית בלמידה

הכוונה עצמית בלמידה – (Self-Regulation Learning) SRL – מוגדרת כתהליך פעיל ומובנה, שבאמצעותו תלמידים מציבים מטרות ללמידה, מבקרים, מווסתים ושולטים במערכת הקוגניטיבית שלהם ומייצרים מוטיבציה והתנהגות להשגת המטרות שהציבו לעצמם (Schunk & Zimmerman, 1998; Winne & Perry, 2000). על כן מודלים של הכוונה עצמית בלמידה צריכים להקנות לתלמידים מיומנויות קוגניטיביות ומטה-קוגניטיביות לצד מיומנויות מוטיבציוניות ללמידה (Pintrich, 2002), והעלאת ההישגים הלימודיים (קרמרסקי, 2000; Azevedo & Cromley, 2004).

1. מאמר זה הוא תוצר מתוך עבודת התזה שבוצעה באוניברסיטת בר-אילן, בהנחייתם של פרופ' ברכה קרמרסקי וד"ר יצחק וייס.

מיומנויות קוגניטיביות ומטה-קוגניטיביות בתהליך ההכונה העצמית בלמידה

בספרות קיימת הבחנה בין מיומנויות קוגניטיביות למיומנויות מטה-קוגניטיביות. רכישת מיומנויות קוגניטיביות מתרחשת בשלושה שלבים הנמצאים על פני רצף בהתפתחות המיומנויות הקוגניטיביות של הלומד בתחום ידע ספציפי (Anderson, 1993): בשלב הראשון, הלומד רוכש ידע דקלרטיבי-עובדתי (declarative or factual knowledge), בשלב השני הלומד רוכש ידע פרוצדורלי (knowledge procedural) או ידע אסטרטגי (knowledge strategic), ובשלב השלישי, הוא השלב האוטונומי, שבו הלומד הופך למומחה והפרוצדורות שרכש הופכות להיות מהירות, אוטומטיות ומדויקות יותר ככל שהאימון מתמשך.

לעומת שלבים אלו, הכוונה מודעת ומבוקרת בתהליכים אלו מתבצעת ברמה המטה-קוגניטיבית הכוללת את תחומי המטה-קוגניציה (Flavell, 1976): ידע מטה-קוגניטיבי (metacognitive knowledge) והתנסויות ובקרה מטה-קוגניטיביים (metacognitive experiences or regulation). הידע המטה-קוגניטיבי עוסק בעניינים הכרתיים ופסיכולוגיים ובידע עולם שהאדם רוכש. הוא מורכב מידע על אודות עצמו (personal variables), ידע על אודות המשימה (task variables) העומדת לפניו וידע על אודות האסטרטגיה (strategy variables) שהאדם מפעיל כדי לבצע.

ידע מטה-קוגניטיבי מביא לחוויה מטה-קוגניטיבית (metacognitive experience), הכרתית וריגושת. בקרה מטה-קוגניטיבית (metacognitive regulation) מופעלת באמצעות התנסויות שבהן נעשה שימוש באסטרטגיות מטה-קוגניטיביות לצורך בקרה על הפעילות הקוגניטיבית ולצורך בדיקה שאכן המטרה הקוגניטיבית (כמו פתרון בעיה במתמטיקה) מתממשת.

הכוונה עצמית בלמידה בעת פתרון בעיות חילוליות במתמטיקה

בגישה ללימוד מתמטיקה המדגישה הבנה, תלמידים צריכים לקבל משימות הדורשות מהם לנתח מצבים, להחליט על דרכי פעולה, לבחור במספרים המתאימים, לבצע את הפעולות המתאימות ולהעריך את התוצאות. תרגול של תרגילים המבודדים ממציבי בעיות אינו מכיל את כל האלמנטים האלה (Burns, 2000, pp. 139-160). **מודל תוכנית ההתערבות** שהועברה במחקר הנוכחי, "הכוונה עצמית בלמידה בעת פתרון בעיות חילוליות במתמטיקה", מתבסס על ארבעה מודלים מרכזיים של הכוונה עצמית של תהליכים קוגניטיביים ומטה-קוגניטיביים:

1. **TIMSS (Mullis, Martin, & Foy, 2008) – הכוונה עצמית של תהליכים קוגניטיביים בעת פתרון בעיות חילוליות במתמטיקה:** על פי מבחני ה-TIMSS (Mullis et al., 2008), המיומנויות הקוגניטיביות החיוניות לפתרון בעיות ושאלות מתמקדות בשלושה תחומים: ידיעה (Knowing), יישום (Applying) והנמקה (Reasoning).

2. **מודל או"ל – אחת ולתלמיד (סגל, 2002):** מודל זה תומך בשימוש בסכמות מארגנות ידע שיוצרות למידת אשכולות באמצעות קישור כל המקרים הפרטיים המתאימים להכללה מסוימת, ולהשוואות בין מצבים מתמטיים למיניהם. בפתרון בעיות חילוליות במתמטיקה יש לזהות את הסכמה שביסוד כל סוג של בעיה. נמצא כי סכמות הן אמצעי להבנה טובה יותר של מערכת היחסים בין השלם וחלקיו בבעיות חילוליות, כיוון ש"מצגת גרפית טובה יכולה להראות במבט אחד את החלקים העיקריים של השלם והקשר ביניהם, ובכך מאפשרת הבנה הוליסטית שמילים לבד לא יכולות לבטא (או להעביר את המסר)" (Jones, Pierce, & Hunter, 1989, p. 21). המטרה

של התמיכה הגרפית היא שהתלמידים יהיו עצמאיים, בעלי חשיבה עצמית ובקרה עצמית, העומדים ברשות עצמם ופחות תלויים במורה (Hartman, 2001).

3. **הכוונה עצמית של תהליכים מטה-קוגניטיביים בעת פתרון בעיות חילוליות במתמטיקה (נשר, תשמ"ג):** במודל זה מודגשת המורכבות של מבנה הבעיה המתמטית, הכוללת שישה מרכיבים הפועלים בו בזמן בעת פתרון הבעיה: סכמטי, לוגי-מתמטי, לשוני, פרגמטי, אסטרטגי ורגשי.

3.1. **מרכיב סכמטי** – מרכיב זה נוגע לסוג הבעיה (Mayer, 1992). משפטי הבעיה נתונים בתוך מבנה מתאים של סכמות שבהן הלומד מארגן את נתוני הבעיה. נמצא כי המרכיב הסכמטי הוא בעל משמעות בחיזוי קושי של בעיות (Hershkovitz & Nesher, 2003). הבעיות החד-שלביות נחלקות לשלושה סוגים של מרכיבים סכמטיים:

א. **בעיות השוואתיות (compare problems) ויחס בין שתי כמויות נתונות:** בטקסטים של השוואה מופיעים ביטויים, כגון "בכמה יותר" או "בכמה פחות", "גדול פי..." או "קטן פי...".

ב. **בעיות החלפה (change problems) – בעיות רצף – פעולה** – דינמיות: בעיות אלה מתארות שינויים המתחוללים באירוע בטקסט. בטקסט מתוארת התפתחות כלשהי בזמן, המבוססת בדרך כלל באמצעות פעלים.

ג. **בעיות צירוף (combine problems) – בעיות תיאור של קבוצות – הכללה** – סטטיות: בבעיות אלו אין מתוארת פעולה ממשית והמבנה הלוגי נגזר מיחסי הכללה שונים זה מזה המצוינים באמצעים לשוניים בלבד. אפשר לתאר אותן בעזרת סכמה של השלם וחלקיו, שבה מתוארות שתי קבוצות חלקיות זרות והקבוצה והכוללת שלהן (=קבוצת איחוד).

3.2. **מרכיב לוגי-מתמטי** – מרכיב זה נוגע לפעולת החשבון הנדרשת למציאת פתרון לבעיה, שאינה נגזרת מהנתונים המספריים המובאים בנוסח הבעיה, אלא דווקא מהיחס שבין המרכיבים השונים זה מזה שמופיעים בטקסט.

3.3. **מרכיב לשוני** – מרכיב זה נוגע לשפה שבבעיה המילולית. השפה היא שילוב בין "שפת האם" (הוראות והצגת תכנים), לשפת המקצוע (סמלים) ויחסים (משוואות, חוקים, משפטים, עקרונות ותהליכים). שימוש בשפה נדרש לחישוב מספרי בבעיות חילוליות, כדי לארגן בשיטתיות את השימוש בצעדים הרבים בחוקים ובעובדות המתמטיות.

3.4. **מרכיב פרגמטי** – מרכיב זה נוגע לסיטואציית הבעיה, כלומר למצבים ואירועים אותנטיים הנכללים בבעיות. נמצא כי בעיות מילוליות קלות יותר כאשר סיטואציית הבעיה מוכרת לילד (PISA, 2013-OECD). עוד נמצא כי אופיו של הטקסט, אם הוא דינמי, סטטי, או השוואתי – משפיע במובהק על תהליכי הפתרון.

