

הודא שאיב, מיכל טבח

גיאומטריה זה משחק ילדים על השימוש בטנגרם כאמצעי למידה בגן הילדים



גיאומטריה היא אחד משלושת הנושאים העיקריים בתוכנית הלימודים במתמטיקה בחינוך הקדם-יסודי. על פי תיאוריית ואן הילה, התפתחות החשיבה הגיאומטרית אצל ילדים נעשית בשלבים, והמעבר מרמה התפתחותית אחת לבאה אחריה נתמך בפעילויות משחקיות המפתחות ידע על צורות ותכונותיהן. אחת הדרכים להעשיר את לימודי הגיאומטריה בגן היא באמצעות המשחק טנגרם. אפשר לשחק טנגרם במחשב או במשחק מוחשי, ובכך לאתגר את הילדים ולתמוך בלמידה שלהם

לימוד גיאומטריה בגיל הרך

החל בשנים הראשונות של הילד שזורה מתמטיקה בכל פעילויותיו: הילד משווה כמויות, יוצר דגמים, מודד חפצים, בונה בקוביות וכדומה. עם לימוד השפה המדוברת לומדים הילדים גם שפה מתמטית. כבר בגיל הרך ילדים משתמשים במושגים מתמטיים באופן טבעי בהיותם בגן, בבית, במגרש משחקים וכדומה (מברך, 2008). בשנים האחרונות הבינו אנשי חינוך בארץ ובעולם כי עליהם להקדיש תשומת לב רבה יותר לגיל הרך בכלל וללימוד מתמטיקה בגיל הזה בפרט. מחקרים מראים כי כבר בגיל הרך יכולים ילדים להבין רעיונות מתמטיים, לעתים גם רעיונות מופשטים (Baroody, 2000), וכי ההתנסויות המוקדמות של הילד חשובות מאוד להמשך דרכו. בעולם

מתפרסמים מאמרים רבים על הצורך לעסוק במתמטיקה בגיל הרך ועל הדרך לעשות זאת. על אף שתוכניות לימודים במתמטיקה לבית הספר היסודי קיימות מזה זמן רב, רק לאחרונה נכתבו תוכניות לימודים בתחום זה לגיל הקדם-יסודי (גילאים 3-6). בישראל התפרסמה תוכנית לימודים במתמטיקה (תשס"ט), והיא אחת מחמש תוכניות לימודים לחינוך הקדם-יסודי שמשרד החינוך החליט להטמיע בגני הילדים. התוכנית נכתבה על ידי ועדה מיוחדת, שחבריה מומחים בתחומים הקשורים למתמטיקה ולגיל הרך, ומטרתה להחליף את החלק העוסק במתמטיקה בתוכנית המסגרת שהתפרסמה בשנת 1995.

בתוכנית הלימודים במתמטיקה בחינוך הקדם-יסודי קיימים שלושה נושאים עיקריים

וגיאומטריה הוא אחד מהם. התפתחות החשיבה הגיאומטרית נמצאת במרכז של תיאוריית ואן הילה, אשר מתארת בצורה מקיפה את כל טווח העיסוק בצורות גיאומטריות, מרמה של תפיסה חזותית-גלובלית ועד לרמה של הוכחות ודיוק (ואן הילה, 1999). בפרט, תיאוריית ואן הילה דנה באופן שבו ילדים נוטים למיין דוגמאות של צורות גיאומטריות. על פי תיאוריה זו, התפתחות החשיבה הגיאומטרית נעשית בשלבים, וההתקדמות מרמה אחת לרמה הבאה אחריה מובילה, בסופו של התהליך, לחשיבה גיאומטרית פורמלית. כפי שנכתב גם בתוכנית הלימודים, ילדים בגיל הגן נמצאים באחת משתי הרמות הראשונות של חשיבה גיאומטרית. ברמה הראשונה, חשיבת הילד מאופיינת בתפיסה חזותית-גלובלית של הצורה בשלמותה. הילדים מכירים שמות של צורות שונות ואף מבדילים בין צורה אחת לאחרת, אך אינם מבחינים ברכיבי הצורה ובתכונותיה ומסתמכים על המראה הכללי בלבד. לדוגמה, אנו אומרים "אני יודע שזה ריבוע, כי אני רואה זאת". ילדים יכולים לומר "זהו מלבן, כי הוא נראה כמו קופסה". ברמת החשיבה השנייה, הרמה התיאורית, הילדים מפרקים את הצורה לחלקיה ומזהים תכונות שונות שלה, אך אינם מקשרים בין התכונות השונות ואינם יכולים להסביר כיצד הן נובעות זו מזו. לדוגמה, "זה משולש כי יש לו שלוש צלעות ושלושה קודקודים". התייחסות בגיל הגן לתכונותיהן של צורות הנדסיות עשויה להעשיר את הידע הגיאומטרי של הילדים ולאפשר להם להתקדם מתפקוד ברמה





התפתחות החשיבה הגיאומטרית נמצאת במרכז של תיאוריית ואן הילה, אשר מתארת בצורה מקיפה את כל טווח העיסוק בצורות גיאומטריות, מרמה של תפיסה חזותית-גלובלית ועד לרמה של הוכחות ודיוק

הבעה, תפתח את תפיסתו החזותית ותעניק לו כלים נוספים להחזין את אישיותו ולנכס לעצמו גמישות מחשבתית וחשיבה יצירתית. הלימוד במסגרת תוכנית אגם מתחיל בגיל 3, ובמשך שנתיים-שלוש רוכשים הילדים באופן שיטתי מושגים ומיומנויות המקנים להם בסיס ללימודי מתמטיקה ומדע.

תוכניות מסוג זה אינן רבות, אף שרוב החוקרים העוסקים באינטליגנציה מסכימים כי מיומנויות הקשורות בחשיבה חזותית הן חלק חשוב מהאינטליגנציה הכללית, וכי תרגול מיומנויות אלה עשוי לשפר את היכולת הקוגניטיבית.

כיצד מסייעות המחשבות ממוחשבות ללמידה?

הסביבה הדיגיטלית עשויה לקדם, לסייע ולתמוך בתהליך הלמידה המתרחש בגן. חוקרים הראו כי באמצעות משחקי מחשב אפשר לטפח מיומנויות מוטוריקה עדינה ותיאום עין-יד, לשפר מהירות תגובה ויכולת ריכוז, לטפח מיומנויות חזותיות, שמיעתיות ומרחביות ולטפח מיומנויות חשיבה כגון תכנון, ארגון ורצף פעולות (Kebritchi, 2008). המשחק הממוחשב מספק התמודדות לקראת הישג אישי ואו קבוצתי. לאחר שהילדים מתנסים בעבודה משותפת שמביאה לייעול ולהפריה הדדית, הם עשויים ללמוד לשתף פעולה. רכיבים מסוימים של המשחק מגבירים את המוטיבציה של הילדים לשחק במשחקים לימודיים דיגיטליים, ביניהם: רמות קושי שונות; משוב יעיל המאפשר לילדים להעריך את התקדמותם לעבר השגת המטרה; עולם של דמיון ופנטזיה, שבו מגוון הדמויות, הצבעים, הצלילים והקולות מגרים ומלהיבים את הילדים; שילוב אפקטים חזותיים וקוליים, המזמנים תהליך למידה עשיר בהרפתקאות ובהפתעות (Kebritchi, 2008).

