

תפיסת ארטיפקטים (רובוטים) בעלי התנהגות אדפטיבית והשפעת תכנותם על התפתחות תיאוריית ה-Mind ותיאוריית ה-Mind המלאכותי בקרב ילדים בני 5-7: ממצאי מחקר חלוץ

דוד מיודוסר

אוניברסיטת תל-אביב

miodu@post.tau.ac.il

קרן פרצל

אוניברסיטת תל-אביב

האוניברסיטה הפתוחה

karenpr@openu.ac.il

Young Children's Conceptions of Behaving Artifacts and the Influence of Constructing Their Behavior on the Development of Theory of Mind (ToM) and Theory of Artificial Mind (ToAM): Results of A Pilot Study

Karen Precel

Tel-Aviv University and The
Open University of Israel

David Mioduser

Tel-Aviv University

Abstract

In the last decades a new version of artifacts has penetrated our world; artifacts that are capable of adaptive behavior. Among these artifacts are robots, which are provided with artificial adaptive behavior – due to an artificial mind. Thus, it is of interest to examine whether the children's Theory of Mind (ToM) is generalized to a human-made mind (or to a non-human mind), and if being engaged in building an artificial mind supports ToM and ToAM development. This pilot study addressed two main questions: (1) What are children's conceptions while constructing a robot's behavior? (2) What are the effects of constructing a robot's behavior on children's development of ToM and ToAM? Two 5 and two 7 year-old children participated in the study. Children were administered a battery of pre and post-tests assessing ToM and ToAM. They constructed the robot's behavior in two complexity levels: script- or rule-based behavior. Results indicated a progression in children's thinking as a function of time and age in all sessions – in both their model of the artificial mind, and in their script- and rule-based thinking in relation to the robot's behavior.

Keywords: Robots, Theory of Mind, Theory of Artificial Mind, behavior-construction.

תקציר

בעשורים האחרונים אנו עדים להופעתם של ארטיפקטים חדשים בעלי יכולת קבלת החלטות והתנהגות אדפטיבית. רובוטים הם דוגמא לכך, והם מאופיינים בהתנהגות אדפטיבית המבוקרת על ידי Mind מלאכותי. לכן, מעניין לבחון האם התיאוריה שיש לילדים על ה-Mind (Theory of Mind) מוכללת לעולם המלאכותי והאם בנייה של ה-Mind של הרובוט משפיעה על התפתחות תיאוריית ה-Mind ותיאוריית ה-Mind המלאכותי (ToAM). למחקר החלוץ הנוכחי היו שתי שאלות עיקריות: (1) מהן התפיסות שיש לילדים בזמן בניית התנהגות הרובוט? (2) מהן ההשפעות של בניית התנהגות הרובוט על התפתחות ToM ו-ToAM? שני ילדים בני 5 ושני ילדים בני 7 השתתפו במחקר, אשר כלל

שלושה מפגשים. לילדים ניתנה סוללת מטלות 'לפני' (Pre) ו'אחרי' (post) אשר בדקו ToM ו-ToAM (מפגש 1, 3). במפגש השני, מפגש הבנייה, בנו הילדים את התנהגות הרובוט בשתי רמות מורכבות: התנהגות בתרחיש (מורכבות נמוכה) ולפי חוק כללי (מורכבות גבוהה). התוצאות הצביעו על שינוי בחשיבתם של הילדים כפונקציה של גיל וזמן בכל המפגשים, הן בהתייחס למודל שלהם של ה-Mind המלאכותי, והן בהתייחס לחשיבה שלהם על התנהגות הרובוט – על פי תרחיש ועל פי חוק.

מילות מפתח: רובוטים, בניית התנהגות, התנהגות אדפטיבית, תיאוריית ה-Mind.