3.5. **מרכיב אסטרטגי** – מרכיב זה נוגע לשימוש באסטרטגיות חשיבה שמסייעות לפתרון בעיות. ידע על אסטרטגיות לוויסות ובקרה כלול בתוך "ידע מטה-קוגניטיבי". המהפך ביכולת ניתוח התהליכים הקוגניטיביים אצל פותר בעיות חילוליות מתמטיות חל עם הופעת ספרו של פוליה (Polya, 1945), שהציג לראשונה שיטה להתערבות ולהוראת אסטרטגיות חשיבה שמסייעות לפתרון בעיות. ידע על אסטרטגיות לוויסות ובקרה כלול בתוך "ידע מטה-מתמטי". נמצא כי קיים קשר חזק בין ידע זה להישגים במתמטיקה, לרבות פתרון בעיות מילוליות בחשבון (Mevarech, 1995).

3.6. **מרכיב רגשי** – הכוונה עצמית בתוך ההיבטים האלו של תהליך הלמידה ותהליך פתרון הבעיות כרוכה ביכולתו של האדם לנטור ולשלוט בתהליכי הבחירה של עצמו (Pintrich,

(2000a, 2000b), מתוך קשר לידע וליכולת ליצור ולתמוך

בכוונה מסוימת עד להשגת היעד.

4. מודל ה.ש.ב.ה.ה. (IMPROVE) (Mevarech & Kramarski, 1997):

נבנה לפיתוח חשיבה מתמטית ומדגיש את העקרונות האלה בהוראת המתמטיקה: הצגת סיכום, שאלות שאלות מטה-קוגניטיביות, ביסוס ובקרה, חיזוק מיומנויות של חשיבה מתמטית, העמקה והעשרה. בפרק השיטה מוצג מודל לפיתוח החשיבה המטה-קוגניטיבית בעת פתרון בעיה מילולית במתמטיקה, המבוסס על שאלות שאלות עצמיות מטה-קוגניטיביות במהלך פתרון הבעיה:

שאלות הבנה: מה הבעיה? – שאלות אלו מכוונות את התלמיד להבין את הבעיה.

שאלות הקשר: מה דומה ומה שונה? – שאלות אלו מכוונות לאופרציה של השוואה בין הבעיה הנוכחית ובין הבעיה הקודמת, כלומר עוסקות בדמיון ובשוני שבין הבעיה הנוכחית לבעיות שנפתרו בעבר.

שאלות אסטרטגיה: מהי האסטרטגיה? – שאלות אלו מכוונות לחיפוש חוקים, כללים ועקרונות שיובילו לפתרון הבעיה. הן נוגעות למיפוי אסטרטגיות המתאימות לפתרון הבעיה, כמו שימוש בדיאגרמה, טבלאות, שרטוטים.

שאלות רפלקציה: שאלות אלו מכוונות את התלמיד לבקר את תהליך הפתרון שלו – מטרת שאלות אלו היא לעזור לתלמידים להיות מודעים לשלבי הפתרון ולפקח על התהליך.

מחקרים רבים עסקו בהערכה של יעילות שיטת ההשבח"ה (בהם המחקר של קרמרסקי ורווח [Kramarski & Revach, 2009]). לדוגמה נמצא כי אימון הלומד בשאלות מסוג זה מסייע בהתמודדות עם קשיים לשוניים וקשיים בהבנת בעיות וביכולת לפתור אותן (קרמרסקי ומברך, 2000). כאמור, במחקר הנוכחי ההישגים בפתרון בעיות מילוליות נבחנו בפתרון בעיות חד-שלביות (רמת רכישה), בהפקת בעיות חד-שלביות (העברה קרובה) ובפתרון בעיות מורכבות (העברה רחוקה).

העברה (Transfer) בבעיות מילוליות במתמטיקה

העברה היא דרך חשיבה גבוהה של הפשטה של ידע ממצב מסוים, המאפשרת ליצור זיקה למצב אחר (Salomon & Perkins, 1989). לפיכך העברה צפויה להיות מיומנות מודעת יותר מיישום רפלקסיבי של מיומנויות שגרתיות. העברה היא מרכיב חשוב בלמידה (קניאל, 2003) והיא משקפת תהליך מעגלי הכולל שלושה מרכיבים:

- א. רכישה, שבה הלומד מבצע את המשימה שאומן ותורגל בה.
 - ב. העברה, שהיא ביצוע של התנהגות שנרכשה בלי עזרה בתנאים מסוימים מאלה שבהם נעשתה הרכישה.
 - ג. שמירת הרכישה וההעברה זמן רב לאחר האימון (פעילות של זיכרון). פתרון בעיות מתמטיות הוא אתגר של העברה הדורש מתלמידים לפתח סכמות לזיהוי בעיות חדשות כשייכות לסוגי בעיות מוכרות, ובעבורן הם יודעים את הפתרונות.
- לפי תאוריית בניית הסכמה, אתגר מרכזי בהשפעה על פתרון בעיות מתמטיות הוא ההתפתחות של סכמות לקיבוץ בעיות לסוגים הדורשים אותו פתרון. ככל שהסכמה רחבה יותר, כך גדולה יותר הסבירות שתלמידים יזהו קשרים בין בעיות מוכרות לחדשות, וידעו מתי ליישם את שיטות הפתרון שהם למדו (Fuch, Fuch, Finelli, 2004; Courey, & Hamlett, 2004).

העברה באמצעות הפקה (כתיבה)

כתיבה של בעיות מילוליות היא תהליך משלים של פתרון בעיות, מעין מנגנון אחד הנתמך בשני תהליכים. בעת כתיבת הבעיות המילוליות במתמטיקה, המחברים משתמשים בשני סוגי ידע: ידע על סכמות של בעיות מילוליות – **ידע על המשימה**, וידע על סכמות מתמטיות מופשטות – **ידע על התוכן**. ידע על המשימה הוא ידע על

מבנים של טקסטים מתמטיים מסוג של בעיות מילוליות. כותבי בעיות מילוליות צריכים לארגן מסר מילולי ולדחוס מסר פנימי, כך שהוא יובן לפותר בתוך מבנה משמעות מקשר בין ידע קיים לידע החדש (Vygotsky, 1987). ידע על התוכן כולל מעבר מסכמה מתמטית אל ייצוג מילולי בטקסטים של בעיות מילוליות. כותבי בעיות צריכים להשתמש בתהליך של שקילה לוגית והנמקה (reasoning), כדי לוודא שנשמרים התנאים של מבנים מתמטיים במגוון בעיות המופקות לנושאים מתמטיים למיניהם (Silver & Stein, 1996). נוסף על פיתוח החשיבה המתמטית, הכתיבה היא תהליך פתוח וגמיש, המגשר ומביא לידי ביטוי עולם חוץ-מתמטי מוכר בתוך פעילות מתמטית פורמלית. קישורים כאלה מאפשרים לתלמידים לראות את החשיבות והרלוונטיות של הפעילויות המתמטיות הנלמדות בכיתה (Silver & Cai, 1996).

הכוונה עצמית בלמידה בקרב תלמידים בעלי הישגים

גבוהים ונמוכים

למיומנויות מטה-קוגניטיביות תרומה ניכרת לשיפור חשיבה מסדר גבוה בקרב כלל התלמידים ובקרב תלמידים בעלי הישגים נמוכים בפרט, זאת כיוון שהן מספקות דרכי הוראה יעילות למורים המלמדים תלמידים בעלי הישגים נמוכים. תלמידים אלה מתקשים להתמודד בעצמם עם פתרון בעיות בשל חוסר שימוש במרכיבים של ידע מטה-קוגניטיבי, ולכן הוראה מכוונת של מטה-קוגניציה ממקדת אותם בשלבי הפתרון (Zohar & Peled, 2008).

לפיכך במחקר הנוכחי הושם דגש בטיפוח הכוונה עצמית בלמידה תוך בחינת ההשפעה על רמות הישגים שונות של תלמידים, גבוהים ונמוכים.

ה-NCTM (The National Council of Teachers of Mathematics, 2006) בדוח תקציר המחקרים (Clips and Briefs) הציג את האסטרטגיות היעילות ביותר להוראת **תלמידים בעלי קשיים במתמטיקה**. נמצא כי האסטרטגיה היעילה ביותר היא **הוראה מפורשת ומובנית** שבה המורה מדגים תוכנית ספציפית (אסטרטגיה) לפתרון בעיות לסוגיה, והתלמידים משתמשים בתוכנית זו כדי לחשוב על דרך העבודה שלהם במהלך הפתרון מתוך הדגשת מתן מודלים מפורשים של צעדים ופרוצדורות, או שאלות שיש לשאול בעת פתרון הבעיות, כדוגמת כרטיסי ניווט. אסטרטגיה שנייה היא **המללה** ואסטרטגיה שלישית היא **שימוש במארגנים ויוזאליים וגרפיים**.

תוכנית ההתערבות במחקר הנוכחי הושתתה על שלוש האסטרטגיות הללו.