להשלים ולהעשיר חומרים לתוכנית הלימודים במתמטיקה לילדים צעירים. הגישה הבסיסית של פרויקט זה היא פיתוח מיומנויות מתמטיות תוך התבססות על חוויות הילדים ותחומי העניין שלהם. לגישתם, על הוראת הגיאומטריה להיעשות באופן משחקי ובעזרת מחשב, מאחר ששימוש במחשב יכול להתאים לילדים צעירים מבחינה התפתחותית ומתמטית. ההמחשות במשחקי המחשב הן פשוטות, ועוסקות בפעולות שהילדים מבצעים על עצמים שונים, כמו מילוי צורה באמצעות צורות קטנות ממנה; מילוי קווי מתאר של פאזל באמצעות ערכה מורחבת של צורות הנדסיות; שילוב שני משולשים על ידי הדבקתם, ואז שכפול היחידה שנוצרה ושימוש בה כדי למלא קווי מתאר, ועוד. ההנחה העומדת בבסיס פרויקט זה היא שהמשחקים ותחומי העניין של הילדים הם המקור להתנסויותיהם המתמטיות הראשונות. התנסויות אלה הופכות למתמטיות כאשר הילדים מייצגים אותן ועושים עליהן רפלקציה. ילדים צעירים מייצגים את רעיונותיהם על ידי דיבור, אבל גם באמצעות מודלים, הצגות ואמנות. כל אלה יכולים להוביל להכללה ולהפשטה הדרגתית של הצורות הגיאומטריות (Clements and Sarama, 2007).

בארץ מופעלת תוכנית אגם לפיתוח חשיבה חזותית של ילדי הגיל הרך. התוכנית, הנקראת 'החכם עיניו בראשו', פותחה בתחילת שנות ה-90 על ידי האמן יעקב אגם, בשיתוף מכון ויצמן, ומופעלת עד היום. מטרת התוכנית היא פיתוח אופטימלי של תהליכי החשיבה החזותיים של הילד (מכון ויצמן למדע, 1991; רזאל ואלון, 1991). התוכנית תומכת בפיתוח יצירותיו בגיל הרך באמצעות סביבה מוחשית, ללא כל מרכיב טכנולוגי. לטענת אגם, החינוך המוענק לילדינו גורם להם להיות אנאלפביתיים חזותיים. הנחת הבסיס של התוכנית היא שהיסוד החזותי מוצג בצורתו המושגית רק בתחילת תהליך הלמידה, ולאחר מכן מוצג תדיר עם יסודות אחרים. ילדים צעירים מגלים רגישות רבה לשפה החזותית. הם מכינים את שפת הצורה והצבע הרבה לפני שהם מכינים מילים ומושגים. פתיחותם הטבעית מאפשרת לנו לזמן להם מפגשים חזותיים עם יצירות אמנות, ובמיוחד מתחום האמנות המודרנית. הכרת רכיבי שפת האמנות הפלסטית - הקו, הצורה, הצבע, החומר והמרקם - תעשיר את הילד בדרכי

החזותית ("זה נראה כמו ...") לתפקוד ברמה התיאורית (זה לא משולש כי "יש צלע לא ישרה") (תירוש וצמיר, 2008). ואן הילה (1999) הציע פעילויות עם פסיפסים, קיפולי נייר, ציור, צורות פלא הנדסיות ואף עם חידות כגון טנגרם, להעשרת מאגר המבנים החזותיים של הילדים. לטענתו, פעילויות אלו מפתחות ידע על צורות ותכונותיהן. הוראה עשירה ומאתגרת בגיאומטריה, הכוללת רצף פעילויות, יכולה לקדם את מעבר הילד מרמה אחת לבאה אחריה. תוכנית הלימודים מתייחסת לרמות ואן הילה, ומגדירה כיעד העלאת רמת החשיבה הגיאומטרית בגן מהרמה הראשונה (הגלובלית-חזותית) לשנייה (רמה תיאורית). ידע הגננת לגבי רמת החשיבה הגיאומטרית שבה נמצא הילד עשוי להדריך אותה ביצירת הזדמנויות למידה המותאמות לו.

מיון צורות הנדסיות בגן

אחת המיומנויות הבסיסיות אשר בגני הילדים שוקדים על פיתוחה היא מיון (תכנית הלימודים במתמטיקה לגן הילדים בחינוך הממלכתי והממלכתי דתי, תשס"ט). ארגון מורי המתמטיקה בארה"ב ממליץ כי ילדים בגן ייחשפו לדוגמאות רבות של צורה גיאומטרית מסוימת (למשל, משולש ישר זווית, משולש שווה שוקיים וכו') ולמגוון אי-דוגמאות שלה (למשל, צורות הדומות למשולשים אך אינן משולשים) (NCTM, 2000). מרחב הדוגמאות והאי-דוגמאות של צורות הנדסיות הוא אינסופי. על פי תירוש וצמיר (2008), ההתייחסות לצורות הנדסיות, תוך הכרת דוגמאות ואי-דוגמאות של צורות גיאומטריות שונות (משולשים, מרובעים, מלבנים ועוד), מזמנת כר נרחב לעיסוק במיון ולפיתוח מיומנות זו, והן ממליצות לעסוק בגן הילדים בהבחנה בין דוגמאות לאי-דוגמאות של צורות גיאומטריות. במאמר הנוכחי נתייחס להצגת דוגמאות ואי-דוגמאות של משולשים בגן הילדים, נתמקד בתיאורי מקרים וננתח אותם לפי תיאוריית ואן הילה.

פרויקטים לקידום הידע הגיאומטרי של ילדים

בארצות הברית מופעל מזה שנים מספר פרויקט אבני בניין (Building Blocks), שמטרתו קידום הידע הגיאומטרי של ילדים. זהו אחד הפרויקטים הממומנים על ידי הקרן הלאומית למדע (NSF), במטרה ליצור,

למורכב, מהתנסות מוחשית לתכנון מופשט המעיד על הפנמה והבנה. היא מתרחשת כאשר יש לילדים הזדמנות להתאמן במיומנויות שכבר רכשו, ובאותו זמן הם מתנסים באתגרים שהם קצת מעבר ליכולתם. ניר-גל וקליין (1999) בדקו השפעת סוגים שונים של הנחיית מבוגר על פעילותם הקוגניטיבית של ילדים בגיל הרך שנחשפו לפעילות במחשב (תוכנות משחק). מממצאי המחקר עלה, בין השאר, כי ילדים אשר נחשפו לפעילות בסביבת מחשב בהנחיית מבוגר שיפרו את רמת תפקודם במדדים הקוגניטיביים, במדדי חשיבה מופשטת, יכולת תכנון, אוצר מילים וקואורדינציה חזותית-מוטורית¹, ובמדדי סגנון תגובה, כולל מדדים של חשיבה רפלקטיבית². זאת, בהשוואה לילדים בקבוצת הביקורת שהשתמשו במחשב ללא תיווך מבוגר, או עם תיווך מועט בלבד בתחום התפעולי. גם במחקרה של ניר-גל (2001), נמצא כי ילדים בגיל הרך אשר פעלו במחשב בתיווך מבוגר שיפרו מדדים קוגניטיביים, בהשוואה לילדים בקבוצות שפעלו במחשב ללא תיווך. במחקר זה נמצא גם כי שילוב ההנחיה של מבוגר מתווך מאפשר את ניצול המחשב לפיתוח תהליכי החשיבה של הילד, ומשפיע על תבניות התנהגות שיאפשרו לילד ללמוד טוב יותר מחוויות חדשות ולהפיק תועלת מהלמידה שלו בהווה ומהלמידה שלו בעתיד.