מבוא

התנהגות אדפטיבית תבונית הייתה עד לפני חצי מאה נחלתם הבלעדית של בני אנוש. בעשורים האחרונים אנו עדים להופעתם של ארטיפקטים (artifacts) חדשים, בעלי יכולת קבלת החלטות, 'מתנהגים', בעלי יכולת 'למידה' והתנהגות אדפטיבית (לדוגמה, מזגנים, קומקומים חשמליים ורובוטים). ייחודם של ארטיפקטים אלו הוא בכך שבני-אנוש יצרו אותם. הופעתם השפיעה על ההבחנות בין עולם החי והדומם ובין ארטיפקטים 'המופעלים על ידי אדם' ו'אוטונומיים'. כתוצאה מכך, עולות שאלות שונות. ביניהן, כיצד אנו תופסים ארטיפקטים מסוג זה? כיצד תופסים ילדים ארטיפקטים אלו? האם לילדים שתי מערכות תפיסתיות – עבור ארטיפקטים רגילים ועבור אלו המתנהגים או שמא המערכת – אחת היא? האם יש צורך בהתאמת סכמות קיימות או בהטמעת נקודת מבט חדשה לגבי העולם המלאכותי? כיצד משפיעים ארטיפקטים אלו על התפתחותם הקוגניטיבית של ילדים? בנוסף לכך, היות וארטיפקטים אלו הם בעלי Mind מלאכותי, מעניין לבחון האם התיאוריה של ילדים על ה-Mind (Theory of Mind) מוכללת לעולם המלאכותי. שאלות אלו עומדות בבסיס המחקר הנוכחי. קיימים מחקרים רבים העוסקים בתפיסות שיש לילדים לגבי ארטיפקטים רגילים. אולם, מעטים המחקרים המשווים בין תפיסות ילדים ארטיפקטים רגילים מול תפיסתם ארטיפקטים מתנהגים, והבוחנים את השפעת האינטראקציה עם ארטיפקטים אלו על התפתחותם הקוגניטיבית של ילדים. אנו חושבים, כי יש צורך בנקודת מבט חדשה בהתייחס לעולם המלאכותי, הזורשת סכמות קונספטואליות חדשות ומודלים מנטאליים חדשים ביחס לארטיפקטים אלו.

במחקר החלוף עליו אנו מדווחים כאן, התמקדנו בשאלות אלו בקרב ילדים בני 5-7. טווח גילאים זה נבחר היות ונמצאה התפתחות משמעותית של פונקציות קוגניטיביות, אפקטיביות וחברתיות בטווח גילאים זה (Sameroff & Haith, 1996). תקופה זו היא תקופה משמעותית בהתפתחות השפה, עולם המספר ומערכות סמלים שונות, מושגים וסכמות קוגניטיביות.

למחקר חלוף זה היו שתי שאלות עיקריות:

- (1) אילו תפיסות מתפתחות במהלך תהליך בניית התנהגות הרובוט?
- (2) כיצד משפיעה האינטראקציה עם ארטיפקטים מתנהגים ובניית התנהגותם על התפתחות תיאוריית ה-Mind ותיאוריית ה-Mind המלאכותי בקרב ילדים?

רקע תיאורטי

המסגרת התיאורטית של מחקר זה מאגד מחקרים מארבעה תחומים עיקריים: רובוטים, בינה מלאכותית ומערכות רובוטיות לילדים; גילאי 5-7 כטווח התפתחות קריטי; תיאוריית ה-Mind; והשפעת האינטראקציה עם סביבה טכנולוגית על התפתחותם הקוגניטיבית של ילדים.

רובוטים, בינה מלאכותית ומערכות רובוטיות לילדים

החל משנות ה-70, טכנולוגיות אשר התמקדו בבניית ארטיפקטים מתנהגים היו חלק מסביבות הלמידה והמשחק של ילדים. חלק מארטיפקטים אלו הם "אובייקטים עמום חושבים", אשר, לפי פפרט (Papert, 1980), מהווים כלים באמצעותם ילדים רוכשים ידע. "הצב המכאני" (the floor turtle) אשר נשלט על ידי תוכנת ה-Logo ואשר פותח על ידי פפרט ועמיתיו במעבדת המדיה ב-MIT (Harvey, 1985; Papert, 1980), הוא דוגמה ל"אובייקט עמום חושבים": כאשר ילדים עבדו עם

