

**פיתוח יכולת רוטציה מנטלית בקרב ילדים צעירים המאובחנים
על הספקטרום האוטיסטי (תפקוד בינוני-נמוך) באמצעות משחק
טנגרם המבוסס על ממשק דיגיטלי מוחשי
(מאמר קצר)**

אורלי להב
אוניברסיטת תל אביב
lahavo@tauex.tau.ac.il

אנה וולפסון
אוניברסיטת תל אביב
anawolfson@mail.tau.ac.il

**Development of Mental Rotation Ability among Young Children
Diagnosed with Autism (Levels 2 and 3) through Tangram Game
Based on Tangible Digital Interface
(Short Paper)**

Ana Wolfson
Tel Aviv University
anawolfson@mail.tau.ac.il

Orly Lahav
Tel Aviv University
lahavo@tauex.tau.ac.il

Abstract

Spatial perception is one of the key factors that make up a person's general intelligence and its development starts at infancy. In cases of autism, its development is more complex and spatial perception skills vary according to the severity of the disorder. Spatial perception includes various components, one of which is mental rotation.

This goal of this study is to support the development of mental rotation abilities among autistic young children through the use of a digital tangible game. Ten subjects (autism levels 2-3) participated in this study and were divided into two research groups: one group played with a traditional Tangram card game and the second group played with Osmo, a tangible digital game. A research set was designed that included a traditional Tangram card game and Osmo game; 76 Tangram models; and Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence (WPPSI-III).

The research results indicated for all the subjects a significant difference in mental rotation ability between pre- and post-tests results (WPPSI-III). It was found that while the higher the level of complexity, the longer the execution time in both study groups the Osmo group assembled the models faster and more successfully than subjects in the traditional Tangram card game group. With that, in the traditional Tangram card game group a wider use of spatial strategies was recorded.

This study focuses on the acquisition of the spatial abilities that are necessary for people's regular day-to-day functioning.

Keywords: Autism (levels 2-3), Spatial perception, Tangible interface.

תקציר

תפיסה מרחבית אחד הפקטורים המרכיבים את האינטליגנציה הכללית של האדם והיא מתחילה להתפתח כבר מגיל הינקות. במקרים של אוטיזם התפתחותה מורכבת יותר ומיומנויות הקשורות בתפיסה מרחבית משתנים בהתאם לרמת החומרה של ההפרעה.

מטרת המחקר הנוכחי בפיתוח יכולת הרוטציה המנטלית בקרב ילדים אוטיסטים בתפקוד בינוני-נמוך באמצעות סביבת משחק דיגיטלית מוחשית. אוכלוסיית המחקר כללה עשרה נבדקים על הרצף האוטיסטי ברמת תפקוד בינוני ונמוך, אשר חולקו לשתי קבוצות מחקר: פעילות במשחק טנגרם קלפים מסורתי או משחק אוסמו המבוסס על ממשק דיגיטלי. תוכן מערך מחקר הכולל מבחן רוטציה מנטלית (וכסלר) ו-76 דגמים ברמת מורכבות עולה. תוצאות המחקר מצביעים על הבדל מובהק בקרב כל הנבדקים ביכולת רוטציה מנטלית בין תוצאות מבחני הקדם והאחרי (וכסלר). נמצא שככל רמת המורכבות עולה כך התארך זמן הביצוע בשתי קבוצות המחקר. נבדקי קבוצת אוסמו הרכיבו את הדגמים מהר ומוצלח יותר מאשר נבדקים בקבוצת טנגרם מסורתי, אך יחד עם זו בקבוצת טנגרם מסורתי נרשם שימוש רחב יותר באסטרטגיות מרחביות. מסקנות המחקר מצביעות כי ניתן לקדם יכולת רוטציה מנטלית בקרב צעירים המאובחנים על הספקטרום האוטיסטי ברמת חומרה שתיים-שלוש באמצעות התערבות ע"י משחק טנגרם ובמיוחד באמצעות הממשק הדיגיטלי.

