יצירתיות מתמטית של תלמידים מבעד לעיני פרחי הוראה

חנה לב-זמיר, אורנים - המכללה האקדמית לחינוך, קריית טבעון
ענת לבב-ויינברג, אורנים - המכללה האקדמית לחינוך, קריית טבעון; בית ספר תיכון, מנור-כברי

תקציר

המחקר בדק את התפיסות המוקדמות של פרחי הוראה הנוגעות לשאלה מהי יצירתיות מתמטית וכיצד אפשר להעריך אותה. לצורך המחקר התבקשו 50 פרחי הוראה הנמצאים בהכשרה לקראת הוראת המתמטיקה בבית הספר היסודי לציין בכלליות כיצד לדעתם אפשר להעריך יצירתיות במתמטיקה. בנוסף לכך הם התבקשו לבצע הערכה כזו עבור תוצרים ספציפיים של תלמידים שונים. מניתוח הממצאים עולה כי כאשר ההתייחסות ליצירתיות מתמטית היא כללית, פרחי ההוראה חסרים ידע משותף (shared knowledge), דבר המתבטא בשונות רבה בתשובותיהם כמו גם בקשיי התנסחות. כאשר ההתייחסות היא לתוצרים מתמטיים ספציפיים, אפשר למצוא הסכמה רבה בדרך ההערכה תוך שימוש בנימוקים שאפשר לקשרם למושגים של גמישות ומקוריות. המחקר מלמד על חשיבות ההתנסות במשימות המעודדות יצירתיות כדי לפתח אצל פרחי ההוראה את הידע המשותף הנחוץ להערכת יצירתיות במתמטיקה.

מילות מפתח: *מאפייני יצירתיות; הערכת יצירתיות; תפיסות פרחי הוראה; ידע משותף.*

סקירת ספרות

יצירתיות מהי?

יצירתיות היא אחת מאותם מושגים שאמנם מרבים להשתמש בהם, אך לא קל להגדירם. אנו משתמשים במושג זה בתדירות, אולם מתקשים לנסח במילים למה באמת אנחנו מתכוונים (Henry, 2009). בספרות המחקר שנסקרה עד כה לא נמצאה הגדרה אחת ברורה ליצירתיות בהוראה בכלל, והגדרת היצירתיות בהוראת המתמטיקה בפרט (Lev-Zamir & Leikin, 2011). חוקרים רבים ביניהם פילוסופים, אנשים מתחום האמנות, פסיכולוגים ואנשי חינוך, ניסו להגדירה מתוך נקודות מבט למיניהן מתקופת יוון העתיקה ועד עצם היום הזה. סקירת הספרות בתחום היצירתיות מעלה יותר ממאה הגדרות ופרשנויות רבות ומגוונות בנוגע למשמעותה ומהותה (Bolden, Harries, & Newton, 2010; Haylock, 1987; Mann, 2006). המחקרים בעשורים האחרונים מעידים על שינוי ביחס ליצירתיות – מתכונה מולדת שאי אפשר לפתח אותה לתכונה שאפשר ללמדה ולטפחה (Silver, 1997). שינוי זה הביא לידי התעניינות מוגברת ביצירתיות מצד אנשי חינוך מתמטי הרואים חשיבות רבה בטיפוח תלמידים בעלי מיומנויות

חשיבה מסדר גבוה, ולא רק בעלי יכולת שליטה בביצוע אלגוריתם (למשל, Ball, Thames, & Phelps, 2008; Ervynck, 1991; Silver, 1997). מחקר זה רואה בפיתוח יצירתיות מתמטית בכל תלמיד את אחת המטרות המרכזיות של החינוך המתמטי בבית הספר, וסבור שיצירתיות בהוראת המתמטיקה היא משמעותית לצורך השגת מטרה זו.

למורים בפועל ולמורים העתידיים יש תפקיד מרכזי בהאדרת המרכיבים היצירתיים אצל תלמידיהם (Mann, 2006; Silver, 1997) ועל כן חשוב ללמוד על תפיסותיהם באשר ליצירתיות בהוראת המתמטיקה. מחקר זה צמח מתוך ההנחה שבאמצעות למידה על תפיסות סטודנטים[1] להוראת המתמטיקה באשר ליצירתיות בהוראת המתמטיקה יהיה אפשר ללמוד כיצד לטפח אצלם תפיסות המביאות לידי הוראה יצירתית, וכיצד להכשירם להוראה המעודדת יצירתיות (Lev-Zamir, 2011). כיוון שאין הגדרה אחת ליצירתיות המחקר הנוכחי יתבסס על הערכת יצירתיות לפי שלושה מתוך רכיבי היצירתיות על פי טורנס, שיצירתיות בהוראה עשויה לטפחם (Torrance, 1967).

שטף (*Fluency*) – רכיב זה עניינו יכולת שליפת ידע סלקטיבית מתוך שימוש בידע בסיסי או ידע עולם; הכושר להיזכר במידע בתנאים מסוימים ולהביא לידי ביטוי יכולות וורבליות ורמות פירוט גבוהות מתוך התייחסות לפרטים רלוונטיים כדי לתאר את שטף הרעיונות ושטף האסוציאציות. שטף של תלמיד בעת פעילות מתמטית יתבטא במספר או בקצב הרעיונות העולים כתגובה לבעיה המתמטית, שטף ההסברים או מספר דרכי הפתרון שיציג לבעיה (Levav-Waynberg & Leikin, 2012; Leikin, 2007; Silver, 1997; Torrance, 1967).

גמישות (*Flexibility*) – רכיב זה מאופיין ביכולת להתמודד עם בעיה בדרכים מגוונות ובהפקת פתרונות מגוונים (Leikin, 2007; Silver, 1997); יכולת לתכנן ולחקור בעיה בכיוונים שונים; יכולת שימוש באסטרטגיות מגוונות ויכולת לשנות כיוון בהפעלת שיקול דעת; יכולת להעמיק, לבחון את הפתרונות, ליצור בעיות חדשות (*problem posing*) ולהתמיד בחקר. הגמישות מתאפיינת בפתיחות לרעיונות, והכמיהה לפתרון ולהבנה גם אם הדבר קשה להשגה (Feldhusen, 2002; Plucker & Beghetto, 2004; Torrance, 1967). גמישות של תלמיד בעת פעילות מתמטית תתבטא בפתיחותו לפעול בכיווני חשיבה מסתעפים באמצעות העלאת שאלות או הצעת דרכי פתרון מגוונים.

מקוריות (*Originality*) – רכיב זה מאופיין בחשיבה ייחודית (Torrance, 1967); ביכולת ליצור רעיון חדש מתוך איחוד של רעיונות קיימים; יכולת לראות את הדברים בראייה שונה; להציג תשובות נדירות; לפרש עניין או חלק ממנו באורח שונה מהמקובל; להציג פתרון מקורי ובלתי צפוי או להעלות שאלה חדשה בעקבות זו שניתנה (Torrance, 1967).

חשוב לציין שלא כל המרכיבים חייבים להופיע בכל פעילות יצירתית, אך חלקם ראוי שיבואו לידי ביטוי, וראוי שהמורים יהיו מודעים לקיומם ויבחינו ביניהם (לב-זמיר, 2015). הוראה המכוונת ליצירתיות מעבר להיותה מאתגרת יש בה כדי לעורר בקרב התלמידים סקרנות, הנעה והנאה. יש בה גם כדי לטפח תלמיד מעורב, לתרום להבניית הידע המתמטי שלו, וחשוב לא פחות, לסייע להתפתחות הידע המתמטי והפדגוגי של המורה (Lev-Zamir, 2011).

1. במחקר זה הסטודנטים הם פרחי הוראה.

ידע מורים והשלכותיו על יצירתיות בהוראת המתמטיקה

חוקרים רבים, למשל לייקין (Leikin, 2007) וכן פלוקר ובגטו (Plucker & Beghetto, 2004) ראו בידע המורה את אחד היסודות שעליהם נבנית הוראה יצירתית. כדי שמורה יוכל לדון בעניינויות ברעיונות לא שגרתיים של תלמיד, עליו "לגייס" את כל סוגי הידע שברשותו: **ידע תוכן מתמטי**, **ידע תוכן פדגוגי וידע קוריקולרי** (Shulman, 1986). ידע תוכן מתמטי ופדגוגי יאפשרו למורה לנווט דיון מתמטי כדי לבחון רעיון לא שגרתי, ואף להבנות ידע חדש על רעיון זה. כמו כן, סוגי ידע אלו יאפשרו זיהוי מהיר של תפיסה שגויה אצל התלמיד והתייחסות אליה, וזאת כדי להעמיק את ההבנה המתמטית שלו. הקשבה לרעיונות של תלמידים ולשאלות שהם מעלים מובילה את המורים לעתים למקום חדש שלא כתוב בספרי הלימוד. כדי "לתפוס" רעיון חדש של תלמיד על המורה להיות בעל ידע מתמטי וגמישות שיאפשרו לו להנחות שיח מתמטי בדרך שונה מהמתוכנן. הידע הקוריקולרי מאפשר למורה לקשור בדרך יצירתית ומושכלת בין נושאים שנלמדו בעבר ויילמדו בעתיד (Ma, 1999; Shulman, 1986).

חוקרים רבים רואים באמונות (beliefs) או תפיסות[2] (conceptions) סוג של ידע (Pajares, 1992; Scheffler, 1965) הקשור קשר הדוק לידע הפדגוגי ולעשייה בכיתה (בין אם תהיה זו הוראה מסורתית או הוראה המכוונת ליצירתיות). אמונות ותפיסות של מורים באשר ללימוד המתמטיקה ישפיעו על דרך ההוראה שלהם, על בחירת דרכי הלמידה, על בחירת הבעיות שהם מזמנים לתלמידים ועל דרכי ניווט השיח המתמטי (Pajares, 1992**)**.