ה-LEGO/Logo הם למדו על מושגי בקרה ומשוב (Resnick, 2006; Resnick, Martin, Sargent & Silverman, 1996), ועל מושגים ורעיונות מתחום ההנדסה, התיכון, האומנות, התכנות וחקירה מדעית (Druin, 2000; Resnick, Berg, & Eisenberg, 2000). בשני העשורים האחרונים, פותחו מגוון ערכות לבניית רובוטים, בדומה לזה בו נעשה שימוש במחקר הנוכחי, כדוגמת ה"לבנה אלקטרונית" (Electronic Bricks, Wyeth & Purchase, 2000), וה-ToonTalk™ בו נעשה שימוש בגני ילדים (Kahn, 1996; Morgado, Cruz & Kahn, 2001). במחקרים אלו נמצא שבזמן עבודה עם ערכות אלו, ילדים צעירים מתמודדים עם האתגרים השונים הכרוכים בבניית התנהגויות של רובוטים.

שינויים התפתחותיים בין הגילאים 5-7

הספרות המחקרית העוסקת בשינויים התפתחותיים בין הגילאים 5-7 מצביעה על שינויים משמעותיים בגילאים אלו במספר היבטים: שינויים רגשיים וחברתיים (לדוגמה, Case, 1992; Kohlberg, 1981; 1984), שינויים אורגניים ונירו-אנטומיים (לדוגמה, Anderson, Northam, Hendy, & Wrennall, 2001; Cycowicz, 2000; Fuster, 2001), שינויים ביכולות קוגניטיביות ובתיאוריית Mind האנושי (ToM). שינויים קוגניטיביים כוללים שינויים בקיבולת הקשב, בזיכרון העבודה, פונקציות 'ניהוליות' (executive functions) וברכישת מושגים (לדוגמה, Navon, 1977; Case, 1992; Ehri, & McCormick, 1998; Morrison, McMahon-Griffith & Frazier, 1996; Nelson, 1996). בהתייחס לתיאוריית Mind האנושי, ישנן מספר תיאוריות הגורסות שהתפתחות ToM (הן מבחינת תהליכים והן יכולות) מתרחשת בשלבים, מעבר לגיל 4, ובעיקר בין הגילאים 5-7 (לדוגמה, Case, 1992; Chandler & Lalonde, 1996; Flavell, 2004; Perner & Wimmer, 1985; Pillow, 1991; 1993). על כך נרחיב בחלק הבא.

תיאוריית Mind האנושי (ToM – Theory of Mind): הגדרה וממצאים עיקריים

המונח "תיאוריית ה-Mind", (מתייחס ליכולת האדם לתפוס מצבים מנטאליים, ולהבין מה שהאחר רוצה, יודע, מרגיש או מאמין (Premack and Woodruff, 1978). לואיס ומיטצ'ל (Lewis & Mitchell, 1994) התייחסו ל-ToM כיכולת להסיק מסקנות על מצבים תיאוריים של אחרים ולנבא את התנהגותם בהתאם לכך. בארון-כהן (Baron-Cohen, 2001) הגדיר ToM כיכולת הסקה על טווח רחב של מצבים מנטאליים (אמונות, רצונות, כוונות, דמיון, רגשות ועוד), כאלו המובילות לפעולה כלשהי.

מרבית המחקרים אשר התמקדו בהתפתחות ToM בגיל הרך הצביעו על כך שרוב הילדים בעלי התפתחות תקינה עוברים את מטלות ToM בהצלחה בגיל 4, בעוד שילדים צעירים יותר נכשלים בהן. ממצאים אלו מצביעים על כך שהבנה מלאה של ה-Mind האנושי מתרחש בגיל 4 ולא לפני כן (לדוגמה, Flavell, Flavell & Green, 1983; Wellman, Cross and Watson, 2001). למרות זאת, מחקרים אחרים מצביעים על התפתחות מאוחרת יותר של היבטים של ToM. לפי מחקרים אלו, ToM מתפתח בשלבים, בין גילאי 4 ו-7 (לדוגמה, Carpendale & Chandler, 1996; Case, 1992; Pillow, 1991; 1993).

בכל המחקרים הללו ההתמקדות הייתה על היבטים של ה-Mind האנושי המתייחסים להבנה של העמדת פנים, אמונות ורצונות. בניגוד לכך, היבטים אחרים, כגון יכולות של ה-Mind האנושי לקבלת החלטות ואדפטיביות הוזנחו. היות ומחקר החלוץ הנוכחי מתמקד בהתנהגות אדפטיבית, נבחנו היבטים אלו של ה-Mind האנושי, בנוסף להיבטים הקלאסיים.