תפקיד הגננת בלימוד גיאומטריה

בגן הילדים, חשוב שהגננת תנצל מצבים מזדמנים כדי לעסוק בגיאומטריה. כדי שהגננת תוכל לעשות זאת, עליה להיות בעלת ידע גיאומטרי מתאים שיאפשר לה לקשור נושאים גיאומטריים שונים, ובעלת הבנה לגבי אופן החשיבה הגיאומטרית של הילדים בגיל הרך. ויגוצקי (Vygotsky, 1978) טוען כי באמצעות פעילויות מתאימות, סביבה לימודית וחברתית מתאימה ותיווך מתאים אפשר לקדם את הילד לרמה התפתחותית גבוהה יותר, וזאת בתנאי שהוא נמצא בטווח ההתפתחות הקרובה, כלומר, מוכן ובשל לאותה התפתחות (מושג שאותו הגדיר ויגוצקי כ-ZPD – Zone of proximal development). הרמה שבה נמצא הילד עלולה להטעות, מכיוון שהיא אינה משקפת בהכרח את מה שהילד מסוגל להגיע אליו, אלא את מצבו הנוכחי. בכל ילד טמונה היכולת להתפתחות נוספת, ובעזרת תמיכה סביבתית והדרכה מתאימה הוא יוכל להבנות את הידע שלו ברמה גבוהה יותר. על פי ויגוצקי, על תוכנית הלימודים ליצור סביבה שבה יוכל הילד להתנסות, לחקור, לשער, לנבא ולבחון תופעות באמצעות תיווך מתאים. ואן הילה טוען שההתקדמות ברמות החשיבה תלויה במידה רבה בחינוך, וכי קיימת חשיבות רבה לידע של הגננת על הרמה שבה נמצא הילד.



איור 1: חלקי הטנגרם מאורגנים כריבוע

המחשבות ממוחשבות טובות יכולות לסייע לילדים בבניית ייצוגים שונים של רעיונות מתמטיים ובחזיון ייצוגים אלה, ולמלא תפקיד של זרז בצמיחתו של הידע (Clements, 1999). ביסודה, חשיבה מתמטית היא קוגניטיבית, ולאמצעי המחשה יש מקום חשוב בלמידה. ילדים זקוקים לאובייקטים מוחשיים על מנת לייצר משמעות בתחילת הלמידה. בהמשך תהליך הלמידה, על מנת לבסס את המשמעות, על הילדים לבצע רפלקציה על הפעולות שביצעו. תוכנות מחשב יכולות לספק ייצוגים בעלי משמעות אישית בדומה לאובייקטים מוחשיים. מחקרים מציינים כי ייצוגי מחשב יכולים להיות קלים יותר לניהול, 'נקיים', 'גמישים' וניתנים להרחבה יותר מאשר אובייקטים פיזיים מקבילים (Clements, 1999). האנימציות המרהיבות המדמות סביבה תלת-מימדית, הצבעים והתנועה הם כלי משחק מושכים בעבור הילד, היכול למצוא אינספור אפשרויות במשחק אחד. ואם המשחק מהנה ומאתגר במיוחד, הוא ירצה לשחק בו שוב ושוב מבלי להתעייף, דבר שקשה מאוד להשיג בהוראה פורמלית כך, מבלי משים, לומד הילד את המיומנות בכוחות עצמו.

הצורך בתיווך של מבוגר

בין אם המשחק מתקיים בסביבה ממוחשבת ובין אם בסביבה פיזית מוחשית, יש חשיבות לתיווך של מבוגר (קליין, 2008). מעיון בספרות עולה כי ילדים בגיל הרך הפועלים במחשב ללא תיווך עשויים להיקלע לתהליך של ניסוי וטעייה נטול המשגה. ללא תמיכה והכוונה, הילדים אינם עוברים באופן ספונטני להשתמש במיומנויות חשיבה גבוהות להשתמש במיומנויות חשיבה גבוהות (Masters and Yelland, 1996). תיווך של מבוגר לומד הילד בגיל הרך תבניות התנהגות המאפשרות לו ללמוד מחוויות חדשות ולפתח מערכת צרכים המכוונת אותו לחפש ולקבל מידע מדויק ככל האפשר דרך החושים, להשוות ולחבר בין תפיסות שונות, לתכנן לפני ביצוע ולהפיק תועלת מלמידה בעתיד. ההתפתחות מתקדמת מהפשוט

1. קואורדינציה חזותית-מוטורית מוגדרת כיכולת העיניים והידיים לעבוד יחדיו בתבניות תנועה מדויקות ויעילות הדבר דורש תפיסה חזותית וקואורדינציה של עין-יד.
2. המושג חשיבה רפלקטיבית מתייחס לחשיבה גבוהה, הכוללת היבטים כגון העלאת הצעות ורעיונות, המשגה, העלאת השערות, הסקת מסקנות לגבי הסברים אפשריים ובחינת ההשערות באמצעות פעולה.



איור 2: פאזלים מחלקי טנגרם ברמות קושי שונות

התייחסות בגיל הגן לתכונותיהן של צורות הנדסיות עשויה להעשיר את הידע הגיאומטרי של הילדים ולאפשר להם להתקדם מתפקוד ברמה החזותית ("זה נראה כמו ...") לתפקוד ברמה התיאורית (זה לא משולש כי "יש צלע לא ישרה")

ולחבנת ההבדלים בלמידת הילדים בין שתי סביבות למידה: סביבה טכנולוגית וסביבה מוחשית.

שיטת המחקר

במחקר זה ננקטה גישה מחקרית איכותנית, בגישת התיאוריה המעוגנת בשדה. במסגרת המחקר נעשה שימוש בראיונות חצי מובנים. החוקרת הייתה צמודה למספר שאלות שאותן קבעה מראש, אך הייתה רשאית לשנות את סדרן ולהוסיף להן שאלות נוספות, שאלות המשך, בהתאם להתפתחות הראיון עם הילדים.

אוכלוסיית המחקר

במחקר השתתפו 23 ילדים דוברי ערבית מגן אחד במרכז הארץ. הילדים חולקו לשתי קבוצות התערבות - קבוצת התערבות ממוחשבת (8 ילדים) וקבוצת התערבות מוחשית (7 ילדים), ושתי קבוצות ביקורת (4 ילדים בכל אחת מהן). כל הילדים עברו הן ראיון מקדים והן ראיון מסכם, שכל אחד מהם נמשך במשך כרבע שעה (טבלה 1). ילדי קבוצת ההתערבות נבדלו מקבוצות הביקורת בתיווך ובתרגול. קבוצות ההתערבות וקבוצות הביקורת נבדלו זו מזו בסביבה שבה נערכו

שעשויים מעץ או מפלסטיק ומודבקים על לוח מגנטי (תמונות 1 ו-2), או חלקי טנגרם גדולים יותר שאפשר לתלות על לוח (תמונה 3) או לשחק בהם על שטיח גדול, ואפשר גם לשחק בטנגרם במחשב (תמונה 4).