מילות מפתח: אוטיזם (תפקוד בינוני-נמוך), תפיסה מרחבית, ממשק מוחשי.

מבוא

התפיסה המרחבית נכללת בתוך תודעת האדם, והיא מתפתחת מגיל הינקות ומבשילה לקראת גיל ארבע-חמש (Baykal, Alaca, Yantaç & Göksun, 2018; Newcombe & Frick, 2010). יכולת רוטציה מנטלית לפי גיונסון ובוצ'ארד (2005) מרכיב מובהק באינטליגנציה האנושית. באמצעות ממשק דיגיטלי מוחשי מתקשר המשתמש עם מידע דיגיטלי באמצעות סביבה גופנית - מוחשית (Antle & Wise, 2013). ממשקים אלו יעילים בקידום מיומנויות מרחביות בקרב אוכלוסיות עם מוגבלויות (Joosten & Bundy, 2010; Levine, Ratliff, Huttenlocher, & Cannon, 2012) ונגישים לילדים קטנים ולבעלי צרכים מיוחדים (Sitdhisanguan, Chotikakamthorn, & Out, 2012).

אוכלוסיית הספקטרום האוטיסטים מתאפיינת במהירות ביצוע של משימות רוטציה מנטלית כבר בגילאים צעירים. דיוק הביצוע משתנה בהתאם לרמת החומרה של האוטיזם (Van Lang, Bouma, Sytema, Kraijer & Minderaa, 2006). נמצא קשר בין לקות ביכולת המרחבית בקרב מאובחנים באוטיזם לבין תיאוריית התודעה (Kimhi, 2014), והלקות בניווט במרחב (Ring, Gaigg, Altgassen, Barr & Bowler, 2018). במחקר זה, נערך קידוד של סרטונים מוקלטים על מנת לקבל מידע על אסטרטגיות מרחביות בקרב המאובחנים על רצף התקשורת.

סקירת ספרות

בהשפעת תיאוריית ברוך-כהן "המוח הגברי" (1997) בוצעו מחקרים שהראו שבעלי אבחנת האוטיזם מבצעים משימות רוטציה בזמן קצר (Edgin & Pennington, 2005; White & Saldaña, 2011; Ring, et al., 2018), וללא הבדלים בדיוק הביצוע ביחס לגיל או מוגבלות שכלית (Van Lang, et al., 2006). סטיבנסון ונונאק (2018) דיווחו שאסטרטגיות רוטציה מנטלית תלויות ברמת התפקוד על רצף ההפרעה. מטסון וקוזלובסקי (2011) מצאו גודל אפקט קטן והטרוגניות באוכלוסייה הנחקרת עצומה למרות הביצועים הגבוהים. השימוש בממשקים דיגיטליים בקרב מאובחנים על הספקטרום משפרים מוטיבציה לימודית (Sitdhisanguan, et al., 2012), מיומנויות תקשורת וחברה (Dautenhahn & Werry, 2004; Leonard, Mitchell, Parson, 2002). סיטדאיסנגואן ועמיתיו (2012) ציינו ששיפור בלמידה בקרב מאובחנים על הרצף ברמת חומרה שתיים-שלוש היה גבוה לטובת המשחק הדיגיטלי מוחשי לעומת ממשק מוחשי מסורתי.

משחק הטנגרם הינו פאזל סיני עתיק, שהמְשַׁקֵּק בו נדרש להרכיב דגמים שונים משבעה חלקים. במהלך המשחק המשתתפים מבצעים תנועות כדי למקם את חלקים במקומות שונים ביחס לדגם היעד. משחק הטנגרם משפר אסטרטגיות הרוטציה הקוגניטיבית (Scarlatos, 2006).



