

# הגורמים לחרדה ממתמטיקה ומאפייניה

## גישה קוגניטיבית-התנהגותית

### יורם גרינשטיין

#### תקציר

חרדה ממתמטיקה היא גורם משמעותי המקשה על למידת התחום ואף על הוראתו. מאמר זה עוסק במאפיינים של החרדה ממתמטיקה ומהוראת המתמטיקה ובגורמים לה. מוצעת המשגה חדשה של חרדה זו על פי הגישה הקוגניטיבית-התנהגותית, המאפשרת הבנה טובה יותר של תופעת החרדה. במאמר נסקרים מחקרים עדכניים מתחומי ההדמיה המוחית וסקרים בינלאומיים על הישגים ומחקרים העוסקים בסיבות, במאפיינים ובגורמים הקשורים לחרדה ממתמטיקה ומהוראתה. מוצגות דרכי התמודדות שמטרתן להפחית חרדה זו בקרב תלמידים ובקרב המתכשרים להוראה.

**מילות מפתח:** חרדת מתמטיקה; מחשבות שליליות; הימנעות; התנהגויות מרגיעות; מסוגלות עצמית

#### הקדמה

תחום המתמטיקה מציב קושי משמעותי לפני תלמידים רבים ואף לפני מורים. מלבד קשיים הקשורים להבנה ולחשיבה מתמטית גם גורמים רגשיים מקשים על הלמידה וההוראה של המקצוע. נושא החרדה ממתמטיקה נחקר זה למעלה מ-20 שנה. במאמרה משנת 1996 מתארת פסיה צמיר את מאפייני התופעה, גורמים שונים הקשורים אליה, ובמיוחד גורמי הוראה ולמידה, והמלצות לטיפול מתוך

התמקדות בדרכי ההוראה (צמיר, 1996). במאמר זה אציג עדכונים בתחום ואציע המשגה חדשה של החרדה מנקודת מבט קוגניטיבית-התנהגותית.

## רקע תאורטי

חרדת מתמטיקה מהי?

חוקרים שונים ניסו להגדיר את מהות חרדת המתמטיקה, וההבדלים בין ההגדרות זניחים בדרך כלל. שוררת הסכמה רחבה על ההגדרה הזאת: החרדה ממתמטיקה היא תגובה רגשית שלילית למצב שמעורבים בו מספרים, חישובים ובעיות חשבוניות. תגובה רגשית שלילית זו מובילה לקושי בהתמודדות עם המצב ולירידה בהישגים בתחום. לחרדה ממתמטיקה מאפיינים שונים, והיא יכולה להתבטא במידות שונות של חומרה, מתסכול קל ועד להצפה רגשית קשה. חרדה זו יכולה להופיע בעת שיעור או בחינה במתמטיקה, כשהאדם נדרש לחשב את סכום התשר או העודף, או כשעליו לנהל את חייו הפיננסיים. חרדת מתמטיקה יכולה להוליד גם חשש מהתמודדות עם מתמטיקה, ירידה במוטיבציה ללמוד תחום זה, סלידה ותחושות תסכול במפגש עם התחום, והימנעות מלמידת מקצועות הקשורים למתמטיקה. אף שאין מתאם גבוה בין חרדת מתמטיקה לחרדות אחרות, למשל חרדת מבחן, יש ביניהן חפיפה מסוימת. מחקרים רבים מראים כי החרדה ממתמטיקה עולה ככל שהחומר מורכב יותר, ולא תמיד היא מתבטאת בכישורים מתמטיים בסיסיים כגון חיבור, כפל ושליפה אוטומטית של עובדות חשבוניות מהזיכרון (Ashcraft & Moore, 2009; Beilock & Maloney, 2015; Harari, Vukovic & Bailey, 2013). חרדה ממתמטיקה היא תופעה שכיחה ונפוצה בקרב תלמידים. במחקרי פיזה (PISA) דיווחו שלישי מבני ה-15 על תחושות חוסר אונים ועצבנות בעת שהם פותרים בעיות חשבוניות בשיעורי הבית, ו-60% דיווחו על חשש מכישלון וקושי בתפקוד בשיעורי המתמטיקה בכיתה (Chang & Beilock, 2016). חרדה זו יכולה להופיע כבר בכיתות הנמוכות (ב'-ג'), וכבר אז היא מתקשרת להישגים נמוכים (Beilock & Willingham, 2014). חרדת המתמטיקה מגיעה לשיאה בכיתות ט'-י'. בארצות הברית כ-20% מהאוכלוסייה מדווחים על חרדה משמעותית ממתמטיקה (Ahmed, 2012). רק 7% מהאמריקאים קישרו מקצוע זה עם חוויה חיובית! בקרב הלומדים במוסדות אקדמיים בארצות הברית, 25% מהלומדים במכללות הפרטיות ו-80% מהלומדים במכללות הציבוריות מפגינים

חרדה בינונית עד קשה ממתמטיקה (Beilock & Willingham, 2014). יש הבדלי מגדר ברורים ועקביים בנושא, שכן בנות מדווחות על חרדה זו במקרים רבים יותר. במחקרים העוסקים בהדמיה מוחית נמצא כי אצל אנשים עם חרדה גבוהה ממתמטיקה היו ארגון המוח ופעילותו דומים לאלו שנמצאו בקרב הסובלים מהפרעות חרדה אחרות, עם ירידה בפעילות מוחית ספציפית לחרדה זו באזורי העיבוד החשבוני (Buckley, Reid, Goos, Lipp & Thomson, 2016). מחקרים אלו גם מצביעים על כמה מערכות מוחיות המעורבות בחרדה ממתמטיקה. אצל מתכשרים להוראה אשר הראו חרדה גבוהה ממתמטיקה נצפתה לפני ביצוע פעולה חשבונית עלייה בפעילות האזור במוח הקשור לעיבוד כאב. לפיכך נראה שבקרב חלק מהנבדקים התחום מאיים כל כך עד שהוא מייצר תגובת כאב ברמה הנפשית. הפעולה המוחית הזאת הלכה ונחלשה במשך ביצוע הפעולה (Boyd, Foster, Smith & Boyd, 2014). מדידות שנערכו בנבדקים אחרים המגלים חרדה גבוהה ממתמטיקה, לפני ביצוע פעולה מתמטית ובזמן הביצוע עצמו, גילו עלייה בפעילות מערכות הפחד וההערכה החשיבתית השלילית במוח, וירידה בתפקוד מערכות מוחיות העוסקות בוויסות רגשי (Lyons & Beilock, 2012; Young, Wu, & Menon, 2012). הפעלת אזורי הוויסות הרגשי על ידי גרייה מגנטית שיפרה ביצועים בקרב נבדקים בעלי חרדה ממתמטיקה (Sarkar, Dowker & Kadosh, 2014). גם אימון קוגניטיבי במתמטיקה הפחית את חרדת המתמטיקה ואת פעילות האמיגדלה – האזור המוחי הקשור לתגובות פחד (Supekar, Iuculano, Chen & Menon, 2015).

הקשר בין חרדת מתמטיקה להישגים במתמטיקה עדיין אינו ברור די הצורך. במדינות שבהן התקבלו ציונים נמוכים במבחני פיזה בחשבון נמסרו גם דיווחים רבים יותר על חרדה ממתמטיקה (Beilock & Willingham, 2014). רוב העוסקים בתחום טוענים כי חרדה ממתמטיקה מורידה את ההישגים במקצוע זה, שכן ההישגים עולים ככל שהחרדה פוחתת. אך ישנם גם כאלה המתקשים במתמטיקה ולא מפתחים חרדה ממנה, וכאלה שמגיעים להישגים ממוצעים ואף גבוהים, ולמרות זאת מגלים חרדה כזאת (Roos, Bieg, Goetz, Frenzel, Taxer & Zeidner, 2015). הטענה הרווחת היא שברוב המקרים החרדה מונעת מהיכולת החשבונית התקינה לבוא לידי ביטוי (Chang & Beilock, 2016). בהשוואה בין נבדקים עם חרדת מתמטיקה ונבדקים שהיא אינה קיימת אצלם נמצא כי במשימות שלא הוגבלו בזמן לא היה הבדל במספר הטעויות בין הקבוצה הראשונה לשנייה. מכאן שלנבדקים

החרדים במחקר זה לא הייתה בעיית יכולת (Faust, Ashcraft & Fleck, 1996). כפי שנראה בהמשך, חלק מהמפתחים חרדה כזאת סובלים גם מליקויים ביכולת החשבונית.