מהן התפיסות שיש לילדים על אודות ארטיפקטים מתנהגים?

קיימת ספרות מחקרית ענפה על התפיסות שיש לילדים ביחס לאובייקטים 'טבעיים' וארטיפקטים שהם מעשה ידי אדם, אך אינם מתנהגים (לדוגמה, Bloom, 1996; Matan & Carey, 2001; Ross, & Rosengren, 2005). בניגוד לכך, הספרות המחקרית העוסקת בתפיסות שיש לילדים על אודות ארטיפקטים מתנהגים, Mind מלאכותי, ותפיסותיהם אודות תהליכי היסק וקבלת החלטות במערכות רובוטיות – מועטה היא. לדוגמה, במבי ודאוטנהאן (Bumby & Dautenhahn, 1999), מצאו שילדים נוטים לתאר רובוטים בסביבה חברתית וכן הם נוטים 'להחיות' (animate) אותם. מיוזוסר, לוי וטליס (Mioduser, Levy & Talis, 2007) מצאו שכאשר ילדים מסיקים וחושבים על רובוטים, השפה בה הם משתמשים הופכת לטכנולוגית יותר מאשר פסיכולוגית בעקבות עבודה

לאורך זמן עם מערכות אלו. לוי ומיודוסר (Levy & Mioduser, 2007) מצאו שכאשר ילדים מסיקים מסקנות ביחס לתהליכי החשיבה של הרובוטים הם נוטים לתאר את התנהגותו בשלוש דרכים שונות: (1) אפיזודות (תיאור בסיסי של רצף אירועים ייחודי), (2) תרחישים (תיאור מובנה בו אירועים מאורגנים על בסיס תבנית חוזרת ומטרות ספציפיות), ו-(3) חוקים (תיאור ברמה גבוהה המתיחס לקשר שאינו זמני בין תנאים סביבתיים והתנהגות הרובוט).

החלל בספרות המחקרית

מסקירת הרקע התיאורטי עולות שאלות פתוחות שלא נבדקו במחקרים קודמים: (1) אך מעט ידוע לגבי התפיסות שיש לילדים ביחס לארטיפקטים מתנהגים, ובכללם רובוטים, (2) רוב המחקרים הם מסוג חקר מקרה וברובם המשתתפים היו בגילאי בית-ספר ואף בוגרים יותר, ולא הושם דגש על תקופת הגילאים הקריטית שבין גיל 5 ל-7, (3) רק שני מחקרים בחנו את ההשפעה של בניית התנהגות הרובוט בקרב בני 5-7, אך הדגש במחקרים אלו היה על היבטים אחרים ולא על התפתחות קוגניטיבית, ו-(4) למיטב ידיעתנו, לא קיימים מחקרים אשר בחנו כיצד האינטראקציה עם רובוטים עשויה להשפיע על התפתחות קוגניטיבית בכלל ובפרט על התפתחות תיאוריית ה-Mind האנושי (ToM) והמלאכותי (ToAM).

מחקר החלוץ הנוכחי הוא חלק מתכנית מחקר מקיפה אשר מטרתה הן לבחון את התפיסות שיש לילדים על אודות אובייקטים מתנהגים ואת ההשפעה של בניית התנהגות הרובוט ברמת מורכבות נמוכה (תרחיש) וגבוהה (חוק) על התפתחות ToM ו-ToAM, באמצעות מחקר שיטתי ויסודי בקרב ילדים בני 5-7. במאמר זה אנו מדווחים על תוצאות מחקר החלוץ.

מתודולוגיה

אוכלוסיית המחקר

שני ילדים בני 5 (ילד בן 5.5 וילדה בת 4.10) ושני ילדים בני 7 (ילד בן 7.5 וילדה בת 6.11) ממרכז הארץ השתתפו במחקר החלוץ. כל הילדים גויסו למחקר זה באמצעות מדגם נוחות. לילדים ניתנה סוללת מטלות ומשימות. הורי הילדים אישרו את השתתפות ילדם במחקר.

