

## מהי מערכת "חכמה" בעיני תלמידים?

מיכל בירן

[mbiran@ort.org.il](mailto:mbiran@ort.org.il)

מנהלת יחידת פיתוח תכנים ופדגוגיה במרכז למו"פ של אורט

אוניברסיטת תל אביב<sup>1</sup>

בהרצאה אציג תוצאות מחקר שנערך בשנה האחרונה, בו ביקשנו לבחון כיצד תלמידים בגילאים שונים תופשים ומבינים מהי מערכת "חכמה", ואם התפישות של התלמידים לגבי מערכות חכמות משתנות ומתפתחות עם הגיל.

הסביבה היומיומית שבה אנו חיים משופעת במערכות טכנולוגיות מגוונות המשולבות כמעט בכל היבט בחיינו. האינטראקציה היומיומית עם הטכנולוגיה משפיעה על הדרך שבה אנו חושבים, על המושגים שבהם אנו משתמשים ועל האופן שבו אנו פועלים במפגש היומיומי עם הטכנולוגיה – מרמת המשתמש הפשוט ועד לרמת המהנדס מומחה.

מרבית המערכות הטכנולוגיות בסביבתנו הן מערכות "חכמות" המבקרות את פעולתן ומשחררות את האדם ממעקב אחר פעולתן התקינה. מערכות 'חכמות' מקבלות החלטות, בניגוד למכונות המתוכננות מראש לבצע סדרת פעולות ולשנות אותן רק כתלות בהוראת האדם המפעיל. המשוב על פעולת המערכת משמש להחלטה על המשך פעולתה. כך למשל, דלת אוטומטית בסופרמרקט היא מכונה חכמה מאחר והיא יכולה לזהות כאשר ניצב בפניה גוף ויש בה יכולת להשתמש במידע זה כדי לקבל החלטות ולשנות את מצב הדלת כך שהיא תיפתח בתנאים המתאימים ותישאר סגורה בתנאים אחרים. לעומתה, תנור המיקרוגל למשל אינו מערכת חכמה, מאחר והוא מבצע סדרה של פקודות שתוכנתו מראש, ואינו 'מחליט' או מסוגל לשנות תכנות זה ללא התערבות המפעיל.

כבר מגיל צעיר, ילדים נחשפים למושגים הקשורים לבקרה או ל"חוכמה" של מערכות טכנולוגיות, ובאים באינטראקציה עם מערכות טכנולוגיות מבוקרות. מושגים אלו של מערכת "חכמה" או מבוקרת נתפשים בחשיבתם של התלמידים ומשמשים אותם בחיי היומיום.

חוקרים ותאורטיקנים שבחנו את תהליכי החשיבה והתפישה אצל ילדים לעומת מבוגרים הצביעו על כמה שינויים מהותיים החלים במהלך ההתפתחות בדרך שבה ילדים מבינים את העולם, הן מבחינת הידע העומד לרשותם והן מבחינת צורת החשיבה שלהם. שינויים אלה הם תוצר של הגיל, האינטראקציה עם הסביבה, הידע הנרכש והמבנים הקוגניטיביים ההולכים ומשתכללים עם הגיל (Piaget, 1956; Siegler, 1978). תפישות אלה קיימות עוד טרם למידה פורמלית, הן נבנות בהדרגה במהלך ההתפתחות והאינטראקציה המתמדת של הילד עם סביבתו, הן אינטואיטיביות ואינן בהכרח תואמות את התפישות המקובלות מדעית.

<sup>1</sup> עבודת גמר לקראת התואר מוסמך (M.A) ב"תקשורת ומחשבים בחינוך" באוניברסיטת תל אביב, בהנחיית פרופ' דוד מיודוסר.

בעשרים השנים האחרונות, מרבית המחקרים שביקשו לבחון את התפישות והתפישות השגויות של תלמידים בגילים שונים, התמקדו בנושאים הקשורים במדעים, ומחקרים מעטים בלבד עסקו באופן שבו ילדים מבינים או תופשים את העולם המלאכותי-טכנולוגי. מן המחקרים עולה כי למרות יחסי הגומלין היומיומיים עם מערכות טכנולוגיות מבוקרות, תלמידים רבים מתקשים בהבנת תפקודי הבקרה ובהגדרה פורמלית ומופשטת של תהליך הבקרה, ונוטים להתמקד ברכיבים בולטים וחיצוניים בפעולת המערכת. קשיים אלו בולטים יותר בקרב הגילים הצעירים בבואם להסביר את התנהגות המערכת (Scaife & Van Duuren, 1995; Mioduser et al, 1996; Levy et al, 2001).