אמונות ותפיסות של מורים על אודות יצירתיות בהוראת המתמטיקה

תומפסון (Thompson, 1984) ראה חשיבות רבה בהבנת הקשר בין תפיסות של מורים באשר למתמטיקה והוראת המתמטיקה והשלכותיהן על דרך ההוראה שלהם. במהלך 30 השנים שעברו מאז אמר את דבריו אלה, רבו המחקרים הבוחנים את סוגיית היצירתיות בהוראת המתמטיקה (Ervynck, 1991; Haylock, 1987; Mann, 2006; Silver, 1997). מספר מחקרים שפורסמו לאחרונה מוקדשים לתפיסת מורים על אודות יצירתיות בהוראת המתמטיקה.

מחקרים ברחבי העולם מציגים ממצאים דומים באשר לתפיסות המורים באשר ליצירתיות בהוראה, הנשענות בעיקר על תוצרים מקוריים, על עצמאות הלומד, על כישורים בתחומי האמנויות המגוונים ועל עושר הדמיון. רבים מהם רואים בהוראת המתמטיקה תחום המזמן יצירתיות מצומצמת. מורים בבית הספר היסודי מאמינים אמנם בפיתוח יצירתיות במתמטיקה, עם זאת בפועל נראה כי מרבית ההוראה המעודדת יצירתיות באה לידי ביטוי בתחומי האמנויות: ציור, שירה וריקוד. נדיר עוד יותר לשמוע ממורים למתמטיקה בכיתות הגבוהות של בית הספר על תפיסות הרואות בהוראת המתמטיקה הזדמנות לטיפוח היצירתיות (Bolden et al., 2010; Plucker & Beghetto, 2004).

לב-זמיר ולייקין (Lev-Zamir & Leikin, 2011) מבחינות בשני סוגים עיקריים של תפיסות מורים באשר ליצירתיות בהוראת המתמטיקה: 1. תפיסות מורים מכוונות מורה – אלה קשורות לפעילות היצירתית של המורה ובאות לידי ביטוי בבחירת הפעילות, בעשיית התאמות לאוכלוסיית היעד ובתכנון

2. במחקר זה נשתמש במונחים: אמונות ותפיסות כביטויים לידע המורים.

מהלכה. בתפיסה זו יש עניין בידע מתמטי ובידע פדגוגי, והיא באה לידי ביטוי בדרך שבה המורה מדבר על העשייה שלו כמורה; 2. תפיסות מורים מכוונות תלמיד – אלה קושרות את הפעילות עם התלמיד: מיומנויות שיזדקק להן, תובנות שיפתח, שאלות שייתכן שיעלו, הידע המתמטי שיביא לידי ביטוי והיכולות שלו להתמודד עם הפעילויות. הבחנה זו תואמת במידה רבה את הבחנתם של בולדן ואחרים (Bolden et al., 2010) בין הוראה יצירתית הממוקדת יותר במורה ובתהליכי ההוראה לבין למידה יצירתית הממוקדת בתהליכי הלמידה ובתהליך היצירתי שחווה התלמיד. המחקר הנוכחי מתמקד בעיקר בתפיסות המורים המכוונות לתלמיד.

בהתייחס למורכבות מלאכת ההוראה קגן (Kagan, 1992) וריימונד (Raymond, 1997) מפנים את תשומת הלב להבחנה בין יכולת המורה להציג את תפיסותיו ובין היכולת שלו לממשן בפועל. שני מצבים אלה עשויים להיות בשני מישורים שונים של אמונות המורים: אמונות ברובד עמוק ואמונות על פני השטח. במחקר של לב-זמיר ולייקין (Lev-Zamir & Leikin, 2013) נמצא שככל ששני הרבדים הללו קרובים יותר זה לזה, תהיה הלימה בין הצהרת המורה באשר ליצירתיות בהוראה ובין ההוראה בפועל. הלימה זו באה לידי ביטוי בעצמה רבה ככל שהיצירתיות של המורה מכוונת תלמיד.

מחקרן של שריקי ולביא (Shriki & Lavy, 2012) בחן תפיסות מורים בבתי ספר תיכוניים, וממצאיו מחזקים את הפער בין אמונותיהם המעידות על חשיבות טיפוח יצירתיות בקרב תלמידיהם, ועם זאת בפועל מציינים את גורם הזמן, הלחץ והידע הנוגע למבחנים החיצוניים, שבהם התלמידים אינם נדרשים להפגין יצירתיותם, עובדות המשמשות מכשול במימוש אמונותיהם.

תפיסות של פרחי הוראה על אודות יצירתיות בהוראת המתמטיקה

ממחקרים שערכו בולדן ואחרים (Bolden et al., 2010) וגם פנאורה ופנאורה (Panaoura & Panaoura, 2014) על אודות תפיסות של סטודנטים באשר להוראת המתמטיקה אפשר ללמוד, כי רובם המכריע רואים במתמטיקה מקצוע שאינו מזמן יצירתיות, ועל כן טיפוחה בהוראה היא משימה קשה לביצוע. חלק מתפיסות אלה נבעו מתוך ניסיון חייהם בהיותם תלמידים. במהלך ראיונות עם הסטודנטים התברר שלמרות התפיסות שהביעו בשלב ראשון, הם ציינו את החשיבות שהם רואים בהוראה המכוונת לטיפוח היצירתיות ואת מידת החיוניות בהכשרה המכוונת להשגת מטרה זו כדי שיוכלו לטפח יצירתיות בתלמידיהם. ממחקר שערכה ברג (Berg, 2010) עולה שפרחי ההוראה רואים חשיבות במתן משימות המעודדות יצירתיות לתלמידים בעלי הישגים גבוהים בלבד. תפיסה זו עומדת בסתירה לתפיסה שיצירתיות נכונה וחיונית לכל תלמיד (Ball et al., 2008; Silver, 1997; Zazkis & Holton, 2009). רבים מהסטודנטים במחקרה של ברג (Berg, 2010) הציגו תפיסה הרואה בהצגת בעיות לא שגרתיות סיכון שעלול להביא לידי מצב שבו לא יצליחו לעמוד בדרישות תכנית הלימודים, ולכן מתוך רגש אחריות כלפי התלמידים יעדיפו להציג בעת ההוראה בעיות רוטיניות מספר הלימוד.

במהלך המחקר שערכו בולדן ואחרים (Bolden et al., 2010) היה אפשר לזהות בתפיסותיהם של פרחי ההוראה התייחסות ליצירתיות מכוונת מורה וליצירתיות מכוונת תלמיד. חשוב לציין, שתפיסות אלה הובעו בכלליות ולוו בקושי בהבאת דוגמאות ספציפיות. במרבית הדוגמאות שניתנו ליצירתיות התייחסו הסטודנטים למשמעות של הנאה ויצירת סקרנות שהוראה יצירתית מספקת, ופחות להקשר של יצירתיות

מתמטית המכוונת לטיפוח חשיבה והבנת עקרונות מתמטיים. שלוש קטגוריות זוהו בתפיסותיהם:

א. תפיסות העוסקות בהוראה וכוללות שתי תתי-קטגוריה: א.1 שימוש יצירתי במקורות לפעילויות. עיקר הדוגמאות שהביאו היו מתחום הגאומטריה ומשחקים חשבוניים; א.2 דרכי הביצוע, יישום וקישור רעיונות ותכנים מתמטיים עם חיי יום-יום.

ב. תפיסות העוסקות בלמידה וכוללות שתי תתי-קטגוריה: ב.1 פעילויות המאפשרות לתלמידים לחקור דרכי פתרון אישיים ולגלותן, פעילויות המעודדות גילוי רעיונות מתמטיים מעבר לתרגול והצגת מענה צפוי לשאלות מתמטיות שגורות. הדוגמאות שהציגו להמחשת התפיסות הובאו מתחום הגאומטריה ושימוש יצירתי בארבע פעולות החשבון. מהדוגמאות שהביאו לא היה אפשר ללמוד על התהליך שבאמצעותו ניתן לטפח את היצירתיות בעזרת הפעילויות המוצעות, והדרך שבה המורה מעודד יצירת הכללות לרעיונות המתמטיים; ב.2 פעילויות שמטרתן לפתח גמישות בקרב התלמידים, פתרון בעיה בדרכים מגוונות ובחירת אסטרטגיה לפתרון המתאימה לסיטואציה הנתונה ולידע של התלמיד.

ג. תפיסות העוסקות ביצירתיות בדרכי הערכת התלמידים. הערכה באמצעות משימות העשויות להעיד על הבנה מושגית ופחות על יכולות פרוצדורליות, כלומר משימות הנדרשות לתכנים מתמטיים מגוונים.

על בסיס ניתוח דיון שנערך עם סטודנטים להוראת המתמטיקה שריקי (Shriki, 2010), וגם פנאורה ופנאורה (Panaura & Panaura, 2014) טוענים שהידע של הסטודנטים על אודות היצירתיות בהוראה אינו מספיק כדי לקיים דיון מעמיק בנושא. יש פער בין ההצהרות שלהם כשהם מתארים מאפייני יצירתיות בפעילויות ובין יכולתם להדגים פעילויות מסוג זה.

בולדן ואחרים (Bolden et al., 2010) ניתחו שאלונים וראיונות מובנים למחצה עם סטודנטים להוראת המתמטיקה בבית הספר היסודי בנוגע לתפיסותיהם באשר ליצירתיות. הם הראו שתפיסות אלה צרות היקף ומקושרות בדרך כלל עם פעולה ספציפית של המורים. מהאמור לעיל נראה שעולם הידע של המורים כמו גם של פרחי הוראה על אודות יצירתיות בהוראת המתמטיקה הוא בעיקר ידע אינטואיטיבי. ידע זה לא עבר תהליך של למידה קבוצתית שבעקבותיה נעשו עיבוד והמשגה של רעיונות.

