

## טכנולוגיה רובוטית ככלי לשיפור מיומנויות מתמטיות ותפקודי לומד בקרב תלמידים עם אוטיזם

אורלי הבל  
מכללת לוינסקי  
[orlyhebel@gmail.com](mailto:orlyhebel@gmail.com)

ענת בודניוק בוץ  
מכללת לוינסקי  
[anatbutz@gmail.com](mailto:anatbutz@gmail.com)

### Robotic Technology as a Tool for Improving Mathematical Skills and Learner Functions among Students with Autism

Anat Bodinuk Butz  
Levinsky College  
[anatbutz@gmail.com](mailto:anatbutz@gmail.com)

Orly Hebel  
Levinsky College  
[orlyhebel@gmail.com](mailto:orlyhebel@gmail.com)

#### Abstract

One of the main challenges of students with complex disabilities, including autism, is acquiring mathematical knowledge and 25% of them experience math learning difficulties (Chiang & Lin, 2007). Recent studies have demonstrated the use of technology, to empower people with special needs to be more independent and improve their equity and full participation in life. In this pioneer study, an innovative intervention program combined robotic technology to improve autistic students' functioning in applied mathematics. Twenty-four students at the special education program at Levinsky College of Education and 22 adolescent subjects diagnosed with autism (mean=16) attending a special education school in the center of the country participated in the study. Each intervention program included seven individual sessions in which subjects experienced the use of integrated robotic technology with tailored mathematics instruction. Mixed methodology has been used in this study. The quantitative part shed light on subjects' attainment at the mathematical level and the qualitative part provided information about the students' perspectives on improving autistic learners' academic, communication and social functions and about the use of technology in the teaching context. The results of the study indicated a positive effect for the experimental group who learned to use robotic technology compared to the control group who studied using common teaching methods (such as using workbooks). Qualitative findings suggested a change in the level of self-ability, spatial language, motivation, recruitment of attention resources and interpersonal communication of autistic learners. In addition, the findings suggested higher self-efficacy of special education students to use robotics, digital literacy and creativity in their teaching practice.

Keywords: Robotic Technology, Autism, Tailored Teaching, Mathematics.

#### תקציר

אחד האתגרים המרכזיים של תלמידים עם לקויות מורכבות, לרבות אוטיזם, הוא הקושי לרכוש ידע מתמטי ו-25% מהם מגלים לקות למידה במתמטיקה (Chiang & Lin, 2007). בשנים האחרונות אנו עדים לשימוש נרחב ומשמעותי בהטמעת טכנולוגיה ניידת לשם הסתגלות, עצמאות והעצמה, כמו גם למידה, של אנשים עם צרכים מיוחדים במעגלי החיים. במחקר חלוץ זה, נבחן יישומה של תכנית התערבות חדשנית המשלבת טכנולוגיה רובוטית, לשם שיפור

תפקודם של תלמידים על הרצף האוטיסטי בתחום המתמטיקה השימושית. המחקר התבצע במסגרת ההתנסות של סטודנטים לחינוך מיוחד ממכללת לוינסקי בשנת לימודיהם האחרונה. במחקר השתתפו 24 סטודנטים מהתכנית לחינוך מיוחד ו-22 נבדקים מתבגרים (ממוצע גיל 16) המאובחנים עם אוטיזם, הלומדים בבית ספר לחינוך מיוחד במרכז הארץ. תוכנית ההתערבות עבור כל נבדק כללה 7 מפגשים פרטניים במסגרתם התנסו הנבדקים בשימוש בטכנולוגיה רובוטית משולבת בהוראה מותאמת במתמטיקה.

במחקר זה נעשה שימוש במתודולוגיה מעורבת, אשר החלק הכמותי בה שפך אור על השיגי הלומדים ברמה המתמטית והחלק האיכותי הוסיף מידע על נקודת מבטו של הסטודנט ותפישותיו ביחס לשיפור תפקודי התלמידים ובתפישתו להוראה מכילה המשלבת טכנולוגיה. תוצאות המחקר מעידות על אפקט גדול יותר ומשמעותי לקבוצת הניסוי שלמדה באמצעות טכנולוגיה רובוטית בהשוואה לקבוצת הביקורת שלמדה באמצעים שכיחים (כגון: שימוש בכסף ובחבורות עבודה). ממצאים איכותניים מעידים על שינוי ברמת המסוגלות העצמית, שפה מרחבית, מוטיבציה, גיוס משאבי קשב ותקשורת בין אישית של הלומדים. בנוסף לכך, הממצאים מעידים על תפיסת מסוגלות לשימוש ברובוט, אוריינות דיגיטלית ויצירתיות בקרב הסטודנטים.

**מילות מפתח:** טכנולוגיה רובוטית, אוטיזם, הוראה מותאמת, מתמטיקה.

## מבוא

המושג "טכנולוגיה חינוכית רובוטית" מתייחס לכלי טכנולוגי, המשמש לקידום יכולות ומיומנויות חברתיות, רגשיות, קוגניטיביות ומוטוריות, בעזרת רובוט. אחד היתרונות בשימוש בטכנולוגיה רובוטית הוא קידום במקביל של מיומנויות שונות הודות לממשק הפיזי והמולטימדי הייחודיים לטכנולוגיה רובוטית. אלו משמשים בעילות לקידום מושגים מופשטים הודות לממשק ההפעלה והתגובה המיידים והמוחשיים: התלמיד צופה בהתנהגות הרובוט כתוצאה מההוראות שסיפק לו (Bers, 2008).