איור 1. חלקי הטנגרם

ממשק דיגיטלי טנגרם אוסמו כולל מעל 500 פאזלים מהרמה הקלה לקשה מאוד. המשתמשים מתאימים את החלקים לדגם המופיע על המסך. המשחק מתאפיין במשוב חזותי ושמיעתי מיידי וסיוע לתיקון טעויות. טנגרם אוסמו מסייע לפתח יכולות מרחביות, חזותיות, פתרון בעיות, מוטוריקה עדינה, תפקודים ניהוליים, ומשפר את הרוטציה המנטלית. (Lahav & Wolfson, 2022) מציינות את האפקטיביות של הטנגרם הדיגיטלי בהשוואה לטנגרם המסורתי.



איור 2. טנגרם אוסמו (מעמד לאייפד, אייפד, רפלקטור, וצורות להרכבת הדגמים)

לאור החשיבות של פיתוח התפיסה המרחבית וכי לא נחקר נושא אסטרטגיות מרחביות בסביבה דיגיטלית מוחשית בקרב ילדים צעירים המאובחנים על הספקטרום האוטיסטי ברמות חומרה שתיים-שלוש בחרנו לחקור נושא זה באמצעות משחק דיגיטלי מוחשי "Tangram Osmo".

שאלות המחקר:

שאלת מחקר ראשונה: מהם ההבדלים ביכולת הרוטציה המנטלית של שתי קבוצות המחקר במבחן הקדם ומבחן אחרי תוכנית ההתערבות?
שאלת מחקר שנייה: מהם הבדלי זמן ביצוע, רמת הצלחה, ואסטרטגיות מרחביות בהם השתמשו שתי קבוצות המחקר בעת המשחק בטנגרם-מסורתי ובמשחק Osmo Tangram?

מתודולוגיה

אוכלוסיית המחקר

עשרה תלמידים המאובחנים על הרצף האוטיסטי (ASD) המוכרים ע"י המוסד לביטוח לאומי, שנבחרו עפ"י חמישה קריטריונים וחולקו באופן אקראי לשתי קבוצות מחקר: נבדקים ששחקו באמצעות משחק טנגרם קלאסי, וקבוצה ששיחקה במשחק טנגרם אוסמו (5 נבדקים בכל בקבוצה).

הקריטריונים לבחירת האוכלוסייה:

1. טווח הגיל שבע עד תשע.
2. מוגדרים ע"י הרשויות על הרצף האוטיסטי בתפקוד בינוני-נמוך.
3. יכולת ביצוע המטלה באופן עצמאי ללא תמיכה.

4. יכולת תקשורת מילולית או בלתי מילולית באמצעות סמלים ויזואליים של תקשורת תומכת וחליפית (תת"ח).
5. ציון בטווח או מעל ל – 26-42, במבחן הקדם: *סידור קוביות*, במבחן משכל וכסלר.

במחקר השתתפו תשעה בנים ובת אחת. הנבדקים לומדים בבית ספר לחינוך מיוחד במחוז מרכז שמיועד לתלמידים על הרצף האוטיסטי (ASD). נבחרו תשעה נבדקים ילידי הארץ ותלמיד אחד יליד חו"ל: שמונה מהמגזר היהודי, אחד מהמגזר הערבי-מוסלמי, ואחד מהמגזר הערבי-נוצרי. התקשורת בקרב שישה נבדקים הינה וורבלית, שלושה נבדקים אינם ורבליים, תלמיד אחד מאובחן גם עם סלקטיב מוטיזם אך כולם מתקשרים באמצעות תת"ח. ממוצע גילאי הנבדקים מקבוצת טנגרם אוסמו היה 8 שנים ($Sd=0.46$) וממוצע גילאי הנבדקים בקבוצת טנגרם קלפים היה 8 שנים ו-6 חודשים ($Sd=0.72$).