כלי המחקר

במחקר החלוץ הנוכחי נעשה שימוש בשני כלי מחקר עיקריים: (1) סביבה רובוטית ו-(2) כלים לאיסוף נתונים (מטלות לפני-אחרי ומטלות תהליך).

הסביבה הרובוטית

במחקר הנוכחי נעשה שימוש בגרסה מתקדמת של סביבת הבקרה הממוחשבת אשר עוצבה ונבדקה במחקרים קודמים על ידי מיודוסר ועמיתיו (Levy & Mioduser, 2007; Mioduser et al., 2007; Talis, Levy & Mioduser, 1998). סביבה זו כוללת ממשק משתמש על-גבי מחשב, רובוט פיזי ומשטחים לניווט הרובוט.

כלי איסוף נתונים

במחקר הנוכחי נעשה שימוש בשתי קבוצות של כלים לאיסוף נתונים: (1) מטלות לפני-אחרי ו-(2) מטלות תהליך.

(1) מטלות לפני-אחרי

לילדים ניתנה סוללה של מטלות לפני-אחרי המתייחסות לשני המשתתפים התלויים: בחינת ToM ובחינת התפתחות ToAM. (א) בחינת ToM:

במחקר זה נעשה שימוש בשתי סוללות עיקריות של מטלות: (1) מטלות אשר בוחנות היבטים קלאסיים של ToM (הבנה של אמונות מסדר ראשון, קרי, מה דני חושב שתומר חושב, ומסדר שני, קרי, מה דני חושב שתומר חושב שרוני חושבת); ו-(2) מטלות חדשות אשר בוחנות היבטים של ה-Mind האנושי המתייחסים לבקרה על התנהגות, לקבלת החלטות ולאדפטיביות ולא נכללו במחקרים קודמים אשר בחנו ToM.

(ב) בחינת התפתחות ToAM :

לצורך מחקר זה פותחו שתי סוללות של מטלות: (1) התאמה של המטלות הקלאסיות לבחינת ToM כך שיתאימו לבחינת ToAM, ו(2) מטלות חדשות לבחינת היבטים של ה-Mind המלאכותי המתייחסים לבקרה על התנהגות, לקבלת החלטות ולאדפטיביות.

סוללת מטלות אלו הועברה לילדים פעמיים: במפגש הראשון (לפני) ובמפגש האחרון (אחרי) של מחקר החלוץ.

(2) מטלות תהליך

בכדי לבחון את השפעת בניית התנהגות הרובוט על התפתחות ToM ו-ToAM, פותחו למחקר הנוכחי שתי מטלות 'תהליך' – המובחנות האחת מהשניה ברמת המורכבות שלהן. במטלה ברמת מורכבות נמוכה (תרחיש), נעשה שימוש במטלת "הליכה למגרש הכדורסל". במטלה זו מונח הרובוט בסביבה המכילה בית ספר, מגרש משחקים ומגרש כדורסל. הרובוט מונח במיקום התחלתי, והילדים מתבקשים לתכנת את הרובוט כך שיגיע למגרש הכדורסל. במטלה ברמת מורכבות גבוהה (חוק), נעשה שימוש במטלת "הרובוט המנומס". במטלה זו מונח הרובוט על גבי משטח לבן המכיל אזורים שחורים. הילדים מתבקשים לתכנת את הרובוט כך שיהיה 'מנומס' – ינוע בחופשיות על האזורים הלבנים מבלי לגעת באזורים השחורים.

תכנית והליך המחקר

ביצוע מחקר החלוץ כלל את השלבים הבאים:

- (1) מפגש לפני – סוללה הכוללת 10 מטלות לבחינת ToM ו-ToAM הועברה לכל הילדים. מפגש זה ארך בין 30-50 דקות.
- (2) מפגש בנייה – המפגש, שארך כשעה, כלל הכרות עם סביבת העבודה הרובוטית, ולאחר מכן נתבקשו הילדים לבצע את שתי מטלות הבנייה – ברמות מורכבות נמוכה וגבוהה.
- (3) מפגש אחרי – הסוללה שניתנה במפגש "לפני" הועברה בפעם השניה לכל הילדים.