מחקר התערבות בגן באמצעות משחק פאזל המבוסס על טנגרם

להלן נציג את המהלך והתוצאות של תוכנית התערבות שהופעלה בגן ילדים ונועדה להרחיב את החשיבה הגיאומטרית של הילדים. הגן שבו בוצעה התוכנית היה גן דובר ערבית, ממרכז הארץ, שבו לומדים ילדים בני שלוש עד חמש.

מטרת המחקר ושאלת המחקר

מטרת המחקר הייתה לנסות למצוא שיטת הוראה העשויה להעלות את ילדי הגן מרמת חשיבה גיאומטרית מסוימת לרמה גבוהה יותר. לאור מטרה זו נוסחה שאלת המחקר: האם פעילות משחקית, במערך של למידה בסביבה טכנולוגית או למידה בסביבה רגילה, משפיעה על תפיסת מושגים בגיאומטריה והבנתם ברמות חשיבה שונות? חשיבות מחקר זה טמונה בפוטנציאל שלו לקידום הידע של ילדים בגיל הגן בנושא משולשים

ידע כזה עשוי להדריך את הגננת בבחירת הזדמנויות הלמידה המתאימות לילד.

עיסוק בגיאומטריה בשילוב משחק פאזל המבוסס על טנגרם

נשאלת השאלה: כיצד עוסקים בגיאומטריה בגן הילדים? בעבור הילד, המשחק הוא גירוי ואמצעי ללמידה. במהלך המשחק, רמת ההנאה של הילד גבוהה והלמידה מתרחשת תוך כדי משחק. העובדה שהילד אינו חש שמועבר לו מסר לימודי אינה מעידה על היעדר למידה. ככלל, הפעילות המשחקית תופסת מקום חשוב בהתפתחותו הקוגניטיבית של הילד, והמשחק הקונסטרוקטיביסטי (הבנייתי) בפרט, איננו רק משחק במובן המצומצם של המילה, אלא יש בו ביטוי מובהק של פעילות שכלית ספונטנית של הילד (Piaget, 1954). דוגמה למשחק קונסטרוקטיביסטי הוא משחק פאזל המבוסס על **טנגרם**, משחק סיני עתיק שבו נדרש המשחק להרכיב צורות שונות משבעה חלקים (ריבוע, מקבילית וחמישה משולשים בגדלים שונים, ראו איור 1).

דרכים שונות להשתמש בטנגרם

פעילויות עם דגמים היא רכיב עיקרי בתוכנית הלימודים בגן הילדים. המשחק בטנגרם הוא סוג של פעילות עם דגמים, שבה הילד בונה מגוון פאזלים באמצעות חיבור צורות הנדסיות שונות. לצד ההנאה הרבה שמפיק הילד, מתחילה להיות חשיבות גם לתוצרים שהוא יוצר (פאזלים בצורות שונות, ראו איור 2). אפשר להשתמש בפאזל המבוסס על טנגרם בדרכים שונות, ובמהלך כל סוג של משחק הילד נחשף לחומרים מגוונים ולדגמים שונים. אפשר להתנסות במרחב ולהשתמש בחלקי טנגרם מוחשיים, למשל חלקי טנגרם

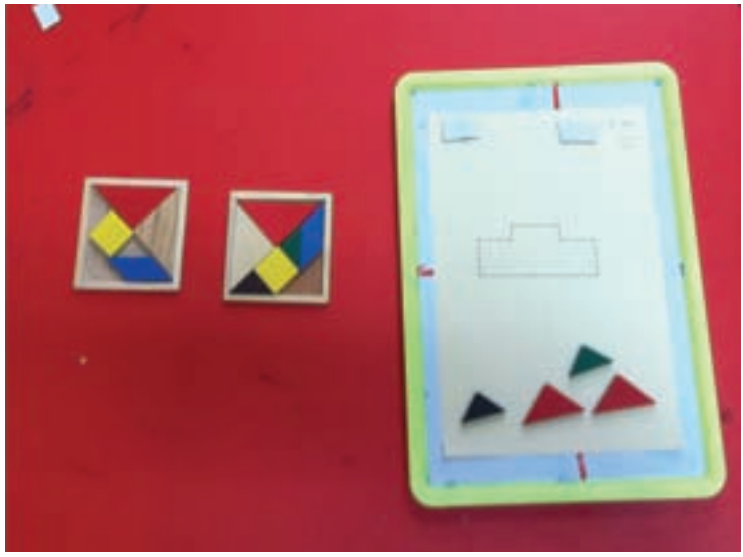
טבלה 1: תוכנית ההתערבות

סוג הפעולה	סוג הקבוצה	התערבות ממוחשבת N=8	ביקורת ממוחשבת N=4	התערבות מוחשית *N=7	ביקורת מוחשית N=4
ראיון מקדים	✓	✓	✓	✓	✓
משחק פאזל	✓	✓	✓	✓	✓
ראיון מסכם	✓	✓	✓	✓	✓

* אחד הילדים (בן שלוש) הוצא מהקבוצה עקב סירובו להמשיך להשתתף במחקר. לכן קבוצה זו קטנה יותר.



תמונה 2: משחק טנגרס מעץ



תמונה 1: חלקי טנגרס מעץ



תמונה 4: משחק טנגרס ממוחשב



תמונה 3: חלקי טנגרס גדולים נעוצים על לוח גדול

הזמן שהילדים שיחקו, החוקרת ירבה ליד כל ילד בנפרד, ליוותה וראינה אותו באמצעות ראיון חצי מובנה. סך הכל השתתפו הילדים בקבוצות ההתערבות בשלושה ראיונות חצי מובנים במהלך ההתערבות, פרט לראיון המקדים ולראיון המסכם. מבחינת המבנה והסידור של הסביבה הלימודית, חשוב שהיא תהיה מאתגרת מבחינה מתמטית ותזמן לילדים אפשרויות להתבונן, לבחון ולחקור תופעות מתמטיות שונות. הסביבה יכולה לזמן לילדים גירויים המעוררים את

מהלך המחקר

שאלות הראיון המקדים והראיון המסכם היו זהות בין הקבוצות מבחינת תוכן ומשך, והוצגו באמצעות תוכנת PowerPoint או באמצעות חומר מוחשי פיזי שנדבק ללוח מגנטי, בהתאם לסוג ההתערבות. בהתאם לתוצאות הראיון המקדים נערכה תוכנית התערבות אישית לכל אחד מהילדים בקבוצות ההתערבות. ההתערבות הופעלה באופן יחידני ובתיווכה של החוקרת ותועדה בווידיאו. תפקיד החוקרת היה הדרכתי או הנחייתי באופיו. החוקרת פעלה בהתאם לשלבים המתוארים בטבלה 2. במשך כל

הראיונות - סביבה ממוחשבת או מוחשית. כשיבוץ הילדים לקבוצות המחקר השונות נעשה ניסיון לאזן, במידת האפשר, את מאפייני הילדים (מין וגיל) בארבע הקבוצות.