חטרת המחקר והשערותיו

מטרת המחקר הנוכחי היא לבחון באיזו מידה אימון קוגניטיבי ומטה-קוגניטיבי במסגרת תוכנית התערבות להכוונה עצמית בלמידה, משפר את היכולת לפתור בעיות מילוליות חד-שלביות (ברמת רכישה) ומקדם את היכולת לבצע העברה להפקת בעיות חד-שלביות (העברה קרובה) ולפתרון בעיות מורכבות (העברה רחוקה), בקרב תלמידים צעירים בעלי רמות הישגים גבוהים ונמוכים. אלה השערות המחקר:

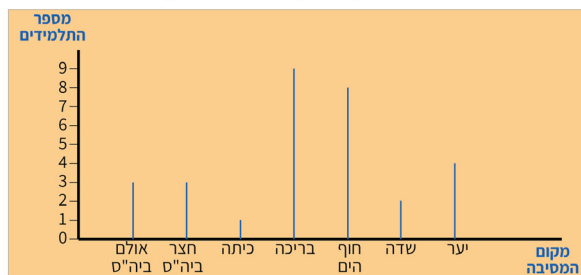
1. ההישגים בפתרון בעיות מילוליות במתמטיקה של תלמידים בעלי הישגים גבוהים ונמוכים כאחד בקבוצת הניסוי יעלו לאחר ההתערבות; בקבוצת הביקורת לא יחול שינוי דומה (ראו פירוט בהליך המחקר).
2. בקבוצת הניסוי, לאחר ההתערבות תחול עלייה גדולה יותר בהישגים בקרב התלמידים החלשים בהשוואה לתלמידים החזקים. באמצעות האימון הקוגניטיבי והמטה-קוגניטיבי יוכלו

ב. מבחן ברמת העברה קרובה הבודק את היכולת להפיק בעיות מילוליות חד-שלביות בשלושה חלקים: חלק א – שתי מטלות שבהן התלמיד מתבקש לכתוב את משפט השאלה לבעיה נתונה; חלק ב – שלוש מטלות שבהן התלמיד מתבקש להפיק בעיות מילוליות חד-שלביות על פי הנחיות ניתנות; חלק ג – שלוש מטלות שבהן התלמיד מתבקש להפיק שאלות חשבוניות לדיאגרמה המתארת מצב מחיי היום-יום. טווח הציונים נע בין 0 ל-100. מבחן דומה מבחינת מספר השאלות, סוג השאלות, תוכן והמיומנויות הנדרשות לפתרונן, הועבר לאחר ההתערבות (ראו דוגמה בתרשים 2).

לאחר התערבות - הפקת בעיות חד-שלביות - העברה קרובה

מסיבת סוף שנה

לפניכם דיאגרמה המתארת משאל שנערך בקרב תלמידי כיתות ג' לגבי השאלה היכן לערוך את מסיבת סוף השנה.



שאלו שלוש שאלות שאת התשובות להן אפשר למצוא בדיאגרמה

(הניקוד לכל הפקת שאלה כמותית ומענה נכון הוא 10 נק' ולכל שאלה תיאורית ומענה נכון 5 נק').

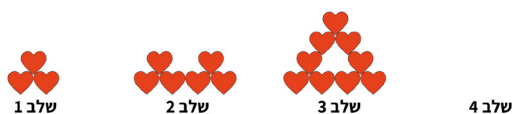
תרשים 2: דוגמה להפקת בעיה חד-שלבית (העברה קרובה), לפני ההתערבות ולאחריה

ג. מבחן ברמת העברה רחוקה הבודק את היכולת לפתרון בעיות מורכבות: מבחן זה כולל שלוש בעיות מורכבות השונות מהבעיות ברמת הרכישה מבחינות אלה: האופנות, הפורמט, סדר הנתונים, אוצר המילים והמידע הנתון. כמו כן הן מורכבות מצירוף של סוגי בעיות ברמת הרכישה. חלק א – כפל; חלק ב – השוואה; חלק ג – חוקיות. טווח הציונים נע בין 0 ל-100. מבחן דומה מבחינת מספר השאלות, סוג השאלות, תוכן והמיומנויות הנדרשות לפתרונן, הועבר לאחר ההתערבות (ראו דוגמה בתרשים 3).

לאחר התערבות - פתרון בעיות מורכבות - העברה רחוקה

בעיית חוקיות

דניאל בונה לבבות בכמה שלבים



(כל תשובה המבוססת על חוקיות של כפל 10 נק' וכל תשובה המבוססת על תרגיל חיבור 5 נק')

- כמה משולשים יהיו בשלב ה-4?
- כמה משולשים יהיו בשלב ה-6?
- כמה משולשים יהיו בשלב ה-23?

בכל שאלה התלמידים מתבקשים לכתוב:

דרך חישוב:

תשובה במילים:

הסבר/ כיצד חישבת:

תרשים 3: דוגמה לפתרון בעיה מורכבת (העברה רחוקה) לפני ההתערבות ולאחריה

צוות מומחים בהוראת המתמטיקה חיבר ותיקף את מבחני ההישגים במתמטיקה. בין אנשי הצוות נמצאת מורה להוראה מתקנת במתמטיקה המתמחה בשיטת או"ל (סגל, 2002) ומחברת שיטת השבחה"ה (קרמרסקי ומברך, 2000). בדיקות תוקף התוכן והמבנה כללו התייעצות עם מורים ותיקים המתמחים בהוראת מתמטיקה

התלמידים החלשים להנחות את ביצועם בכל שלבי פתרון הבעיה, וכך לשפר במידה ניכרת את הישגיהם בפתרון בעיות, זאת לעומת התלמידים החזקים שטרם האימון פתרו את הבעיות פתרון אינטואיטיבי, אך בכל זאת הגיעו להישגים גבוהים.

שיטה

אוכלוסיית המחקר והמשתתפים

אוכלוסיית המחקר היא תלמידי כיתות ג' בבתי ספר יסודיים במגזר היהודי הממלכתי. במחקר השתתפו 140 תלמידים (72 בנים ו-68 בנות), בגילים שמונה-תשע בכיתות ג' הלומדים בשני בתי ספר יסודיים. הבחירה בשני בתי ספר אלה בוצעה בדגימה בלתי הסתברותית מסוג דגימה מכוונת (purposive sample). כלומר בתי הספר נבחרו על פי אפיוניהם המשותפים: בתי הספר במגזר היהודי הממלכתי, נמצאים ביישוב בצפון הארץ וגם הטרוגניים וזהים ברמתם הסוציו-אקונומית. טרם המחקר התלמידים בשני בתי הספר למדו באותה שיטת לימוד על פי תוכנית הלימודים במתמטיקה (משרד החינוך, 2006).

הנבדקים חולקו לשתי קבוצות אקראיות בעלות מספר דומה של בנים ובנות: קבוצת הניסוי (68 נבדקים) למדה לפתור בעיות בשיטת הוראה המטפחת הכוונה עצמית בעת פתרון בעיות מילוליות במתמטיקה, השמה דגש במיון לפי סוגי הבעיות באמצעות סכמות מארגנות ידע (סגל, 2002) ושאלות שאלות עצמיות בכל שלבי הפתרון (ה.ש.ב.ח.ה). קבוצת הביקורת (72 נבדקים) למדה לפתור בעיות בהוראה רגילה ללא מיון הבעיות לסוגיהן (ראו הרחבה בהליך המחקר). התלמידים סווגו לשתי רמות הישגים (גבוהים ונמוכים) על פי תוצאות המבחן שלפני ההתערבות. בקבוצת התלמידים החזקים נכללו תלמידים שציונם היה מעל הציון החציוני של קבוצתם (ניסויי לחוד וביקורת לחוד).

כלי המחקר

לבחינת מטרת המחקר – שיפור היכולת לפתור בעיות מילוליות במתמטיקה, הועברו מבחני הישגים:

א. מבחן ברמת רכישה (הבעיות שנלמדו בתוכנית ההתערבות) הבודק את היכולת לפתור בעיות מילוליות חד-שלביות במתמטיקה לפני ההתערבות ולאחריה: המבחן כלל עשר בעיות מילוליות חד-שלביות במתמטיקה לפי הנדרש בתוכנית הלימודים במתמטיקה בשכבת הגיל (משרד החינוך, 2006). אלה סוגי הבעיות במבחן הנדרשים בתוכנית הלימודים תשס"ה לכיתה ג': ארבע בעיות חיבור וחיסור מהסוגים שנלמדו בכיתות הקודמות; שתי בעיות השוואה – חיבור וחיסור; שתי בעיות בסיסיות בכפל וחילוק; שתי בעיות השוואה – כפל וחילוק. טווח הציונים נע בין 0 ל-100. ציון גבוה העיד על יכולת גבוהה בפתרון בעיות חד-שלביות (רמת רכישה). מבחן דומה מבחינת מספר השאלות, סוג השאלות, תוכן והמיומנויות הנדרשות לפתרונן, הועבר לאחר ההתערבות (ראו הרחבה בהליך המחקר). בתרשים 1 מוצגת דוגמה לבעיה חד-שלבית ברמת רכישה שניתנה במבחני ההישגים, לפני ההתערבות ולאחריה.

לאחר התערבות - בעיות השוואה חיסור - חד שלבית (רמת רכישה)

(הניקוד לתרגיל 5 נק' ולתשובה במילים נק' 10 = 5 נק')

בקיבוץ "עובד" ישנם 2087 תושבים.

בקיבוץ "עובד" ישנם 234 תושבים פחות מאשר בקיבוץ "טבע".

כמה תושבים יש בקיבוץ "עובד"?