טבלה 1. אוכלוסיית מחקר

שם הקבוצה	מספר ילדים	טווח גילאים	כיתה	אמצעי תקשורת
טנגרם קלפים	n=5	8-10	א-ד	תקשורת מילולית (n=2) תקשורת בלתי מילולית (n=2) Selective mutism (n=1)
טנגרם אוסמו	n=5	8-9	ב-ג	תקשורת מילולית (n=5)

משתני המחקר

משתנים בלתי תלויים:

1. טנגרם: משחק קלפים מסורתי או אוסמו דיגיטלי.
2. חמשת רמות קושי בהרכבת הדגמים.

משתנים תלויים:

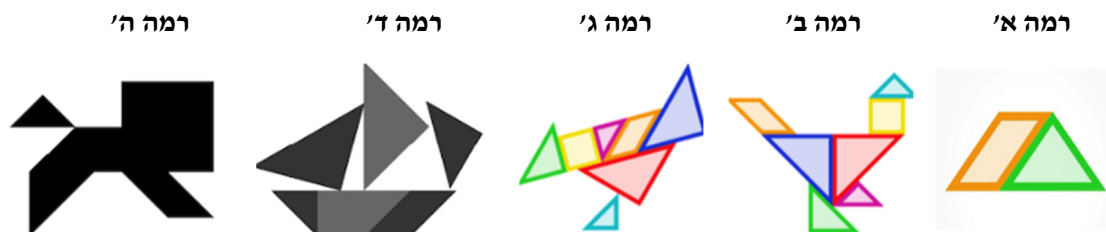
1. רמת ההצלחה.
2. זמן ביצוע.
3. יכולת רוטציה מנטלית: לפני ואחרי ההתערבות.
4. שימוש באסטרטגיות מרחביות.

כלי המחקר

1. משחק טנגרם קלפים מסורתי.
2. משחק טנגרם אוסמו דיגיטלי.

כלים לאיסוף נתונים

1. שאלון הורים.
2. מבחן סידור קוביות.
3. תכנית ההתערבות – פותחה עבור מחקר זה במעבדה לטכנולוגיות ידע, ביה"ס לחינוך, באוניברסיטת תל-אביב. התוכנית כוללת 76 דגמים בחמשת רמות קושי: רמה א' – 19 דגמים, רמה ב' – 29 דגמים, רמה ג' – 18 דגמים, רמה ד' – שישה דגמים, רמה ה' – ארבעה דגמים (איור 3).
4. הקלטת וידיאו – בעת האינטראקציה של הנבדקים צולם אזור תנועות הידיים לתיאור אסטרטגיות מרחביות.
5. הקלטות מסך – בקבוצת טנגרם אוסמו.



איור 3. דוגמאות לדגמים על-פי רמת קושי

ניתוח נתונים

ניתוח הנתונים שילב מתודולוגיה כמותית ואיכותנית. בשיטה הכמותית נותחו שאלוני הורים, הישגי הנבדקים במבחני רוטציה מנטלית, ונתוני השימוש בשני סוגי המשחקים. בשיטה האיכותנית נותחו הקלטות הוידאו ומסך בעת הרכבת הדגמים.

ממצאים

שאלה ראשונה: מהם ההבדלים ביכולת הרוטציה המנטלית של שתי קבוצות המחקר במבחן הקדם ובמבחן אחרי תוכנית ההתערבות? נמצא הבדל מובהק ביכולת רוטציה מנטלית בין תוצאות מבחני הקדם והאחרי בקרב כלל הנבדקים (קלפים ו-OSMO): $t(9)=2.26, p=0.0000006, d=0$. (טבלה 2).

טבלה 2. תוצאות מבחן "סידור קוביות" (Wechsler)

Post-test		Pre-test		
SD	ממוצע	SD	ממוצע	
2.40	43.70	3.85	31.00	כלל נבדקי המחקר (n=10)
2.00	44.00	3.20	31.40	טנגרם קלפים (n=5)
2.96	43.40	4.77	30.60	טנגרם אוסמו (n=5)

שאלה שניה: מהם הבדלי זמן ביצוע, רמת הצלחה, ואסטרטגיות מרחביות בהם השתמשו שתי קבוצות המחקר בעת המשחק בטנגרם-מסורתי ובמשחק Osmo Tangram? ממוצע משך הזמן לבניית הדגמים ברמה א' נמצא קצר ביחס לדגמים המורכבים יותר. ברמה ה' ממוצע הזמן הארוך ביותר בשתי הקבוצות המחקר. רק נבדק אחד בקבוצת הקלפים בנה את כל הדגמים (185 שניות) לעומת שלושה נבדקים מקבוצת אוסמו שסיימו לבנות את כל הדגמים (טבלה 3).