כלי המחקר

המחקר כלל שני כלים:

- ראיון חצי מובנה
 - תצפית מתערבת המבוססת על משחק פאזל מחלקי הטנגרס
- הראיונות והתצפיות התבססו על המחשה פיזית או נחשוב (בהתאם לסוג כל קבוצה), לפי הפירוט בטבלה 2.

טבלה 2: שלבי ההתערבות

התערבות ממוחשבת	התערבות מוחשית	
השאלות הוצגו באמצעות תוכנת PowerPoint	השאלות הוצגו באמצעות חומר פיזי (למשל סול) שנדבק ללוח מגנטי	ראיון מקדים (15 דקות)
- בשלב הראשון, החוקרת הרכיבה את אחד הפאזלים אל מול עיני הילד באמצעות משחק פאזל ממוחשב המבוסס על טנגרס (10 דקות). - לאחר מכן, הילד הרכיב בעצמו פאזלים ממוחשבים, בתיווך החוקרת.	- בשלב הראשון, החוקרת הרכיבה את אחד הפאזלים אל מול עיני הילד באמצעות משחק פאזל ממוחשב (10 דקות). - לאחר מכן, הילד הרכיב בעצמו פאזלים מוחשיים, בתיווך החוקרת.	ההתערבות: (3 מפגשים, 15 דקות כל אחד)
זהה לראיון המקדים	זהה לראיון המקדים	ראיון מסכם (15 דקות)

טבלה 3: הצורות במשימה ראשונה*

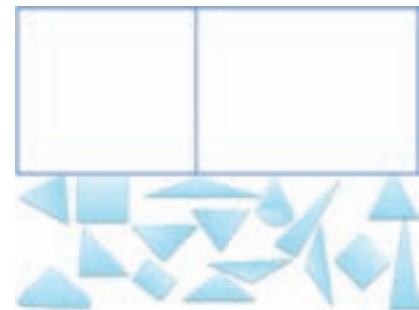
לא-משולשים	משולשים	ידידותיות

*הלוח מבוסס על טבלה 1 במאמר של תירוש וצמיר (2008)

אותם לפעילויות של חקר וגילוי (סברדלוב, 2008). לכן, ילדי הגן שהשתתפו במחקר חוו את המשחק במרכז אקדמי-קהילתי לקידום החינוך בגיל הרך במרכז הארץ, אשר כלל את הסביבה הלימודית הדרושה (אתר המרכז באינטרנט: <http://bidayat.qsm.ac.il/Default.aspx>).

הראיון המקדים

כל הילדים עברו ראיון מקדים במטרה לזהות את הרמה שבה נמצאו לפני ביצוע תוכנית ההתערבות. בתום התוכנית בוצע ראיון מסכם, זהו לראיון המקדים, במטרה להבחין בשינוי שחל בחשיבת הילדים. הראיון כלל שלוש משימות. במשימה הראשונה התבקשו הילדים למיין את הצורות: משולשים לצד ימין (דוגמאות) ושאר הצורות (לא-משולשים) לצד שמאל (אי-דוגמאות) (איור 3).



איור 3: המצב ההתחלתי במשימה הראשונה

במשימה השנייה התבקשו הילדים לרצף בית באמצעות החלקים העומדים לרשותם. לאחר שסיימו שאלה החוקרת: "האם תוכלו להשתמש בחלקים נוספים/אחרים למילוי הצורה?" (איור 4).



איור 4: המצב ההתחלתי במשימה השנייה

לבסוף, במשימה השלישית התבקשו הילדים למלא את הצורה (מקבילית) באמצעות החלקים העומדים לרשותם. לאחר שסיימו שאלה החוקרת: "האם לדעתך תוכלו להשתמש בחלקים נוספים/אחרים למילוי הצורה?" (איור 5).



איור 5: המצב ההתחלתי במשימה השלישית

ממצאי המחקר: השינוי בחשיבה הגיאומטרית של הילדים

קבוצת ההתערבות הממוחשבת

על מנת להמחיש את השינוי שחל בחשיבה הגיאומטרית של הילדים שהשתתפו בקבוצת ההתערבות הממוחשבת, נציג חלק מהתהליך שעברה הילדה רזאן (שם בדוי), בת ארבע שנים.

במהלך הראיון המקדים רזאן לא זיהתה בצורה ברורה את המשולש, ולא הצליחה לזהות את תכונותיו בצורה השלמה. כלומר, על פי תיאוריית ואן הילה רזאן נמצאת בשלב הראשון של החשיבה הגיאומטרית, למרות שהיא יודעת שלמשולש יש צלעות. במשימה הראשונה טעתה רזאן בתשובתה לגבי שלוש הצורות המוצגות להלן: משולש ידידותי, משולש לא ידידותי ולא-משולש לא-ידידותי.



הצורות למשימה זו נבחרו על פי שני מדדים (בעקבות תירוש וצמיר, 2008):

- **מדד ה'משולשים':** משולשים לעומת לא-משולשים. ההבחנה בין משולשים ללא-משולשים היא חד-משמעית ומבוססת על ההגדרה המתמטית של משולש. קבוצת הלא-משולשים כללה צורות גיאומטריות שאינן משולשים וגם צורות הדומות למשולש שאינן עונות להגדרה המתמטית של משולש.

- **מדד ה'ידידותיות':** צורות ידידותיות לעומת צורות לא ידידותיות. ההבחנה בין צורות ידידותיות ללא ידידותיות היא פסיכו-דידקטית ומבוססת על הקלות שבה ילדים נוטים לזהות את הצורה. צורות ידידותיות הן צורות שמרבית הילדים מזהים נכון ממבט ראשון. צורות לא ידידותיות הן צורות שמרבית הילדים נוטים לטעות בזיהוין מכיוון שהן פחות שכיחות, למשל משולשים במנחים שונים במרחב, משולשים השונים בתכונותיהם ממשולש שווה שוקיים או שווה צלעות (המוכרים לילדים), או צורה שאיננה עונה כלל על ההגדרה המתמטית של משולש, כגון צורה דמוית משולש שלפחות אחת מזוויותיו עגולה (טבלה 3).

החוקרת מסבירה לרזאן את תכונות המשולש בזמן שהיא משחקת:

ח	מסבירה לילדה את דרך המשחק.
ר	מתחילה לשחק ולהרכיב את הפאזל הראשון ברמה הראשונה. הפאזל מורכב מארבעה משולשים, המוצבים זה מעל זה, כשכל אחד מהם הפוך בכיוונו.
ח	 איור 6: תצוגת המחשב בפאזל מס' 1, רמה ראשונה
ח	"אם את מעוניינת להרכיב את הצורה בפאזל, לחצי על עכבר ואז היא תהיה קבועה."
ר	מנסה ומנסה עד שמצליחה להרכיב שני משולשים בפאזל, ואז עוברת למשולש השלישי:
ח	 "איך קוראים לצורה הזאת?"
ר	"משולש."
ח	"למה קוראים למשולש בשם הזה?"
ר	ממשיכה לשחק ולא עונה.
ח	"אנחנו קוראים למשולש בשם הזה בגלל שיש לו שלושה קודקודים. החוקרת מצביעה ביד על קודקודי המשולש שנשאר בצד ימין ואומרת: "זה קודקוד ראשון, זה קודקוד שני, זה קודקוד שלישי", וממשיכה: "לכן, נסי להעביר את המשולש הזה למקומו בפאזל, כך שהקודקודים של המשולש יהיו מעל לקודקודים בפאזל."
ר	הרכיבה את המשולש לפי הקודקודים, ופתאום שומעת קול מחיאות כפיים מהמחשב.