תרגיל:

תשובה במילים:

תרשים 1: דוגמה לבעיה חד-שלבית (רמת רכישה) שניתנה במבחני הישגים, לפני ההתערבות ולאחריה

מורת המתמטיקה.

מודל זה משלב רכישת מיומנות קוגניטיבית הנעשית בשלושה שלבים הנמצאים על פני רצף בהתפתחות המיומנויות הקוגניטיביות של הלומד בתחום ידע ספציפי (Anderson, 1993): בשלב הראשון, הלומד רוכש ידע דקלרטיבי-עובדתי; בשלב השני, הלומד רוכש ידע פרוצדורלי או ידע אסטרטגי; בשלב השלישי, השלב האוטונומי – הלומד הופך למומחה בפתרון המשימה באמצעות יישום שלוש האסטרטגיות היעילות ביותר לקידום תלמידים מתקשים (NCTM, 2006): הוראה מפורשת ומובנית, המללת תהליך הפתרון ושימוש במארגנים ויזואליים וגרפיים; זאת באמצעות אימון קוגניטיבי לזיהוי וניתוח סוגי הבעיות והמאפיינים הייחודיים של כל בעיה (נשר, תשמ"ג; סגל, 2002) באמצעות שימוש במיומנויות קוגניטיביות (Mullis et al., 2008), והאימון המטה-קוגניטיבי בשאלות שאולות עצמיות בכל שלבי הפתרון של הבעיות (נשר, תשמ"ג; Mevarech & Kramarski, 1997). בתרשים 4 מוצג המודל התאורטי-יישומי שפותח במחקר זה לטיפוח הכוונה עצמית בלמידה בעת פתרון בעיות מילוליות במתמטיקה.

בבתי ספר נוסף על התייעצות עם מומחית להוראת המתמטיקה באוניברסיטה. השופטים המומחים התבקשו לבדוק את תוכן המבחנים (האם המבחן מוציא וממזה, כלומר אינו כולל שאלות ותרגילים ברמה שאינה מתאימה לכיתה ג' וכי המבחן כולל את כל פריטי הידע, המיומנויות והתרגילים שנכללים בתוכנית הלימודים לכיתה ג'). בעת התיקוף נבדקה גם התאמת המבחנים לשכבת הגיל (תוקף נראה) באמצעות התייעצות עם מורות לכיתות ג'. כמו כן ארבעה תלמידים שלמדו בשיטה זאת מתמטיקה התבקשו לפתור את הבחינות בנוכחות עורכת המחקר, ועל סמך ביצועם הוכנסו שינויים במבחנים (כגון ניסוח מחדש של השאלות, ארגון השאלות בדף, מיפוי רמת הקושי וכדומה).

תוכנית ההתערבות

עורכת המחקר העבירה את תוכנית ההתערבות בקבוצת הניסוי. התוכנית נבנתה על בסיס ספרות המחקר ובהתאמה למודלים קוגניטיביים ומטה-עורכת המחקר העבירה את תוכנית ההתערבות בקבוצת הניסוי (ראו בהליך המחקר). בתרשים 4 מוצג מודל תאורטי-יישומי של תוכנית ההתערבות – הכוונה עצמית בלמידה בעת פתרון בעיות מילוליות במתמטיקה, שנבנה לצורך המחקר. בקבוצת הביקורת התלמידים למדו על פי תוכנית הלימודים עם

מודל תאורטי-יישומי של תוכנית ההתערבות: טיפוח הכוונה עצמית בלמידה בעת פתרון בעיות מילוליות במתמטיקה Self-regulation of learning and problem solving (De Corte, Verschaffel, & Eynd, 2000)

הכוונה עצמית של תהליכים מטה-קוגניטיביים
ידע פרוצדורלי-אסטרטגי (Anderson, 1993)
Procedural- strategic knowledge

הכוונה עצמית של תהליכים קוגניטיביים
ידע דקלרטיבי-עובדתי (Anderson, 1993)
Declarative or factual knowledge

באמצעות אסטרטגיות לקידום תלמידים (NCTM, 2006):
הוראה מפורשת ומובנית, המללת תהליך הפתרון ושימוש במארגנים ויזואליים וגרפיים

אימון מטה-קוגניטיבי

באמצעות שאלות שאולות מטה-קוגניטיביות ה.ש.ב.ח.ה. (קרמרסקי ומברק, 2000),
תוך בחינת מרכיבי הבעיה המילולית (נשר, תשס"ג)

שאלות הבנה:
מה בבעיה?
• מרכיב סכמטי + מרכיב לוגי-מתמטי

שאלות הקשר:
מה דומה ומה שונה?
• מרכיב סכמטי + מרכיב לשוני + מרכיב פרגמטי

שאלות אסטרטגיה:
מהי האסטרטגיה?
• מרכיב אסטרטגי

שאלות רפלקציה:
מה אני עושה? האם אני מבין? האם הפתרון הגיוני? האם אני בטוח בפתרון?
• מרכיב אמוציונלי-רגשי

אימון קוגניטיבי

באמצעות מרכיב סכמטי בפתרון בעיות (נשר, תשס"ג)
וסכמות מארגנות ידע (סגל, 2002)
הכוללות מיומנויות קוגניטיביות (Mullis, Martin, & Foy, 2008)

הנהגה:

1. ניתוח
2. הכללה
3. סינתזה/אינטגרציה
4. הצדקה
5. פתרון בעיות לא שגרתיות

יישום:

1. בחירה
2. ייצוג
3. מודלניג
4. הוצאה לפועל
5. פתרון בעיות שגרתיות

ידיעה:

1. זכירה
2. זיהוי
3. חישוב
4. שליפת מידע
5. מדידה
6. מיון/סידור

השלב האוטונומי - לומד מומחה (Anderson, 1993)
Declarative or factual knowledge

הכוונה עצמית מטה-קוגניטיבית מודעת ומבוקרת

הכוללת ידע מטה-קוגניטיבי (Metacognitive knowledge)
והתנסויות ובקרה מטה-קוגניטיביים (Metacognitive experiences or regulation) (Flavell, 1976)

תרשים 4: מודל תאורטי-יישומי – טיפוח הכוונה עצמית בלמידה בעת פתרון בעיות מילוליות במתמטיקה

דוגמה לניתוח ולפתרון בעיה מילולית במתמטיקה בתוכנית ההתערבות באמצעות שאלות מטה-קוגניטיביות לטיפוח הכוונה עצמית על פי המודל תאורטי-יישומי שפותח למחקר													
דוגמה לניתוח בעיית רצף (פעולה-דינמית) חד-שלבית:													
כמה תלמידים היו בכיתה, אם יצאו ממנה 11 תלמידים, ונשארו בה 19 תלמידים?													
מרכיבי המודל: ידע ומיומנויות הנדרשות בשלבי הפתרון	שלבי פתרון והשאלות העצמיות המטה-קוגניטיביות (ה.ש.ב.ח.ה. (קרמרסקי ומברך, 2000) מרכיבי הבעיה המילולית (נשר, תשס"ג)	תשובות שהתלמיד עונה לעצמו, בסיוע המורה											
הכוונה עצמית של תהליכים קוגניטיביים ידע דקלרטיבי-עובדתי (Anderson, 1993)	שלב א הבנת סיפור הבעיה ומהו הנעלם מרכיב סכמטי + מרכיב לוגי-מתמטי	בבעיה מסופר על תלמידים בכיתה. לאחר שיצאו ממנה תלמידים, שואלים כמה תלמידים נשארו בכיתה.	ידיעה: זכירה זיהוי שליפת מידע מיון סידור (Mullis et al., 2008)	מה בבעיה? מה מסופר בבעיה? מהו הנעלם?									
	שלב ב ניתוח סוג הבעיה מרכיב סכמטי + מרכיב לוגי-מתמטי + מרכיב לשוני + מרכיב פרגמטי	בעיה זו היא בעיה דינמית, כיוון שיש בה רצף אירועים: בהתחלה היו תלמידים בכיתה, אחר כך יצאו ממנה תלמידים ובסוף נשארו תלמידים בכיתה. הכמות ההתחלתית משתנה בעקבות פעולה.	ידיעה: בחירה ייצוג מודלינג חישוב הוצאה לפועל פתרון בעיות שגרתיות (Mullis et al., 2008)	מהו סוג הבעיה? האם הקבוצות שוות (בעיית כפל-חילוק)? האם יש קבוצה כוללת וקבוצות חלקיות (מצב סטטי)? האם יש התחלה, פעולה וסוף (מצב דינמי)? האם יש קבוצה גדולה, קבוצה קטנה וקבוצת הפרש (מצב של השוואה חיבור-חיסור)? האם יש קבוצת יחס (השוואה כפל-חילוק)?									
הכוונה עצמית של תהליכים מטה-קוגניטיביים ידע פרוצדורלי-אסטרטגי (Anderson, 1993)	שלב ג האסטרטגיה לפתרון מרכיב אסטרטגי	כמה תלמידים היו בכיתה, אם יצאו ממנה 11 תלמידים, ונשארו בה 19 תלמידים?	הנמקה: ניתוח הכללה סינתזה הצדקה פועל פתרון בעיות לא שגרתיות (Mullis et al., 2008)	האם פתרתי נכון? האם כל שלב בפתרון נכון? האם התוצאה שלי הגיונית? מה דומה ומה שונה? במה הבעיה דומה ובמה היא שונה מבעיות קודמות?									
	שלב ד בדיקה ובקרה מרכיב אמוציונלי-רגשי + מרכיב סכמטי + מרכיב לוגי-מתמטי	כמה תלמידים היו בכיתה, אם יצאו ממנה 11 תלמידים, ונשארו בה 19 תלמידים? <table><tr><th>סוף נשארו תלמידים</th><th>פעולה יצאו תלמידים</th><th>התחלה היו תלמידים</th><th>בעיית רצף (דינמית)</th></tr><tr><td>19</td><td>11</td><td>?</td><td>נתונים מספריים</td></tr><tr><td colspan="4"> תשובה במילים: היו 30 תלמידים בכיתה. </td></tr></table>			סוף נשארו תלמידים	פעולה יצאו תלמידים	התחלה היו תלמידים	בעיית רצף (דינמית)	19	11	?	נתונים מספריים	תשובה במילים: היו 30 תלמידים בכיתה.
סוף נשארו תלמידים	פעולה יצאו תלמידים	התחלה היו תלמידים	בעיית רצף (דינמית)										
19	11	?	נתונים מספריים										
תשובה במילים: היו 30 תלמידים בכיתה.													
השלב האוטונומי לומד מומחה (Anderson, 1993)		בעת הבדיקה והבקרה התלמידים מסמנים ✓ על כל שלב שבדקו. אם מצאו שגיאה או שלא היו בטוחים בתשובתם, הם פנו לעזרה למורה.											