טבלה 3. ממוצע משך הזמן (בשניות) לבניית 76 הדגמים עפ"י רמת הקושי (הנתונים מבוססים על תוצאות הנבדקים אשר סיימו בניית כל הדגמים בכל רמה)

טנגרם אוסמו		טנגרם קלפים		רמת הקושי
SD	ממוצע	SD	ממוצע	
5.72	40	10.22	45	רמה א' (19)
5.03	50	7.61	61	רמה ב' (29)
10.02	58	4.56	62	רמה ג' (18)
20.48	73	20.16	84	רמה ד' (6)
26.85	68	0	185	רמה ה' (4)

ממוצע משך הזמן לבניית הדגמים ע"י קבוצת טנגרם קלפים 72 דקות וממוצע הזמן להרכבה בודדת 57 שניות. בקבוצת אוסמו, משך הזמן לבניית הדגמים 64 דקות וממוצע הזמן להרכבה בודדת 51 שניות. נבדקים מקבוצת אוסמו היו בכ-18% פחות זמן באינטראקציה עם משחק עם יכולת ביצוע גבוהה יותר לעומת נבדקים בקבוצת קלפים (בקבוצת קלפים בנו 70 דגמים בבמוצע, בקבוצת אוסמו בנו 75 דגמים בממוצע). תדירויות השימוש באסטרטגיות מרחביות ע"י נבדקי שתי קבוצות המחקר: מרבית הנבדקים התחילו את הבניה ע"י הנחת החלק הראשון במרכז: $M=44$, $Sd=19.84$. כ-20% העדיפו התחילו בניה ע"י הנחת החלק בבסיס. אסטרטגיית מיקום בניית הדגם: בקבוצת אוסמו בנו את הדגם בינם לבין הטאבלט: $M=72$, $Sd=19.84$, בדומה לקבוצת טנגרם קלפים $M=51$, $Sd=28.76$. כלל נבדקי המחקר העדיפו לבצע מינפולציה של סיבוב על השולחן: $M=81$, $Sd=8.73$.

דיון, מסקנות והמלצות

טכנולוגיה מוחשית בקרב מאובחנים בהפרעה נוירו-התפתחותית ברמת חומרה שתיים-שלוש

לפאזל דיגיטלי ערך לימודי מדיד, הלמידה המרחבית מתרחשת דרך משחק על סמך היכולות שכבר נרכשו. בדומה ללהב וולפסון (2022), וונג ועמיתיו (2020), Schroth, Tang, Carr-chellman & AlQahtani (2019), תוצאות מחקר זה מראים שרמת ההצלחה גבוהה יותר במשחק בעל ממשק דיגיטלי. נוסף למחקר להב וולפסון (Lahav & Wolfson, 2020) מחקר זה תיעד אסטרטגיות מרחביות אצל בעלי הפרעה נוירו-התפתחותית. נבדקים בקבוצת הקלפים השתמשו במגוון ותדירות גבוהים יותר של אסטרטגיות מאשר נבדקים בקבוצת אוסמו (אסטרטגיה אחת) עקב תיווך ווירטואלי שעוזר בהרכבת הדגמים. יחד עם זה פיתוח חשיבה מרחבית מתבצע מהר יותר ובהצלחה רבה יותר בסביבה דיגיטלית. אנחנו ממליצים להנגיש את השימוש בסייע וירטואלי מאחר ותלמידים המאובחנים על רצף זקוקים להסתגלות עבור גורם נוסף במעגל התקשורת שלהם, בהנחה שפעולה זו תקדם מהר יותר את החשיבה המרחבית בתהליך למידה עצמאי. מחקר זה חושף משחק דיגיטלי בעל ממשק מוחשי אשר ילדים צעירים על רצף האוטיזם הביעו רצון ומוטיבציה לחזור שוב ושוב לאינטראקציה לימודית שהניבה הישגים מרהיבים. השימוש בסביבה דיגיטלית מוחשית הרחיב רפרטואר התנהגויות דל בנוסף לשימוש בכוונות תקשורתיות (הבעת רצון, בקשה).