בשנים האחרונות נערכו מספר סקירות ספרות העוסקות בשימוש של טכנולוגיה רובוטית בהקשר חינוכי (Mubin, Stevens, Shahid, Mahmud & Dong, 2013; Toh, Causo, Tzuo Chen & Yeo, 2016; Hsin et al., 2014). ממחקרים אלו עולה כי קיימת תרומה משמעותית בתחום ההתפתחות הקוגניטיבית הכוללת את תחומי השפה, האוריינות, המתמטיקה, המדעים, אוריינות דיגיטלית, פתרון בעיות, זיכרון עבודה, ויסות עצמי ויצירתיות בקרב ילדים צעירים. בהתייחס לשימוש ברובוט, קיימים מחקרים המעידים על שיפור משמעותי מבחינה חברתית, תקשורתית וקוגניטיבית. יחד עם זאת, בניטי (Benitti, 2012) טוען שתוצאות המחקרים הקיימים אינם חד-משמעיים לגבי תרומת השימוש ברובוטים להישגיי התלמידים במסגרות החינוך הפורמאליות.

מחקרים בודדים בארץ עסקו בפיתוח שפה, מיומנויות תקשורתיות והתפיסה המרחבית בקרב ילדים (בעיקר ילדי גן) בהתפתחות תקינה באמצעות טכנולוגיה רובוטית. ביכמן (2017) בחנה שיפור בקרב ילדי גן בעקבות תוכנית התערבות טכנולוגית שהתמקדה בשפה ותפיסה מרחבית בשילוב תכנת רובוט דבורה. ממצאי המחקר העידו על שיפור בתפיסה מרחבית ובשפה המרחבית בהיבט של הפקה, הבנה וחיקוי. נראה כי השימוש בטכנולוגיה רובוטית לקידום יכולות מרחביות הוא בעל פוטנציאל גדול היות ואחד המאפיינים של הרובוט היא היכולת התנועתית במרחב. קרן ופרידין (Keren & Fridin, 2014) ערכו מחקר חלוץ לקידום למידה, חשיבה גיאומטרית ומטה קוגניציה בעזרת שימוש ברובוט. במחקר השתתפו 17 ילדים בגיל ממוצע 4 ותועדה בודאו אינטראקציה שלהם עם הרובוט. הממצאים הראו כי הילדים השתפרו הן בחשיבה גיאומטרית והן במטלות שדרשו מטה קוגניציה.

במחקרים בעולם (Conti, Nuovo, Buono & Nuovo, 2017), ניתן לראות מגמה ההולכת וגוברת בשילוב טכנולוגיה בקרב סוגים שונים של אוכלוסיות בחינוך המיוחד. מנקודת מבט התפתחותית, השימוש ברובוט מומלץ בהיותו מפתח חוויה סנסו מוטורית ויכולות קוגניטיביות שהינן חסרות במערך תפקודי, עבור תלמידים עם צרכים מיוחדים. המחקר על שימוש ברובוטים ואוכלוסיית ה-ASD הוא התחום הנחקר ביותר בשדה האקדמי בעולם (Cabibihan, Javed, Ang & Aljunied, 2013). קשיי התקשורת והבנת השפה בקרב אוכלוסיית התלמידים האוטיסטים, טומנים בחובם אתגרים רבים ברכישת ידע מתמטי. שיפור בתחום זה מתבסס על הוראה מותאמת, סיסטמטית, תוך התנסות חווייתית ומשמעותית ללומד לשם שילובו בעתיד כאדם לומד ועובד בקהילה. שילובם של הרובוטים מאפשר סביבה מותאמת אישית לשם פיתוח מיומנויות תקשורתיות שונות (Burton, 2013) בהתאמה חזותית, ובכך יכולת התגובה טובה יותר. תלמידים עם אוטיזם הגיבו באופן מדויק להנחיות שנאמרו מרובוט (Bekele et al., 2013) וכמו כן רמת ההקשבה ותגובה התרחשה לאחר זמן קצר והשתפרה משמעותית בכל ניסיון נוסף, כאשר התהליך שולב עם רובוט, בהשוואה לתהליך המבוסס על

תקשורת מילולית עם אדם (Bekele et al., 2013; Dautenhahn et al., 2002; Duquette et al., 2008; Kozima et al., 2005; Michaud & Theberge-Turmel, 2002; Robins et al., 2009). המחקר הנוכחי התמקד בבדיקת מיומנויות מתמטיות ותפקודי לומדים עם אוטיזם (קשב, מוטיבציה, מסוגלות עצמית ותקשורת בין אישית) בעקבות תוכנית התערבות שכללה שילוב טכנולוגיה חינוכית רובוטית.