הליך המחקר

בלוח 1 להלן מוצג הליך המחקר, שלביו והפעולות שבוצעו בקבוצת הניסוי ובקבוצת הביקורת:
לוח 1: הליך המחקר, שלביו והפעולות שבוצעו בקבוצת הניסוי ובקבוצת הביקורת

שלב א		בשלב הראשון הועבר לכל התלמידים מבחנים לצורך בדיקת ההישגים ברמת רכישה (פתרון בעיות חד-שלביות) וברמות העברה (הפקת בעיות חד-שלביות ופתרון בעיות מורכבות)													
שלב ב שיטת ההוראה	קבוצת ניסוי	קבוצת ביקורת	שיטת הוראה על פי מודל טיפוח הכוונה העצמית בלמידה בעת פתרון בעיות מילוליות במתמטיקה באמצעות מודלים לניתוח סוגי הבעיות והצגת הקשר בין הנתונים המילוליים ובין הנתונים המספריים												
	בשתי הקבוצות עסקו באותן הבעיות														
	חיבור וחסור	פתרון בעיית הכללה (סטטית – קבוצות) ברמת רכישה	פתרון בעיות חיבור וחסור ללא חלוקת בעיות לסוגיהן												
		בעיית הכללה - תיאור קבוצות <table><tr><td>קבוצה חלקית</td><td>קבוצה חלקית</td><td>קבוצה כוללת</td><td>ביטויי העל</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>מילים</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>מספרים</td></tr></table> שני שיעורים	קבוצה חלקית	קבוצה חלקית	קבוצה כוללת	ביטויי העל				מילים				מספרים	
		קבוצה חלקית	קבוצה חלקית	קבוצה כוללת	ביטויי העל										
			מילים												
			מספרים												
	פתרון בעיית פעולה (דינמית – רצף) ברמת רכישה														
	בעיית רצף - פעולה <table><tr><td>בסוף</td><td>פעולה</td><td>בהתחלה</td><td>ביטויי העל</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>מילים</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>מספרים</td></tr></table> שני שיעורים	בסוף	פעולה	בהתחלה	ביטויי העל				מילים				מספרים		
בסוף	פעולה	בהתחלה	ביטויי העל												
			מילים												
			מספרים												
	פתרון בעיית השוואה חיבור וחסור ברמת רכישה														
	בעיית השוואה - חיבור וחסור <table><tr><td>קבוצה קטנה</td><td>קבוצה גדולה</td><td>קבוצה הפרש</td><td>ביטויי העל</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>מילים</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>מספרים</td></tr></table> שני שיעורים	קבוצה קטנה	קבוצה גדולה	קבוצה הפרש	ביטויי העל				מילים				מספרים	שישה שיעורים	
קבוצה קטנה	קבוצה גדולה	קבוצה הפרש	ביטויי העל												
			מילים												
			מספרים												
שלב ג	כפל וחילוק	פתרון בעיית כפל וחילוק	פתרון בעיות כפל וחילוק ללא חלוקת בעיות לסוגיהן												
		בעיית כפל וחילוק <table><tr><td>פריטים בסך הכל</td><td>פריטים בכל קבוצה</td><td>הקבוצות</td><td>ביטויי העל</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>מילים</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>מספרים</td></tr></table> שני שיעורים	פריטים בסך הכל	פריטים בכל קבוצה	הקבוצות	ביטויי העל				מילים				מספרים	
		פריטים בסך הכל	פריטים בכל קבוצה	הקבוצות	ביטויי העל										
				מילים											
				מספרים											
	פתרון בעיית השוואה כפל וחילוק ברמת רכישה														
	בעיית השוואה - כפל וחילוק <table><tr><td>קבוצה קטנה</td><td>קבוצה גדולה</td><td>קבוצת יחס</td><td>ביטויי העל</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>מילים</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>מספרים</td></tr></table> שני שיעורים	קבוצה קטנה	קבוצה גדולה	קבוצת יחס	ביטויי העל				מילים				מספרים	ארבעה שיעורים	
קבוצה קטנה	קבוצה גדולה	קבוצת יחס	ביטויי העל												
			מילים												
			מספרים												
	תרגול אינטגרטיבי של פתרון כל סוגי הבעיות באמצעות אימון בשאלות מטה-קוגניטיביות – שישה שיעורים		תרגול אינטגרטיבי של בעיות חיבור-חסור וכפל-חילוק – שישה שיעורים												
	סך הכול 16 שעות ללימוד בעיות מילוליות חד-שלביות ברמת רכישה		סך הכול 16 שעות ללימוד בעיות מילוליות חד-שלביות ברמת רכישה												
	בשלב השלישי נבדקה השפעת שיטות ההוראה לסוגיהן על ההישגים בפתרון בעיות מילוליות חד-שלביות ברמת רכישה וברמות ההעברה (הפקת בעיות חד-שלביות ופתרון בעיות מורכבות)														

ניתוח הנתונים

שונות דו-כיווניים ותלת-כיווניים עם מדידות חוזרות (Analysis of variance with repeated measures – of variance with repeated measures) – קבוצת מחקר, מועד מבחן ורמת הישגים) וחושב גודל האפקט (ϵ^2).

ממצאים

בלוח 2 מוצגים ממוצעי הציונים הכוללים של שלושת המבחנים לפני ההתערבות ואחריה בקבוצות הניסוי והביקורת לפי רמות התלמידים, וכן גודל האפקט (ES).

לבדיקת ההישגים בפתרון בעיות מילוליות במתמטיקה ברמת רכישה וברמות העברה להפקת בעיות חד-שלביות (העברה קרובה) ולפתרון בעיות מורכבות (העברה רחוקה), נערכו ניתוחי שונות דו-כיווניים על ציוני שלושת המבחנים במתמטיקה שהועברו לאחר ההתערבות, באמצעות פיקוח סטטיסטי על ציוני המבחנים שהועברו לפני ההתערבות (ANCOVA). כמו כן בוצעו ניתוחי

לוח 2: ממוצעים, סטיות תקן, גודל מדגם לציון הכולל במבחן רכישה ובמבחני העברה קרובה ורחוקה, לפני ההתערבות ואחריה, לפי שתי רמות תלמידים ושתי קבוצות המחקר

ציון כולל במבחן רכישה – פתרון בעיות חד-שלביות			ציון כולל במבחן העברה קרובה			ציון כולל במבחן העברה רחוקה		
ממוצע	סטיות תקן	גודל מדגם	ממוצע	סטיות תקן	גודל מדגם	ממוצע	סטיות תקן	גודל מדגם
45.93	74.34	1.53	38.16	70.29	1.31	43.74	63.37	.73
75.11	75.11		70.68	70.68		64.81	64.81	
18.49	18.36		24.43	19.76		26.64	26.00	
73.07	91.00	1.88	62.61	84.63	1.26	66.14	81.75	.58
86.00	86.00		79.96	79.96		76.36	76.36	
9.49	7.35		17.48	10.55		26.65	12.96	
49.16	40.26	-.29	50.06	49.26	-.03	37.34	28.13	-.35
49.04	49.04		59.45	59.45		38.79	38.79	
19.78	21.62		23.55	31.89		25.69	28.06	
81.82	75.38	-.49	62.79	69.12	.28	68.13	51.48	-.75
71.46	71.46		64.81	64.81		47.01	47.01	
13.12	15.67		22.39	17.67		22.03	31.82	

שונות הציונים: 100-0

הניסוי בהשוואה לביקורת ($F(1,126)=61.1$; $p<.001$); בקבוצת הניסוי, לאחר ההתערבות השתפרו ציוניהם של התלמידים החזקים (כ-18 נקודות בממוצע) ושל החלשים (כ-27 נקודות בממוצע) כאחד; לעומת זאת בקבוצת הביקורת נצפתה ירידה בציוני התלמידים החזקים והחלשים; האינטראקציה בין מועד המבחן לרמת ההישגים נמצאה מובהקת סטטיסטית ($F(2,126)=37.0$; $p<.001$).