לאחרונה טענו בייג', גץ וליפנביץ (Bieg, Goetz & Lipnevich, 2014) כי הדרך שבה מנוסחת השאלה המוצגת לנברק משפיעה על הערכת החרדה ממתמטיקה. הנוסח "האם אתה חרד ממתמטיקה?" מתייחס לחרדה כאל תכונה שמאפיינת את האדם בכל המצבים הקשורים לתחום. לעומת זאת, הנוסח "האם אתה חרד ממתמטיקה במצב מסוים (state)", למשל במבחן הנוכחי?" בודק הופעת חרדה במצבים מוגדרים, למשל בעת פתרון בעיה מתמטית או בזמן מבחן בתחום זה. מחקרים רבים הראו כי רמה גבוהה יותר של חרדה ממתמטיקה מדווחת כשזו קיימת כתכונה (trait), לעומת רמת החרדה המדווחת בהקשר למצב נקודתי. ההבדל בדיווחי הנבדקים נובע מקיום שני סוגי תחושות – תחושה שמקורה בתכונה ותחושה המתעוררת במצב מסוים (שם).

תחושה שמקורה בתכונה מאפיינת את האדם במצבים ובזמנים שונים, מושפעת מהזיכרון לטווח הארוך, מהטיות בזיכרון, מאמונות ומתפיסות כמו דימוי עצמי ותחושת יכולת ומהשפעות של סטריאוטיפים. תחושה שמקורה בתכונה אינה תלויה במצב או בהקשר מסוים. לעומת זאת, תחושה המתעוררת במצב מסוים קשורה לזיכרון חווייתי מסוים, להקשר ספציפי או לתפקוד במצב מיד, והיא מושפעת מרמזים המופיעים במצב הנקודתי שבו היא נחוות.

המחקרים שערכו בייג', גץ וליפנביץ (שם) גילו כי נבדקים תיארו חרדה גבוהה ממתמטיקה בשאלון שהתייחס לתכונה כללית ("עד כמה אתה חרד בשיעורי חשבון?"), אך בזמן פתרון בעיות במתמטיקה תוארה החרדה כנמוכה יותר ("עד כמה אתה חרד בשיעור הזה?"). הפער בין שני סוגי החרדות תוֹן על ידי הדימוי העצמי, כלומר, על ידי האמונה הכללית של האדם בעצמו. במקרים של דימוי עצמי שלילי הופיעה רמה גבוהה יותר של חרדה כתכונה, כלומר, נמצא פער גדול יותר בין החרדה כתכונה לחרדה תלויה מצב. במקרים של דימוי עצמי חיובי, היה הפער בין חרדה כתכונה לבין חרדה תלויה מצב קטן יותר. החוקרים ציינו כי למרות הפער הזה נמצא מתאם גבוה יותר בין החרדה ממתמטיקה כתכונה ובין הישגים נמוכים ותכניות להמשך ההתמחות בתחום. לפיכך למושג זה חשיבות רבה בהבנה של השפעות החרדה ממתמטיקה על ציפיות התלמידים והתנהגותם בטווח הארוך.

כדי לרדת לעומקה של תופעת החרדה ממתמטיקה חשוב להבין אותה בהקשר של הפרעות חרדה אחרות. הררי, ווקוביץ' וביילי (Harari, Vukovic & Bailey, 2013) טענו כי חרדה ממתמטיקה דומה לחרדות אחרות (כגון חרדת ביצוע, חרדה חברתית או חרדת מבחן), וגם גילוייה דומים (תגובות גופניות, חשיבה שלילית והימנעות). לאור זאת, במאמר זה אנסה להמשיג את החרדה ממתמטיקה כהפרעת חרדה בעלת מאפיינים מוגדרים וברורים ולהבין אותה על פי הגישה הקוגניטיבית-התנהגותית.

אמנם קיימים סוגים שונים של הפרעות חרדה, אך נעשים ניסיונות להבין באמצעות מערכת מושגית אחידה. מערכת מושגית זו מתייחסת לתהליכי למידה, חשיבה והתנהגות המשותפים להפרעות חרדה שונות. הגישה הקוגניטיבית-התנהגותית להבנת החרדה מתמקדת בהתנסויות מוקדמות ולמידה, בהשפעתן על תהליכי חשיבה, קשב ופרשנות, ובהשפעות של כל אלו על תגובות גופניות, רגשות והתנהגות (Boschen & Oei, 2008). יישום גישה זו לצורך הבנת חרדת מתמטיקה נראה לי יעיל במיוחד, שכן הוא מספק כלים זמינים להתערבות. החרדה ממתמטיקה מתפתחת בעיקר בתוך מערכת החינוך, ולפני העוסקים בחינוך עומדות אפשרויות רבות וזמינות להשפיע על תהליכי הלמידה, החשיבה וההתמודדות של התלמידים. ההמשגה הקוגניטיבית-התנהגותית של החרדה כוללת כמה מושגים ותהליכים. במאמר זה יוצג מודל קוגניטיבי התנהגותי הנשען על ההמשגות של בושן ואויי (שם) ושל קיוקן, פות'רגיל, מוסה וצ'דוויק (Kuyken, Fothergill, Musa, & Chadwick, 2005). המודל שיוצג מתאים לחרדה מכל סוג שהוא, אך במאמר זה הוא מתמקד בחרדה ממתמטיקה.

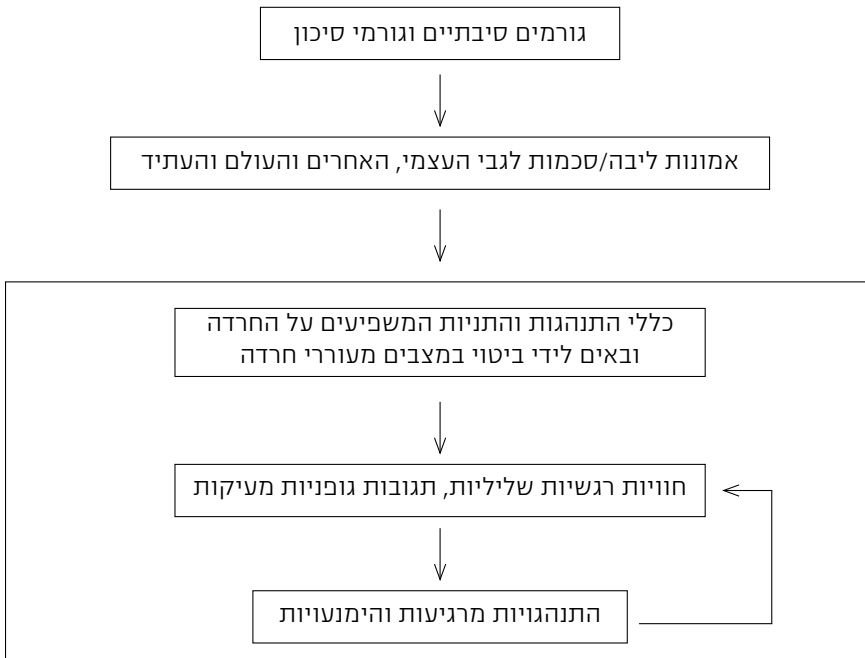
## גישה קוגניטיבית-התנהגותית להבנת החרדה ממתמטיקה

על פי הגישה הקוגניטיבית-התנהגותית, בבסיס חרדה מכל סוג שהוא עומדים גורמים סיבתיים ישירים, או גורמי סיכון המעלים את ההסתברות להופעת החרדה. בגורמים אלו נכללים משתנים ביולוגיים, כגון תורשה או מזג, הסביבה הביתית על כל רכיביה – גודל המשפחה, רקע חברתי-כלכלי, השכלת ההורים, שיטות הורות וכדומה – והתנסויות בעבר, למשל הצלחות וכישלונות במערכת החינוך ומשברים סביבתיים. גורמים סיבתיים וגורמי סיכון מביאים את האדם לפתח אמונות ליבה וסכמות בשלושה תחומים:

- א. האדם עצמו. האדם יכול לתפוס את עצמו כחלש, טיפש, מוכשר, יעיל, טוב, רע, חסר ערך ועוד.
- ב. העולם. חברים, בני משפחה, מורים וכדומה. אלו יכולים להיתפס כטובים, רעים, תומכים, ביקורתיים, תחרותיים, לא הוגנים ועוד.
- ג. העתיד. זה יכול להיתפס כטוב, רע, חסר תקווה ועוד.