הנתונים נאספו עבור כל ילד באופן נפרד, בשלושה מפגשים שארכו בין 30-60 דקות, במהלך 10 ימים. במקרים בהם היה זה רלבנטי, המראיין הפעיל "התערבות מעודדת" (Prompting (interventions, or PI), במטרה לעודד את הילדים להרחיב את ההסברים שלהם. במידה מסוימת, מעורבות זו הובילה לתשובות אשר ניתן להתייחס אליהן כקשורות לטווח ההתפתחות הקרוב של הילדים (ZPD – Zone of Proximal Development, Vygotsky, 1986). כל המפגשים צולמו בוידאו, תומללו ונותחו.

ניתוח הנתונים

לפני ניתוח הנתונים הראשוני, שני שופטים בלתי תלויים ניתחו 40% מהנתונים והגיעו להסכמה של 87% ביחס לנתונים אלו.

מצאים ראשוניים ודיון

למחקר החלוץ הנוכחי היו שתי מטרות עיקריות: (1) לבחון מהן התפיסות שיש לילדים בני 5-7 ביחס ל-Mind המלאכותי ולהתנהגות רובוטים ו(2) לבחון את ההשפעות שיש לבניית התנהגות הרובוט על התפתחות תיאוריית ה-Mind וה-Mind המלאכותי של הילדים. התמקדנו בילדים בני 5-7 היות ונמצאה התפתחות משמעותית בגילאים אלו במבנים קוגניטיביים, חברתיים, רגשיים ואנטומיים.

בהתייחס למטרת המחקר הראשונה – תפיסות הילדים, התצפיות שלנו חשפו שלושה מודלים של ה-Mind המלאכותי, המוגדרים במונחים של המובחנות מהמודל הבסיסי שלהם של ה-Mind האנושי: (1) מודל דמוי ToM (ToM-like model) – מודל המבוסס לחלוטין על המודל שיש לילדים של ה-Mind האנושי, (2) מודל ToAM מבוסס ToM (Tom-based ToAM) – מודל טכנולוגי המתייחס ל-Mind המלאכותי אך עושה שימוש באלמנטים מושאלים מהמודל של ה-Mind האנושי, ו(3) מודל ToAM טכנולוגי מלא.

מתוך התצפיות, ראינו שבמהלך מפגש הבנייה, המודל של כל הילדים של ה-Mind המלאכותי הפך, לפחות במידה מסוימת, למודל מלאכותי, כלומר קרוב למודל ToAM מלא. אף על פי כן, בעוד שהמודל של בני ה-7 התייחס להיבטים טכנולוגיים במהלך רוב המפגש, המודל של בני ה-5 התפתח במהלך מפגש הבנייה מהבנה חלקית להבנה מלאה יותר של ה-Mind המלאכותי. יחד עם זאת, הידע של כל הילדים היה חלקי ביחס ליכולת הרובוט ל'התנהג' באופן אוטונומי – בזכות העובדה שהלבנה (brick) היא חלק מהמבנה של הרובוט. כל הילדים חשבו שהמחשב נדרש בכל עת ככלי בקרה להתנהגות של הרובוט, גם אם הם זיהו שהרובוט 'למד מהזיכרון' ושייאנחנו צריכים להעביר את זה [את התכנית] אליו [אל הרובוט]... אל הזיכרון שלו [בלבנה]". הנחתנו היא, שחוסר זה בידע ותפיסות הילדים נבע מהעובדה שבמחקר חלוץ זה הילדים עבדו במפגש הבנייה בעיקר על התנהגות הרובוט וייצוג התנהגות זו במונחים של תרחישים וחוקים ולא התמקדו כלל על רכיבי הרובוט כגון הלבנה ורכיבי חומרה נוספים.