קוב, סטפן, מק'קלין וגריבמאייר (Cobb, Stephan, McClain, & Gravemeijer, 2001) מרבים לדבר על חשיבות הלמידה הקבוצתית. לדבריהם, יש קשר הדוק בין הידע הנבנה על ידי הלומד היחיד ובין הידע הרחב הנבנה על ידי אינטראקציה עם הקבוצה. הדיון הקבוצתי יוצר תשתית לידע משותף – Shared knowledge – שבו התלמיד נדרש לחלוק עם הקבוצה את רעיונותיו, להסבירם ולהתייחס לרעיונות של אחרים. כל אחד מהשותפים תורם לכלל ונתרם ממנו בתהליך שבמהלכו נבנית שפה משותפת ומוסכמת בנושא (Herskowitz, Hadas, Dreyfus, & Schwarz, 2007). ממצא זה מעלה את ההשערה שלימוד פורמלי על אודות יצירתיות בהוראת המתמטיקה כחלק מתהליך ההכשרה הוא חיוני לצורך הבניית ידע שיתופי בנושא. לימוד זה עשוי להביא לידי שינוי בידע של פרחי הוראה, ויאפשר להם שימוש בטרמינולוגיה מוכרת מספרות המחקר ובקריטריונים מוסכמים בעת בחירה של משימה מתמטית וניתוח מאפייני היצירתיות שלה.

מאפייני משימות שמעודדות יצירתיות

המאפיינים של פעילויות שעשויות לתרום לפיתוח יצירתיות התלמיד הם רבים: התמודדות עם בעיות לא שגרתיות, בעיות פתוחות או בעלות דרכי פתרון רבות ומגוונות, פעילויות חקר, העלאת שאלות, פעילויות המזמנות שיח מתמטי עשיר, הסקת מסקנות ובניית הכללות (Ball et al., 2008; Jaworski, 1994). פעילויות מסוג זה כרוכות בלקיחת סיכון והתמודדות עם רעיונות לא מוכרים המזמנים שיתוף והתלבטות (Mann, 2006; Sriraman, 2009). המורה נדרש לבחור בחירה מושכלת במשימות הן מספר הלימוד והן מעבר לו. בבחירת המשימות עליו להיות מודע לפוטנציאל היצירתי הטמון בכל אחת מהן מתוך התחשבות במרכיבי היצירתיות על פי טורנס (Torrance, 1967).

ג'וורסקי (Jaworski, 1994) רואה באתגר המתמטי חלק מרכזי בתכנון הפעילות מעצם היותו מעורר סקרנות, דורש התמודדות ומחייב גיוס ידע רב כדי להתמודד אתו. בקרב אנשי החינוך המתמטי אין תמימות דעים באשר להגדרה מדויקת של המושג "בעיות אתגר". עם זאת, יש הסכמה שפתרון בעיות המזמנות פתרונות מגוונים או דרכי פתרון מגוונות מזמן לתלמידים חקר וכר נרחב להסקת מסקנות, לבניית הכללות ולהעלאת שאלות, כמו למה? ומה אם...? כמו כן תרומתן של בעיות מסוג זה רבה לפיתוח היצירתיות ולהרחבה הידע המתמטי של התלמיד והעמקתו (Jaworski, 1994; Herskovitz, Peled, & Littler, 2009; Zazkis & Holton, 2009).

ממחקר שערכה צ'יאו (Chiu, 2009) אפשר ללמוד כי המורים יודעים להבחין בין בעיות שגרתיות שאינן מזמנות יצירתיות ובין בעיות לא שגרתיות. המורים אפיינו את הבעיות מהסוג האחרון כבעיות שמאפשרות דמיון רב יותר, שאינן תלויות בפרוצדורה ספציפית לצורך פתרונן, שדורשות בחינת אסטרטגיות לפעולה ומאפשרות פתרונות מגוונים. מאותו מחקר (Chiu, 2009) היה אפשר ללמוד כי מעבר לזיהוי הבעיות כשגרתיות ולא שגרתיות, אין למורים די כלים כדי להציג בעיות המעודדות יצירתיות, ובדרך כלל למרות הפוטנציאל היצירתי שזיהו בבעיות אלה, דרכי ההוראה שלהם לא זימנו את היצירתיות הטמונה בהן. חלק מהמורים ליוו את התלמידים באמצעות שאלות תומכות, הוסיפו פרטים חסרים בבעיה המקורית (ובכך סגרו אותה לתשובות אפשריות מגוונות), או אף הטילו ספק ביכולתם של התלמידים להתמודד עם בעיות ללא כל הנתונים הנדרשים, ולכן הנחו אותם שלב אחרי שלב.

הכשרת מורים מכוונת טיפוח יצירתיות

מחקרים מלמדים על כך שפרחי ההוראה מגיעים לתכניות של הכשרת המורים עם תפיסות ואמונות שנבנו על התנסויותיהם הקודמות, ובמרבית המקרים לא חוו תהליכי למידה המכוונים לטיפוח היצירתיות, ולא רכשו כלים להערכתה (Bolden et al., 2010). באשר לתפיסותיהם של פרחי ההוראה נמצא פער בין הצהרותיהם על סוגי בעיות המזמנות יצירתיות ובין היכולת שלהם להציג דוגמאות לפעילויות כאלה. הידע ההצהרתי על אודות היצירתיות אינו מספיק. יש לקשור תאוריה ומעשה כדי ללמד את פרחי ההוראה לזהות את הפוטנציאל היצירתי במשימה, וכן להעלות את רמת המודעות שלהם למאפייני היצירתיות ולדרכי ההוראה המכוונות לפיתוחה (Panaoura & Panaoura, 2014; Shriki, 2010). נראה כי לפרחי ההוראה כמו גם למורים אין התנסות מוקדמת מספקת כדי שיוכלו לפתח יצירתיות של התלמידים (Bolden et al., 2010; Chiu, 2009; Panaura & Panaura, 2014; Shriki,

2010). מורים ופרחי הוראה מאמינים שיש להציג לפני התלמידים משימות המכוונות לפיתוח היצירתיות, אך מרגישים בחוסר ידע בכל הקשור לבחירת המשימות ולדרכי הצגתן לתלמידים. נוסף לכך הם מביעים חשש שמא לא "יספיקו" ללמד את כל החומר הנדרש לפי תכנית הלימודים (Berg, 2010).

לב-זמיר (2016) עוסקת במחקרה במקומו של תהליך התנסות בהוראה מקדמת יצירתיות במהלך הכשרת הסטודנטים להוראת המתמטיקה. תאורטית הסטודנטים נחשפים למאפייני היצירתיות: שטף, גמישות, מקוריות, הרחבה ופירוט (Torrance, 1967), מעשית הם מתנסים בפתרון בעיות בעלות פוטנציאל לטיפוח היצירתיות. בהמשך להתנסות האישית שלהם בהיותם לומדים מתקיים דיון קבוצתי המאפשר יצירת ידע שיתופי (Shared knowledge), והסטודנטים מנתחים את אוסף דרכי הפתרון שהתקבלו מתלמידי בית ספר לאותה בעיה, תהליך שמאפשר בניית קשר בין תאוריה למעשה. הסטודנטים בוחנים את הידע המתמטי שלהם, אך גם את הידע של התלמידים באמצעות דרכי פתרון מגוונות לבעיה ספציפית ובונים את המשמעות של מאפייני היצירתיות. תהליך זה תורם להתפתחות הידע על אודות יצירתיות בהוראת המתמטיקה. להתנסות שלהם במהלך הכשרתם להוראה, לדיונים המשותפים ולהבניית הידע השיתופי יש השלכות על התפיסות והאמונות שתתגבשנה לקראת היותם מורים בפועל (Lev-Zamir & Leikin, 2013; Bolden et al., 2010; Herskowitz et al., 2007; Levenson, 2013; Shriki, 2010).

מתוך האמור לעיל עולה כי על פרחי ההוראה להיחשף במהלך הכשרתם להגדרה אופרטיבית של יצירתיות, שתאפשר להם לפעול על פיה. הכרת מאפייני היצירתיות תאפשר לפרחי ההוראה ללמוד לנתח ולהעריך את הפוטנציאל היצירתי הטמון בכל משימה שיבחרו, כמו גם לדעת לאילו תוצרים עליהם לצפות מתלמידיהם. עליהם ללמוד כיצד אפשר להסב כמעט כל פעילות מתמטית לפעילות חקר עשירה ועמוקה המשלבת חקר וגילוי, הסקת מסקנות וניסוח הכללות, פיתוח יכולת של עשיית רפלקציה על הפעילויות הנבחרות והבחנה בין משימות מגוונות (לב-זמיר, 2015; Levenson, 2013). כדי שפרחי הוראה ילמדו לטפח את יצירתיות התלמיד, עליהם לזהות כיצד היצירתיות באה לידי ביטוי אצלו, ולשם כך הם זקוקים לדרכי הערכה של יצירתיות.

קריטריונים להערכת היצירתיות של תוצר התלמיד

בעשור האחרון נערכו מספר מחקרים המרחיבים את ביטוייה של היצירתיות ושל תפיסות על אודות היצירתיות בהוראת המתמטיקה לתהליכי הערכת היצירתיות של התלמידים. על בסיס הפתרונות המגוונים שהציגו מורים מומחים לכל בעיה אפשר להעריך את היצירתיות של התלמיד או הקבוצה על פי קריטריונים של שטף, גמישות ומקוריות שהפגינו בפתרונותיהם (Levav-Waynberg & Leikin, 2012; Leikin, 2009). לבב-ויינברג ולייקין (Levav-Waynberg & Leikin, 2012) פיתחו מודל המשתמש בקריטריונים אלה לצורך הערכת יצירתיות של תלמידים בפתרון בעיות גאומטריות בדרכים מגוונות (Multiple-Solution Tasks). לאחר מכן לייקין ולב (Leikin & Lev, 2013) השתמשו במודל דומה להערכת יצירתיות של תלמידים בעת התמודדות עם פתרון בעיות מתחומים מתמטיים מגוונים, תוך שהן בוחנות את דרכי הפתרון המגוונות הכוללים: שימוש בייצוגים וויזואליים, פתרונות

אריתמטיים, פתרונות אלגבריים ופתרונות המלווים בהסברים מילוליים.