אמונות הליכה והסכמות מובילות ליצירת כללי התנהגות והתניות אצל האדם. במקרה של חרדה כללים אלו הם בדרך כלל נוקשים, שרירותיים ופסימיים. במקרה הספציפי של חרדה ממתמטיקה הם יכולים לכלול את אלו: "אני חייב להיות מושלם", "צריך להשיג תמיד ציון 100", "אסור לי להראות שאני טיפש", "לא כדאי לקחת סיכונים בחיים", "אם אטעה כולם יצחקו לי", "אם אכשל יזרקו אותי מבית הספר", "לא כדאי להשקיע במתמטיקה כי זה מקצוע קשה" או "אולי אני לא מוכשר לזה". לעתים האדם אינו מודע לכללי ההתנהגות ולהתניות האלה, והם באים לידי ביטוי במצבים המעוררים את החרדה וגורמים מחשבות שליליות והטיות קשב (יוצגו בהמשך). המחשבות השליליות והטיות הקשב מולידות חוויות רגשיות שליליות כגון פחד, עצב, כעס, בושה, אשמה, קנאה ודריכות מוגזמת, ולתגובות פיזיולוגיות מעיקות כגון דופק מואץ, הזעה, הסמקה, שיתוק וקפיאה. בסוף התהליך האדם נוטה לאמץ התנהגויות מרגיעות (יפורטו בהמשך) או נמנע מלעשות דברים מסוימים כדי להפחית את אותן חוויות רגשיות ותגובות פיזיולוגיות. ההימנעויות וההתנהגויות המרגיעות אינן מאפשרות התמודדות יעילה עם החוויות הרגשיות השליליות, וכך נוצר תהליך מעגלי שמונע את האפשרות להחלים מהחרדה. תרשים 1 מתאר את הגישה הזאת על רכיביה.

תרשים 1: הגישה הקוגניטיבית-התנהגותית להבנת החרדה ממתמטיקה



## יישום רכיבי הגישה הקוגניטיבית-התנהגותית של החרדה על חרדת מתמטיקה

גורמים סיבתיים וגורמי סיכון המשפיעים על חרדה ממתמטיקה שבעה סוגים של גורמים סיבתיים וגורמי סיכון משפיעים על חרדה ממתמטיקה, בהם גורמים ביולוגיים, קוגניטיביים, משפחתיים, תרבותיים והתנסויות:

א. תורשה. בחרדה ממתמטיקה נמצא גורם תורשתי, וייתכן שהוא חלק מתכונת אישיות כללית של חרדת-יתר ודאגנות. במחקר שכוונתו הייתה להבדיל בין השפעות תורשה להשפעות סביבתיות נמצא כי 40% מהשונות בחרדה ממתמטיקה הוסברה על ידי גורמים תורשתיים, בהתבסס על השוואה בין תאומים זהים לעומת השוואה בין תאומים לא זהים (תאומי אחווה) (Wang et al., 2014). המתאם בין תאומי אחווה בחרדה ממתמטיקה לא היה מובהק

- ( $r=0.11$ ), ואילו בקרב תאומים זהים המתאם הגיע למובהקות סטטיסטית ( $r=0.46$ ). גורמי התורשה עדיין לא זוהו גנטית.
- ב. **כישורים חשבוניים.** מחקרים מלמדים על ליקויים או חסרים חשבוניים בסיסיים, לפחות אצל מקצת הסובלים מחרדה ממתמטיקה. התגלה, למשל, קושי בייצוג מנטלי של מספרים, יכולת מרחבית נמוכה יחסית וקושי ברוטציה מנטלית (תפעול חשיבתי של ייצוג חזותי של אות או צורה על ידי הדמיה שלה מכל מיני זוויות) (Maloney, Waechter, Risko & Fugelsang, 2012). בקרב הסובלים מחרדה ממתמטיקה נמצאו קשיים גם במניית כמויות גדולות ובהשוואת כמויות וזיכרון עבודה קטן יותר, מהסוג הנדרש לחישובים חשבוניים (Beilock & Maloney, 2015).
- ג. **שיטות הוראה.** במדינות שונות נמתחת ביקורת רבה על הוראת המתמטיקה. נשמעות טענות לגבי לחץ זמן במבחנים, עידוד מוגזם של תחרות בכיתה, למידה מנותקת מהחיים האמיתיים, לחץ להגיע לתוצאה חישובית נכונה בלי להבין תהליכים ומושגים, שימוש רב מדי בתרגילים, דגש רב על שינון, עמדה פסיבית של התלמיד לעומת עמדה סמכותית של המורה וחוסר התאמה של שיטת ההוראה לסגנון האישי של התלמיד. כל אלו מעלים את תחושת הלחץ, החרדה והתסכול ופוגעים בלמידה (Brady & Bowd, 2005; Finlayson, 2014).
- ד. **איכות ההוראה.** תלמידים תיארו במחקרים מורים למתמטיקה כלא תומכים, עוינים, מעליבים, מצפים מהתלמידים להבין את חומר הלימוד לאחר הסבר אחד ומאבדים מהר את סבלנותם. בנות, בפרט, טענו שספגו יותר לעג וקיבלו פחות עזרה ממוריהן. נטען כי מורות, במיוחד, הן חרדות, לא מיומנות ומעוררות יותר תלותיות ופחות הבנה (Brady & Bowd, 2005; Boyd et al., 2014; Finlayson, 2014). בהמשך אתמקד בחרדה ממתמטיקה של המתכשרים להוראה בתחום זה.
- ה. **השפעות הורים.** נמצא מתאם בין חרדה ממתמטיקה אצל הורים וילדיהם (Beilock & Maloney, 2015). מתאם זה חזק במיוחד כאשר מדובר באם ובת או באב ובן (Casad, Hale & Wacks, 2015). המתאם אינו מעיד בהכרח על קשר סיבה-תוצאה, וייתכן שהוא נובע מתגובות דאגה וחרדה של ההורים כלפי הקושי או החרדה של ילדם. מעניין שחרדה גבוהה ממתמטיקה של ההורים ניבאה חרדה דומה והישגים נמוכים בקרב ילדיהם, ודווקא במקרים



שבהם ההורים החרדים עזרו רבות לילד בתחום זה. ייתכן שההורים החרדים לא ידעו כיצד לעזור לילדם המתקשה, פעלו בנוקשות או בצורה לא יעילה, פגעו במוטיבציה שלו או נתפסו על ידו כמענישים (Maloney, Ramirez, Gunderson, Levine & Beilock, 2015). אשר לציפיות ההורים, מחקר אורך שנעשה על ילדים מכיתות ה'-י' מצא קשר סיבתי בין ציפיות גבוהות מדי של הורים להישגים נמוכים של ילדיהם במתמטיקה (Murayama, Pekrun, Suzuki, Marsh & Lichtenfeld, 2016).

ז. הישגים וכישלונות בעבר. ממצא שאינו מפתיע כלל: מחקרים רבים מראים על מתאם גבוה בין הישגים במתמטיקה לבין חרדה בתחום זה. כיוון שהקשר יכול להיות דו-כיווני, וכל אחד מהגורמים מעצב את האחר, קשה להצביע על כיוון סיבתי. עם זאת, במחקר אורך נמצא כי ההישגים בעבר ניבאו הופעת חרדה ממתמטיקה אחר כך (Ma & Xu, 2004). ממצא זה תואם את הגישה הקוגניטיבית-התנהגותית, המדגישה את ההשפעה של התנסויות בעבר על תחושת חרדה בהווה.

ז. מגדר. חרדה ממתמטיקה שכיחה יותר בקרב בנות. רווחת הטענה שהדבר עשוי להיות קשור לתתי-ייצוג של נשים במקצועות הנסמכים על מתמטיקה (בהם הנדסה, מחשבים ומדעים; STEM – science, technology, engineering and math) (Halpern, Benbow, Geary, Gur, Hyde & Gernsbacher, 2007). מחקר אורך שנעשה בבריטניה ובגרמניה מצא, למשל, כי בנים בחרו במקצועות STEM בשכיחות גבוהה פי שניים ויותר מבנות (Parker, Schoon, Tsai, Nagy, Trautwein, Eccles, 2012). עם זאת, מחקרים אחרים אינם תומכים בקיום קשר בין חרדה לבחירת מקצוע. למשל, בסקר של ממצאי מבחני פיזה שנערכו בשנים 2003 ו-2012 לא נמצא קשר בין חרדה ממתמטיקה לייצוג במקצועות STEM (Stoet, Bailey, Moore & Geary, 2016).

מחקרים אחרים לא מצאו הבדל מגדרי בהישגים במערכת החינוך, ויש סקרים שאפילו מלמדים שהישגיהן של בנות בבית הספר היסודי גדולים יותר (Ma & Xu, 2004). אך למרות זאת לאורך רוב שנות בית הספר בנות מדווחות יותר על חרדה ממתמטיקה. מכאן שחרדה ממתמטיקה גוברת על הפערים לטובתן בהישגים בתחום (Stoet et al., 2016). למשל, בסקירה של ממצאי מבחני TIMMS (מבחן הבודק, בין השאר, את רמת ההישגים

במתמטיקה ובמדעים) שנערכו בשנת 2003, לא נמצאו הבדלים מגדריים בהישגים במתמטיקה, אך בנים דיווחו על עמדות חיוביות יותר כלפי התחום (Else-Quest, Hyde & Linn, 2010).