בהתייחס למטרת המחקר השנייה – השפעות של בניית ה-Mind והתנהגות הרובוט על התפתחות תיאוריית ה-Mind וה-Mind המלאכותי של הילדים, ברצוננו להתמקד בשתי נקודות עיקריות. הראשונה מתייחסת לשינוי בחשיבתם של הילדים ובטבע ההסברים שלהם במטלות ה-ToM, בייחוד במטלות המתייחסות להיבטים של קבלת החלטות ואדפטיביות. הנקודה השנייה מתייחסת ליכולתם של הילדים לחשוב על ההתנהגות המתוארות במטלות ToM ו-ToAM במונחים של המבנים העומדים בבסיס מטלות אלו: תרחישים או חוקים. תרחישים מרמזים על תיאורים זמניים ולגופם של עניין (ad-hoc), הקשורים להקשר ספציפי, בעוד שחוקים הם מבנים כלליים א-זמניים, שיכולים להיות מיושמים לטווח רחב של הקשרים. ההסברים של כל הילדים במטלות "אחרי" הצביעו על שימוש במבנים אלו. כתוצאה מכך כל הילדים (גם הצעירה ביותר) ביצעו בהצלחה את מטלת בניית ההתנהגות שדרשה בנייה על פי חוק. ממצאים אלו עולים בקנה אחד עם ממצאים קודמים בהקשר של חשיבה באמצעות חוקים ובהתייחס לשימוש בשפה טכנולוגית גם על ידי ילדים צעירים מאוד (Levy & Mioduser, 2007).

לסיכום, אנו מאמינים שמחקר חלוץ זה מספק תובנות חשובות בשתי רמות: (א) זיהוי מאפיינים בחשיבתם של הילדים ביחס לארטיפקטים אדפטיביים ומתנהגים, (ב), בחינת טבעם של כלים, ומטלות מתאימים, ו"אובייקטים עמם חושבים", המאפשרים לילדים לחוקק ולבנות מחד ולבטא את ההבנות שלהם מאידך – בהתייחס לעולם הארטיפקטים המתנהגים. ההרצאה בכנס תציג את ממצאי מחקר החלוץ הנוכחי.

מקורות

- Anderson, V., Northam, E., Hendy, J., & Wrennall, J. (2001). *Developmental Neuropsychology: A clinical approach*. Philadelphia, PA: Psychology Press.
- Baron-Cohen, S. (2001). Theory of mind in normal development and autism. *Prisme*, 34, 174-183.
- Bloom, P. (1996). Intention, history and artifact concepts. *Cognition*, 60, 1-29.
- Bumby, K. E., & Dautenhahn, K. (1999). *Investigating children's attitudes towards robots: A case study*. In Proceedings of the Third International Cognitive Technology Conference (CT '99), pp. 391-410. San Francisco: August 1999.
- Carpendale, J. I., & Chandler. M. J.(1996). On the distinction between false belief understanding and subscribing to an interpretive Theory of Mind. *Child Development*, 67(4), 1686-1706.
- Case, R. (1992). The role of frontal lobes in the regulation of cognitive development. *Brain and Cognition*, 20, 51-73.
- Chandler, M., & Lalone, C. (1996). Shifting to an interpretive theory of mind: 5- to 7-year olds' changing conceptions of mental life. In A. Sammeroff, & M. Haith (Eds.), *The five to seven year shift* (pp. 111-139). Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Druin, A. (2000). *Robots for kids: Exploring new technologies for learning experiences*. San Francisco: Morgan Kaufman / Academic Press.