אמנם המחקרים לעיל עסקו בהערכת היצירתיות של תלמידים בלבד, אך אפשר להשתמש במודל ההערכה שתואר בהם גם כדי להעריך את הפוטנציאל היצירתי של המשימה המתמטית עצמה. לא נמצאו מחקרים שמטרתם המפורשת הערכת פוטנציאל יצירתי של משימות המתמטיות.

הצעד הראשון לקראת בניית תכנית הכשרה לפרחי ההוראה שתפתח את הידע הנחוץ לטיפוח יצירתיות התלמיד ותספק כלים להערכת יצירתיות זו, הוא זיהוי התפיסות הנוגעות ליצירתיות מתמטית שאִתן מגיעים פרחי הוראה ללימודי ההוראה והערכתה. מיפוי תפיסות אלה עשוי לחדד את האבחנה במה תכנית ההכשרה צריכה להתמקד כדי לחנך דור חדש של מורים המעודדים יצירתיות מתמטית. בכך עוסק המחקר הנוכחי.

מתודולוגיה

מטרת המחקר הייתה לבחון את הידע המוקדם של פרחי הוראה בנושא יצירתיות בהוראת מתמטיקה בטרם נחשפו להוראה פורמלית של הנושא. ידע זה מתבטא בתפיסותיהם המוקדמות באשר ליצירתיות של תלמידים במתמטיקה והדרך שבה הם מציעים להעריך אותה.

שאלות המחקר

1. כיצד נתפסת יצירתיות התלמיד במתמטיקה בעיני פרחי הוראה?
2. דמיון ושוני בדרך שבה סטודנטים מעריכים יצירתיות של תלמידים במתמטיקה.
3. האם אפשר לזהות הלימה בין הערכה של יצירתיות עבור משימה ספציפית ובין הערכה כללית של יצירתיות התלמיד במתמטיקה?
4. באילו נימוקים משתמשים פרחי ההוראה כשהם מעריכים יצירתיות של תלמידים במתמטיקה, ואילו קריטריונים הם מציינים כדי לאפיין את הערכתם?

אוכלוסיית המחקר

במחקר השתתפו 50 פרחי הוראה בתחום הוראת המתמטיקה לבית הספר היסודי. נתוני המחקר נאספו בשיעור הראשון של הסטודנטים בקורס ששמו "יצירתיות בהוראת המתמטיקה". הקורס נלמד במהלך שנת ההכשרה השנייה.

מהלך המחקר

שלב א': עם תחילת השיעור התבקשו הסטודנטים לענות אישית בכתב על שאלון פתוח שבדק את התפיסות המוקדמות שלהם על אודות יצירתיות במתמטיקה.

שלב ב': לאחר שמילא את השאלון התבקש כל סטודנט לבצע משימה מתמטית.

שלב ג': לאחר ביצוע המשימה המתמטית קיבל כל סטודנט דף שבו מתוארים הפתרונות של ארבעה תלמידים שונים למשימה שניתנה בשלב הקודם. כל סטודנט התבקש לדרג את ארבעת התלמידים לפי מידת היצירתיות שהפגינו ולנמק את שיקוליו.

כלי המחקר

השאלון: השאלון שניתן לסטודנטים בשלב א' של המחקר כלל שמונה שאלות (נוסח השאלון בנספח 1). מחקר זה יתמקד בתשובות על שאלה 5:

> כיצד היית מציעה להעריך את מידת היצירתיות המתמטית של תלמיד? באילו קריטריונים להערכה היית משתמשת?

המשימה: המשימה שניתנה לסטודנטים בשלב ב' מתוארת באיור 1. משימה זו נבחרה כיוון שהיא עונה על הקריטריונים של משימה המאפשרת יצירתיות (Ball et al., 2008; Jaworski, 1994): היא פתוחה; בעלת תשובות נכונות רבות מאוד ולכן מאפשרת שטף; אפשר לספק לה תשובות מגוונות מאוד ושונות מהותית זו מזו ועקב כך יש מקום למקוריות רבה.

לפניכם המספרים:

2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 15, 21, 25, 28, 49.

- בנו כמה שיותר קבוצות של ארבעה מספרים עם תכונה משותפת או כלל משותף.
- יש לתת לכל קבוצה שם המייחד את ארבעת המספרים שבקבוצה מיתר המספרים שברשימה.
- יש להשתמש בכל אחד מהמספרים לפחות פעם אחת.

איור 1: המשימה שניתנה בשלב ב'

דירוג פתרונות של ארבעת התלמידים

לפני הסטודנטים הוצגו פתרונותיהם של ארבעה תלמידים (איור 2) למשימה שהוצגה בשלב ב' (איור 1). הם התבקשו לדרג מ-1 עד 4 את מידת היצירתיות של כל תלמיד על סמך פתרונות אלה. דירוג 4 משמעו שהתלמיד היה יצירתי ביותר ואילו דירוג 1 משמעו שהתלמיד היה הכי פחות יצירתי מבין הארבעה. הסטודנטים התבקשו לנמק את שיקוליהם בהערכת היצירתיות. בחירת התשובות של ארבעת התלמידים כפי שהוצגו בפני הסטודנטים נעשתה לפי השיקולים הבאים (סדר הצגתן כאן הוא לפי דרגת יצירתיות עולה):

ים (תלמיד 2) השיב יחסית מעט תשובות (3 לעומת 5 שנתנו אחרים) וכולן היו מאותו הסוג: קבוצות של כפולות (שטף נמוך, גמישות נמוכה, ללא מקוריות[3]).

גל (תלמיד 1) השיב יותר תשובות אך משני סוגים בלבד (כפולות והכי קטן או הכי גדול) שמתוכם סוג אחד הוזכר על ידי כל השאר, וסוג שני אינו מצריך ידע מתמטי רב (שטף גבוה יותר, גמישות קצת יותר גבוהה, מקוריות נמוכה).

שי (תלמיד 3) השיב 4 תשובות שונות ומגוונות הדורשות ידע מתמטי (מספרים ריבועיים, הפרשים וכדומה) אך גם טעה בתשובה אחת (שטף נמוך יותר מגל, גמישות מרובה ומקוריות בידע המתמטי שהציג).

טל (תלמיד 4) השיב 4 תשובות שונות הדורשות ידע מתמטי, אך פחות מהידע שהפגין שי וגם השיב תשובה אחת שיצאה מתחום המתמטיקה (שטף וגמישות גבוהים, מקוריות חוץ-מתמטית).

3. מקוריות נקבעה מתוך היכרות עם המשימה ועם התשובות הנפוצות בקרב העונים עליה.

באמצעות הדירוגים שנקבעו לארבעת תלמידים אלה הייתה כוונה לבחון את ההתייחסות של הסטודנטים לרכיבים של שטף, גמישות ומקוריות מחד גיסא, ולבדוק מה התייחסותם למאפיינים של ידע מתמטי, ביצוע טעות אחת והכנסת תשובה שאיננה בעלת אופי מתמטי מאידך גיסא.

דרכי הניתוח

כדי לענות על שאלת המחקר בוצע ניתוח כמותי של דירוגי הסטודנטים את היצירתיות של התלמידים (איור 2). כמו כן בוצע ניתוח איכותני לנימוקים שכתבו הסטודנטים לדירוגים שקבעו וכן לתשובותיהם על שאלה 5 מהשאלון (נספח 1: שאלון פתיחה).

תלמיד 1

גל	שם הקבוצה – התכונה שמייחדת את הקבוצה	ארבעת המספרים שבקבוצה
1	כפולות של 5	5, 10, 15, 25
2	כפולות של 7	7, 21, 28, 49
3	כפולות של 3	3, 9, 15, 21
4	המספרים הכי קטנים ברשימה	2,3,4,5
5	המספרים הכי גדולים ברשימה	49,28,25,21
הדירוג:		

תלמיד 2

ים	שם הקבוצה – התכונה שמייחדת את הקבוצה	ארבעת המספרים שבקבוצה
1	כפולות של 5	5, 10, 15, 25
2	כפולות של 7	7, 21, 28, 49
3	כפולות של 3	3, 9, 15, 21
הדירוג:		

תלמיד 3

שי	שם הקבוצה – התכונה שמייחדת את הקבוצה	ארבעת המספרים שבקבוצה
1	דו ספרתיים שספרת העשרות 2	21, 25, 28, 49.
2	מספרים ריבועיים	4,9,25,49
3	רצף של 4 מספרים שההפרש ביניהם 2	3,5,7,9
4	רצף של 4 מספרים עוקבים	2,3,4,5
5	כפולות של 5	5, 10, 15, 25
הדירוג		

תלמיד 4

טל	שם הקבוצה – התכונה שמייחדת את הקבוצה	ארבעת המספרים שבקבוצה
1	המספרים הכי קטנים ברשימה	2,3,4,5
2	מספרים דו ספרתיים שספרת העשרות קטנה מספרת האחדות	15, 25, 28, 49.
3	מספרים שמסתיימים באות ע'	4,7,9,49
4	כפולות של 5	5, 10, 15, 25
5	רצף של 4 מספרים עוקבים	2,3,4,5
הדירוג		

איור 2: פתרונות של ארבעת התלמידים

ממצאי המחקר

האופן שבו תופסים פרחי ההוראה את יצירתיות התלמיד נבחן למעשה בשני מצבים: 1. כשאלה פתוחה ומופשטת: "כיצד היית מציעה להעריך את מידת היצירתיות המתמטית של תלמיד? באילו קריטריונים להערכה היית משתמשת?"; 2. כשאלה קונקרטית: "לפניכם תוצרים של 4 תלמידים שענו על משימה

זו. דרגו אותם מ 1-4 בסולם היצירתיות: ציון 4 הוא הציון הגבוה ביותר ביצירתיות וציון 1 הוא הנמוך. **נמקו את שיקולי החלטתכם**."