לעומת מחקרים שלא הראו הבדלים בהישגים, מצאו מחקרים אחרים כי בתקופה שבה שוהים תלמידים במערכת החינוך עלול להתפתח פער מגדרי בהישגים במתמטיקה, וייתכן שפער זה נגרם במידה מסוימת בשל החרדה מהמקצוע. במטה-אנליזה של הבדלי מגדר נמצא כי בנות עולות על בנים בתחומי השפה. לעומת זאת, במבחני הישגים בחשבון ובמדע, ובייחוד אחרי בית הספר היסודי, נמצא פער לטובת הבנים (Voyer & Voyer, 2014). בישראל, בבתי ספר יהודיים, סקרי המיצ"ב הבוחנים הישגים מצאו כי בנים עולים על בנות במתמטיקה בכיתות ה'. בכיתה ח' הבדל מגדרי זה נעלם. לעומת זאת, במבחן אוריינות מתמטית (TIMMS), שניגשו אליו תלמידים יהודים בגיל 15, הגיעו הבנים להישגים גבוהים יותר מהישגי הבנות (רפ, 2014). כמו במקומות אחרים בעולם, גם בישראל היו בנות (בכיתה ו') בסיון גבוה יותר לפיתוח חרדה ממתמטיקה, וזו עמדה ביחס הפוך להישגיהן (Madjar, Zalsman, Weizman, Lev-Ran & Shoval, 2017).

מחקרים שהבדילו בין חרדה ממתמטיקה כתכונה לבין חרדה ממתמטיקה במצבים מסוימים הראו הבדל בולט בין המגדרים בחרדה כתכונה, אך לא בחרדה תלוית מצב. בנות דיווחו על חרדה גבוהה בנושאים הקשורים למתמטיקה, ועל תפיסה של היכולת שלהן בתחום זה כנמוכה יותר מזו של הבנים. לעומת זאת, לא נמצאו הבדלים מגדריים ביכולות או בחרדה ממתמטיקה בזמן שיעור המתמטיקה או בעת מבחן בתחום זה (Goetz, Bieg, Lüdtke, Pekrun & Hall, 2013). בקרב בנות שמקבלות בהסכמה את הסטריאוטיפ הגברי בתחום (ראו להלן) הייתה החרדה כתכונה אפילו גבוהה יותר (Bieg et al., 2014).

בנות נוטות יותר מבנים לדווח על רגשות שליליים באופן כללי, וייתכן שהחרדה ממתמטיקה שדיווחו עליה הושפעה מנטייה זו. כדי לעקוף מכשול זה נבדקה החרדה ממתמטיקה בשיטת ההטרמה (priming), שבה נבדקת ההשפעה של חשיפה מוקדמת לגירוי אחד על עיבוד של גירוי אחר. נמצא שהצגת מילים בעלות משמעות שלילית, שגרמו להלך רוח שלילי, פגעה בכיצועים של נשים כמשימות חשבוניות פשוטות. מידת ההשפעה על נשים

שלמדו מדעים הייתה פחותה, ולפיכך ייתכן שנשים הפונות ללמוד מדעים חוות מלכתחילה חרדה נמוכה יותר ממתמטיקה ולכן הושפעו פחות. כלומר, גם בבדיקה עקיפה נמצאה בקרב נשים חרדה גבוהה יותר ממתמטיקה (Rubinstein, Bialik & Solar, 2012).

זאת ועוד, הסטריאוטיפ החברתי המסורתי אומר שמתמטיקה היא מקצוע "גברי", ולכן אינה מתאימה לנשים. יש המוצאים אפוא קשר בין עליית החרדה ממתמטיקה בחטיבת הביניים לבין עליית המודעות לזהות הנשית, המתרחשת במקביל לעליית הרגישות לסטריאוטיפים המאפיינים בנים ובנות בגילים אלה (Betz & Sekaquaptewa, 2012). בקבוצת נבדקים שהוצג לפניה סטריאוטיפ זה ירדו הישגי הנשים במתמטיקה, ובמיוחד הישגי הנשים שתפסו את עצמן כחלשות בתחום. תופעה זו מוכרת כ"איום הסטריאוטיפ" (Bonnot & Croizet, 2007): אנשים שלגביהם יש סטריאוטיפ כלשהו מתנהגים בהתאם לסטריאוטיפ כאשר הוא מוצג לפניהם (Alter, Aronson, Darley, Rodriguez, & Ruble, 2010; Gerstenberg, Imhoff, & Schmitt, 2012). כאשר הבעיה החשבונית הוצגה כבעיה ניטרלית מבחינה מגדרית, לא היה הבדל מגדרי בביצוע (Johns, Schmader & Martens, 2005). האם הצגת נשים שמצליחות במדעים תשנה את הסטריאוטיפ? כאשר הוצגו לנערות אמריקאיות בכיתות ו'-ז' דמויות נשיות שמצליחות במקצועות STEM, נמצא כי בקרב נערות שאינן מרגישות ביטחון בתחומים אלו הייתה דווקא ירידה ניכרת במוטיבציה ללמוד תחומים אלו. בקרב נערות בעלות ביטחון רב יותר הייתה הירידה במוטיבציה קטנה יותר. אך ההפתעה הגדולה הייתה שלמודל הנשי המוצלח הייתה השפעה רעה על שתי הקבוצות, שהתבטאה בירידה ביכולת הנתפסת שלהן, בעניין שלהן בתחום ובציפיות להצלחה בטווח הקצר. החוקרות הסיקו אפוא שכדי להיות נשית עליך לוותר על המתמטיקה (Betz & Sekaquaptewa, 2012).

המחקר שערכו אלטר ואחרים (Alter et al., 2010) מצא שהפעלת הסטריאוטיפ השלילי יוצרת חרדה ופוגעת בזיכרון העבודה הנחוץ לפתרון משימות חשבוניות. נטען כי החרדה פוגעת ספציפית בזיכרון העבודה החזותי-מרחבי ולא בזיכרון העבודה המילולי (Ganley & Vasilyeva, 2014). למצא זה משמעות מיוחדת: במחקרי אורך נמצא שזיכרון העבודה החזותי-מרחבי ניבא הישגים במתמטיקה לאורך בית הספר היסודי

ובהתבגרות המוקדמת (Li & Geary, 2017). לבנים כישורים מרחביים טובים יותר מלבנות, וייתכן שיכולת הרוטציה המנטלית המשופרת שלהם מסייעת להם בפתרון בעיות חשבוניות; לעומת התיווך המילולי-אנליטי הנמצא, כך נטען, בשימוש רחב יותר בקרב בנות (Ganley & Vasilyeva, 2011). ייתכן שההבדל המגדרי בהישגים במתמטיקה נובע גם מהדרך שבה בנים ובנות מפרשים את ההישגים בתחום. בנים נוטים יותר לייחס הצלחה בתחום לכישרון וליכולת וכישלון בתחום לחוסר השקעה או לקושי של מבחן ספציפי. לעומתם, בנות נוטות להיות ביקורתיות יותר כלפי עצמן, להאשים יותר את עצמן ולייחס את כישלונן לחוסר כישרון או ליכולת נמוכה (Madjar et al., 2017). נמצא גם כי מורים נוטים לדרג את היכולות המתמטיות של בנים כגבוהות יותר מהיכולות של הבנות ולהעריך בנות לא על פי יכולותיהן אלא על פי ההשקעה שלהן בלימודים. כל זה מעביר מסר בכיתה שבנים מצליחים כי הם מוכשרים, ואילו בנות מצליחות בגלל מאמץ והשקעה (Robinson-Cimpian, Lubienski, Ganley & Copur, 2014). בנות גם מדווחות כי למורות יש ציפיות נמוכות יותר מהן בתחום המתמטיקה (Lazarides & Watt, 2015).

### אמונות ליבה וסכמות המשפיעות על חרדה ממתמטיקה

כאמור, לפי הגישה הקוגניטיבית-התנהגותית, בהשפעת גורמים ביולוגיים וסביבתיים נוצרות אמונות ליבה המתייחסות אל העצמי, אל העולם ואל העתיד. שאלונים הבודקים חרדה ממתמטיקה מתייחסים גם לתפיסת העצמי ולתפיסת המקצוע. מסוגלות עצמית (self-efficacy) מוגדרת כ־אמונה של אדם ביכולתו להתמודד בהצלחה עם תחום מסוים, מתמטיקה למשל. הסובלים מחרדה ממתמטיקה מתאפיינים במסוגלות עצמית נמוכה (Bai, Wang, Pan & Frey, 2009). לדוגמה, הערכה לאורך זמן של הדימוי העצמי המתמטי והחרדה ממתמטיקה שנערכה בקרב ילדים הולנדים בכיתה ז' מצאה שהדימוי העצמי הנמוך ניבא חרדה. החוקרים הסיקו שכישלונות העבר ערערו את המסוגלות העצמית וגרמו להתפתחות חרדה מהמקצוע (Ahmed et al., 2012). תלמידים רבים מאמינים שמתמטיקה היא מקצוע קשה הדורש כישרון ויכולת שכלית גבוהה, ומסיבה זו אינם מאמינים שיוכלו להתמודד אתה אי פעם.