## שיטה

### נבדקים

במחקר הנוכחי השתתפו 27 בוגרים על הרצף האוטיסטי, מתוכם 2 נערות (7.4%) ו-25 נערים (92.6%). גילאי המשתתפים נעו בין גיל 13 לבין גיל 21 ( $M = 16.60, SD = 2.23$ ). הנבדקים חולקו לשתי קבוצות מחקר. קבוצת הלומדים התאפיינה ברמת תקשורת, שיתוף פעולה וקשב שאיפשרו קיום תהליך של הוראה במהלך של 20 דקות לפחות. כל משתתפי המחקר גילו קשיים במתמטיקה שימושית של חיי היום יום. קבוצת הניסוי כללה 18 בוגרים על הרצף האוטיסטי (נערה אחת ו-17 נערים). קבוצת הביקורת כללה 9 בוגרים על הרצף האוטיסטי (נערה אחת ו-8 נערים). לא נמצאו הבדלים מובהקים סטטיסטית בין קבוצת הניסוי לבין קבוצת הביקורת בהתפלגות משתנה המגדר  $t(25) = 1.57, p = .603$ .  $\chi^2(1) = .27, p = .603$ . כלומר, אחוז הנערים והנערות אינו שונה בין קבוצת הניסוי לבין קבוצת הביקורת.

קבוצת המחקר השונות הושוּו בגיל הכרונולוגי ובהישגיהם במבחן ידע מתמטי טרם ההתערבות. על מנת לבחון כי אכן שתי קבוצות המחקר אינן שונות במובהק בגיל ובהישגים במבחן הידע המתמטי טרם ההתערבות, נערכו מבחני  $t$  לשני מדגמים בלתי תלויים (Two independent samples t-test). נמצא כי לא קיימים הבדלים מובהקים בין קבוצת הניסוי לקבוצת הביקורת בגיל ובהישגים במבחן הידע המתמטי טרם ההתערבות ( $t(25) = 1.10, p = .281$ , בהתאמה).

מבחן הידע המתמטי כלל ארבע מטלות: מוכנות בסיסית לחשבון, שליטה בעובדות חישוב בסיסיות, מבנה עשרוני בטווח כמותי משתנה וכן פתרון בעיות מתמטיות מופשטות מחיי היום יום (להרחבה ראה פרק הכלים). על מנת לבחון האם קיימים הבדלים בין קבוצת הניסוי לבין קבוצת הביקורת בהישגים בארבעת המטלות המרכיבות את מבחן הידע המתמטי, נערך מבחן ניתוח שונות מסוג MANOVA חד כיווני. המשתנה הבלתי תלוי הינו קבוצת המחקר והמשתנים התלויים הינם ההישגים של הבוגרים בארבעת מטלות הידע המתמטי. נמצא כי לא קיימים הבדלים בין קבוצת המחקר השונות טרם ההתערבות בהישגים בארבעת מטלות המחקר,  $F(4,22) = .51, p = .728, \eta_p^2 = .08$ . כלומר, הבוגרים משתי קבוצות המחקר מושווים הן במדד הכללי של ההישגים במבחן הידע המתמטי והן בהישגים בארבעת המטלות המרכיבות את מבחן זה. לוח 1 מציג את הממוצעים, סטיות התקן וערכי ניתוחי השונות של הגיל הכרונולוגי של הנבדקים, הישגיהם במבחן הידע המתמטי והישגיהם בארבעת המטלות המרכיבות אותו.

**לוח 1.** ממוצעים, סטיות התקן וערכי ניתוחי השונות של הגיל הכרונולוגי, ההישגים במבחן הידע המתמטי וההישגים בארבעת המטלות המרכיבות אותו

		ניסוי ( $n = 18$ )		ביקורת ( $n = 9$ )			
$\eta_p^2$	$p$	$F$	$SD$	$M$	$SD$	$M$	שם המשתנה
.09	.128	1.57	2.38	17.06	1.66	15.67	גיל כרונולוגי <sup>1</sup>
.05	.281	1.10	15.27	54.11	12.50	47.61	הישגים במבחן ידע מתמטי <sup>1</sup>
.02	.465	.55	23.15	82.22	19.44	75.56	מוכנות בסיסית לחשבון
.06	.203	1.71	21.04	69.72	19.32	58.78	שליטה בעובדות חישוב בסיסיות
.00	.888	.02	28.41	57.26	32.19	56.11	מבנה עשרוני בטווח כמותי משתנה
.04	.325	1.01	19.70	6.67	0.00	0.00	פתרון בעיות מתמטיות מופשטות

<sup>1</sup> מבחן  $t$  לשני מדגמים בלתי תלויים

## הליך המחקר

במסגרת המחקר השתתפו לומדים על הספקטרום האוטיסטי וסטודנטים. כל סטודנט לימד תלמיד מתמטיקה בשילוב רובוט. המחקר התחלק ל-4 שלבים:

בשלב הראשון, התקיים מפגש היכרות אישי של הסטודנטים עם הלומדים בשילוב אייפד אשר הווה פלטפורמה ליצירת תקשורת לשם היכרות אישית ובכך אפשר בניית קשר להמשך העבודה המשותפת.