- Ehri, L. C. (1999). Phases of development in learning to read words. In J. Oakhill & R. Bard (Eds.), *Reading Development and the teaching of reading: A psychological perspective* (pp. 79-108). Oxford, UK: Blackwell Publishers.
- Ehri, L. C., & McCormick, S. (1998). Phases of word learning: Implications for instruction with delayed and disabled readers. *Reading and Writing Quarterly: Overcoming Learning Difficulties, 14*, 135-163.
- Flavell, J. H. (2004). Theory-of-Mind development: Retrospect and prospect. *Merrill-Palmer Quarterly, 50*(3), 274-290.
- Flavell, J. H., Flavell, E. R., & Green, F. L. (1983). Development of the appearance-reality distinction. *Cognitive Psychology, 15*, 95-120.
- Fuster, J., M. (2001). The prefrontal cortex-an update: Time is of the essence. *Neuron, 30*, 319-333.
- Harvey, B. (1985). *Computer science logo style*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kahn, K. (1996). ToonTalk™ – An animated programming environment for children. *Journal of Visual Languages and Computing, 7*, 197-217.
- Kohlberg, L. (1981). *The philosophy of moral development: Moral stages and the idea of justice: Essays on moral development I*. San Francisco: Harper & Row.
- Kohlberg, L. (1984). *Essays on moral development: Vol. II. The psychology of moral development: The nature and validity of moral stages*. San Francisco, CA: Harper & Row.
- Levy, S.T., & Mioduser, D. (2007). Episodes to scripts to rules: Concrete-abstractions in kindergarten children's construction of robotic control rules. Accepted for publication in the *International Journal of Technology and Design Education*.
- Lewis, C., & Mitchell, P. (Eds). (1994). *Children's early understanding of mind: Origins and Development*. Hove: LEA.
- Matan, A., & Carey, S. (2001). Developmental changes within the core of artifact concepts. *Cognition, 78*, 1-26.
- Mioduser, D., Levy, S. T., & Talis, V. (2007). Does it "want" or "was it programmed to..."? Kindergarten children's explanatory frameworks of autonomous robots' adaptive functioning. Accepted for publication in the *International Journal of Technology and Design Education*.
- Morgado, L., Cruz, M.G. B., & Kahn, K. (2001). *Working with the ToonTalk with 4- and 5-year olds*. Playground International Seminar, Porto, Portugal, April 3rd 2001.
- Morrison, F. J., McMahan-Griffith, E. & Frazier, J. A. (1996). Schooling and the 5 to 7 shift: A natural experiment. In A. Sammeroff, & M. Haith (Eds.), *The five to seven year shift* (pp. 161-186). Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology, 9*, 353-358.
- Nelson, K. (1996). Memory development from 4 to 7 years. In A. Sammeroff, & M. Haith (Eds.), *The five to seven year shift* (pp. 141-160). Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: children, computers and powerful Ideas*. NY: Harvester Press.
- Perner J., & Wimmer, H. (1985). John thinks that Mary thinks that: attribution of second order beliefs by 5-year-old to 10-year-old children. *Journal of Experimental Child Psychology, 39*, 437-71.
- Pillow, B. (1991). Children's understanding of biased social cognition. *Developmental Psychology, 27*, 539-551.
- Pillow, B. (1993). *Children's understanding of biased interpretation*. Poster session presented at the biennial meeting of the society for Research in Child Development, New Orleans, LA.

- Premack, D., & Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a 'theory of mind'? *Behavioral and Brain Sciences*, 4, 515-526.
- Resnick, M. (2006). Computer as paint brush: Technology, Play, and the creative society. In Singer, D., Golikoff, R., & Hirsh-Pasek, K. (eds.), *Play = Learning: How play motivates and enhances children's cognitive and social-emotional growth*. Oxford: Oxford University Press.
- Resnick, M., Berg, R., Eisenberg, M. (2000). Beyond Black Boxes: Bringing Transparency and Aesthetics Back to Scientific investigation. *Journal of the Learning Sciences*, 9(1), 7-30.
- Resnick, M., Martin, F., Sargent, R. & Silverman, B. (1996) Programmable bricks: Toys to think with. *IBM Systems Journal*, 35(3-4), 443-452.
- Ross, B. H., Gelman, S. A., & Rosengren, K. S. (2005). Children's category-based inferences affect classification. *British Journal of Developmental Psychology*, 23, 1-24.
- Rueda, M. R, Fan, J., McCandliss, B. D., Halparin, J. D., Gruber, D. B, Lercari, L. P., & Posner, M. I. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia*, 42, 1029-1040.
- Sammeroff, A, & Haith, M. (1996). *The five to seven year shift*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Siegler, R.S. (1996). Unidimensional thinking, multidimensional thinking and characteristics tendencies of thought. In A. Sammeroff, & M. Haith (Eds.), *The five to seven year shift* (pp. 63-84). Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Takeno, J. (2006). *The self-Aware robot – a response to reactions to discovery news*. Japan: HRI Press.
- Talis, V., Levy, S. T., & Mioduser, D. (1998). *RoboGAN: Interface for programming a robot with rules for young children*. Tel-Aviv University.
- Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and language*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Wellman, H. M., Cross, D., & Watson, J. (2001). Meta-Analysis of Theory-of-Mind development: The truth about false belief. *Child Development*, 72(3), 655-864.
- Wyeth, P., & Purchase, H. C. (2000). Programming without a computer: A new interface for children under eight. *User Interface Conference, 2000. AUIC 2000*. First Australasian, 31 January-3 February, 2000.