התייחסות כללית להערכת יצירתיות מתמטית של תלמיד

על השאלה: "כיצד היית מציעה להעריך את מידת היצירתיות המתמטית של תלמיד? באילו קריטריונים להערכה היית משתמשת?" התקבלו תשובות רבות ומגוונות. התשובות השונות חולקו לשלוש קטגוריות עיקריות: האחת כללה תשובות שנגעו למאפייני התלמיד עצמו; השנייה נגעה למאפייני התוצר של התלמיד והשלישית נגעה לכלי הערכה – באילו נסיבות/סביבות אפשר להעריך יצירתיות בלי לספק את הקריטריונים להערכה. נוסף על כך יש לציין ששבעה סטודנטים לא השיבו כלל על שאלה זו.

מאפייני התלמיד עצמו כללו: ידע מתמטי והבנה, גמישות, חשיבה מקורית, מידת המוטיבציה והפעלתנות שמפגין בדרך כלל, סגנון העבודה שלו (טכני או חוקר) וגם היו שתיארו את המאפיינים האלה מתוך שימוש במושג היצירתיות עצמו. פירוט השכיחות של כל אחד ממאפיינים אלו ודוגמאות לציטוטים מכל סוג נמצאים בטבלה 1. בטבלה זו אפשר לראות שהמאפיין הדומיננטי שצוין (18 פעם) הוא ידע מתמטי והבנה, כלומר ככל שתלמיד יודע מתמטיקה ומבין אותה היטב, כך הוא נתפס כיצירתי יותר במתמטיקה בעיני רוב הסטודנטים. מרכיב הגמישות או המקוריות של התלמיד תפסו מקום מרכזי פחות (8 פעמים כל אחד).

חלק מהתשובות נגעו **למאפייני תוצר** התלמיד שייחשב כיצירתי במתמטיקה. מאפיינים אלו כללו גמישות או מקוריות שהתוצר מבטא, אבל חלק מהמשיבים (4) התייחסו גם ליצירתיות הפלסטית של התוצר, כלומר האם התלמיד בנה משהו או השתמש באביזרים. פירוט השכיחות של כל אחד ממאפיינים אלו ודוגמאות לציטוטים מכל סוג נמצאים בטבלה 1.

הקטגוריה השלישית כללה, למעשה, **התייחסות לסביבות הלמידה שבהן ניתן להעריך יצירתיות** ללא פירוט הקריטריונים של ההערכה עצמה. בין השאר הוזכרו מתן משימות פתוחות לתלמידים, הצגת התוצרים של המשימות לפני התלמידים, יציאה משגרת לימודים, עבודה בקבוצות, על סמך דיונים וחקר עצמאי או על סמך מבחן.

טבלה 1: קריטריונים להערכת יצירתיות של תלמיד

הקטגוריה	מאפיינים	דוגמאות לציטוטים שייכים	שכיחות
מאפייני התלמיד עצמו בכלליות	ידע מתמטי והבנה	רעיונותיו מביאים לידי פתרון נכון יודע להסביר את דרך הפתרון ידע מעבר לנלמד בכיתה יכולת להקיש מידע קודם לתחומים חדשים, תובנות חדשות יודע להשתמש בכלים שקיבל לפתרון תרגיל על פי ההבנה של התלמיד/ הבנת החומר הצלחה במבחן	18
	מידת ההשתתפות / עניין מוטיבציה	בעל רצון לדעת עוד / מתעניין מידת העשייה בשיעור / מידת ההשתתפות / הקשבה פעילה	8
	גמישות	פתוח לקבל דרכים שונות בוחן כמה אופציות מביא פתרונות מגוונים לכיתה	8
	בעל חשיבה מקורית	בעל רעיונות משלו חשיבה מחוץ לקופסה שובר מוסכמות	8
	שימוש במושג יצירתיות להערכת יצירתיות	עד כמה הוא יצירתי הבנת החומר בדרך יצירתית	4
	סגנון עבודה טכנית או אחרת	האם עובד בדרך טכנית מבצע חקר	3
	יחסו למתמטיקה	לא פוחד ממתמטיקה	1
מאפייני התוצר של התלמיד	גמישות	פתרון שמקשר בין נושאים שימוש בדרכים שונות להסבר או לפתרון / פתרונות מגוונים	7
	מקוריות	פתרון בדרך שלא נלמדה בכיתה פתרון לא אלגוריתמי שימוש בדרכים לא מקובלות / לא שגרתיות תוצר מקורי ושונה	6
	התייחסות ליצירתיות פלסטית	שימוש באביזרים שונים למציאת פתרון בניית מודל / שרטוט	4
התייחסות לסביבת הערכה ולא לקריטריונים שלה		מתן משימות פתוחות לתלמידים הצגת התוצרים של המשימות בפני התלמידים יציאה משגרת לימודים / סדנאות עבודה בקבוצות על סמך דיונים וחקר עצמאי	7
אין תשובה		אין תשובה	7

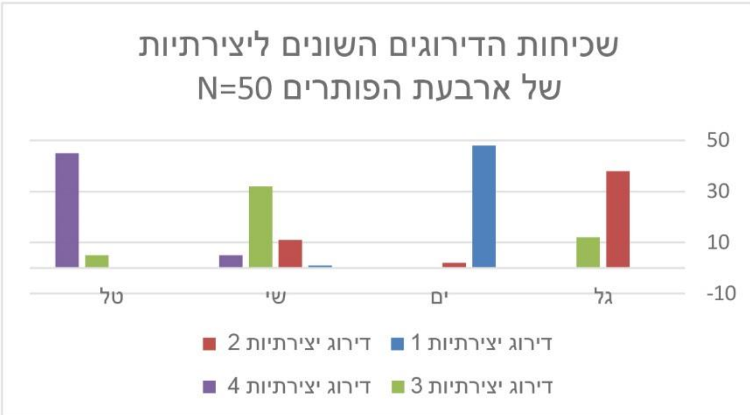
התייחסות ספציפית להערכת יצירתיות מתמטית של תלמיד

פירוט שכיחות הדירוגים שנתנו הסטודנטים למידת היצירתיות של ארבעת התלמידים מתואר בגרף 1. דירוג 4 ניתן לתלמיד שנחשב ליצירתי ביותר ודירוג 1 לתלמיד שנחשב ליצירתי הכי פחות.

מתוך גרף 1 אפשר ללמוד בכלליות ששני התלמידים שתשובותיהם היו מגוונות ומעמיקות פחות קיבלו את הדירוגים הנמוכים (ים וגל) ושני התלמידים בעלי התשובות המגוונות והדורשות ידע מתמטי רב

יותר קיבלו את הדירוגים הגבוהים ביצירתיות (שי וטל).

אפשר לראות עוד שהייתה תמימות דעים כמעט מלאה לגבי הדירוג: מתוך 50 הסטודנטים שנשאלו, 48 ציינו את ים כתלמיד הכי פחות יצירתי. כפי שאפשר לראות באיור 2 ים היה התלמיד שהציג מספר קטן ביותר של פתרונות שכולם מאותו הסוג (כפולות). שני הסטודנטים שלא דירגו אותו כך רשמו אותו כבעל דירוג 2 כלומר, היה ברור לכלל הסטודנטים שים איננו יצירתי בהשוואה לאחרים.



גרף 1: שכיחות דירוגי היצירתיות שניתנו לארבעת התלמידים

בדומה, 45 מתוך 50 הסטודנטים ציינו את טל כתלמיד היצירתי ביותר. חמשת הסטודנטים שלא דירגו את טל כתלמיד היצירתי ביותר רשמו אותו כבעל דירוג 3. לפיכך אפשר לומר על טל שהייתה תמימות דעים לגביו שהוא יצירתי בהשוואה לשלושת האחרים.

למעשה התלמיד שעורר מחלוקת גדולה ביותר היה שי: הוא הציג את אותו מספר תשובות כמו טל והן היו מגוונות. היו שני הבדלים עיקריים בין התשובות של טל לעומת התשובות של שי: שי טעה באחת התשובות ואילו טל הציג תשובה שאיננה מתחום המתמטיקה. מבדיקת הנתונים עולה ששני ההבדלים הללו יצרו יתרון לתפיסה של טל כיצירתי יותר.

כנראה שבשל הטעות של שי היו מי שסימנו אותו כבעל דירוג 1 או 2 (12 סטודנטים), ורק חמישה דירגו אותו כבעל דירוג 4, וזאת אף שכל ארבע תשובותיו הנכונות היו מגוונות והצריכו ידע מתמטי ברמה גבוהה, יחסית, לא פחות מתשובותיו של טל. כמו כן מתברר שהתשובה של טל שחרגה מתחום המתמטיקה הרשימה מאוד את הסטודנטים, וגרמה לרובם לציין תשובה זו כחשיבה מחוץ לקופסה, ולכן לדרג אותו כיצירתי ביותר אף שזו אינה יצירתיות מתמטית.

הנימוקים לדירוגים השונים

הסטודנטים התבקשו לנמק את הסיבות לדירוג שלהם. יש לציין שמתוך 50 הסטודנטים 14 לא סיפקו נימוקים לדירוגים שקבעו למרות הדרישה לכך. יש לשער שסטודנטים אלו פעלו באינטואיטיביות מבלי יכולת לנסח נימוק מדוע בחרו כפי שבחרו. גם אלו שסיפקו נימוקים לדירוגיהם השתמשו מדי פעם בנימוקים שכללו את המושג 'יצירתיות': "כי הוא ענה בצורה יצירתית".