## התנהגויות והתניות המשפיעות על חרדה ממתמטיקה ומוצאות ביטוי במצבים מעוררי חרדה

על פי ההמשגה הקוגניטיבית-התנהגותית, חרדה שמקורה באמונות ליבה ובסכמות גורמת לאדם לפתח כללי התנהגות והתניות נוקשות, לעתים בלתי מודעות, כדי להפחית את החרדה. אלו באות לידי ביטוי במצבים מעוררי חרדה. החרדה ממתמטיקה יכולה להתגלות בשיעור מתמטיקה, במבחן במתמטיקה או במצב יום-יומי שבו מעורבים חישובים (קבלת עודף או חישוב מחיר, בין השאר). במצבים אלו החרדה ממתמטיקה מפעילה את התהליכים האלה:

א. **הטיית קשב לעבר הגירוי המאיים.** אחד המאפיינים של חרדות מסוגים שונים הוא ניסיון לאתר את הגירוי או המצב המאיים. אנשים הסובלים מפוביה מבעלי חיים יפנו את מבטם לצדדים וכלפי מטה כדי לגלות במהירות הופעה של בעל חיים. אלה הסובלים מפוביה חברתית סורקים את פני האנשים הסובבים אותם כדי לזהות סימני דחייה או ביקורת. מי שסובלים מחרדת בריאות בודקים ללא הפסק את תגובותיהם הגופניות כדי לאתר מראש סימנים של מחלה (Bar-Haim, 2010). הטיית קשב זו מבטאת דריכות ודאגה של האדם לגבי הופעת האיום. היא מגבירה את החרדה, מונעת רגיעה ומנוחה וחוזר חלילה: החרדה הגבוהה יוצרת שוב הטיית קשב לעבר הגירוי המאיים. נמצא שהטיית קשב כזאת מופיעה אצל נבדקים עם חרדה ממתמטיקה בכל הנוגע לגירויים בעלי אופי מתמטי (Rubinstein, 2015, Wohl, & Akibli, 2015). במצב שכנה עשויה הטיית קשב כזו לסייע בתפקוד ובהישרדות, אך משום שהיא מלווה במחשבות שליליות רבות וברמת חרדה גבוהה, היא פוגעת בסופו של דבר בתפקוד, מקשה על הריכוז ומחמירה עוד יותר את החרדה.

ב. **מחשבות שליליות.** אנשים הסובלים מהפרעות חרדה מדווחים על מחשבות שליליות שמופיעות כאשר מתעוררת חרדה. חוקרים ומטפלים ניסו למפות את המחשבות האלה כדי לזהותן, אך גם כדי להקנות למטופלים דרכים להתמודד עמן ולהפריכן (Beck, 2011). מחשבות שליליות כאלו כוללות, בין השאר:

< מחשבה קטסטרופלית. מחשבה שלילית שגורמת לאדם לצפות לגרוע מכול. לדוגמה: "המורה תקרא לי ללוח ולא אדע את התשובה" או "אני

- בטוח שאכשל במבחן". בשאלונים הבודקים חרדה ממתמטיקה מופיעים היגדים המתייחסים לתחושות לחץ שהאדם חש בעת מבחן או שיעור במתמטיקה ולמחשבות שליליות המופיעות בהקשר של מתמטיקה.
- ◀ הכללת יתר. מחשבה שלילית זו מתאפיינת בעשיית הכללה רחבה על בסיס אירוע יחיד כמו: "נכשלתי במבחן אחד ולכן אכשל בוודאות בכל האחרים".
- ◀ חשיבת "חייב/צריך". צורת מחשבה שלילית זו גורמת לאדם לאמץ לעצמו כללי התנהגות נוקשים, למשל: "אני חייב להצליח במבחן" או "אסור לי להצביע בכיתה כי ילעגו לי".
- ◀ היסק שרירותי. במחשבה שלילית זו האדם מגיע למסקנה לא נעימה על סמך נתון אחד, לדוגמה: "אם המורה לא נתנה לי זכות דיבור כשהצבעתי, היא לא מעריכה אותי".
- ◀ העצמה והקטנה. מחשבה שלילית זו גורמת לאדם ליחס משקל יתר לאירוע שלילי, למשל הערה של המורה על מבחן, ולהקטין את משקלו של אירוע חיובי ואת השפעתו, למשל קבלת ציון גבוה באותו מבחן.
- אנשים שרמת החרדה שלהם גבוהה מתקשים לחסום את הפניית הקשב שלהם למחשבות הפולשניות ולדאגות המציפות אותם. כך, מחקר שהציג טקסט שהכיל מסיחים מעוררי חרדה מצא כי בעלי חרדה גבוהה ממתמטיקה הבינו פחות את הטקסט, גם אם הוא לא היה קשור למתמטיקה. החוקרים הסיקו כי החרדה הגבוהה יצרה פגיעה תפקודית כללית ומתמשכת שחיבלה בתהליכי הקשב ובזיכרון העבודה (Hopko, Ashcraft, Gute, Ruggiero & Lewis, 1998).
- המחשבות השליליות והטיות הקשב הן מקור לחוויות רגשיות שליליות ולמצוקה, ותופעות אלו מדווחות במחקרים רבים העוסקים בחרדה ממתמטיקה. נבדקים מדווחים על תחושות שליליות של לחץ, דאגה ומתח בעת מבחן או שיעור במתמטיקה. אלה מלוות בתגובות פיזיולוגיות מעיקות כגון דופק מהיר וקוצר נשימה.
- אדם הסובל מחרדה נוטה להתמודד עם החוויות הרגשיות השליליות והתגובות הגופניות המעיקות הנובעות ממנה בשתי דרכים: הוא נמנע מהתנהגויות מסוימות, או דווקא מגזים בהתנהגויות אחרות – התנהגויות מרגיעות (safety behaviors).

ג. **הימנעויות.** הפרעת חרדה, כמעט מעצם הגדרתה, מתבטאת בהימנעות. האדם החרד נמנע מלהגיע למקום מסוים (מעלית, מקום חשוך), מלפגוש אובייקט מסוים (בעל חיים) או מלעשות פעולה מסוימת (לדבר לפני קהל). רבות נכתב על ההימנעויות שאותן נוקטים אנשים שיש להם חרדה ממתמטיקה, ובמיוחד נשים, שמאופיינות בחרדה גבוהה יותר ממתמטיקה. בפתרון תרגילים, נמצא שהסובלים מחרדה זו מעדיפים מהירות על דיוק. הם ממהרים כדי לסיים את המצב הלא נעים ולכן מבצעים יותר טעויות (Cipora, Szczygiel, Willmes & Nuerk, 2005). הסובלים מחרדה ממתמטיקה נמנעים גם מלהתבטא בשיעור, מלהשקיע בלימודים ומללמוד קורסים מתקדמים במתמטיקה או במקצועות הדורשים ידע מתמטי. ההימנעות מובילה להגדלת הפער בלימודים, שכתורו מגביר עוד את החרדה.

ד. **התנהגויות מרגיעות.** אנשים הסובלים מחרדה נעזרים בהתנהגויות מרגיעות. למשל, שטיפת פנים לפני דיבור בציבור, ישיבה ליד מזגן כדי להפחית הזעה, תפיסת מקום בסוף הכיתה כדי שהמורה לא תבחין בהם או יציאה מהבית עם מלווה. במחקרים הדנים בחרדה ממתמטיקה לא נמצאה התייחסות לסוג זה של התנהגות. מחקר של קזיצי' וארדואן (Kesici & Erdogan, 2005) בדק חרדה ממתמטיקה בקרב תלמידי בית ספר פרטי בטורקיה ומצא מתאם גבוה בין חרדה זו לבין דחף חזק להישגיות. ייתכן שאצל התלמידים שנחקרו גרמה החרדה ממתמטיקה לקביעת רף עצמי גבוה של ציפיות והישגים, ומכאן נבעה השקעת מאמץ גדולה יותר. השקעה אינטנסיבית ותרגול רב בתחום מסוים יכולים לשמש אמצעי להפחתת החרדה וגם ביטוי לפרפקציוניזם, שבינו ובין חרדה, דימוי עצמי נמוך ומסוגלות עצמית נמוכה נמצאה התאמה (Stoeber, Hutchfield & Wood, 2008).