מחקרי המשך

בהיבט המחקרי בהקשר לאוכלוסייה הנחקרת ניתן לבדוק האם בעזרת משחק דיגיטלי מוחשי Tangram Osmo יחד עם פיתוח יכולת מרחבית אפשר לקדם גם מיומנויות חברתיות (משחק משותף). מאחר ונמצא קשר בין לקות ביכולת המרחבית בקרב מאובחנים באוטיזם לבין תיאוריית התודעה (Kimhi, 2014), ניתן לבדוק האם קיים קשר בין יכולת רוטציה מנטלית לבין יכולת תקשורתית. בהיבט היישומי בדומה ללהב וולפסון (2022), גילסומיני ועמיתיו (2021), בייקל ועמיתיו (2018), חמידי (2012), מרשל (2007) מחקר זה מהווה המלצה לשילוב סביבה דיגיטלית מוחשית Osmo בתכנית הלימודים גם עבור צעירים המאובחנים על רצף האוטיזם ברמת חומרה שתיים-שלוש.

תודות

תודה להנהלה, מורים, תלמידים, והורים מבית ספר במחוז מרכז.

מקורות

- Antle, A. N., & Wise, A. F. (2013). Getting down to details: Using theories of cognition and learning to inform tangible user interface design. *Interacting with Computers*, 25(1), 1-20.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.).
- Baron-Cohen, S., & Hammer, J. (1997). Is autism an extreme form of the "male brain"? *Advances in Infancy Research*, 11, 193-218.
- Baykal, G. E., Alaca, I. V., Yantaç, A. E., & Göksun, T. (2018). A review on complementary natures of tangible user interfaces (TUIs) and early spatial learning. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 16, 104-113.