הנימוקים השונים שניתנו לדירוגים קובצו לקטגוריות שסווגו לנימוקים שמסבירים מדוע תלמיד הוא יצירתי לעומת נימוקים המסבירים מדוע תלמיד איננו יצירתי. טבלאות 2 ו-3 מפרטות את סוגי קטגוריות הנימוקים שנמצאו עבור כל אחד משני סוגים אלו. גרף 2 מתאר את ההשוואה בין שכיחות הנימוקים לדירוג "יצירתי" לעומת שכיחות הנימוקים לדירוג "לא יצירתי".

נימוקים שנמצאו לדירוג תשובה כיצירתית הם: גמישות (30); מקוריות (21); פתרון חוץ-מתמטי (19); ידע מתמטי (19); יצירתיות (8); חשיבה ברמה גבוהה (5).

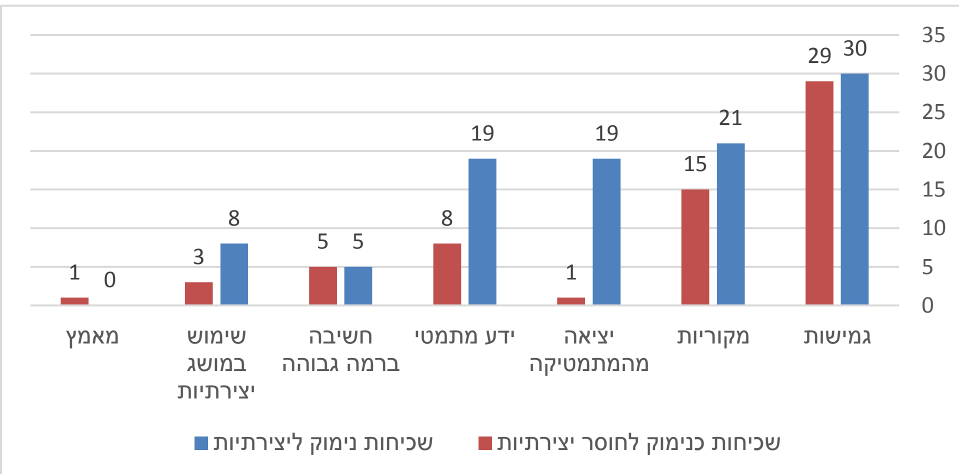
נימוקים לדירוג תשובה כלא יצירתית הם: אין גמישות (29); אין מקוריות (15); יש טעות (8); אין חשיבה ברמה גבוהה (5); לא יצירתי (3); חשיבה רק מתמטית (1); לא התאמץ (1).

טבלה 2: נימוקים לדירוג תשובת תלמיד כיצירתית

הקטגוריה	דוגמאות לציטוט נימוקים שייכים	שכיחות
גמישות	גמישות מחשבתית ומחשבה חופשית	30
	(הפותר) הסתמך על X (כמה) דברים / דרכי חשיבה / קריטריונים / עקרונות / קטגוריות	
	קבוצות שונות / מגוונות / לא מקובע	
מקוריות	חשיבה מחוץ לקופסה	21
	חשיבה מקורית	
	לא שגרתי	
	לא הייתי מוצאת תשובות כאלה בכל מקום	
תשובה חוץ-מתמטית	(הפותר) יצא מגבול תכונות המספרים	19
	לא רק בתחום (המתמטיקה)	
	לא קשור למתמטיקה	
אבחנה בעקרונות מתמטיים/ ידע מתמטי	הסתכל על מבנה המספר	19
	ער לקשרים בין מספרים	
	שם לב לספרות	
	חשב על ההפרשים	
	ידע (מתמטי) רב	
שימוש במושג יצירתיות	רמת יצירתיות גבוהה	8
	ענה בצורה יצירתית/ מחשבה יצירתית	
הפגנת חשיבה ברמה גבוהה	דורש חשיבה/ חשיבה מתמטית מפותחת	5
	הפעיל את המוח	

טבלה 3: נימוקים לדירוג תשובת תלמיד כלא יצירתית

הקטגוריה	דוגמאות לציטוט נימוקים שייכים	שכיחות
אין גמישות	אין גוון/ אין גמישות	29
	חוזר על עצמו	
	קיבעון/ חשיבה מקובעת	
	הסתמך רק על משהו אחד/ התייחס לפרמטר אחד בלבד	
לא מקורי	פשוט/ בסיסי / לא מיוחד/ מוכר	15
	קריטריון נראה לעין	
	אין חשיבה מחוץ לקופסה	
יש טעות	יש טעות	8
אין חשיבה מעמיקה	ללא חשיבה מעמיקה/ שטחי	5
שימוש במושג יצירתיות	אין חשיבה יצירתית	3
	לא יצירתי	
חשיבה תוך-מתמטית	חשב רק מתמטית	1
אין מאמץ	לא התאמץ	1



גרף 2: השוואה בין שכיחות הנימוקים לדירוג כיצירתי לעומת דירוג כלא יצירתי

בגרף 2 אפשר לראות שלגמישות ומקוריות, כמו לעומק החשיבה, יש משקל דומה כאשר מעריכים תוצר כיצירתי או כלא יצירתי. באשר לחשיבה חוץ-מתמטית – בעוד שזו הרשימה מאוד את המדרגים כנימוק ליצירתיות, הרי שלא הוצגה כמעט כלל כנימוק לחוסר יצירתיות. בדומה, הפגנת ידע מתמטי מרובה נחשבה כנימוק נפוץ (19) לדירוג יצירתי, אך לא צוינה כלל כנימוק לדירוג לא יצירתי. עם זאת היו שמונה סטודנטים שנימקו את היותו של שי יצירתי פחות מאחר שטעה באחת מחמש תשובותיו, אף שבכל הארבע האחרות הפגין ידע מתמטי ניכר.

דיון ומסקנות

המחקר המוצג יוצא מתוך הנחה שיש חשיבות רבה לזיהוי התפיסות הבסיסיות על אודות יצירתיות והערכתה שאִתן מגיעים פרחי ההוראה במתמטיקה להכשרת המורים. זיהוי תפיסות אלו עשוי לסייע בטיפוח ובבניית תשתית לאמונות המעוגנות בידע פורמלי שיש בהן כדי לתמוך בהוראה המעודדת יצירתיות של התלמידים. הנחת המחקר הייתה לפי רוח דבריה של צ'יאו (Chiu, 2009), שלמורים יש בסיס לזיהוי והערכה של יצירתיות, אך חסרים להם כלים פורמליים לביצועה (Bolden et al., 2010). בעזרת ממצאי המחקר יהיה אפשר לבנות תכנית הכשרה שתקנה לפרחי ההוראה את הידע המשותף – Shared knowledge – (Herskowitz et al., 2007) הנחוץ להם כדי להעריך את היצירתיות המתמטית של תלמידיהם.

המחקר בחן כיצד הסטודנטים תופסים את הערכת היצירתיות המתמטית בשתי סיטואציות: האחת כאשר הם אמורים להתייחס לסוגיה בכלליות – כיצד אפשר להעריך יצירתיות מתמטית, והשנייה כאשר הם צריכים להתייחס לסוגיה בהקשר של משימה ספציפית המוכרת להם היטב (התנסו בה בעצמם).

כאשר פרחי ההוראה התייחסו להערכה כללית של יצירתיות מתמטית היה ברור מתשובותיהם שאין ביניהם הסכמה. כמה מההתייחסויות של פרחי ההוראה נגעו להערכת מרכיבי האישיות של התלמיד עצמו (50 התייחסויות), מקצתן נגעו למאפייני התוצר של התלמיד שייחשבו כמעידים על יצירתיות (17 התייחסויות), ומקצתן נגעו לאופי סביבת הפעילות שמאפשרת לבחון יצירתיות ללא הסבר כיצד (7 התייחסויות). היו גם שבעה סטודנטים שלא ענו על השאלה כלל. כיוון שרוב ההתייחסויות נגעו למאפייני האישיות של התלמיד, ניכר שרובם מבינים את היצירתיות כתכונה שמאפיינת את היחיד ולא כתגובה למשימה ספציפית.

בדומה לנטען אצל בולדן (Bolden et al., 2010) ולווינסון (Levenson, 2013) גם במחקר זה נמצאו פרחי הוראה שעבורם יצירתיות "מתחברת" לפעלתנות ואמנות יותר ולחשיבה מתמטית פחות, אך הם היו מעטים (4 התייחסויות). בדומה לשטרנברג ולוברט (Sternberg & Lubart, 1996) שהשתמשו במושגים של יכולות קוגניטיביות גבוהות לאפיון יצירתיות, חלק גדול ביותר מן הסטודנטים (18) זיהו יצירתיות מתמטית עם חשיבה וידע מתמטי. רכיבי יצירתיות אחרים זכו להתייחסות מועטה יותר (הוזכרו לכל היותר 8 פעמים). הייתה התייחסות מעטה למקוריות (פתרון שלא נראה בכיתה – 6 פעמים) או לגמישות (גיוון בפתרונות – 7 פעמים). אך כפי שטוענת לווינסון (Levenson, 2013) לא נעשה שימוש בטרמינולוגיה המקובלת בספרות המחקר. עם זאת, גם כאן באמצעות ההסברים שהם הביאו היה ברור שהסטודנטים התייחסו למאפייני גמישות ומקוריות.

היעדר טרמינולוגיה משותפת בהקשר של הערכת יצירתיות בלט בעיקר בממצא שסך הכול 11 משיבים לא ענו על השאלה "כיצד ניתן להעריך יצירתיות?" או השתמשו במושג "יצירתיות" כדי להעריך אותה: "נראה עד כמה הוא **יצירתי**". ממצא זה עולה בקנה אחד עם טענותיהם של שריקי (Shriki, 2010) ושל פנאורה ופנאורה (Panaoura & Panaoura, 2014) שהידע של הסטודנטים על אודות היצירתיות בהוראה אינו ברמה המאפשרת דיון בנושא.