רזאן מגלה את תכונות הריבוע בהסתמך על תכונות המשולש:

ח	"כמה יש קודקודים לריבוע שלפניך, שבצבע צהוב?"
ר	"אחד, שניים, שלושה וארבעה."
ח	"אז כמה בסך הכל קודקודים יש לריבוע?"
ר	"ארבעה קודקודים."

רזאן מגלה את כל סוגי הקודקודים בכל צורה, מה שמסייע לה להרכיב את הפאזלים:

ח	"כמה קודקודים יש בפאזל שאת רואה?"
ר	 איור 7: תצוגת המחשב בפאזל מס' 5, רמה ראשונה
ר	"אחד, שניים, שלושה, ארבעה, חמישה ושישה" (זיהתה את כל הקודקודים בפאזל).
ח	"מצוין. התחילי בבקשה בהרכבת הפאזל."
ר	פתרה את הפאזל בצורה נכונה.

למרות שהפאזל הוא הצורה הבהירה (ראו איור 7), רזאן זיהתה נכון גם את הקודקוד בחלק הקעור, זיהוי שכלל אינו טריוויאלי.

שתי השיחות שלהלן לקוחות מהמשימה הראשונה בראיון המקדים, שבה היה על רזאן להניח את המשולשים בצד ימין ואת שאר הצורות בצד שמאל, ומדגימות את הקושי שלה.



(החוקרת=ח, רזאן=ר)

רזאן ממיינת את הדוגמאות והאי-דוגמאות במשימה ראשונה.

ר	מעבירה את הצורות לצד ימין ואומרת לגבי כל אחת מהן: "זה משולש".
ח	איך את מזהה את המשולשים?"
ר	"אני מציירת אותם."
ח	"אבל פה לא ציירת את המשולשים, אז איך ידעת?"
ר	"בגלל שיש למשולשים קווים."

רזאן הסבירה לחוקרת שהיא מזהה את המשולשים בגלל שהיא מציירת את הקווים של המשולשים בדמיון, ולכן היא בטוחה בתשובתה, למרות ששיטה זו לא עוזרת לה במיון כל הצורות. לכן, רזאן נמצאת ברמת ואן הילה הראשונה (גלובלית-חזותית).

בהמשך העבודה על משימה זו, רזאן הגיעה לאי-משולש לא ידידותי:

ר	מעבירה את צורה לצד ימין
ח	"איך קוראים לזה?"
ר	"משולש."

רזאן לא הצליחה למיין את כל הצורות בצורה נכונה, ואף לא הצליחה לתת הסבר מדויק לגבי הדרך שבה מיינה את הצורות, משולשים או לא-משולשים. אחרי הראיון המקדים עברה רזאן שלושה מפגשים עם החוקרת, שכללו תרגול משחק פאזל המבוסס על טנגרם בסביבה ממוחשבת בתיווך החוקרת. במהלך התרגול, רזאן התבקשה להרכיב פאזלים (המופיעים בצבע לבן בצד שמאל של המסך) באמצעות צורות צבעוניות (המופיעות בצד ימין של המסך). הפאזלים נחלקו ל-4 רמות קושי: קל, בינוני, קשה וקשה מאוד. המעבר מרמת קושי לרמה הבאה אחריה התרחש לאחר סיום השלב הקודם בהצלחה. המפגשים נערכו במשך שלושה ימים רצופים, אורך כל מפגש היה רבע שעה. להלן דוגמאות מתהליך ההתערבות הממוחשבת.

אחרי שלושת מפגשי התרגול בסביבה ממוחשבת בתינוך החוקרת, רזאן סיימה את הרמה הראשונה במשחק בהצלחה ועברה לרמה השנייה. היא זיהתה את המשולש ואת תכונותיו בצורה ברורה בשלוש המשימות שהוצבו בפניה. לאחר מכן, בראיון המסכם, התברר לחוקרת שחל שינוי בידיעותיה של רזאן בהשוואה לתוצאות הראיון המקדים.

רזאן זיהתה את המשולש ואת תכונותיו בצורה ברורה וזיהתה גם את הצורות שהן לא-משולשים, כפי שאפשר לראות בדוגמאות שלהלן.

מעבירה את צורה לצד שמאל.	ר
"למה העברת את הצורה הזאת לצד שמאל?"	ח
"בגלל שהוא לא משולש."	ר
"למה הוא לא משולש?"	ח
"בגלל שיש בו טעות."	ר
"מה הטעות שיש במשולש הזה?"	ח
"בגלל שיש בו כמו עיגול."	ר
"יפה. אז חסרה עוד צלע מיושרת כדי שיהיה משולש."	ח
מעבירה את צורה לצד שמאל.	ר
"איך קוראים לצורה זו?"	ח
"הר."	ר
"למה הוא לא נחשב משולש? האם יש לו קודקודים?"	ר
"לא. אין לו. וגם אין לו צלעות כמו למשולשים האחרים."	ח

אם כן, לאחר ההתערבות רזאן עברה לרמת ואן הילה השנייה, הרמה התיאורית לעומת זאת, מתוך הראיונות המסכמים שנערכו לילדים בקבוצת הביקורת הממוחשבת עלה שביצועיהם במשימה הראשונה לא השתפרו בהשוואה לביצועיהם בראיונות המקדימים. כלומר, הם נשארו באותה רמה של חשיבה גיאומטרית שבה היו בעת הראיון המקדים. מכאן אפשר להסיק שההתערבות הממוחשבת גרמה לשיפור בביצועיהם של הילדים במשימה הראשונה של מיון דוגמאות ואי-דוגמאות.



החוקרת חושפת בפני רזאן את התכונה השנייה של המשולשים, ואחר כך רזאן מגלה תכונה נוספת של הריבוע:

החוקרת שואלת בזמן המשחק: "האם את יודעת מה זאת אומרת 'צלע'?"	ח
"כן, הוא קו."	ר
"מצוין. אז כמה קווים יש למשולש? או כמה צלעות יש למשולש?"	ח
"שלוש."	ר
"נכון. החוקרת מצביעה על מקום אחד הריבועים המיושרים, ושואלת: "כמה קווים יש לריבוע? או כמה צלעות יש לריבוע?"	ח
 איור 8: תצוגת המשחק בפאזל מס' 9, רמה ראשונה	ח
"אחת, שתיים, שלוש וארבע."	ר
"ארבע צלעות, נכון. יש לריבוע ארבע צלעות. החוקרת מצביעה על מקום אחד הריבועים המסובכים ושואלת: "איך קוראים לצורה הזו?"	ח
לא עונה	ר
"אם תתבונני טוב, את תראי ריבוע אבל הוא מסובך."	ח
מתחילה בהרכבת אחד הריבועים המסובכים, באמצעות שני משולשים.	ר
"האם את רואה עכשיו את הריבוע המסובך?"	ח
"כן, זה ריבוע בצבע סגול."	ר
"יפה, באמצעות אילו צורות כיסית את הריבוע המסובך הזה?"	ח
"משולשים."	ר
"כמה משולשים?"	ח
"שניים. רזאן ממשיכה בכיסוי הפאזל בצורה נכונה."	ר

החוקרת שואלת את רזאן תוך כדי המשחק לגבי תכונות המשולש והריבוע:

"מה יש למשולש?"	ח
"צלעות."	ר
"ומה יש עוד למשולש?"	ח
"שלושה קודקודים."	ר
"ומה לגבי הריבוע, כמה יש קודקודים לריבוע?"	ח
"ארבעה."	ר
"וכמה צלעות יש לו?"	ח
"ארבע."	ר

קבוצת ההתערבות המוחשית

על מנת להמחיש את השינוי שחל בחשיבה הגיאומטרית של הילדים שהשתתפו בקבוצת ההתערבות המוחשית בהשוואה לקבוצת ההתערבות הממוחשבת, נציג חלק מהתהליך שעברה הילדה סאמיה (שם בדוי), בת ארבע שנים.