במבחן העברה – הפקת בעיות חד-שלביות – נמצא שיפור בציוני התלמידים בקבוצת הניסוי ובקרב התלמידים החזקים בקבוצת הביקורת, בעוד שבקרב התלמידים החלשים בקבוצת הביקורת לא נמצא שינוי ניכר בציונים. השיפור הניכר ביותר ($ES=1.31$), עלייה של כ-32 נקודות) נמצא בקרב התלמידים החלשים בקבוצת הניסוי, בעוד שבקרב התלמידים החזקים השיפור היה קטן יותר (כ-22 נקודות בממוצע).

במבחן העברה – פתרון בעיות מורכבות – נמצא שיפור מובהק בציונים בקבוצת הניסוי בהשוואה לביקורת ($F(1,126)=30.56$; $p<.001$); בקבוצת הניסוי, כל התלמידים שיפרו את ציוניהם לאחר ההתערבות (תלמידים חזקים – כ-20 נקודות בממוצע; חלשים – כ-15 נקודות בממוצע); לעומת זאת בקבוצת הביקורת חלה ירידה בציוני התלמידים החזקים והחלשים; אינטראקציה זאת נמצאה מובהקת סטטיסטית ($F(2,126)=4.31$; $p<.05$).

בכל שלושת המבחנים שבדקו הישגים בפתרון בעיות מילוליות במתמטיקה, ציוניהם של התלמידים בקבוצת הניסוי, בעלי הישגים גבוהים ונמוכים כאחד, היו גבוהים יותר ברמה סטטיסטית מובהקת (פירוט להלן) לאחר ההתערבות. ממצאים אלה מאששים את השערת המחקר הראשונה.

כמו כן ההבדלים בין רמות הישגים למיניהן של התלמידים בקבוצות המחקר נשמרו בכל שלושת המבחנים; ציוניהם של התלמידים בעלי הישגים גבוהים נמצאו גבוהים יותר בכל המבחנים משל התלמידים בעלי הישגים הנמוכים.

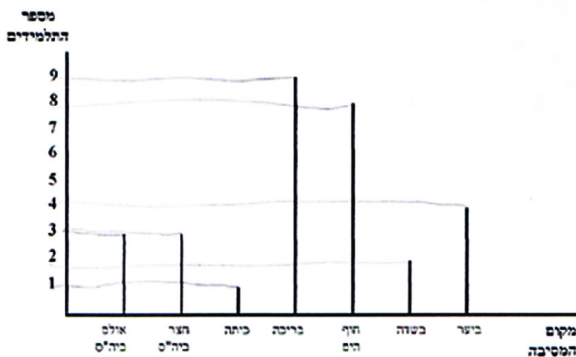
האינטראקציה בין רמה לקבוצה נמצאה מובהקת בציוני הרכישה; התלמידים עם ההישגים הנמוכים בקבוצת הניסוי התחזקו מובהק ($M=74.34$; $SD=18.36$) בהשוואה לביקורת ($M=40.26$; $SD=21.62$). בקרב התלמידים עם ההישגים הגבוהים הפער בין קבוצות הניסוי ($M=91.00$; $SD=7.35$) והביקורת ($M=75.38$; $SD=15.67$) – היה קטן יותר. ממצא זה מאשש את השערת המחקר השנייה.

להלן פירוט הממצאים בכל אחד משלושת המבחנים:

במבחן רכישה – פתרון בעיות חד-שלביות – נמצאה תרומה מהותית להתערבות שהביאה לשיפור מובהק בציונים בקבוצת

תלמידה מקבוצת הניסוי מקבוצת החלשים - רמת העברה לפתרון בעיות מורכבות

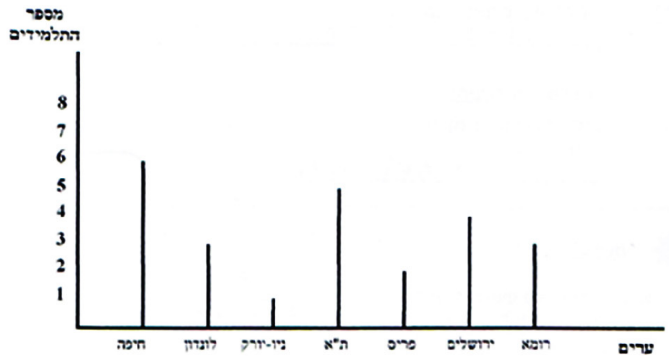
לאחר התערבות



שאלו שלוש שאלות שאת התשובות להן אפשר למצוא בדיאגרמה

שאלה 1: כמה תלמידים הלכו למסיבה בבריכה?
תשובה: 9 תלמידים הלכו למסיבה בבריכה.
שאלה 2: כמה תלמידים הלכו למסיבה בחצר?
תשובה: 3 תלמידים הלכו למסיבה בחצר.
שאלה 3: כמה תלמידים הלכו למסיבה ביער?
תשובה: 4 תלמידים הלכו למסיבה ביער.

לפני התערבות



שאלו שלוש שאלות שאת התשובות להן אפשר למצוא בדיאגרמה

שאלה 1: כמה תלמידים הלכו למסיבה בחדר?
תשובה: 6 תלמידים הלכו למסיבה בחדר.
שאלה 2: כמה תלמידים הלכו למסיבה בלונדון?
תשובה: 3 תלמידים הלכו למסיבה בלונדון.
שאלה 3: כמה תלמידים הלכו למסיבה בירושלים?
תשובה: 4 תלמידים הלכו למסיבה בירושלים.

הבעיות שהתלמידה הפיקה לאחר התערבות	הבעיות שהתלמידה הפיקה לפני ההתערבות
כמה תלמידים הלכו למסיבה בבריכה?	באיזה הר התלמידים הכי אהבו לטייל?
כמה תלמידים הלכו למסיבה בבריכה + בחוף הים + בשדה?	באיזה הר התלמידים הכי לא אהבו לטייל?
כמה תלמידים הלכו למסיבה ביער ובשדה ביחד?	באיזה הר התלמידים הכי אהבו לטייל במקום השני?
נראה כי הבעיה הראשונה היא בעיה כמותית חד-שלבית וכי השניים הנוספות הן בעיות כמותיות דו-שלביות. זאת על אף שלמדה בתוכנית ההתערבות רק בעיות חד-שלביות.	נראה כי הבעיות הן בעיות תיאוריות ולא כמותיות.
נוסף על כך, התלמידה כללה בבעיות את הנתונים המילוליים של הדיאגרמה.	נוסף על כך, התלמידה התקשתה לכלול בבעיות את הנתונים המילוליים של הדיאגרמה.

תרשים 6: דוגמה של ביצוע העברה להפקת בעיות של תלמידה מקבוצת התלמידים החלשים

מסקנות ודיון

תלמידי קבוצת הניסוי שלמדו באמצעות מודל טיפוח הכוונה עצמית בלמידה (SRL) בעת פתרון בעיות מילוליות במתמטיקה, השיגו ציונים גבוהים יותר ברמה סטטיסטית מובהקת, בהשוואה לתלמידי הביקורת שלמדו ללא הכוונה עצמית. המסקנה הנובעת מממצאי המחקר היא שהכוונה עצמית בלמידה, הכוללת הקניית מיומנויות קוגניטיביות ומטה-קוגניטיביות, מקנה לתלמיד יכולת לפקח בעצמו על חשיבתו ודרך התמודדותו בעת פתרון בעיה מילולית במתמטיקה. יכולת זו מאפשרת לתלמיד לבצע סוגי העברה: הפקת בעיות חד-שלביות ברמת רכישה (העברה קרובה) ופתרון בעיות מורכבות (העברה רחוקה), תוך בחינת דרישות הבעיות ומאפייניהן (קולושי-מינסקר, Kramarski, Weisse, & Kololshi-Minsker, 2008; 2010).

ממצאי המחקר מחזקים מחקרים אחרים (למשל קרמרסקי, 2000) שהראו כי תוכנית התערבות המושתתת על אימון קוגניטיבי בשילוב עם אימון מטה-קוגניטיבי, מובילה את התלמידים לרכוש ידע בנושא פתרון בעיות מילוליות במתמטיקה, על פי שלבי החשיבה של

סיכום השינויים המהותיים ביותר על פי גודל אפקט:

- גודל האפקט הגבוה ביותר נמצא בקבוצת הניסוי בציונים הכוללים במבחן הרכישה (פתרון בעיות חד-שלביות) בקרב התלמידים החזקים ($ES=1.88$) ולאחר מכן בקרב התלמידים החלשים ($ES=1.53$).
- במבחן העברה – הפקת בעיות חד-שלביות, השיפור בקבוצת הניסוי בקרב התלמידים החלשים ($ES=1.31$) היה גבוה יותר בהשוואה לחזקים ($ES=1.26$).
- במבחן העברה – פתרון בעיות מורכבות, השיפור בקבוצת הניסוי היה נמוך בהשוואה למבחן הרכישה ולמבחן ההעברה הפקת בעיות, כאשר השיפור בקרב התלמידים החלשים ($ES=0.73$) היה גבוה יותר בהשוואה לחזקים ($ES=0.58$).