עם זאת, קיים קושי להסיק מסקנות ברורות באשר להתפתחותם של מודלים ותפישות הבקרה עם הגיל, שכן מרבית המחקרים התמקדו בדרך כלל בשכבת גיל מצומצמת ועסקו בהיבטים שונים של מערכות מבוקרות, שמקשים על בחינה השוואתית התפתחותית.

במחקר זה ביקשנו לבחון את תפישותיהם של תלמידים בגילאים שונים לגבי המושג מערכת 'חכמה' והאופן שבו תפישות אלה מתפתחות ומתעצבות עם הגיל. תפישות התלמידים נבחנו בהשוואה להגדרה הפורמלית ההנדסית לפיה 'חוכמה' בהתקן מלאכותי טכנולוגי הינה יכולת הסתגלות ההתקן לשינויים בסביבתו וקיומו של מרכיב בקרה וקבלת החלטות.

הנחת היסוד שעמדה בבסיס מחקר זה היא שעם הגיל מתרחשים שינויים בתפישות ובמודלים של תלמידים בבואם לשפוט ולהסביר חוכמה של מערכת וכי תפישות אלה מתעצבות ומשתנות ככל שגיל התלמידים עולה, לקראת מודל מנטלי מלא יותר של מערכות חכמות.

המטרות שהוצבו למחקר זה הן:

- א. לאפיין את התפישות והמודלים הקוגניטיביים של תלמידים בגילאים שונים לגבי מערכות מבוקרות או 'חכמות'.
- ב. לבחון הבדלים בתפישתם של תלמידים בגילאים שונים את המושג 'חוכמה' בהתקנים יומיומיים מוכרים לעומת רובוטים, וכן בהתקנים בעלי רמות שונות של מורכבות ושל יכולת קבלת החלטות.
- ג. לאפיין מסלול התפתחותי בתפישת המושג 'התקן חכם' על פני רצף גילאי, תוך בחינת ההיבטים המשתנים עם הגיל בתפישת המושג.

כדי ללמוד על התפישות והמודלים הקוגניטיביים של התלמידים ביחס להתקנים חכמים, אופיינו שני משתנים – 'זיהוי חוכמה' ו'הסבר חוכמה', זאת מתוך הכרה בכך שכאשר בני אדם נדרשים לשפוט ולהסביר את פעולתו של התקן, הם נדרשים להשתמש במודל ההתקן המנטלי הקיים במוחם.

המחקר בחן את השאלות הבאות:

1. האם קיים קשר בין גיל התלמיד לבין זיהוי נכון של 'התקן חכם' ומהו סוג הקשר?
2. האם קיים קשר בין מאפייני ההתקן המוצג במטלה (סוג ההתקן ותכונות ההתקן) לבין זיהוי נכון של 'התקן חכם' ומהו סוג הקשר?
3. האם קיים קשר בין גיל התלמיד לבין הסבר המושג 'התקן חכם' ומהו סוג הקשר?

## שיטת המחקר

לבחינת שאלות אלה נדגמה אוכלוסיית המחקר, שכללה ארבע קבוצות מחקר המובחנות על פי שכבת גיל: גילאי 8-7 (תלמידי כיתה ב'), גילאי 11-10 (תלמידי כיתה ה'), גילאי 14-13 (תלמידי כיתה ח') וגילאי 17-16 (תלמידי כיתה יא').

המחקר נעשה במרביתו על פי הגישה הפוזיטיביסטית-כמותית, הן מבחינת הגדרת המשתנים והן מבחינת איסוף הנתונים וניתוחם בכלים סטטיסטיים כמותיים, תוך שילוב כלי מחקר המזוהים עם המתודולוגיה הנטורליסטית-איכותית. ההיבט הכמותי אפשר בחינה השוואתית והתפתחותית של תפישות הנבדקים והכללת תוצאות המחקר לגבי התופעה הנחקרת. ההיבט האיכותי אפשר לבחון את דפוסי החשיבה, נקודות המבט והתפישות של הנבדקים ולהשלים את ההבחנות המחקריות המבוססות על הנתונים הכמותיים.