מתוך תגובות הסטודנטים שהתבקשו להעריך יצירתיות על בסיס תוצרים ספציפיים של תלמידים לפי

משימה מוכרת, עולה כי יש הסכמה ביניהם שאיננה מתבססת על ידע פורמלי לגבי המאפיינים של יצירתיות. הדבר ניכר בדירוג כמעט אחיד של ארבעת התלמידים שפתרונותיהם הוצגו. הנימוקים הנפוצים ביותר לדירוג תלמיד כיצירתי היו קשורים בזיהוי הגמישות או המקוריות בתוצר שלו, ובדומה זיהוי תלמיד כלא יצירתי היה קשור בזיהוי חוסר גמישות או חוסר מקוריות בתוצר שלו. לפיכך, התפיסות המוקדמות של המורים עולות בקנה אחד עם הגדרת היצירתיות לפי טורנס (Torrence, 1967) וסילבר (Siver, 1997). פרחי הוראה אולי לא מסוגלים לתת הגדרה ברורה לפי מה הם מעריכים יצירתיות, אך כשהם נדרשים לעשות זאת ספציפית, יש להם תפיסה ברורה מה נחשב ליצירתי ומה לא נחשב כזה. המחקר הנוכחי מראה שאף שלסטודנטים אין ידע פורמלי על מאפייני יצירתיות ודרכי הערכתה, יש להם יכולת אינטואיטיבית לזהות תוצרים יצירתיים של תלמידים. ממצא זה מצטרף לממצא של צ'יאו (Chiu, 2009) שלפיו המורים יודעים להבחין בין בעיות שגרתיות שאינן מזמנות יצירתיות ובין בעיות לא שגרתיות שמזמנות יצירתיות, אך היעדרו של ידע משותף מנע מהם להשתמש בטרמינולוגיה הקשורה לנושא כדי להסביר את קביעתם.

למרות קיומן של תפיסות בסיסיות אצל המורים לגבי הערכת יצירתיות, עדיין יש היבטים הדורשים חידוד והבהרה כדי שהמורים ידעו להעריך יצירתיות ולעודד את התפתחותה. על סמך ממצאי המחקר הזה מורים נותנים משקל יתר הן לחשיבה חוץ-מתמטית והן לטעויות מתמטיות. אין עדות בספרות למקום החשיבה החוץ-מתמטית בהוראת המתמטיקה. סביר להניח שהסיבה העיקרית שבעטיה התרשמו פרחי הוראה רבים כל כך מתשובה לא מתמטית כמו של טל (מספרים המסתיימים באות ע') ובזכותה דירגו אותו כיצירתי ביותר, היא שעד כה לא נחשפו לפעילויות שאפשרו מתן תשובה מסוג זה. בדרך כלל בעת פתרון בעיה מתמטית אין אפשרות לתת תשובה לא מתמטית, ולכן ההיתקלות בתופעה של יציאה מעולם המתמטיקה בעת עיסוק בבעיה מתמטית נתפסה בעיניהם כ"חשיבה מחוץ לקופסה". נוסף על כך חסרה לפרחי ההוראה האבחנה המסודרת בין יצירתיות כללית ליצירתיות ספציפית (מתמטית, במקרה דנן) שעליה מדברת לייקין (Leikin, 2009). בדומה לטענתה של שריקי (Shriki, 2010) גם ממחקר זה עולה שפרחי ההוראה חסרים ידע פורמלי והמשגה של יצירתיות, והבסיס להערכת היצירתיות שביצעו הוא אינטואיטיבי.

מפתיעה למדי ההתייחסות של פרחי ההוראה לדירוג של שי שאחת מתשובותיו הייתה שגויה. אף שהתלמיד שי השיב עוד ארבעה פתרונות נכונים ברמת ידע גבוהה יחסית, דירגו אותו שישה פרחי הוראה במקום שני ומטה – מתחת לתלמיד גל שנתן פתרונות מעמיקים פחות מבחינה מתמטית, ואחרי טל שגם לו היו רק ארבעה פתרונות מתמטיים.

מתן משקל יתר לטעות כגורם שמוריד את דירוג היצירתיות של התלמיד נובע, כנראה, אף הוא מניסיונם המוקדם של פרחי ההוראה בהערכה של משימות סטנדרטיות סגורות. כאשר תלמיד מספק פתרון שגוי למשימה מתמטית בדרך כלל אין לפתרון כזה ערך רב. לעומת זאת, במשימה שהוצגה כאן היה אפשר לספק פתרונות מרובים לאותה שאלה, ולכן נכון היה להתעלם מהפתרון השגוי ולהתייחס לפתרונות הנכונים של התלמיד לאותה משימה. מתברר שחלק מפרחי ההוראה לא היו מסוגלים לעשות זאת. מסקנה מתבקשת על סמך ממצא זה היא שיש צורך לחשוף את פרחי ההוראה לסולם הערכה שונה, שבו חשוב להדגיש את ההתייחסות לחלקים הנכונים של הפתרון, בדומה לסולם ההערכה שהציעו לבב-ויינברג

ולייקין (Levav-Waynberg & Leikin, 2012). כמו כן חשוב להדגיש את יתרונותיהם של פתרונות מרובים שנותן אותו תלמיד למשימה אחת, החושפים מידע מקיף יותר על ידע התלמיד ולא רק על טעויותיו.

נושא מעניין נוסף עוסק בהבדלים שבין נימוקים להערכת תלמיד כיצירתי לבין אלו שניתנו להערכת תלמיד לא יצירתי. לווינסון (Levenson, 2013) טוענת שקל יותר להגדיר גמישות על דרך השלילה: "אין קיבעון". במחקר הנוכחי נמצא שיש נימוקים שמופיעים בדומה על דרך החיוב והשלילה. לדוגמה: "יש גיוון בדרכי הפתרון" כסימן ליצירתיות לעומת "אין גיוון" כסימן לחוסר יצירתיות. הנימוקים השכיחים ביותר התקשרו להימצאות או להיעדר של גמישות ומקוריות. לעומת זאת יש נימוקים שהופיעו בעיקר על דרך החיוב (יציאה מהמתמטיקה). ממצא זה מחזק אף הוא את המסקנה שתפיסות המורים עולות בקנה אחד עם תפיסת היצירתיות לפי טורנס (Torrence, 1967) ולפי סילבר (Siver, 1997), תפיסה המעריכה יצירתיות באמצעות רכיבים של שטף, גמישות ומקוריות. יש לשער שנימוקים שמופיעים רק על דרך החיוב הם נימוקים שעליהם יש הסכמה רחבה פחות. מצד אחד, כאשר מסתכלים על פתרון מתמטי של תלמיד לא סביר לומר עליו שהוא לא יצירתי כי הוא לא יצא מתחום המתמטיקה. מצד אחר, היתקלות מפתיעה בפתרון לא מתמטי עשויה לגרום לנו להעריך את התלמיד כיצירתי אף שהיצירתיות שהפגין איננה מתמטית.

כאשר משווים בין ההתייחסות של פרחי ההוראה להערכת יצירתיות בכלליות ובין התייחסותם למשימה ספציפית אפשר לראות שההערכה הכללית מבחינה פחות בין יצירתיות ובין ידע והבנה מתמטיים, לעומת ההערכה הספציפית שבה יש יותר התייחסות לרכיבי גמישות ומקוריות וזיהוים. ההתייחסות הכללית לעתים מבלבלת בין פעילות המערבת חשיבה מתמטית מקורית ובין פעילות המערבת מניפולציות מוחשיות, כמו גזירה, צביעה או ציור. אין ספק שממצא זה מחדד את הצורך בהתנסות מעשית של פרחי ההוראה במשימות יצירתיות כבסיס לפיתוח כלים להערכת יצירתיות.

עצם ההתנסות בפעילות המעודדת יצירתיות מאפשרת לזהות מה יצירתי יותר ומה פחות (לב-זמיר, 2016), ולכן הייתה חשיבות לכך שפרחי ההוראה התנסו בעצמם בפתרון המשימה המתוארת בטרם התבקשו לדרג את תשובות ארבעת התלמידים. מבין כל תשובות התלמידים היו תשובות שעליהן לא חשבו פרחי ההוראה מראש שהובילו לתחושת הפתעה ומקוריות גם אם לא היו מתמטיות, ואילו תשובות נפוצות זכו ל"זלזול". למעשה, עצם ההתנסות המשותפת במשימה יצרה ידע משותף בקרב פרחי ההוראה אף שלא נערך כל דיון בתוצרים. הדיבור התאורטי של פרחי ההוראה באשר להערכת יצירתיות לא נשען על ידע משותף(shared knowledge) , וייתכן שזו הסיבה לאי-ההסכמה על דרכי ההערכה. מכאן החשיבות שבמהלך ההכשרה להוראה יוקנו לפרחי ההוראה כלים אופרטיביים משותפים להערכה תוך התנסות משותפת. כלים אלו יספקו תשתית ידע ודרכי הערכה ברורות.

לסיכום, המחקר הנוכחי עסק בקושי שיש להמשגה של יצירתיות (Henry, 2009), במחסור בכלים ברורים לניתוח מאפייני יצירתיות והערכתה. המחקר יצא מהנחה שבניית ידע משותף הנוגע להערכת יצירתיות מתמטית משליך על הבנת המטרה החינוכית של עידוד יצירתיות ועל יישום ההוראה המעודדת יצירתיות, על כל המשתמע מכך. משום כך נבדקה היכולת הבסיסית שיש לפרחי הוראה להעריך

יצירתיות. עד כה לא נערכו מחקרים דומים.