בשלב השני, הסטודנטים השתמשו בתוכנה ובאפליקציה של "עשר אצבעות" על מנת לאפיין את רמתם המתמטית של הלומדים ואת תפקודי הלומד. בשלב השלישי, תופעלה תכנית ההתערבות בה הסטודנטים למדו להפעיל רובוט מסוג Spark מבית Sphero. האפשרויות השונות בהפעלת הרובוט איפשרו לסטודנטים מענה להוראת המתמטיקה ברמות תפקוד שונות של הלומדים החל מרמה ראשונית של מוכנות (מנייה, תפיסת כמות וכתבת ספרות), התמצאות במספרים, פעולות חשבון בשילוב מתמטיקה שימושית (איור 1) ועד לרמות של בניית קוד הבנוי על רצף של חשיבה מתמטית גבוהה (צורות, זוויות, מרחק, מהירות וזמן). לימוד השימוש ברובוט כלל התנסויות המאפשרות פיתוח עצמאי של פעילויות מגוונות ומשחקים יצירתיים אותם בנו הסטודנטים. בשלב הרביעי, הסטודנטים ערכו מבדק מסכם באפליקציה "עשר אצבעות" עבור התלמידים, על מנת לבחון התקדמות במישור המתמטי, השפה המרחבית ותפקודי הלומד.



איור 1. תצוגת שימוש ברובוט לפתרון תרגילים בעשרת שנייה

## תוצאות

טרם לבחינת השערות המחקר הנוכחי, עקב גודל מדגם מצומצם נערכו מבחני Shapiro-Wilk על מנת לבחון האם המשתנים התלויים של המחקר מתפלגים נורמלית בקרב כל אחת מקבוצות המחקר השונות הן לפני ההתערבות והן לאחר ההתערבות. נמצא כי משתני המחקר; ההישגים במבחן הידע המתמטי וההישגים בארבעת המטלות המרכיבות אותו בקרב שתי קבוצות המחקר לא התפלגו נורמלית. על כן, על מנת לבחון את שאלות והשערות המחקר נערך שימוש הן בנייתוחים פרמטריים המניחים על התפלגות נורמלית של המשתנים התלויים והן בנייתוחים א-פרמטריים אשר אינם מניחים על התפלגות נורמלית. נמצאה התאמה מלאה בין הממצאים של הניתוחים הפרמטריים ושל הניתוחים הא-פרמטריים. על כן, לצורך הנוחות, יוצגו ממצאי הניתוחים הפרמטריים.

על מנת לבחון את ההבדלים בין שתי קבוצות המחקר בהישגים במבחן הידע המתמטי ובכל אחד מהמטלות המרכיבות את מבחן זה, נערכו ניתוחי שונות דו כיוונים (2x2) מסוג ANOVA עם מדידות חוזרות (Two-way Mixed ANOVA). המשתנים הבלתי תלויים הינם קבוצות המחקר (בין נבדקי) וזמן המדידה (תוך נבדקי). המשתנים התלויים הינם ההישגים של הבוגרים על הרצף האוטיסטי במבחן הידע המתמטי ובארבעת המטלות המרכיבות את מבחן זה.

ראוי לציין כי טרם לבחינת השערות המחקר באמצעות ניתוחי השונות, נערכה בחינת הנחת ההומוסקדסטיות והנחת ה-Sphericity הבורחות את ההבדלים בין השונות של שלושת קבוצות המחקר ואת

ההומוגניות של השונות המשותפת. במקרים שבהם מופרות הנחות אלו, מדווחים ערכי ניתוחי השונות (F Values) ודרגות החופש מתוך ממצאי ניתוח Greenhouse-Geisser.

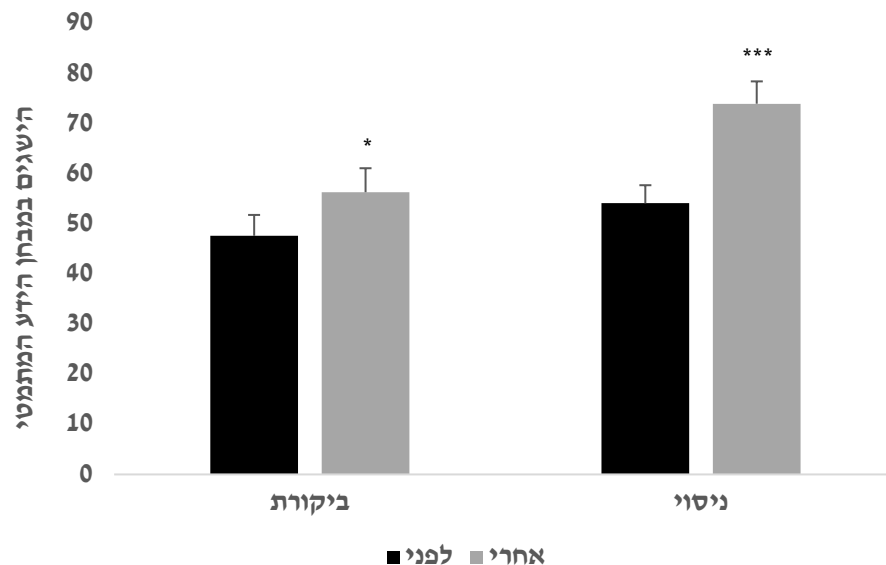
### 1. הבדלים בין קבוצות המחקר בהישגים במבחן הידע המתמטי