לצורך בדיקת תפישות התלמידים לגבי מערכות 'חכמות', צולמו 8 סרטונים קצרים המדגימים את פעולתם של התקנים טכנולוגיים שונים - 4 מהסרטונים מציגים מכשירים ביתיים מוכרים: מעלית, קומקום חשמלי, מרסק מזון ידני ושואב אבק, 4 סרטונים מציגים מכוניות לגו רובוטיות המבצעות פעולות שונות. ההתקנים המוצגים בסרטונים היו שונים במידת חוכמתם ובמורכבותם, והתלמידים נתבקשו לשפוט איזה מההתקנים המוצגים חכם יותר ולנמק מדוע.

תשובות התלמידים עברו ניתוח תוכן מעמיק על פי יחידת ניתוח של היגד וקודדו למערכת קטגוריות. ניתוח התוכן התבסס על איתור, שיום ואפיון של חזרתיות ושיטתיות בחומר המילולי הגולמי שנאסף ובניית מערכת קטגוריות מתוך החזרות והתזות שנתגלו, כמקובל בשיטת המחקר האיכותית (גבתון, 2001). לאחר גיבוש הקטגוריות לניתוח עברו הנתונים גם ניתוחים סטטיסטיים המקובלים במחקר הכמותי.

## ממצאים ודין

ממצאי המחקר העיקריים העלו כי:

א. חמישה מודלים מרכזיים מאפיינים את תפישותיהם של תלמידים בכיתות ב' עד י"א לתיאור מערכת "חכמה":

**חוכמה** - דפוס זה נמצא בעיקר אצל תלמידי חטיבה עליונה, ואולם במידה מועטה ביותר. תלמידים שהחזיקו במודל כזה, תפשו את המושג מערכת "חכמה" כמערכת בעלת יכולת קבלת החלטות, הסתגלות לסביבה ויכולת איסוף ועיבוד מידע - קריטריונים התואמים להגדרה הפורמלית ההנדסית של מערכת חכמה.

**מורכבות** - דפוס זה נמצא בעיקר אצל תלמידים מגיל 10 ומעלה. התלמידים שהחזיקו במודל הסבר זה, תפשו את המושג מערכת "חכמה" כמערכת בעלת מורכבות תפקודית (מערכת בעלת מספר רב של אפשרויות פעולה) או בעלת מורכבות כללית כלשהי.

**אינטראקציה אדם-מכונה** - דפוס זה נמצא כמאפיין במידה הרבה ביותר את תפישותיהם של התלמידים בכל שכבות הגיל שנבדקו אך בעיקר בקרב תלמידים בגילאי 10-14. התלמידים שהחזיקו

בתפישה זו, התייחסו לפעולה ולהפעלה של ההתקן, ומערכת "חכמה" נתפשה כמערכת בעלת תועלת לאדם, מערכת שדורשת מעורבות מעטה של האדם או מצייתת להוראות האדם המפעיל.

**התנהגות נצפית** – דפוס זה נמצא כמודל המרכזי המאפיין את תפישותיהם של התלמידים בכל שכבות הגיל להסבר חוכמה של רובוטים. התלמידים שהחזיקו בתפישה מסוג זה התייחסו להתנהגות ההתקן ולתוצר פעולתו, כאשר מערכת "חכמה" נתפשת כמערכת בעלת תפקוד חכם, אוטומטי, יעיל או אוטונומי.

**תיוג כטכנולוגי** – דפוס זה נמצא כמאפיין במידה הנמוכה ביותר את תפישותיהם של התלמידים בכל שכבות הגיל, ועיקרו תפישה של כל ארטיפקט טכנולוגי, חשמלי, מודרני או חדשני כהתקן "חכם".