במהלך הראיון המקדים זיהתה סאמיה את צורות המשולשים, אבל לא הצליחה להסביר במדויק למה הם משולשים, ולא הצליחה לזהות נכון את תכונות המשולש.

במשימה הראשונה הבחינה סאמיה בין דוגמאות לאי-דוגמאות של משולשים (חוץ מצורה אחת $\triangle$ שהיא לא-משולש אי-ידידותי) והצליחה למיין 15 מתוך 16 צורות. להלן שתי דוגמאות הלכחות מהמשימה הראשונה בראיון המקדים.

(חוקרת=ס סאמיה=ס)

סאמיה ממיינת את הדוגמאות והאי-דוגמאות במשימה ראשונה:

מתחילה בהעברת הצורות לצד ימין (דוגמאות לא ידידותיות). אחר כך מעבירה את הצורות (דוגמאות ידידותיות) גם הן לצד ימין. "למה כל הצורות האלה הם משולשים?" "בגלל שכולם דומים למשולש."	ס ח ס
---	----------------------------

על פי הנימוק של סאמיה נראה שהיא ממיינת את הצורות לקטגוריית הדוגמאות מאחר שהיא תופסת אותן כאופן גלובלי, כשלמות. היא מבצעת זיהוי ושיום שלהן, אבל עדיין ללא הבנת תכונות הצורה. כלומר, סאמיה נמצאת ברמת ואן הילה הראשונה (גלובלית-חזותית).

בהמשך כשנתורו לסאמיה רק אי-דוגמאות ידידותיות ולא ידידותיות, היא מיינה אותן ואז התקיימה השיחה הבאה:

"האם יש עוד משולשים לפניך?" "לא", ומעבירה את כל הצורות לצד שמאל (אי-דוגמאות ידידותיות ולא ידידותיות). "למה העברת את כל הצורות לצד שמאל?" "בגלל שהן לא דומות למשולש."	ח ס ח ס
--	-------------------------------------

במהלך כל הראיון המקדים לא הצליחה סאמיה לנמק מדוע הצורה שהיא מכנה 'משולש' היא אכן משולש.

בדומה לרואן, גם סאמיה השתתפה בשלושה מפגשי תרגול בתיווך החוקרת. מפגשי תרגול אלה התקיימו בסביבת למידה מוחשית, וסאמיה התבקשה להרכיב פאזלים במשחק המבוסס על טנגרם. כל מפגש נמשך רבע שעה, ושלושת המפגשים נערכו בימים עוקבים. סאמיה הצליחה להרכיב את כל הפאזלים ברמה הראשונה (רמה קלה שכללה 51 פאזלים), והרכיבה שני פאזלים מהרמה השנייה (רמה בינונית). בנוסף, סאמיה הצליחה לזהות את תכונות המשולש, הריבוע והמלבן, כפי שעולה מדוגמאות השיחה איתה המוצגות להלן.

החוקרת מסבירה לסאמיה בזמן משחק את תכונות המשולש:

"קוראים למשולש בשם זה בגלל שיש לו שלושה קודקודים". מצביעה ביד על הקודקודים: "זה קודקוד, זה קודקוד, זה קודקוד. הצביעי ביד בבקשה על הקודקודים". "זה זה זה" - מצביעה על הקודקודים ביד. "לכן אנחנו קוראים למשולש בשם זה, בגלל שלושת הקודקודים שיש לו". החוקרת עוברת לפאזל הבא: איור 9: תצוגה מוחשית בפאזל מס' 2, רמה ראשונה מניחה את שני המשולשים במקומם, אבל לא מדייקת בהנחת קודקודי המשולשים. "את יכולה להזיז עוד קצת את המשולש, עד שהקודקודים יהיו מתאימים למקום בדיוק, הסתכלי על הקודקודים". מזיזה את המשולש עד שהקודקודים מתאימים בדיוק לפאזל, ומסיימת את הרכבת הפאזל בצורה נכונה.	ח ס ח ס
---	-------------------------------------

בהמשך, סאמיה מזהה את תכונות הריבוע ותכונות המשולש בהתייחס לזוויות, כאשר החוקרת מבקשת ממנה לספור ולסמן את קודקודי צורות אלו.

כשהגיעה סאמיה לפאזל הבא התקיימה השיחה הבאה:

"האם את יכולה לנסות לכסות אחד הריבועים באמצעות משולשים?" הילדה מרכיבה ריבוע באמצעות שני משולשים, וגם מרכיבה את הריבוע השני באמצעות שני המשולשים שנשארו. "אז אפשר להרכיב משני משולשים ריבוע?" "כן". "אנחנו יכולים ליצור ריבוע דרך..." "...שני משולשים." איור 10: תצוגה מוחשית בפאזל מס' 9, רמה ראשונה	ח ס ח ס
--	-------------------------------------

אחרי שלושה מפגשי תרגול בסביבה מוחשית בתיווך החוקרת, בוצע ראיון מסכם. מתוך תוצאות הראיון עלה שסאמיה עברה לרמת ואן הילה השנייה, הרמה התיאורטית. למשל, היא ידעה לציין שלמשולש יש שלושה קודקודים ושלוש צלעות.

לעומת זאת, מתוך הראיונות המסכמים שנערכו לילדים בקבוצת הביקורת המוחשית עלה שביצועיהם במשימה הראשונה לא השתפרו בהשוואה לביצועיהם בראיונות המקדימים. כלומר, הם נשארו באותה רמה של חשיבה גיאומטרית שבה היו בעת הראיון המקדים.