- Conson, M., Senese, V. P., Baiano, C., Zappullo, I., Warriier, V., Salzano, S., ... & Baron-Cohen, S. (2020). The effects of autistic traits and academic degree on visuospatial abilities. *Cognitive Processing, 21*(1), 127-140.
- Dautenhahn, K., & Werry, I. (2004). Towards interactive robots in autism therapy: Background, motivation and challenges. *Pragmatics & Cognition, 12*(1), 1-35.
- Dillenbourg, P., & Jermann, P. (2010). Technology for classroom orchestration. In *New science of learning* (pp. 525-552). Springer, New York, NY..
- Edgin, J. O., & Pennington, B. F. (2005). Spatial cognition in autism spectrum disorders: Superior, impaired, or just intact?. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 35*(6), 729-745.
- Frick, A., Hansen, M. A., & Newcombe, N. S. (2013). Development of mental rotation in 3-to 5-year-old children. *Cognitive Development, 28*(4), 386-399.
- Gardner, H. (1995). Reflections on multiple intelligences: Myths and messages. *Phi Delta Kappan, 77*, 200-200.
- Gelsomini, M., Spitale, M., & Garzotto, F. (2021). Phygital interfaces for people with intellectual disability: an exploratory study at a social care center. *Multimedia Tools and Applications, 80*(26), 34843-34874.
- Hamidi, F. (2012). *Digital tangible games for speech intervention. Technic al Report CSE-2012-02*. Department of Computer Science and Engineering. Toronto, Canada.
- Horn, M. S., Solovey, E. T., Crouser, R. J., & Jacob, R. J. (2009). Comparing the use of tangible and graphical programming languages for informal science education. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 975-984).
- Johnson, W., & Bouchard Jr, T. J. (2005). The structure of human intelligence: It is verbal, perceptual, and image rotation (VPR), not fluid and crystallized. *Intelligence, 33*(4), 393-416.
- Joosten, A. V., & Bundy, A. C. (2010). Sensory processing and stereotypical and repetitive behaviour in children with autism and intellectual disability. *Australian Occupational Therapy Journal, 57*(6), 366-372.
- Kimhi, Y. (2014). Theory of mind abilities and deficits in autism spectrum disorders. *Topics in Language Disorders, 34*(4), 329-343.
- Lahav, O., & Wolfson, A. (2022). Enhancing spatial skills of young children with special needs using the Osmo Tangram based on tangible technology versus a Tangram card game. *Virtual Reality, 1-13*.
- Leonard, A., Mitchell, P., & Parsons, S. (2002). Finding a place to sit: a preliminary investigation into the effectiveness of virtual environments for social skills training for people with autistic spectrum disorders. In *Proceedings of the International Conference on Disability, Virtual Reality, and Associated Technologies*. Veszprem, Hungary, University of Reading.
- Levine, S. C., Ratliff, K. R., Huttenlocher, J., & Cannon, J. (2012). Early puzzle play: a predictor of preschoolers' spatial transformation skill. *Developmental Psychology, 48*(2), 530.
- Matson, J. L., & Kozlowski, A. M. (2011). The increasing prevalence of autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders, 5*(1), 418-425.
- Marshall, P. (2007). Do tangible interfaces enhance learning?. In *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction* (pp. 163-170).
- Munaro, M., Horn, A., Illum, R., Burke, J., & Rusu, R. B. (2014). OpenPTrack: People tracking for heterogeneous networks of color-depth cameras. In *IAS-13 Workshop Proceedings: 1st Intl. Workshop on 3D Robot Perception with Point Cloud Library* (pp. 235-247).
- Newcombe, N. S., & Frick, A. (2010). Early education for spatial intelligence: Why, what, and how. *Mind, Brain, and Education, 4*(3), 102-111.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*, New york: Basic Books
- Scarlatos, L. L. (2006). "Tangible math". *Interactive technology and smart education*. Department of Computer and Information Science, Brooklyn College of the City University of New York,
- Sitdhisanguan, K., Chotikakamthorn, N., Dechaboon, A., & Out, P. (2012). Using tangible user interfaces in computer-based training systems for low-functioning autistic children. *Personal and Ubiquitous Computing, 16*(2), 143-155.

- Soysa, A. I., & Al Mahmud, A. (2019). How do typically developing children and children with asd play a tangible game?. In *IFIP Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 135-155). Springer, Cham.
- Stevenson, J. L., & Nonack, M. B. (2018). Gender differences in mental rotation strategy depend on degree of autistic traits. *Autism Research, 11*(7), 1024-1037.
- Ring, M., Gaigg, S. B., Altgassen, M., Barr, P., & Bowler, D. M. (2018). Allocentric versus egocentric spatial memory in adults with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 48*(6), 2101-2111.
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: a meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin, 139*(2), 352.
- Van Garderen, D. (2006). Spatial visualization, visual imagery, and mathematical problem solving of students with varying abilities. *Journal of Learning Disabilities, 39*(6), 496-506.
- Van Hiele, P. M. (1999). Begin with play. *Teaching children mathematics, 6*, 310-316.
- Van Lang, N. D., Bouma, A., Sytma, S., Kraijer, D. W., & Minderaa, R. B. (2006). A comparison of central coherence skills between adolescents with an intellectual disability with and without comorbid autism spectrum disorder. *Research in Developmental Disabilities, 27*(2), 217-226.
- White, S. J., & Saldaña, D. (2011). Performance of children with autism on the Embedded Figures Test: A closer look at a popular task. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 41*(11), 1565-1572.