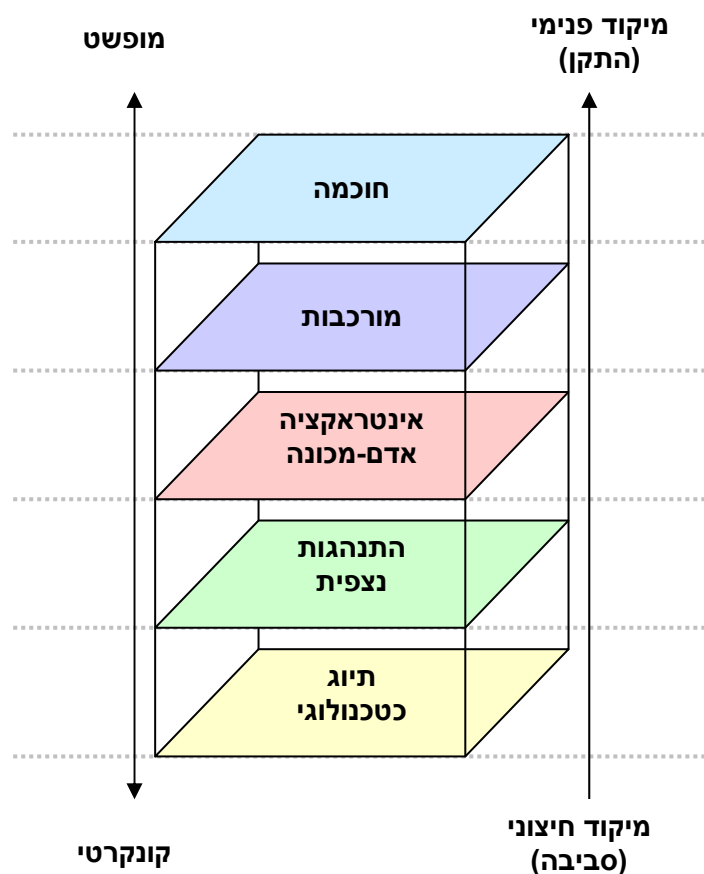
ניתן לראות כי המודלים המרכזיים המאפיינים את תפישותיהם של תלמידים בכיתות ב' עד יא' לגבי מערכת "חכמה" הם אלה היוצאים מנקודת מבט של משתמש וצרכן טכנולוגיה השופט את ההתקנים במונחים של אינטראקציה עם הטכנולוגיה, במיוחד לגבי מכשירים יומיומיים. במקרה של התקנים פחות מוכרים מסוג רובוטים, שכיחים מודלים המודרכים על פי רמזים חיצוניים של התנהגות המערכת בסביבתה החיצונית.

ב. גיל התלמידים מהווה גורם משמעותי ביכולתם של הילדים להסביר את מושג החוכמה במערכות טכנולוגיות.

עם העלייה בגיל, אפשר להצביע על כמה דפוסים של שינוי במודלים המנטליים להסבר חוכמה:

1. **הבנה של רעיון הבקרה** – עם הגיל, יש עלייה בשכיחות תפישותיהם של תלמידים את מרכיב הבקרה כאחראי לחוכמה של מערכת, דבר הבא לידי ביטוי בעלייה ליניארית ביכולתם של התלמידים לזהות נכונה מערכות חכמות, ובשימוש גובר במושגי בקרה להסבר חוכמה של מערכת. עם זאת, נראה כי התפתחות תפיסת מושג החוכמה מתרחשת באטיות, שכן גם בגילים הבוגרים יותר, התלמידים נוטים להחזיק בכמה תפישות במקביל.
2. **התייחסות לרעיונות ועקרונות מופשטים** – תפישתם של תלמידים את המושג "חוכמה" במערכות טכנולוגיות מתפתחת עם הגיל מתפישה קונקרטית המתמקדת ברמת ההתנהגות הגלויה של המערכת, במוחשי ובנתפס, ובתפקוד ההתקן בסביבתו החיצונית. בהסברים ברמה זו, מרכיב הבקרה או החוכמה של המערכת נתפש בעיקר במונחים התנהגותיים המשתקפים בתיאורים של "מה המערכת עושה" מאשר "איך ולמה" היא מתנהגת כך. עד למודלים ברמה הגבוהה יותר, המתייחסים לתהליכים מופשטים ומרכיבים פנימיים של מורכבות, בקרה והסתגלות שאינם גלויים לעין ומתקרבים למודלים סיבתיים מלאים יותר. נראה אם כן כי גם אם קיימת מעורבות רבה של התלמידים עם ההתקנים בסביבתם כצרכנים ומשתמשים בטכנולוגיה, עדיין אין הממצאים מעידים על יכולת טובה לנתח את המרכיב ההנדסי כאחראי לחוכמה של התקן, מתוך הבנת המערכת הפנימית והתייחסות לסביבה החיצונית במקביל.
3. **טרמינולוגיה ואוצר מילים** – ככל שגיל התלמידים עולה, אוצר המילים להסבר חוכמה נעשה עשיר ומקצועי יותר, ועושה שימוש רב יותר בטרמינולוגיה מתחום התכנות, הטכנולוגיה וההנדסה ופחות בביטויים של האנשה.