נמצא כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר  $F(1,25) = 3.63, p = .068, \eta_p^2 = .13$ . לעומת זאת, קיים אפקט עיקרי מובהק לזמן המדידה,  $F(1,25) = 67.82, p = .000, \eta_p^2 = .73$ , כאשר הישגי הבוגרים על הרצף האוטוסיטי גבוהים במובהק לאחר ההתערבות ( $M = 68.08, SD = 19.24$ ) בהשוואה לזמן המדידה שלפני ההתערבות ( $M = 51.94, SD = 14.50$ ). לבסוף, נמצאה אינטראקציה מובהקת סטטיסטית של קבוצות המחקר וזמן המדידה,  $F(1,25) = 10.37, p = .004, \eta_p^2 = .09$ . לוח 2 מציג את הממוצעים וסטיות התקן של ההישגים במבחן הידע המתמטי על פי קבוצות המחקר וזמן המדידה.

לוח 2. ממוצעים וסטיות התקן של ההישגים במבחן הידע המתמטי על פי קבוצות המחקר וזמן המדידה

אחרי ההתערבות		לפני ההתערבות		קבוצות המחקר
SD	M	SD	M	
14.37	56.31	12.50	47.61	ביקורת (n = 9)
18.94	73.97	15.27	54.11	ניסוי (n = 18)

בבחינת האפקטים הפשוטים (Simple effects) לבחינת ההבדלים בין שני זמני המדידה בקרב כל אחת מקבוצות המחקר בנפרד נמצא כי הן קבוצת הביקורת והן קבוצת הניסוי שיפרו את הישגיהם במבחן הידע המתמטי ( $t(8) = 3.02, p = .017$  וכך  $t(17) = 10.00, p = .000$ ). בהתאמה. אך, בבחינת גודל האפקט של כהן (Cohen's d) נמצא כי עוצמת השיפור בהישגים במבחן הידע המתמטי גבוהה יותר בקרב נבדקים מקבוצת הניסוי בהשוואה לנבדקים המשתייכים לקבוצת הביקורת ( $d = 1.15$  בהשוואה ל- $d = 0.65$ ). תרשים 1 מציג את הממוצעים ושיגאות התקן (SE) של ההישגים במבחן הידע המתמטי על פי קבוצות המחקר וזמן המדידה.



\* $p < .05$ , \*\*\* $p < .001$

תרשים 1. ממוצעים ושיגאות התקן (SE) של ההישגים במבחן הידע המתמטי על פי קבוצות המחקר וזמן המדידה

## 2. הבדלים בין קבוצות המחקר בכל אחת מארבעת המטלות המרכיבות את מבחן הידע המתמטי

בחלק הראשון של פרק זה נבחנו ההבדלים בין קבוצות המחקר השונות במדד הכללי של ההישגים במבחן הידע המתמטי כתלות בזמן המדידה. על מנת לבחון יותר לעומק, נערכו ניתוחי שונות נפרדים לבחינת ההבדלים בין קבוצות המחקר השונות בהישגים בכל אחת מארבעת המטלות של מבחן הידע המתמטי כתלות בזמן המדידה. לוח 3 מציג את הממוצעים, סטיות התקן וערכי ניתוחי השונות של ההישגים בארבעת מטלות הידע המתמטי.

לוח 3. ממוצעים, סטיות התקן וערכי ניתוחי השונות של ההישגים בארבעת מטלות הידע המתמטי ( $df = 1,25$ )