ממצאי המחקר מחזקים את ההבנה כי הצלחה של העברה היא במידה רבה פונקציה של למידה תחילית; אם לימוד תחילי הוא ברמה עמוקה ומסתיים בהבנה תפיסתית ומקושרת, אזי אפשר לצפות כי תלמידים יהיו מסוגלים לבצע העברה של החומר שלמדו. נוסף על כך, אם הלמידה מכוונת כלפי רעיונות עיקריים ומודגשת למידה לשם העברה, אזי אפשר לצפות להצלחת תהליך ההעברה (Bergin & Pugh, 2006).

באשר להישגים של תלמידים בעלי רמות הישגים למיניהן, ההצלחה בקרב התלמידים בעלי הישגים נמוכים חלה לאחר הקנייתן של מיומנויות קוגניטיביות ומטה-קוגניטיביות בתוכנית ההתערבות. כאמור, אחד האמצעים הקוגניטיביים להקניית המיומנויות הקוגניטיביות היו מארגנים ויזואליים וגרפיים (סכמות מארגנות הידע של הבעיות [NCTM, 2006]). נראה כי מידת הספציפיות של הייצוג הוויזואלי (המיפוי לסוגי הבעיות ושיום המאפיינים הייחודיים של כל בעיה) קבעה בתוצאות המחקרים את מידת ההשפעה של ההתערבות. נוסף על כך, אחד האמצעים המטה-קוגניטיביים ליישום אסטרטגיית פתרון הבעיות שהוקנה במחקר הנוכחי היה כרטיסי ניווט של שלבי פתרון הבעיות עם שאלות הנשאלות בכל שלב. כאמור, גם ה-NCTM (2006) ציינו כי אסטרטגיית ההוראה המפורשת והמובנית המספקת מודלים מפורשים של צעדים ופרוצדורות, או שאלות שיש לשאול בעת פתרון הבעיות, כדוגמת כרטיסי ניווט – היא האסטרטגיה היעילה ביותר לקידום תלמידים מתקשים. גם זוהר ופלד (Zohar & Peled, 2008), שבחנו את השפעתה של תוכנית התערבות המתמקדת בהוראה מפורשת של ידע מטה-אסטרטגי על יכולתם של תלמידים לבדוד משתנים של בעיה במתמטיקה מצאו שהישגיהם של התלמידים בעלי ההישגים הנמוכים בקבוצת הניסוי, השתפרו במידה ניכרת. עם זה לתלמידים בעלי הישגים נמוכים במתמטיקה נדרש פרק זמן ארוך יותר להגיע לרמת ההישגים הגבוהה ביותר בהשוואה לתלמידים בעלי הישגים גבוהים במתמטיקה.

לסיכום, במחקר הנוכחי נבחנו התרומה של תוכנית התערבות לטיפול הכוונה עצמית בלמידה בקרב תלמידים צעירים בעלי רמות הישגים למיניהן. נראה כי הקניה מפורשת של המודל הקוגניטיבי והמטה-קוגניטיבי היא שסיפקה את הבסיס להצלחה במבחן הרכישה – פתרון בעיות חד-שלביות, וכן את ההצלחה במבחני ההעברה שבהם התלמידים כבר הטמיעו את המודל ויכלו ליישם אותו בגמישות על פי צורכיהם, כדי להתמודד עם הפקת הבעיות החד-שלביות (העברה קרובה) ועם פתרון הבעיות המורכבות שבהן טרם נתקלו (העברה רחוקה). כמו כן מהממצאים עולה כי הכוונה עצמית בלמידה משפיעה במידה ניכרת יותר על הישגיהם של תלמידים חלשים בעלי הישגים נמוכים.

מגבלות המחקר והצעות למחקרי המשך

במחקר הנוכחי נכלל מספר משתתפים קטן יחסית, בסביבת לימודים הומוגנית. לפיכך מוצע לבצע מחקר דומה בקרב קבוצות תלמידים גדולות יותר. ראוי לבצע מחקר דומה בקרב תלמידים משכבות גיל אחרות, הן בבית הספר היסודי הן בעל-יסודי.

כמו כן חשוב לחקור מרכיבים של הכוונה עצמית בלמידה בדרכים אחרות מגוונות: תצפיות, ראיונות וטכניקות ל"חשיבה בקול רם" (Veenman, 2005) שיכולות הן לחזק את ממצאים על אודות ההשפעות של מרכיבי הכוונה העצמית על תלמידים בעלי הישגים גבוהים ונמוכים במתמטיקה והן להציע מגוון כיווני מחקר חדשים.

במחקרים אלו מן הראוי גם לבדוק לאחר זמן מה את מידת השימור לטווח הארוך של המיומנויות הנלמדות בקרב התלמידים, ובאיוז מידה הם מסוגלים ליישם את כישורי הכוונה העצמית בלמידה בפתרון בעיות במתמטיקה.

אנדרסון (Anderson, 1993): במחקר הנוכחי התלמידים תחילה רכשו ידע דקלרטיבי-עובדתי על אודות סוגי הבעיות המילוליות ומאפייניהם הייחודיים (מבנה הבעיות והמאפיינים הייחודיים של כל סוג בעיה), זאת באמצעות סכמות מארגנות ידע (נשר, תשמ"ג; סגל, 2000; Mullis et al., 2008). על בסיס הידע הדקלרטיבי-עובדתי הם רכשו ידע פרוצדורלי-אסטרטגי באמצעות שאלות מטא-קוגניטיביות בכל שלבי הפתרון ובסיום הפתרון ערכו בקרה ובדיקה (Mevarech & Kramarski, 1997). לבסוף הם יישמו את שלבי האסטרטגיה בטבעיות, במהירות וביעילות. אפשר לומר, על סמך הישגיהם, כי הם הגיעו לשלב האוטונומי של לומד מומחה, כפי שהמשיג אנדרסון (Anderson, 1993). במילים אחרות, בסיום ההתערבות התלמידים בקבוצת הניסוי הגיעו להכוונה עצמית מודעת בלמידה ברמה מטא-קוגניטיבית גבוהה, הכוללת גם ידע מטא-קוגניטיבי וגם התנסויות ובקרה מטא-קוגניטיביים (Flavell, 1976). לפיכך ההכוונה העצמית שירתה את הלמידה בהפיכתה לתהליך אקטיבי-קונסטרוקטיבי (Pintrich, 2000a). לעומתם תלמידי קבוצת הביקורת, אף שעסקו בתוכנית ההתערבות באותן הבעיות, לא הצליחו לרכוש ידע דקלרטיבי-עובדתי מבוסס דיו על אודות ניתוח הבעיות, לצורך פיתוח ידע פרוצדורלי-אסטרטגי בעת פתרון בעיות חד-שלביות מגוונות ולצורך ביצוע העברה להפקת בעיות ולפתרון בעיות מורכבות.

ממצאים אלו עולים בקנה אחד עם ספרות המחקר בתחום (De Corte, Verschaffel, & Eynde, 2000) שבה מודגש כי הכוונה עצמית בלמידה, כיעד עיקרי בחינוך המתמטי, מקדמת למידה מתמטית אפקטיבית. כלומר ההכוונה העצמית בלמידה מתמטיקה משמשת מטרה ואמצעי כאחד; פעילויות ההכוונה של פתרון בעיות נמצאו מקדמות התנהגות אסטרטגית שמכוונת לקראת הבנת הבעיה, זאת באמצעות הבניה של ייצוג טוב של מהות הבעיה. לאחר מכן נבנית תוכנית לפתרון הבעיה המערבת אסטרטגיות קוגניטיביות. המטרה הסופית היא כי ההכוונה החיצונית של המורה תצטמצם בהדרגה וכד בבד תגבר יכולת ההכוונה העצמית של התלמידים. עוד עלה במחקר כי בציון הכולל של מבחני ההעברה להפקת בעיות חד-שלביות ולפתרון בעיות מורכבות, התלמידים שלמדו באמצעות מודל הכוונה עצמית השיגו ציונים גבוהים יותר ברמה סטטיסטית מובהקת, בהשוואה לתלמידים שלמדו ללא הכוונה עצמית. במיוחד התלמידים שלמדו באמצעות מודל הכוונה עצמית השתפרו במידה ניכרת במדד "כתיבת בעיות", אך גם במדד "בניית משפטי שאלה לבעיה נתונה". אפשר להסביר זאת בכך שבבעיות הדורשות "העברה קרובה" קיימת חפיפה רבה בין הגירויים במשימה ובין הגירויים הקיימים בזמן השלמת המשימה. מצב זה קיים לדוגמה כאשר השאלות במבחן דומות וקרובות בתוכנן לשאלות ולתכנים שנלמדו בזמן השיעור (וייס, 2000).