איור 1: מדרג המודלים להסבר חוכמה



4. **מיקוד המודלים** – ככל שגיל התלמידים עולה, אפשר לראות שינוי בדגשים של המודלים בתוך מארג יחסי הגומלין בין האדם לטכנולוגיה: מהתמקדות בסביבה החיצונית של המערכת, ובעיקר באדם כמשתמש בטכנולוגיה וכמושפע מהטכנולוגיה, הדגש הולך ומוסט לכיוון הסביבה הפנימית של המערכת עצמה ולהיבטים מבניים ותפקודיים כאחד.

השלכותיו של מחקר זה נוגעות להיבטים תיאורטיים-מחקריים ולהיבטים קוריקולריים-מעשיים הקשורים בלימוד המושגים המרכזיים בתחום המערכות המבוקרות. ממצאי ומסקנות המחקר תורמים למיפוי מרחב הידע והתפישות של תלמידים לגבי מערכות מבוקרות ולאיפיון מסלול התפתחותי בתפישת מושגי החוכמה והבקרה במערכות ומהווים כר למחקר המשך בתחום.

בהיבטים של פיתוח קוריקולרי והוראה, ההבנה כיצד תלמידים בשכבות גיל שונות תופשים ומבינים מושגים ועקרונות הקשורים לבקרה או ל'חוכמה' במערכות, מסייעת למפתחי תוכניות לימודים לקבל החלטות קוריקולריות ולפתח חומרי הוראה מתאימים. מחקרים הראו כי רק תוכנית לימודים הלוקחת בחשבון את התפישות והסכמות הפנימיות של התלמיד ומבוססת על הבנה מעמיקה של התפתחות הבנת המושג עם הגיל, עשויה להוות אמצעי הוראה מוצלח ויעיל. למורים בתחום הטכנולוגיה, מסייעים ממצאי המחקר לממש בהצלחה את תוכניות הלימודים, להטיב את הוראת המושגים בבתי הספר ברמות הגיל השונות ולקדם את הבנות התלמידים בתחום.

## ביבליוגרפיה

- ברנד, ר. (1996). תפישות שגויות והשפעתן על הלמידה או איך זה שלא למדו? הרי אמרתי להם? **אאוריקה - כתב עת להוראת מדעים וטכנולוגיה**, גיליון 1, 4-9.
- Brandes, A.A. (1996). Elementary school children's images of science. In Y. Kafai & M. Resnick (Eds.) *Constructionism in Practice*. (pp. 37-69). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Clement, J. Brown D.E. & Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: finding anchoring conceptions; for grounding instruction of students' intuitions. *International Journal of Science Education*, 11, 554-565.
- Hegarty, M. (1988). Mental models of mechanical systems: Individual differences in qualitative and quantitative reasoning. *Cognitive Psychology*, 20(2), 191-236
- Kieras, D. & Bovair, S. (1984). The Role of a Mental Model in Learning to Operate a Device. *Cognitive Science*, 9 (3), 255-273.
- Levy, S.T., Mioduser, D., Talis, V. (2001). Concrete-abstractions stage in kindergarten children's perception and construction of robotic control rules. *PATT conference: New media in Technology Education*, March 8-13, Haarlem Holland.
- Mioduser, D., Venezky, R.L. & Gong, B. (1996). Student's perceptions and design of simple control systems. *Computers in Human Behavior*, 12(3), 363-388
- Piaget, J. (1956). *The Child's Conception of Physical Causality*. Littlefield: Adams & Co.
- Rzevski, G. (1995). Fundamentals: Intelligent Machines. In G. Rzevski (Ed.), *Mechatronics, Designing Intelligent Machines*, Vol. 1: Perception, Cognition and Execution. Butterworth, Henemann, The Open University.
- Sanderson, P. & Murtagh, J. (1990). Predicting fault diagnosis performance: Why are some bugs hard to find? *IEEE Transactions of Man Systems and Cybernetics*, 20(1), 274-283.
- Scaife, M & Van Duuren, M. (1995) Do computers have brains? What children believe about intelligent artifacts. *British Journal of Developmental Psychology*, 13, 321-432.
- Siegler, R.S. (1978). The origins of scientific reasoning. In R. S. Siegler (Ed.), *Children's thinking: what develops?* (Chapter 5). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- White, B.Y. & Frederiksen, J.R. (1990). Casual models as intelligent learning environments for science and engineers education. In W. Worn (Ed.). *Casual AI Models* (pp. 83-106). New York: Hemisphere Publishing Corp.