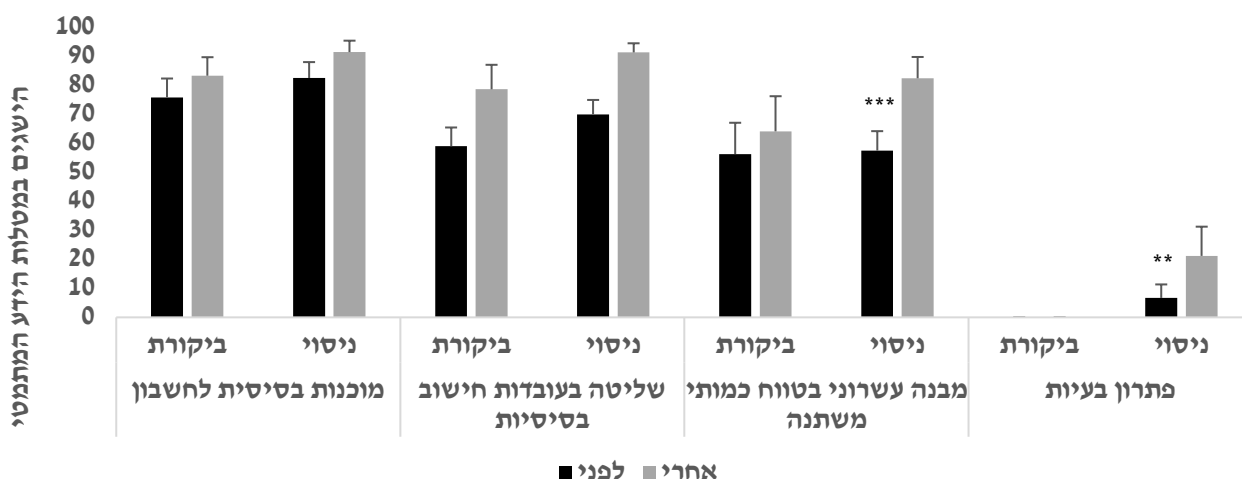
שם המשתנה	קבוצת מחקר	לפני ההתערבות		אחרי ההתערבות		זמן	קבוצת מחקר	אינטראקציה
		SD	M	SD	M			
מוכנות בסיסית לחשבון	ביקורת	19.44	75.56	19.07	83.00	7.73**		.06
	ניסוי	23.15	82.22	16.68	91.11			.95
שליטה בעובדות חישוב בסיסיות	ביקורת	19.32	58.78	25.25	78.33	27.72***		.05
	ניסוי	21.04	69.72	13.34	91.00			2.96
מבנה עשרוני בטווח כמותי משתנה	ביקורת	32.19	56.11	36.21	63.89	22.39***		5.93*
	ניסוי	28.41	57.26	31.12	82.11			.65
פתרון בעיות מתמטיות מופשטות	ביקורת	0.00	0.00	0.00	0.00	4.45*		4.45*
	ניסוי	19.70	6.67	37.66	21.11			4.10*

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

מהתבוננות בלוח 3 נמצא כי קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לזמן המדידה בכל ארבעת המטלות של מבחן הידע המתמטי. כלומר, בוגרים על הרצף האוטטיסטי שיפרו את הישגיהם במובהק מזמן המדידה הראשון לזמן המדידה השני הן במוכנות בסיסית לחשבון, הן בשליטה בעובדות חישוב בסיסיות, הן במבנה עשרוני בטווח כמותי משתנה והן בפתרון בעיות מתמטיות מופשטות.

אפקט עיקרי מובהק לקבוצות המחקר נמצא רק במטלה הרביעית של מבחן הידע המתמטי: פתרון בעיות מתמטיות מופשטות. הישגיהם של בוגרים על הרצף האוטטיסטי המשתייכים לקבוצת הניסוי היו גבוהים בהשוואה לנבדקי קבוצת הביקורת אשר הישגיהם נותרו בערך 0.

לבסוף, נמצאה אינטראקציה מובהקת סטטיסטית של קבוצות המחקר וזמן המדידה הן במטלת מבנה עשרוני בטווח כמותי משתנה והן במטלת פתרון בעיות מתמטיות מופשטות. בבחינת האפקטים הפשוטים (Simple effects) לבחינת ההבדלים בין שני זמני המדידה בקרב כל אחת מקבוצות המחקר בנפרד נמצא כי רק בוגרים המשתייכים לקבוצת הניסוי שיפרו את הישגיהם במובהק מנקודת הזמן הראשונה לנקודת הזמן השנייה במטלת מבנה עשרוני בטווח כמותי משתנה ובמטלת פתרון בעיות מתמטיות מופשטות ( $t(17) = 5.79$ )  $p = .000$  וכך  $t(17) = 3.01$ ,  $p = .008$ . בהתאמה). הבוגרים על הרצף האוטטיסטי המשתייכים לקבוצת הביקורת לא שיפרו במובהק את הישגיהם בשתי מטלות אלו ( $p = .127$  וכך  $p = 1.00$ , בהתאמה). תרשים 2 מציג את הממוצעים ושיגאות התקן (SE) של ההישגים בארבעת מטלות הידע המתמטי על פי קבוצות המחקר וזמן המדידה.



\*\*p < .01, \*\*\*p < .001

**תרשים 2.** ממוצעים ושיגאות התקן (SE) של ההשיגים בארבעת מטלות הידע המתמטי על פי קבוצות המחקר וזמן המדידה

בהיבט האיכותני, מדיווחי הסטודנטים עולות 5 תמות המתייחסות לשיפור ברמת תפקודי הלומדים ו-3 תמות המתייחסות לשיפור ברמת תפקודי הסטודנטים. להלן פירוט וציטוטים המתייחסים לכל אחת מהן. ברמת תפקודי הלומדים:

**תמה 1: רמת המסוגלות העצמית של התלמיד** ("התלמיד ענה על שאלות מתמטיות שונות בתחום החיבור והחיסור בעשרת הראשונה והשנייה ללא צורך בתיווך כפי שהיה בתחילת הפרויקט", "חל שיפור בתחום המתמטי אשר יתבטא בשליפה מהירה יותר של תשובות על שאלות חיבור ואף חיסור ללא צורך בכתיבתם על דף כפי שנעשה בשיעורים הראשונים", "הרגשתי כי הביטחון והערך העצמי של נ' עלה, במיוחד כשחווה רגעים של הצלחה ומסוגלות")

**תמה 2: שפה מרחבית** (במבדק האחרון שערכתי לר' נוכחתי לראות כי הוא שולט במספר מושגים שלא שלט בהם קודם לכן: "שורה", הבחנה בין "ימין לשמאל", "יותר מ...ב...", "פחות מ...ב...")