## חרדה ממתמטיקה בקרב המתכשרים להוראה: מורים וגננות

צעירים רבים, ובעיקר נשים, פונים ללימודי החינוך בשל הדרישות הנמוכות בתחום המתמטיקה שיש צורך לעמוד בהן כדי לקבל תואר בחינוך (Beilock, Gunderson, Ramirez & Levine, 2010). בארצות רבות נמצא כי בקרב מתכשרים להוראה,

ובמיוחד בבית הספר היסודי, החרדה ממתמטיקה גבוהה יותר מזו הקשורה למקצועות אחרים שנלמדים. נמצאה גם תאימות בין חרדה זו ובין תפיסת מסוגלות עצמית נמוכה לגבי הוראה בתחום זה (Bates, Latham & Kim, 2011). לעומת זאת הייתה החרדה ממתמטיקה נמוכה יותר בקרב המתכשרים להוראה במדעים (Malinsky, Ross, Pannels & McJunkin, 2006). נמצא שהחרדה ממתמטיקה אצל המתכשרים להוראה פגעה ביעילות ההוראה בתקופת התמחותם (Brady & Bowd, 2010; Eretkin, 2005). ואף הובילה להישגים נמוכים אצל תלמידיהם, ובמיוחד אצל התלמידות (Beilock & Willingham, 2014). כאמור, החרדה ממתמטיקה גבוהה יותר בקרב נשים, ועל כן מעניינת במיוחד ההשפעה של מורות ומתכשרות להוראה על הבנות בכיתתן. במחקר לא נמצא בתחילת שנת הלימודים הבדל בהישגים בין בנים ובנות הלומדים אצל אותה מורה, אך בסוף השנה ירדו הישגי הבנות. לטענת החוקרים רכיב כלשהו בהתנהגות המורה העביר מסר מחליש לבנות בכיתתה. מסר זה כלל ציפיות נמוכות יותר מהבנות וחרדה מהמקצוע, שמוטמעת עמוק יותר בבנות (Mizala, Martinez & Martinez, 2015). לדברי גנדרסון, רמירז, ביילוק ולוין, הבנות בכיתה מפרשות את החרדה של המורה כהוכחה לכך שמתמטיקה היא מקצוע קשה, דבר המחזק עוד יותר את הסטריאוטיפ המגדרי (Gunderson, 2013; Ramirez, Beilock & Levine, 2013). כל זה עלול להביא, בסופו של דבר, להתפתחות חרדה בקרב הבנות, לירידה בהישגיהן ולהבנה שהמקצוע מתאים יותר לבנים (Beilock et al., 2010). מחקרים רבים מצאו כי מתכשרות להוראה שיש להן חרדה גבוהה ממתמטיקה מקדישות זמן רב בשיעורי ההתנסות שלהן לנושאים שאינם קשורים למתמטיקה (הימנעות!) ומדגישות תרגול רב על פני הבנה (התנהגות מרגיעה?). מחקרים אחרים מצאו כי לחלק מהמתכשרות להוראה אין ידע מתמטי מספק, הן יוצרות חרדה בקרב הלומדים ומגלות עמדות שליליות כלפי המקצוע (Brady & Bowd, 2005). כל אלו נסקרו לעיל כגורמים הפוגעים באיכות ההוראה. לא ברור אם החרדה ממתמטיקה בקרב המתכשרות להוראה יורדת במהלך הלימודים (Catiloglu, Gürbüz & Birgin, 2014) או דווקא עולה (Wilson, 2013). הממצאים בכל הנוגע לחרדה ממתמטיקה בקרב מורות וגננות העוסקות במקצוע בפועל מועטים יותר יחסית למחקרים על המתכשרים להוראה, והם אינם עקביים. חלק מהמחקרים שבוצעו בקרב גננות מצאו שהן דיווחו על תפיסת מסוגלות עצמית נמוכה בתחום זה (Takunyaci & Takunyaci, 2014), ושיפור מסוים הסתמן בתפיסה זו עם צבירת ותק בתחום. נמצא גם קשר בין חרדה מהוראת



המקצוע בקרב גננות וירידה בביצועי תלמידיהן (Aslan, 2013). גננות ומורות שיעילותן בתחום זה גבוהה יותר, ייחסו חשיבות גדולה יותר להוראת מושגי יסוד במתמטיקה בגן, וגם השקיעו יותר בפעילויות מתמטיות במהלך יום הלימודים (Geist, 2015). במונחים של מאמר זה, הן נמנעו פחות מהוראת התחום. במחקר שבדק מורות בבית הספר היסודי, סטיפק ואחרים מצאו קשר בין הביטחון העצמי שלהן בהוראת המתמטיקה לבין הביטחון העצמי של תלמידיהן (Stipek, Givvin, Salmon, & MacGyvers, 2001). חוקרים אחרים, לעומת זאת, דווקא מדווחים על עמדות חיוביות יותר כלפי מתמטיקה והוראתה בקרב גננות (Chen, McCray, Adams & Leow, 2014). הגננות במחקר זה דיווחו על אמונה רבה יותר ביכולתן להורות מתמטיקה, אם כי הביטחון העצמי שלהן במתמטיקה עצמה היה נמוך. ייתכן שהחרדה ממתמטיקה גבוהה אצלן כתכונה, אבל כאשר הן מלמדות את התחום, החרדה תלויה המצב נחלשת. לעיל נאמר גם שהחרדה ממתמטיקה עשויה להיחלש לאחר שהנבדק מתחיל להתמודד עם הבעיה הנתונה לו, במקרה זה הוראת מתמטיקה בשיעור מסוים.

לסיכום, נראה שהנתונים בעניין חרדה ממתמטיקה בקרב גננות ומורות בפועל אינם עקביים ומועטים ביותר יחסית לנתונים שנאספו על תלמידים ועל המתכשרים להוראה. השונות בממצאים עשויה להיות מושפעת גם מהשתלמויות במתמטיקה שעברו המורות והגננות לאורך שנות עבודתן או מגורמים אחרים הקשורים להוראה בפועל.

## דרכים להפחתת חרדה ממתמטיקה אצל המתכשרים להוראה

בספרות המחקרית מוצעות שיטות אחדות לשיפור תפקוד המתכשרים להוראה, ואלה עשויות להיות יעילות גם בכל הקשור למתכשרים להוראת המתמטיקה:

א. שיטות אחדות מתמקדות בניסיון להפחית את החרדה, ואילו אחרות מתמקדות בניסיון להגביר את תחושת המסוגלות העצמית, אותה אמונה ביכולת להתמודד עם הוראת המתמטיקה ולהשפיע על הלמידה בתחום. נמצא, למשל, ששיפור המסוגלות העצמית מגביר את ההתמדה וההשקעה בקרב המתכשרים להוראה ומוכיל גם לעלייה בהישגים העתידיים של

- תלמידי אותם מורים (Bates, Latham & Kim, 2011). שיטות אלו להגברת המסוגלות העצמית מתאימות גם להוראת תלמידים הסובלים מחרדת מתמטיקה. ההתמודדות הרגשית עם החרדה חשובה משום שהחרדה גוזלת משאבי קשב, מעמיסה על זיכרון העבודה, מגבירה מחשבות פולשניות ודאגות, ובסופו של דבר פוגעת ביכולת הביצוע (Brunyé, Mahoney, Giles, Rapp, Taylor, & Kanarek, 2013). בשיטות שהוזכרו להתמודדות רגשית עם חרדה ממתמטיקה נכללות, בין השאר, הפחתת לחץ זמן במבחנים, הפחתת תחרותיות בכיתה, עידוד הרפיה ומנוחה וכתובה הבעתית כדרך לפרוקן רגשי רגשי (Johns, Schmader & Maretns, 2005; Jansen et al., 2014; Park, Ramirez & Beilock, 2013).
- ב. כותבים רבים ממליצים על חיזוק הידע המתמטי הבסיסי של המתכשרים להוראה, הדגשת ההבנה המושגית נוסף על התרגול, הפיכת הידע למוחשי ומשמעותי יותר, אי-ויתור על ציפיות גבוהות מהבנות וקישור החומר הנלמד לידיע קודם של הלומדים ולתחומי העניין שלהם (Gresham, 2007; Rayner, Pitsolantis & Osana, 2009). לנוכח הממצאים שנדונו לעיל, חשוב לחזק את היכולות המתמטיות בקרב המתכשרים להוראה ולהפחית את החרדה שלהם מהתחום ומהוראתו.
- ג. יכולות הרוטציה המנטלית וזיכרון העבודה החזותי-מרחבי מוזכרים שוב ושוב במחקרים כתורמים להישגים במתמטיקה, ועל כן מומלץ לחזק תחומים אלו, במיוחד אצל מורות, כדי להפחית את החרדה ממתמטיקה. לאחרונה נמצא כי משחקי מחשב שיפרו את יכולות הרוטציה המנטלית, את היכולות המרחביות ואת זיכרון העבודה, והביאו לעלייה בהישגים בגיאומטריה (Novak & Tassell, 2015).
- ד. הפחתת השפעות הסטריאוטיפ המגדרי: מאחר שהסטריאוטיפ השכיח הוא שנשים חלשות במתמטיקה, חשוב להפחית את השפעתו. אלטר ואחרים (Alter et al., 2010) חקרו את השפעת הסטריאוטיפ הגזעי על ביצועי מתמטיקה בקרב תלמידים אמריקאים בכיתות ד-ו. הנבדקים נתבקשו לכתוב את הגזע שלהם לפני ביצוע מבחן במתמטיקה, פעולה שמטרתה הייתה להפעיל את הסטריאוטיפ הגזעי (אפרו-אמריקאים חלשים יותר במקצועות אקדמיים). נבדקים אלו חולקו לשתי קבוצות: לאחת נאמר כי המבחן מעריך עד כמה הם טובים בתחום וימדוד את יכולותיהם (מצב שאמור ליצור חרדה

מכישלון). לקבוצה השנייה נאמר כי המבחן יעזור להם בלימודיהם וישפר את חשיבתם (מצב שאמור לעורר אתגר חשיבתי ועניין). הנבדקים בקבוצה השנייה הגיעו להישגים גבוהים יותר מחברי הקבוצה הראשונה. החוקרים הסיקו כי הצגת מצב הבחינה כאתגר מובילה להפחתת החרדה ולצמצום השפעת הסטריאוטיפ. מכאן ניתן לשער כי הצגת לימוד המתמטיקה כמאתגר ומסקרן עשויה להפחית את החרדה בקרב התלמידים והמתכשרים להוראה, ובמיוחד בקרב הבנות.