המחקר מראה שהאינטואיציות הבסיסיות להערכת יצירתיות קיימות והן מתאימות לתפיסת היצירתיות של טורנס ושל סילבר (Torrence, 1967; Silver, 1997), אך נדרש חידוד שיאפשר תפיסה כללית של יצירתיות, ולא רק כתגובה למשימה ספציפית. יש צורך בשינוי תפיסות מוקדמות שהתאימו למשימות לא יצירתיות, כגון שינוי משקל ההתייחסות לטעות או לתשובה חוץ-מתמטית.

המחקר לא עסק בשלבים הבאים של הכשרת פרחי ההוראה לקראת הוראה שמעודדת יצירתיות: זיהוי משימות שמפתחות יצירתיות וניתוחן (לב-זמיר, 2016); אופן בחירת משימות המעודדות יצירתיות (Panaura & Panaura, 2014). המחקר גם לא בדק כיצד הקניית כלים להערכת יצירתיות ופיתוח ידע משותף (shared knowledge) משליכה על שלבים אלו. משום כך נחוץ מחקר המשך. יש לבחון כיצד משתמשים פרחי ההוראה בכלי ההערכה שרכשו כדי להעריך משימות מתמטיות ולזהות את הפוטנציאל היצירתי הטמון או חסר בהן.

רשימת מקורות

לב-זמיר, ח' (2015). הפוטנציאל היצירתי הטמון בבעיה לא שגרתית. בתוך א' גזית וד' פטקין (עורכים), **יצירתיות בפתרון בעיות במתמטיקה: אסטרטגיות, דילמות וטעויות** (עמ' 99-120). תל-אביב: מכון מופ"ת.

לב-זמיר, ח' (2016). בעיית חקר כמנוף לפיתוח יצירתיות. **מחקר ועיון בחינוך מתמטי**, **3**, 75-92.

Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal for Teacher Education, 59*(5), 389-407.

Berg, D. (2010). Creative mathematics for all? A survey of preserves teachers' attitudes. *International Online Journal of Education Sciences, 2*(2), 308-309.

Bolden, D. S., Harries, A. V., & Newton, D. P. (2010). Pre-service primary teachers' conceptions of creativity in mathematics. *Educational Studies in Mathematics, 73*(2), 143-157.

Chiu, M. S. (2009). Approaches to the teaching of creative and non-creative mathematical problems. International *Journal of Science and Mathematics Education, 7*(1), 55-79

Cobb, P., Stephan, M., McClain, K., & Gravemeijer, K. (2001). Participating in classroom mathematical practices. *The Journal of the Learning Sciences, 10*(1-2), 113-163.

Ervynck, G. (1991). Mathematical creativity: Advanced mathematical thinking. In D. Tall (Ed.), *Advanced mathematical thinking* (pp. 42-53). Dordrecht: Kluwer.

Feldhusen, F. (2002). Creativity: The knowledge base and children. *High Ability Studies, 13*(2), 179-183.

Haylock, D. W. (1987). A framework for assessing mathematical creativity in school children. *Educational Studies in Mathematics, 18*(1), 59-74.

Henry, J. (2009). Enhancing creativity with M.U.S.I.C. *Alberta Journal of Educational Research, 5*(2), 199-211.

Hershkowitz, R., Hadas, N., Dreyfus, T., & Schwarz, B. (2007). Abstracting processes, from individuals' constructing of knowledge to a group's "shared knowledge". *Mathematics Education Research Journal, 19*(2), 41-68.

Herskovitz, S., Peled, I., & Littler, G. (2009). Mathematical creativity and giftedness in elementary school: Task and teacher promoting creativity for all. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu (Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (pp. 255-271). Rotterdam: Sense Publishers.

Jaworski, B. (1994). *Investigating mathematics teaching: A constructivist inquiry*. London: Falmer.

Kagan, D. M. (1992). Implications of research on teachers' beliefs. *Educational Psychologist, 27*(1), 65-90.

Leikin, R. (2007). Habits of mind associated with advanced mathematical thinking and solution spaces of mathematical tasks. In D. Pitta-Pantazi & G. Philippou (Eds.), *Proceedings of the Fifth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (Vol. 5, pp. 2330-2339). Cyprus: University of Cyprus.

Leikin, R. (2009). Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks. In R. Leikin, A. Berman, & B.

Koichu (Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (pp. 129-145). Rotterdam: Sense Publishers.

Leikin, R., & Lev, M. (2013). Mathematical creativity in generally gifted and mathematically excelling adolescents: What makes the difference? ZDM: The International Journal on Mathematics Education, 45(2), 183-197.

Levav-Waynberg, A., & Leikin, R. (2012). Using multiple solution tasks for the evaluation of students' problem-solving performance in geometry. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 12*(4), 311-333.

Levenson, E. (2013). Tasks that may occasion mathematical creativity: Teachers' choices. *Journal of Mathematics Teacher Education, 16*(4), 269-291.

Lev-Zamir, H. (2011). *Creative mathematics teaching in the eye of the beholder: Focusing on teachers' conceptions* (Doctoral dissertation). University of Haifa, Israel.

Lev-Zamir, H., & Leikin, R. (2011). Creative mathematics teaching in the eye of the beholder: Focusing on teachers' conceptions. *Research Mathematics Education, 13*(1), 17-32.

Lev-Zamir, H., & Leikin, R. (2013). Saying vs. Doing: Teachers' conceptions of creativity in elementary mathematics teaching. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education, 45*(2), 295-308.

Ma, L. (1999). *Knowing and teaching elementary mathematics: Teachers' understanding of fundamental mathematics in China and the United States*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Mann, E. L. (2006). Creativity: The essence of mathematics. *Journal for the Education of the Gifted, 30*(2), 236-260.

Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research, 62*(3), 307-332.

Panaoura, A., & Panaoura, G. (2014). Teachers' awareness of creativity in mathematical teaching and their practice. *Issues in the Undergraduate Mathematics Preparation of School Teachers, 4*. Retrieved from http://www.k-12prep.math.ttu.edu/journal/4.curriculum/panaoura01/article.pdf

Plucker, J., & Beghetto, R. A. (2004). Why creativity is domain general, why it looks domain specific, and why the distinction does not matter. In R. J. Sternberg, E. L. Grigorenko & J. L. Singer (Eds.), *Creativity: From potential to realization* (pp. 153-168). Washington, DC: American Psychological Association.

Raymond, A. M. (1997). Inconsistency between a beginning elementary school teacher's mathematics beliefs and teaching practices. *Journal for Research in Mathematics Education, 28*(5) 550-576.

Scheffler, I. (1965). *Conditions of knowledge: An introduction to epistemology and education*. Chicago: Scott, Foresman.

Shriki, A. (2010). Working like real mathematicians: Developing prospective teachers' awareness of mathematical creativity through generating new concepts. *Educational Studies in Mathematics, 73*(2), 159-179.

Shriki, A., & Lavy, I. (2012). Teachers' perceptions of mathematical creativity and its nature. In T. Y. Tso (Ed.), *Proceeding of 36th Conference of the International Group for Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 91-98). Taipei, Taiwan: PME.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher, 15*(2), 4-14.

Silver, E. A. (1997). Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education, 29*(3), 75-80.

Sriraman, B. (2009). The characteristics of mathematical creativity. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education, 41*(1-2), 13-27.

Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1996). Investing in creativity. *American Psychologist, 51*(7), 677-688.

Thompson, A. G. (1984). The relationship of teachers' conceptions of mathematics and mathematics teaching to instructional practice. *Educational Studies in Mathematics, 15*(2), 105-127.

Torrance, E. P. (1967). Scientific views of creativity and factors affecting its growth, creativity and learning. In J. Kagan (Ed.), *Creativity and learning* (pp. 73-91). Boston: Houghton Mifflin.

Zazkis, R., & Holton, D. (2009). Snapshots of creativity in undergraduate mathematics education. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu (Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (pp. 92-111). Rotterdam: Sense Publishers.

ד"ר חנה לב-זמיר

עורכת כתב העת "מספר חזק 2000", בשנים 2010-2015.
ראש החוג לחינוך מתמטי במכללת אורנים ומרצה לדידקטיקה של הוראת המתמטיקה במכללה.
כתבה כמה פרסומים בנושא מתמטי, ביניהם שני ספרים בשם "חשבון מהעיתון".
תחום העניין המרכזי שלה הוא הכשרת מורים להוראת מתמטיקה עם דגש בפיתוח יצירתיות.

ד"ר ענת לבב-ויינברג

מרצה בחוג לחינוך מתמטי במכללת אורנים ומורה למתמטיקה בחטיבה עליונה "מנור כברי". עבודת הדוקטורט שלה, בהנחיית פרופ' רוזה לייקין מאוניברסיטת חיפה, עסקה בפתרון בעיות בגאומטריה בדרכים שונות כמנוף לפיתוח יצירתיות.
תחום העניין העיקרי שלה הוא הכשרת מורים המכוונת לעידוד יצירתיות התלמיד.

נספח 1

שאלון פתיחה: יצירתיות בהוראת המתמטיקה

ענו על השאלות הבאות, פרטו את תשובותיכם.

1. כיצד לדעתך באה לידי ביטוי יצירתיות מתמטית בהוראה?

2. מה מאפיין לדעתך שיעור יצירתי במתמטיקה?

3. מה מאפיין לדעתך מורה יצירתי למתמטיקה?

4. כיצד היית מציעה להעריך את מידת היצירתיות של מורה למתמטיקה? באילו קריטריונים להערכה היית משתמשת?

5. כיצד היית מציעה להעריך מידת היצירתיות המתמטית של תלמיד? באילו קריטריונים להערכה היית משתמשת?

6. מהי לדעתך משימה מתמטית שמעודדת יצירתיות אצל תלמידים?

7. באילו קריטריונים היית משתמשת להעריך את מידת התאמתה של משימה כמשימה המעודדת יצירתיות אצל תלמידים? אילו מרכיבים צריכים להיות בה לדעתך?

8. הביאי דוגמה לפעילות מתמטית הנחשבת בעינייך לפעילות יצירתית, ואפייני את היצירתיות בפעילות זו.