ניתוח המדדים במבחן העברה לפתרון בעיות מורכבות (העברה רחוקה) העלה כי השיפור הניכר ביותר מבין מדדי המבחן נמצא במדד בעיית השוואה, הנחשבת כמצב קשה יותר להבנה לפתרון באמצעות התלמידים (נשר, תשמ"ג). כמו כן נמצא כי בבעיית כפל ובבעיית חוקיות, חלה עלייה בהישגים בקבוצת הניסוי לעומת ירידה בקבוצת הביקורת. "העברה רחוקה" היא מצב שבו משימת המקור שונה בתוכן שלה ממשמת היעד, אך הפרוצדורה לפתרון דומה. למשל השאלות במבחן שונות משאלות שנלמדו בשיעור, אך נדרשת יכולת יישום עקרונות דומים שנלמדו, ולמרות הריחוק רמת ההפשטה הנדרשת היא מינימלית (וייס, 2000). תוצאות דומות נמצאו אצל קרמרסקי (2000), כאשר נמצאה אינטראקציה בינונית עד חזקה בקשר שבין סוג האימון ליכולת העברה; תלמידים שנחשפו להכוונה מטא-קוגניטיבית שיפרו את יכולתם לקרוא ולבנות גרפים המוצגים בסיטואציה מופשטת יותר מתלמידים שלא נחשפו להכוונה

זו.

ממסקנות המחקר וממודל תוכנית ההתערבות שהועברה בו לטיפול הכוונה עצמית בלמידה בעת פתרון בעיות מילוליות במתמטיקה, אפשר לגזור תרומה חינוכית לשדה. למורים למתמטיקה מוצעת תוכנית אופרטיבית לעבודתם עם תלמידים הלכה למעשה, במיוחד בקרב תלמידים בעלי הישגים נמוכים בכיתות היסוד, כאשר העקרונות החינוכיים הבונים אותה נלקחו ממחקרים וממודלים ללימוד מתמטיקה.

רשימת מקורות

- וייס, י' (2000). **האומנם מיומנויות קוגניטיביות תלויות תוכן? ראיות מאימון בפתרון משימות אנלוגיה ויצירת העברה חיונית** (עבודת מוסמך). אוניברסיטת בר-אילן, רמת-גן.
- משרד החינוך, התרבות והספורט. (2006). **תכנית לימודים במתמטיקה לכיתות א-ו בכל המגזרים**. ירושלים: המחבר.
- נשר, פ' (תשמ"ג). תהליכים קוגניטיביים בפתרון בעיות מילוליות באריתמטיקה. בתוך מ' ניסן וא' לסט (עורכים), **בין חינוך לפסיכולוגיה** (עמ' 407-425). ירושלים: מאגנס.
- סגל, ד' (2002). **אחת ולתלמיד**. ירושלים: אלמוג.
- קולושי-מינסקר, ע' (2008). **פתרון בעיות מילוליות בחשבון ברמת רכישה ובסוגי העברה (קרובה ורחוקה) תוך פיתוח יכולות להכוונה עצמית בלמידה בקרב תלמידי כיתות ג' בעלי רמות הישגים שונות** (עבודת מוסמך). אוניברסיטת בר-אילן, רמת-גן.
- קניאל, ש' (2003). **פעולות התודעה, היסודות לחינוך לחשיבה**. תל-אביב: רמות.
- קרמרסקי, ב' (2000). מטה-קוגניציה ופיתוח היכולת לפתור בעיות מתמטיות המוצגות בסיטואציה מוחשית ובסיטואציה מופשטת. **מגמות**, מ(4), 660-685.
- קרמרסקי, ב' ומברך, ז' (2000). **הוראת מתמטיקה בכיתה ההטרופית בשיטת השבחה"ה**. רמת-גן: אוניברסיטת בר-אילן, המכון לקידום האינטגרציה החברתית.
- Anderson, J. R. (1993). **Problem solving and learning**. *American Psychologist*, 48(1), 35-44. doi:10.1037/0003-066X.48.1.35
- Azevedo, R., & Cromley, J. G. (2004). **Does training of self-regulated facilitate student's learning with hypermedia?** *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 523-535. doi:10.1037/0022-0663.96.3.523
- Bergin, A. D., & Pugh, J. K. (2006). **Motivational influences on transfer**. *Educational psychologist*, 41(3), 147-160. doi:10.1207/s15326985sep4103_2
- Burns, M. (2000). **About teaching mathematics: A K-8 resource** (2nd ed.). Sausalito, Calif.: Math Solutions Publications.
- De Corte, E., Verschaffel, L., & Eynde, P. O. (2000). Self-regulation: A characteristic and a goal of mathematics education. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 687-726). San Diego, Calif.: Academic Press.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. B. Resnick (Ed.), *The Nature of Intelligence* (pp. 231-235). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.

- Fuch, L. S., Fuch, D., Finelli, R., Courey, S. J., & Hamlett, C. L. (2004). Expanding schema-based transfer instruction to help third graders solving real-life mathematical problems. *American Educational Research Journal*, 41(2), 419-445. doi:10.3102/00028312041002419
- Hartman, H. J. (2001). **Developing students' metacognitive knowledge and skills**. In H. J. Hartman (Ed.), *Metacognition in learning and instruction: Theory, research and practice* (pp. 33-68). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Hershkovitz, S., & Nesher, P. (2003). **The role of schemes in solving word problems**. *The Mathematics Educator*, 7(2), 1-24.
- Jones, B. F., Pierce, J., & Hunter, B. (1989). **Teaching children to construct graphic representations**. *Educational Leadership*, 46(4), 20-25.
- Kramarski, B., & Revach, T. (2009). The challenge of self-regulated learning in mathematics teachers' professional training. *Educational Studies in Mathematics*, 72(3), 379-399. doi:10.1007/s10649-009-9204-2
- Kramarski, B., Weisse, I., & Kololshi-Minsker, I. (2010). How can self-regulated learning support the problem solving of third-grade students with mathematics anxiety? *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 42(2), 179-193. doi:10.1007/s11858-009-0202-8
- Mayer, R. E. (1992). *Thinking, problem solving, cognition* (2nd ed). New York: Freeman.
- Mevarech, Z. R. (1995). Metacognition, general ability and mathematical understanding. *Early Education and Development*, 6(2), 155-168. doi:10.1207/s15566935eed0602_4
- Mevarech, Z. R., & Kramarski, B. (1997). **IMPROVE: A multidimensional method for teaching mathematics in heterogeneous classrooms**. *American Educational Research Journal*, 34(2), 365-394.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., & Foy, P. (2008). **TIMSS 2007 international mathematics report: Findings from IEA's trends in international mathematics and science study at the fourth and eighth grades**. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- The National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2006). *Curriculum focal points for prekindergarten through grade 8 mathematics: A quest for coherence*. Reston, VA: Author.
- OECD-PISA. (2013). *PISA 2015 draft collaborative problem solving assessment framework*. Retrieved from <https://www.oecd.org/callsfortenders/Annex%20ID-PISA%202015%20Collaborative%20Problem%20Solving%20Framework%20.pdf>
- Pintrich, P. R. (2000a). Multiple goals, multiple pathways: The role of goal orientation in learning and achievement. *Journal of Educational Psychology*, 92(3), 544-555. doi:10.1037/0022-0663.92.3.544
- Pintrich, P. R. (2000b). The role of goal orientation in Self-Regulated Learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation: Theory, research, and applications* (pp. 451-502). San Diego, Calif.: Academic Press.

- Veenman, M. V. J. (2005). The assessment of metacognitive skills: What can be learned from multi-method designs? In C. Artelt & B. Moschner (Eds.), *Learn strategies and metacognition: Implication for teaching and praxis* (pp. 77-99). Münster: Waxmann.
- Vygotsky, L. S. (1987). Thinking and speech. In R. W. Rieber & A. S. Carton (Eds.), *The collected works of L. S. Vygotsky* (Vol. 1., pp. 39-285). New York: Plenum.
- Winne, P. H. (2000). [Measuring self-regulated learning](#). In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeider, *Handbook of self-regulation* (pp. 531-566). San Diego, Calif.: Academic Press.
- Zohar, A., & Peled, B. (2008). The effects of explicit teaching of metastrategic knowledge on low and high-achieving students. *Learning and Instruction*, 18(4), 337-353. doi:10.1016/j.learninstruc.2007.07.001
- Pintrich, P. R. (2002). [The role of metacognitive knowledge in learning, teaching and assessing](#). *Theory into Practice*, 41(4), 219-225. doi:10.1207/s15430421tip4104_3
- Polya, G. (1945). How to solve it. Princeton, N. J.: Princeton University press.
- Salomon, G., & Perkins, D. N. (1989). Rocky roads to transfer: Rethinking mechanisms of a neglected phenomenon. *Educational Psychologist*, 24(2), 113-142. doi:10.1207/s15326985ep2402_1
- Schunk, D. H., & Zimmerman, B. J. (1998). *Self-regulated learning: From teaching to self-reflective practice*. New York: Guilford.
- Silver, E. A., & Cai, J. (1996). [An analysis of arithmetic problem posing by middle school students](#). *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(5), 521-539. doi:10.2307/749846
- Silver, E. A., & Stein, M. K. (1996). [The Quasar project: The "revolution of the possible" in mathematics instructional reform in urban middle schools](#). *Urban Education*, 30(4), 476-521 doi:10.1177/0042085996030004006