ה. חשוב להדריך גם את ההורים לתלמידים עם חרדה גבוהה ממתמטיקה. מחקרים שצוטטו לעיל הראו כי ציפיות גבוהות מדי או מעורבות רבה מדי של ההורים בסיוע לילדם (אם גם להורים חרדה זו) עלולות לפגוע בהישגי התלמידים.

## סיכום ומסקנות

במאמר זה נסקרו גורמים המשפיעים על חרדת מתמטיקה: דרכי הוראה, מאפייני המורה, ציפיות הסביבה, מגדר, הישגים בהווה ובעבר, תפיסת המסוגלות העצמית בתחום ועמדות כלפי המקצוע. הוצגה נקודת מבט קוגניטיבית-התנהגותית על חרדת המתמטיקה. באמצעות גישה זו ניתן לזהות מחשבות שליליות והתנהגויות של הימנעות והרגעה ולהתמקד בהן כדי להפחית את החרדה. ניתן לסייע לתלמיד בזיהוי מחשבה שלילית והפרכתה או החלשתה ולעודד אותו להתמודד עם נושאים מעוררי חרדה כדי להפחית את ההימנעות. לפיכך חשוב מאוד לזהות חרדה כבר בתקופת ההכשרה של מי שמתעתדים לעסוק בהוראה, ולסייע לסובלים מחרדה זו להפחית את חרדתם, כדי למנוע מצב שבו מורים יעבירו את החרדה לתלמידיהם. מצב כזה יגרום לירידה בהישגים, לסלידה ממקצוע המתמטיקה ואף להימנעות מהשקעה בו או התמחות בתחומים הקשורים אליו. חשוב גם לאפיין בדיוק רב יותר את החרדה מהוראת המתמטיקה ולהעריך חרדה ממתמטיקה בקרב מורות בפועל.

## מקורות

- צמיר, פ' (1996). חרדת מתמטיקה: מאפיינים, גורמים ודרכי טיפול. החינוך וסביבו, י"ח, 105-123.
- רפ, י' (2014). פערי הישגים בין בנים לבנות במתמטיקה ובשפה: מה אפשר ללמוד מניתוח פערים אלו בקרב תלמידי ישראל? רמת גן: ראמ"ה ומשרד החינוך והתרבות.
- Ahmed, W., Minnaert, A., Kuyper, H., & van der Werf, G. (2012). Reciprocal relationships between math self-concept and math anxiety. *Learning and Individual Differences, 22*, 385-389.
- Alter, A. L., Aronson, J., Darley, J. M., Rodriguez, C., & Ruble, D. N. (2010). Rising to the threat: Reducing stereotype threat by reframing the threat as a challenge. *Journal of Experimental Social Psychology, 46*, 166-171.
- Ashcraft, M. H., & Moore, A. M. (2009). Mathematics anxiety and the affective drop in performance. *Journal of Psychoeducational Assessment, 27*, 197-205.
- Aslan, D. (2013). A comparison of pre- and in-service preschool teachers' mathematical anxiety and beliefs about mathematics for young children. *Academic Research International, 4*, 225-230.
- Bai, H., Wang, L., Pan, W., & Frey, M. (2009). Measuring mathematics anxiety: Psychometric analysis of a bidimensional affective scale. *Journal of Instructional Psychology, 36*, 185-193.
- Bar-Haim, Y. (2010). Research review: Attention bias modification (ABM): a novel treatment for anxiety disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 51*, 859-870.
- Bates, A. B., Latham, N., & Kim, J. (2011). Linking preservice teachers' mathematics self-efficacy and mathematics teaching efficacy to their mathematical performance. *School Science and Mathematics, 111*, 325-333.
- Beck, J. S. (2011). *Cognitive behavior therapy: Basics and beyond*. 2<sup>nd</sup> edition. New York, NY: Guilford Press.
- Beilock, S. L., Gunderson, E. A., Ramirez, G., & Levine, S. C. (2010). Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement. *Proceedings of the National Academy of Science, 107*, 1860-1863.

- Beilock, S. L., & Maloney, E. A. (2015). Math anxiety: A factor in math achievement not to be ignored. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 2, 4-12.
- Beilock, S. L., & Willingham, D. T. (2014). Math anxiety: Can teachers help students reduce it? *American Educator*, Summer, 28-32.
- Betz, D. E., & Sekaquaptewa, D. (2012). My fair physicist? Feminine math and science role models demotivate young girls. *Social Psychological and Personality Science*, 3, 738-746.
- Bieg, M., Goetz, T., & Lipnevich, A. A. (2014). What students think they feel differs from what they really feel – academic self-concept moderates the discrepancy between students' trait and state emotional self-reports. *PLoS ONE*, 9(3), e92563.
- Bonnot, V., & Croizet, J. C. (2007). Stereotype internalization and women's math performance: The role of interference in working memory. *Journal of Experimental Social Psychology*, 43, 857-866.
- Boschen, M. J., & Oei, T. P. S. (2008). A cognitive behavioral case formulation framework for treatment planning in anxiety disorders. *Depression and Anxiety*, 25, 811-823.
- Boyd, W., Foster, A., Smith, J., & Boyd, W. E. (2014). Feeling good about teaching mathematics: Addressing anxiety amongst pre-service teachers. *Creative Education*, 5, 207-217.
- Brady, P., & Bowd, A. (2005). Mathematics anxiety, prior experience and confidence to teach mathematics among pre service education students. *Teachers and Teaching*, 11, 37-46.
- Brunyé, T. T., Mahoney, C. R., Giles, G. E., Rapp, D. N., Taylor, H. A., & Kanarek, R. B. (2013). Learning to relax: Evaluating four brief interventions for overcoming the negative emotions accompanying math anxiety. *Learning and Individual Differences*, 27, 1-7.
- Buckley, S., Reid, K., Goos, M., Lipp, O. V., & Thomson, S. (2016). Understanding and addressing mathematics anxiety using perspectives from education, psychology and neuroscience. *Australian Journal of Education*, 60, 157-170.

- Casad, B. J., Hale, P., & Wacks, F. L. (2015). Parent-child math anxiety and math-gender stereotypes predict adolescents' math education outcomes. *Frontiers in Psychology, 6*, 1-21.
- Catiloglu, H., Gürbüz, R., & Birgin, O. (2014). Do pre-service elementary school teachers still have mathematics anxiety? Some factors and correlates. *Bolema, 28*, 110-127
- Chang, H., & Beilock, S. L. (2016). The math anxiety-math performance link and its relation to individual and environmental factors: A review of current behavioral and psychophysiological research. *Current Opinion in Behavioral Sciences, 10*, 33-38.
- Chen, J. Q., McCray, J., Adams, M., & Leow, C. (2014). A survey study of early childhood teachers' beliefs and confidence about teaching early math. *Early Childhood Education Journal, 42*, 367-377.
- Cipora, K., Szczygiel, M., Willmes, K., & Nuerk, H-C. (2005). Math anxiety assessment with the *Abbreviated Math Anxiety Scale*: Applicability and usefulness: Insights from the polish adaptation. *Frontiers in Psychology, 6*, 1-16.
- Else-Quest, N. M., Hyde, J. S. & Linn, M. C. (2010). Cross-national patterns of gender differences in mathematics: A meta-analysis. *Psychological Bulletin, 136*, 103-127.
- Eretkin, E. (2010). Correlations between the mathematics teaching anxieties of pre-service primary education mathematics teachers and their beliefs about mathematics. *Educational Research and Reviews, 5*, 446-454.
- Faust, M.W., Ashcraft, M.H., & Fleck, D.E. (1996). Mathematics anxiety effects in simple and complex addition. *Mathematical Cognition, 2*, 25-62.
- Finlayson, M. (2014). Addressing math anxiety in the classroom. *Improving Schools, 17*, 99-115.
- Ganley, C. M., & Vasilyeva, M. (2011). Sex differences in the relation between math performance, spatial skills, and attitudes. *Journal of Applied Developmental Psychology, 32*, 235-242.
- Ganley, C. M., & Vasilyeva, M. (2014). The role of anxiety and working memory in gender differences in mathematics. *Journal of Educational Psychology, 106*, 105-120.