**תמה 3: מוטיבציה של הלומדים** ("הישג נוסף שחל הוא הרצון של ש' להתנסות ברובוט בעצמו וזאת על אף שלא גילה עניין בו בתחילת הפרויקט", "האמון והקירבה שנוצרה אפשרו לתלמידים להאמין ביכולות שלהם, לפתח מוטיבציה, לרצות לקחת חלק וללמוד דברים חדשים ולעיתים לא פשוטים")

**תמה 4: גיוס משאבי קשב ללמידה עצמאית** ("כאשר עמד להתחיל השיעור הוא גייס קשב, הביע עניין רב, גם אם היה לו יום לא מוצלח. המורה לא חדלה להתפעל מכך והדבר ריגש אותי מאוד", "מ' גייס קשב רב שגרם בכל פעם ללמידה קטנה אך משמעותית. הדבר ניכר בתוצאות המבדק האחרון אל מול המבדק הראשוני")

**תמה 5: תקשורת בין אישית** ("השימוש בטאבלט והרובוט סייעה לא' להתחבר אליי ליצור קשר משמעותי", "מבחינתי זה צעד ענקי לאנושות כולה. זה לא טריוויאלי, להצליח ליצור קשר רגשי משמעותי עם תלמיד שהקושי הבסיסי שלו לתקשר, לבטא רגש ולהרגיש את האחר שעומד מולו" "אני מרגישה כי נוכחות הרובוט בנתה ערוץ תקשורת מיוחד, לעיתים לא היה צורך במילים")  
ברמת תפקודי הסטודנטים והתייחסותם להוראה משולבת טכנולוגיה רובוטית:

**תמה 1: תפיסת מסוגלות** – ("במהלך ההתנסות למדתי רבות איך להתנהל עם הרובוט בזמן העבודה עם התלמיד", "היכולת שלנו לגשר על פערי התקשורת הלוקיים ולהפוך את הקושי לאתגר בר השגה" עכשיו אני מבינה שלא לחינם עשיתי את הצעד הגדול בחיי, העבודה הקשה משתלמת וממלא את ליבי, זה המקום שלי")

**תמה 2: אוריינות דיגיטלית** ("למדתי לשלב את הרובוט בהוראה המתמטית וליצור משחקים מותאמים למטרות השיעור ופעילויות שיעניינו את התלמיד")

**תמה 3: יצירתיות** ("במהלך הסדנה היו מרכיבים משמעותיים עבורי בהוראה של תלמידים עם צרכים מיוחדים. מרכיבים כגון: יצירתיות והתאמת האביזרים הנלווים לתלמיד" "בתהליך ההוראה, למדתי המון, על כמה חשוב להיות גמישים ויצירתיים").

## דיון ומסקנות

התוצאות איששו את השערתינו כי השימוש בטכנולוגיה רובוטית יאפשר שיפור משמעותי לתלמידים על הרצף האוטיסטי ללמוד בצורה טובה יותר מתמטיקה ולשפר משמעותית את ביצועיהם המתמטיים בחיי היום יום. מחקר זה מצודד בכך ששימוש בטכנולוגיה רובוטית מהווה כלי משמעותי לא רק בפיתוח מיומנויות שפה מרחבית ותקשורת כפי שמדווח במחקרים קודמים, אלא גם משפר משמעותית את רמת התפקוד הספציפי, בהיבט המתמטי וכמו כן את טווח הקשב, המסוגלות העצמית ורמת המוטיבציה בקרב אוכלוסיית מתבגרים עם אוטיזם. ממצאי המחקר מאפשרים להתייחס לדיפרנציאציה תפקודית בין קבוצת הניסוי לקבוצת הביקורת, בעקבות תוכנית התערבות ממוקדת נושאים מתמטיים, על פי רמת קושי עולה ומותאמת לתוכנית הלימודים במתמטיקה. ניכר כי מידת השיפור בקרב קבוצת הניסוי מסתמנת במיוחד במטלות המערבות מתמטיקה משמעותית לחיי היום יום (מבנה עשירי ומענה לבעיות מילוליות).

שילוב טכנולוגיה חינוכית רובוטית משמעותית ביותר ללומד כשהיא אינטגרטיבית, משולבת תחומי תוכן שונים, כפי שבלט במחקר הנוכחי בתחום המתמטיקה השימושית. ניכר כי שילוב זה מקדם באופן משמעותי תפקוד מתמטי ברמות שונות ומאפשר לתלמידים על הרצף האוטיסטי לרכוש ידע מתמטי ולשפר את ביצועיהם. אין ספק כי הידע "על" והידע "איך" ללמד תלמידים עם מוגבלות חשוב אך לא פחות מכך חיוני שמורה יראה בהכלת תלמידים אלה חלק אינטגרלי מתפיסת עולמו ותפקידו ויתנסה בחדשנות פדגוגית בעת הכשרתו. יתרה מכך, ממצא זה הינו ראשון מסוגו ומעיד על חשיבות השימוש בטכנולוגיה רובוטית בעבודה ממוקדת תחומי תוכן ספציפיים וסוג האוכלוסייה, המאפשר קידום בתחומים אלו. אנו רואות חשיבות רבה במחקר המשך בו ניתן יהיה לבחון אוכלוסיות נוספות בחינוך המיוחד ואת מידת השיפור המתמטי בתחומים אלו וברמות נוספות של ידע נצבר ומשמעותי לחיים. שיפור אשר יאפשר את קידומו ושילובו של האדם עם הצרכים המיוחדים בעבודה ובקהילה.