סיכום

מן הדוגמאות שהובאו לעיל, ובהסתמך על ראיונות שאר ילדי קבוצות ההתערבות, עולה כי תרגול משחק פאזל המבוסס על טנגרם פיתח במידה ניכרת את החשיבה הגיאומטרית של ילדי הגן, הן בקבוצת ההתערבות בסביבה מוחשית והן בקבוצת ההתערבות בסביבה ממוחשבת. במהלך הראיונות המקדימים התלכטו הילדים לגבי מיון הצורות למשולשים וללא-משולשים, הן לגבי צורות ידידותיות והן לגבי צורות לא ידידותיות. אפשר למיין את רמת החשיבה שבה נמצאו הילדים בארבע הקבוצות לפי השלבים שהציע ואן הילה (1999), ולראות כי הילדים נמצאו ברמת החשיבה החזותית, הרמה הראשונה

רשימת ספרות

- תוכנית לחינוך חזותי מגבירה את היכולת הלימודית של ילדים. מתוך אל מאת המכון, מכון ויצמן למדע, גיליון 36, עמוד 2, מרץ 1991.
- ואן הילה, פ' (1999). פיתוח חשיבה גיאומטרית על ידי פעילויות המתחילות במשחק. תרגום: מ' סוקניק, [http://mathcenter-k6.haifa.ac.il/articles\(pdf\)/article4.pdf](http://mathcenter-k6.haifa.ac.il/articles(pdf)/article4.pdf) במקור:
- Van Hiele, P. (1999). Developing geometric thinking through activities that begin with play. *Teaching children mathematics*, 5/6, 310-316.
- מברך, ז' (2008). חינוך מתמטי בגיל הרך: המלצות להתחלות טובות. מרכז דע-גן, אוניברסיטת בר-אילן.
- משרד החינוך (תשס"ט). תכנית הלימודים במתמטיקה לגן הילדים בחינוך הממלכתי והממלכתי דתי. האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים של משרד החינוך, ירושלים.
- ניר-גל, ע' (2001). שילוב מחשב ותיווך בסביבה הלימודית לגיל הרך. מכללה אקדמית אחוה.
- ניר-גל, ע' וקליין, פ' (1999). השימוש במחשב בגיל הרך בתיווך מבוגר או בלעדיו - לקידום פעילותם הקוגניטיבית של הילדים. דפים, (29), 100-76.
- סברדלוב, א' (2008). תוכנית לימודים במתמטיקה לחינוך הקדם-יסודי. האגף לפיתוח ותכנון לימודים.
- קליין, פ' (2008). איכות התהליך החינוכי: אינטראקציה בין ילדים למבוגרים. בתוך פ' ש' קליין וי' יבלון (עורכים). מחקר לעשייה בחינוך לגיל הרך (עמודים 91-113). ירושלים: האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים.
- רזאל, מ' ואלון, ב' (1991). החכם עיניו בראשו: העברה קוגניטיבית בתוכנית אגם לחינוך חזותי. מגמות, כרך 2, 205-231.
- תירוש, ד' וצמיר, פ' (2008). משולשים ולא-משולשים בגן הילדים - דוגמאות ידידותיות ודוגמאות שאינן ידידותיות של משולשים ושל 'לא-משולשים'. מספר חזק 2000, 15, 38-43.
- Baroody, A. J. (2000). Does mathematics instruction for three-to-five-years old really make sense? *Young Children*, 55(4), 61-67.
- Clements, D. (1999). *Young children and technology*. Washington, DC: American Association of the Advancement of Science.
- Clements, D. H. and Sarama J. (2007). Effects of a preschool mathematics curriculum: Summative Research on the building blocks project. *Journal for research in mathematics education*, 38(2): 136-164.
- Kebritchi, M. (2008). Examining the pedagogical foundations of modern educational computer games. *Computers and education*, 51(4), 1729-1743.
- Masters, J. and Yelland, N. (1996). *Geometry in context: Implementing a discovery-based technology curriculum with young children*. Australian Computers Education Conference. [online]. Available at: www.spirit.com.au/Directory/ACEC96/papers/File:index.htm.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Piaget, J. (1951). *Play, dreams, and imitation in childhood*. New York: International Universities Press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

גלובלית-חזותית), שבה הם שופטים משולש על פי המראה שלו. כאשר הילדים אומרים: "הצורה הזאת כמו", אני יודעת שזה משולש כי אני מציירת אותו", הם למעשה מזהים משוים ופועלים ביחס לצורות על פי הופעתן ועל פי המראה שלהן. הילדים תופסים את הצורות באופן גלובלי, כשלמויות, עדיין ללא הבנת תכונות הצורה, ומסוגלים לבצע זיהוי ושיום של הצורה. לאחר ששיחקו במשך שלושה מפגשים במשחק פאזל המבוסס על טנגרם ממוחשב או מוחשי בתיווך החוקר, הראו הילדים בראיון מסכם שהם עברו לרמה השנייה של ואן הילה (1999), הרמה התיאורית. הצורה איננה נשפוט עוד משום ש"היא נראית כמו", אלא משום שיש לה תכונות מסוימות. לדוגמה, זה 'משולש' כי יש לו תכונות כמו שלוש צלעות ושלוש זוויות. בשלב זה, השפה חשובה לתיאור הצורות, והצורה מתקשרת אצל הילדים למכלול תכונותיה.

החשיפה לדוגמאות לא ידידותיות במהלך התרגול תרמה להבנת הילדים שצורות שונות יכולות להופיע בצורה מרחבית שונה. חשיפה זו תואמת את תוכנית הלימודים במתמטיקה לחינוך הקדם-יסודי, שבה מושם דגש על חשיפת הילדים לצורות פחות שכיחות ופחות סימטריות, ולא רק לצורות משוכללות, על מנת שלא ליצור קיבעון תפיסתי שעל צורה גיאומטרית להופיע רק בזווית מסוימת במרחב.

מתוצאות המחקר הנוכחי עולה שבאמצעות פעילויות מתאימות (משחק טנגרם ממוחשב או מוחשי), בתיווך של מבוגר, מצליחים ילדי הגן לעבור מרמת חשיבה גיאומטרית נמוכה לגבוהה יותר. נראה שתמיכה סביבתית ותוכנית התערבות מתאימה, תוך הקפדה על שימוש בשפה גיאומטרית ועידוד שיח מתמטי תוך כדי משחק, יכולים לסייע לילדים בגיל הגן להבנות את הידע הגיאומטרי שלהם.

חשוב לציין שביצועיהם של ילדי קבוצות הביקורת במשימה הראשונה בראיון המסכם לא השתפרו בהשוואה לביצועיהם בעת הראיון המקדים. כלומר, הם נשארו באותה רמת חשיבה גיאומטרית - הרמה החזותית - שבה נמצאו בעת הראיון המקדים.

לסיכום, על פי תוצאות המחקר נראה שגם באמצעות פעילות של 45 דקות בסביבה ממוחשבת או בסביבה מוחשית, אפשר לבצע שינוי משמעותי בחשיבה הגיאומטרית של ילדים צעירים. במשחקים דוגמת פאזל המבוסס על טנגרם טמון פוטנציאל רב לפיתוח הדמיון באופן אוטונומי ולמשחק עם אחרים. יחד עם זאת, על מנת להשיג את ההתקדמות המיטבית יש לשחק בתיווך של מבוגר, אשר מסייע לילד להבין טוב יותר את הנדרש ממנו, את המשמעות של הפעולות שאותן הוא מבצע ואת הנושא של צורות גיאומטריות שעומד מאחוריהן. היתרון במשחק דוגמת טנגרם הוא שהתרגול נעשה תוך כדי משחק חווייתי וחיוכי, שבמהלכו הילדים מתעניינים ונהנים.

המאמר נכתב בהנחייתה ושיתופה של
ד"ר מיכל טבח, החוג לחינוך מתמטי,
מדעי וטכנולוגי, בית הספר לחינוך,
אוניברסיטת תל אביב.

הודא שאבי, סטודנטית בחוג לחינוך
מתמטי, מדעי וטכנולוגי, בית הספר
לחינוך, אוניברסיטת תל אביב. דוא"ל:
huda@qsm.ac.il