- Geist, E. (2015). Math Anxiety and the "Math Gap": How attitude toward mathematics disadvantages students as early as preschool. *Education, 135*, 328-336.
- Gerstenberg, F. X. R., Imhoff, R. & Schmitt, M. (2012). 'Women are bad at math, but I'm not, am I?' Fragile mathematical self-concept predicts vulnerability to a stereotype threat effect on mathematical performance. *European Journal of Personality, 26*, 588-599.
- Goetz, T., Bieg, M., Lüdtke, O., Pekrun, R., & Hall, N. C. (2013). Do girls really experience more anxiety in mathematics? *Psychological Science, 24*, 2079-2087.
- Gresham, G. (2007). A study of mathematics anxiety in pre-service teachers. *Early Childhood Education Journal, 35*, 181-188.
- Gunderson, E. A., Ramirez, G., Beilock S. L., & Levine S. C. (2013). Teachers' spatial anxiety relates to 1st- and 2nd-graders' spatial learning. *Mind, Brain, and Education, 7*, 196-199.
- Halpern, D. F., Benbow, C. P., Geary, D. C., Gur, R. C., Hyde, J. S., & Gernsbacher, M. A. (2007). The science of sex differences in science and mathematics. *Psychological Science in the Public Interest, 8*, 1-51.
- Harari, R. R., Vukovic, R. K., & Bailey, S. P. (2013). Mathematics anxiety in young children: An exploratory study. *The Journal of Experimental Education, 81*, 538-555.
- Hopko, D. R., Ashcraft, M. H., Gute, J. Ruggiero, K. J. & Lewis, C. (1998). Mathematics anxiety and working memory: Support for the existence of a deficient inhibition mechanism. *Journal of Anxiety Disorders, 12*, 343-355.
- Jansen, B. R. J., Louwerse J., Straatemeier, M., van der Ven, S., Klinkenberg, S., & van der Maas, H. L. J. (2013). The influence of experiencing success in math on math anxiety, perceived math competence, and math performance. *Learning and Individual Differences, 24*, 190-197.
- Johns, M., Schmader, T., & Martens, A. (2005). Knowing is half the battle: Teaching stereotype threat as a means of improving women's math performance. *Psychological Science, 16*, 175-179.
- Kesici, S., & Erdogan, A. (2005). Mathematics anxiety according to middle school student's achievement motivation and social comparison. *Education, 131*, 54-63.

- Kuyken, W., Fothergill, C. D., Musa, M., & Chadwick, P. (2005). The reliability and quality of cognitive case formulation. *Behaviour Research and Therapy, 43*, 1187-1201.
- Lazarides, R. & Watt, H. M. G. (2015). Girls' and boys' perceived mathematics teacher beliefs, classroom learning environments and mathematical career intentions. *Contemporary Educational Psychology, 41*, 51-61.
- Li, Y. & Geary, D. C. (2017). Children's visuospatial memory predicts mathematics achievement through early adolescence. *PLoS ONE, 12*, e0172046.
- Lyons, I. M., & Beilock, S. L. (2012). Mathematics anxiety: Separating the math from the anxiety. *Cerebral Cortex, 22*, 2102-2110.
- Ma, X. & Xu, J. (2004). The causal ordering of mathematics anxiety and mathematics achievement: A longitudinal panel analysis. *Journal of Adolescence, 27*, 165-179.
- Madjar, N., Zalsman, G., Weizman, A., Lev-Ran, S., & Shoval, G. (2017). Predictors of developing mathematics anxiety among middle-school students: A 2-year prospective study. *International Journal of Psychology*, EPUB ahead of print.
- Malinsky, M., Ross, A., Pannels, T., & McJunkin, M. (2006). Math anxiety in pre-service elementary school teachers. *Education, 127*, 274-279.
- Maloney, E. A., Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2015). Intergenerational effects of parents' math anxiety on children's math achievement and anxiety. *Psychological Science, 26*, 1480-1488.
- Maloney, E. A., Waechter, S., Risko, E. F., & Fugelsang, J. A. (2012). Reducing the sex difference in math anxiety: The role of spatial processing ability. *Learning and Individual Differences, 22*, 380-384.
- Mizala, A., Martinez, F., & Martinez, S. (2015). Pre-service elementary school teachers' expectations about student performance: How their beliefs are affected by their mathematics anxiety and student's gender. *Teaching and Teacher Education, 50*, 70-78.
- Murayama, K., Pekrun, R., Suzuki, M., Marsh, H. W., & Lichtenfeld, S. (2016). Don't aim too high for your kids: Parental over-aspiration undermines students' learning in mathematics. *Journal of Personality and Social Psychology, 111*, 766-779.



- Novak, E., & Tassell, J. (2015). Using video game play to improve education-majors' mathematical performance: An experimental study. *Computers in Human Behavior*, *53*, 124-130.
- Park, D., Ramirez, G., & Beilock, S. L. (2014). The role of expressive writing in math anxiety. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *20*, 103-111.
- Parker, P. D., Schoon, I., Tsai, Y. M., Nagy, G., Trautwein, U., & Eccles, J. S. (2012). Achievement, agency, gender, and socioeconomic background as predictors of postschool choices: A multicontext study. *Developmental Psychology*, *48*, 1629-1642.
- Rayner, V., Pitsolantis, N., & Osana, H. (2009). Mathematics anxiety in preservice teachers: Its Relationship to their conceptual and procedural knowledge of fractions. *Mathematics Education Research Journal*, *21*, 60-85.
- Robinson-Cimpian, J. P., Lubienski, S. T., Ganley, C. M., & Copur-Gencturk, Y. (2014). Teachers' perceptions of students' mathematics proficiency may exacerbate early gender gaps in achievement. *Developmental Psychology*, *50*, 1262-1281.
- Roos, A. L., Bieg, M., Goetz, T., Frenzel, A. C., Taxer, J., & Zeidner, M. (2015). Experiencing more mathematics anxiety than expected? Contrasting trait and state anxiety in high achieving students. *High Ability Studies*, *26*, 245-258.
- Rubinstein, O., Bialik, N., & Solar, Y. (2012). Exploring the relationship between math anxiety and gender through implicit measurement. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*, 1-9.
- Rubinstein, O., Eidlin, H., Wohl, H., & Akibli, O. (2015). Attentional bias in math anxiety. *Frontiers in Psychology*, *6*, 1539.
- Sarkar, A., Dowker, A., & Kadosh, R.C. (2014). Cognitive enhancement or cognitive cost: Trait-specific outcomes of brain stimulation in the case of mathematics anxiety. *The Journal of Neuroscience*, *34*, 16605-16610.
- Stipek, D. J., Givvin, K. B., Salmon, J. M., & MacGyvers, V. L. (2001). Teachers' beliefs and practices related to mathematics instruction. *Teaching and Teacher Education*, *17*, 213-226.
- Stoeber, J., Hutchfield, J., & Wood, K. V. (2008). Perfectionism, self-efficacy, and aspiration level: Differential effects of perfectionistic striving and self-

- criticism after success and failure. *Personality and Individual Differences*, 45, 323-327.
- Stoet, G., Bailey, D. H., Moore, A. M., & Geary, D. C. (2016). Countries with higher levels of gender equality show larger national sex differences in mathematics anxiety and relatively lower parental mathematics valuation for girls. *PLoS ONE*, 11, e0153857.
- Supekar, K., Iuculano, T., Chen, L., & Menon, V. (2015). Remediation of childhood math anxiety and associated neural circuits through cognitive tutoring. *The Journal of Neuroscience*, 35, 12574-12583.
- Takunyaci, M., & Takunyaci, M. (2014). Preschool teachers' mathematics teaching efficacy belief. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 152, 673-678.
- Voyer D., & Voyer, S. D. (2014). Gender differences in scholastic achievement: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 140, 1174-1204.
- Wang, Z., Hart, S. A., Kovas, Y., Lukowski, S., Soden, B., Thompson, L. A., & Petrill, S. A. (2014). Who is afraid of math? Two sources of genetic variance for mathematical anxiety. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55, 1056-1064.
- Wilson, S. (2013). Investigating rural pre-service teachers' mathematics anxiety using the revised mathematics anxiety scale (RMARS). *Australian and International Journal of Rural Education*, 23, 1-11.
- Young, C. B., Wu, S. S., & Menon, V. (2012). The neurodevelopmental basis of math anxiety. *Psychological Science*, 23, 492-501.