## תודות

מחקר זה מומן על ידי קרן הנשיאה, מכללת לוינסקי לחינוך. תודתינו נתונה לפרופ' מיכל בלר ולפרפ' יצחק גילת מראשות המחקר, במכללת לוינסקי לחינוך על בחירתם במחקר זה והאמונה בחשיבותו שאפשרה גם בזמן הקצר שהתכנית הופעלה לקצור פירות.

## מקורות

- ביכמן, לי (2017). פיתוח שפה ותפיסה מרחבית בקרב ילדי גן: השוואה בין התערבות טכנולוגית המשלבת רובוט להתערבות ללא טכנולוגיה. חיבור לשם קבלת תואר "מוסמך", אוניברסיטת בר-אילן.
- Bekele, E., Lahiri U., Swanson, A., Davidson, J., Warren, Z., & Sarkar, N. (2013). Pilot Clinical Plication Of an adaptive robotic system for young children with Autism. *Autism*, 18(5), 98-608.
- Bers, M. U. (2008). *Blocks to robots: Learning with technology in the early childhood Classroom*. New York, NY: Teacher's Press.
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A Systematic Review: *Computers & Education*, 58 (3), 978-988.
- Burton, C. E., & Anderson, D. (2013). Video self-Modeling on an iPad to teach functional Math skills to adolescents with Autism and intellectual Disability. *Focus*, 28 (2), 67-77.
- Cabibihan, J., Javed, H., Ang Jr. M., & Aljunied, S.M. (2013). Why Robots? A Survey on the Roles and Benefits of Social Robots for the Therapy of Children with Autism. *International Journal of Social Robotics*, 5(4), 593-618.
- Chiang, H. M., & Lin, Y. H. (2007). Mathematical ability of students with Asperger syndrome and high-functioning autism: A review of literature. *Autism*, 11(6), 547-556.
- Conti, S. D., Nuovo, S. D., Buno, A., & Nuovo, D. (2017). Robots in Education and Care of Children with Developmental Disabilities: A Study on Acceptance by Experienced and Future Professionals. *International Journal of Social Robotics*, 9(1), 51-62.



- Dautenhahn, K., Werri, I., Rae, J., Dickerson, P., Stribling, P., & Ogden, B. (2002). Robotic Playmates: Analyzing interactive competencies of children with autism Playing with A mobile robot. In K. Dautenhahn, A. Bond, L. Canamero, et al. (Eds.), *socially intelligent Agents creating Relationships with computers and Robots* (pp. 117-124). The Netherlands: Kluwer.
- Duquette, A., Michaud, F., & Mercier, H. (2008). Exploring the use of a mobile robot as An Imitation agent with children with low functioning autism. *Autonomous Robots*, 24(2), 47-157.
- Hsim, C., Tsai, C. (2014). The influence of young children's use of Technology on their Learning: A review. *Educational Technology & Society* 17(4), 85-99.
- Keren, G., & Fridin, M. (2014). Kindergarten social assistive robot (kindSAR) for Children's Geometric thinking and metacognitive development in Preschool Education: A pilot study. *Computers in human Behavior*, 35, 400-412.
- Michaud, F., & The'berge-Turmel, F. (2002). Mobile robotics toys and autism: Observations of Interactions. In Boston & Dordrecht (Eds.), *socially Intelligent Agents creating relationships with computer s and robots* (pp. 125-132). London: Kluwer.
- Mubin, O., Stevens, C.J., Shahid, S., AlMahmud, A., & Dong, J. (2013). A Review of the Applicability of robots in education. *Technology for Education and Learning*, 1, 1-7.
- Toh, L.P.E., Causo, A., Tzuo, P.W., Chen, I.M., Yeo, S.H. (2016). A Review on the use Of Robots in Education and Yong children. *Educational Technology & Society*, 19 (2), 148-163.
- Vander burg, E. (2015). The use of space prepositions as A supplementary material for ESL Students. Indiana State University.
- Kozima, H., Nakagawa, C., & Yasuda, Y. (2005). Interactive robots for communication- Care: A case study in autism therapy. Presented at the IEEE international Workshop on robot and Human Interactive communication, Nashville, TN, USA.
- Robins, B., Dautenhahn, K., & Dickerson, P. (2009). From isolation to communication: A case Study evaluation of robot assisted play for children with autism with Minimally expressive Humanoid robot. *Advances in computer- Human Interactions*, 205-211.