

קידום חשיבה גיאומטרית והרגלי חשיבה הנדסית בקרב תלמידי
בית ספר יסודי באמצעות למידה מבוססת רובוטיקה ופתרון בעיות
(פוסטר)

אורנית ספקטור-לוי
אוניברסיטת בר-אילן
ornit.spektor-levy@biu.ac.il

ארתור זמשמן
אוניברסיטת בר-אילן
Arthur@ytek.co.il

Enhancing Elementary School Students' Geometrical Thinking and
Engineering Habits of Mind through Robotic-Based and
Problem-Based Learning
(poster)

Arthur Zamshman
Bar-Ilan University
arthur@ytek.org.il

Ornit Spektor-Levy
Bar-Ilan University
ornit.spektor-levy@biu.ac.il

Abstract

This study investigated the impact of a robot-based and problem-based learning (PBL) environment on students' geometric and engineering thinking, and students' perceptions of this environment. Studies show the advantages of physical robots like the "Scribbler" over virtual ones such as the Logo programming turtle. For the current study, a learning environment was developed integrating physical robot operation through a visual programming interface. Students programmed robots to draw geometric shapes while solving problems. This approach emphasizes viewing shapes as dynamic entities, requiring learners to consider both the whole shape and its parts as a system, reflecting *system thinking* which is one of the engineering habits of mind (EHoM). EHoM were evident in the learning process within the developed environment. The primary aim was to assess the impact of the learning environment on students' geometric thinking levels, the environment's role in aiding understanding as reported by students, and the development of EHoM compared to traditional methods. Research tools included a geometric knowledge questionnaire, video analyses of problem-solving processes, and student interviews. The pilot phase involved fifth-grade students (N=78). The intervention group experienced the robot-based and PBL environment. Results showed significant improvements among the intervention group in geometric thinking and EHoM, particularly in *visualizing*, *creative problem-solving*, and *improving*. These pilot findings suggest the potential contribution of this environment to learners, emphasizing its validity and reliability. These results show the feasibility of conducting a broader study with a larger population.

Keywords: Geometrical thinking, Engineering Habits of Mind, Robot-based learning, Problem-based learning.

תקציר

המחקר בוחן את ההשפעה של סביבת למידה מבוססת רובוטיקה ופתרון בעיות על חשיבה גיאומטרית וחשיבה הנדסית ואת המאפיינים של סביבה זו, המסייעים לתלמידים על פי עדותם.

במסגרת מחקר זה פותחה סביבת למידה המשלבת הפעלת רובוט ממשי באמצעות ממשק תכנות ויזואלי. התלמידים מתכנתים את הרובוטים לשרטט צורות גיאומטריות כדי לפתור בעיות. גיאומטריה נחשבת למקצוע מורכב. הקושי נעוץ, בין היתר, ב"תרגום" אפיונים הצהרתיים (declarative specifications) לאפיונים תהליכיים (procedural specifications). פפרט (1990) הצביע על תרומתה של סביבת למידה טכנולוגית בהתמודדות עם קושי זה. למשל, מקבילית תואר על ידי סדרת פעולות אותה ישרטט התלמיד באמצעות כלי טכנולוגי תוך שימוש בתכונותיה: צלעות וזוויות נגדיות שוות, סכום הזוויות הצמודות 180° ועוד. התכנות דורש מהתלמידים להכיר את התכונות הגיאומטריות של הצורות ולהתבונן עליהן כעל נקודה הנעה בזמן ולא כעל אוסף נקודות סטטיות. התבוננות שכזו מחייבת את הלומד להסתכל הן על הצורה הגיאומטרית בשלמותה והן על אוסף מרכיביה, למעשה כמערכת. חשיבה מערכתית היא גם אחד ממאפייני החשיבה ההנדסית. לוקס וחובריו (2014) הגדירו את מאפייני החשיבה ההנדסית, הכוללת שישה הרגלי חשיבה הנדסית, כמו, חשיבה מערכתית, המחשה, שיפור ופתרון בעיות בדרכים יצירתיות. הרגלי חשיבה אלו באים לידי ביטוי בתהליך הלמידה בסביבה שפותחה לצורך מחקר זה.

רובוטים לימודיים הפכו לחלק אינטגרלי בסביבות למידה טכנולוגיות. מחקרים מעידים על היתרון של רובוטים ממשיים, כדוגמת רובוט "משרבט" (Scribbler), בפיתוח חשיבה מתמטית ותפיסה מרחבית, על פני רובוטים וירטואליים, כגון הצב בתוכנת לוגו. תכנות של רובוט ממשי מעודד את התלמידים לשיתוף פעולה בדיון על תכנון המסלול, חלוקת התפקידים, הקלדת פקודות, הנחת הרובוט בנקודת ההתחלה וכד'. לעומת זאת, תכנות של רובוט וירטואלי אמנם מגיב מיידי, אך מעודד ניסוי וטעיה. כתוצאה מכך, רק הילד שמקליד את הפקודות פעיל ויתר חברי הקבוצה נשארים לרוב פסיביים. בנוסף, "קסם" התזוזה במרחב הפיזי של רובוטים ממשיים הופך את תהליך הלמידה לחווייה מהנה.

לאור האמור לעיל, נוסחו השאלות הבאות: באיזו מידה סביבת למידה המשלבת רובוטים ממשיים ופתרון בעיות, מקדמת חשיבה גיאומטרית בהשוואה לסביבה המסורתית? אילו מאפיינים של הסביבה מסייעים לתלמידים, על פי עדותם, בהבנת גיאומטריה? באיזו מידה הסביבה מקדמת פיתוח הרגלי חשיבה הנדסית בהשוואה לסביבה המסורתית? כלי המחקר היו: שאלון ידע גיאומטרי כמותי, ניתוח תצפיות (וידיאו) על תהליך פתרון בעיות וראיונות עם התלמידים.

שלב הפיילוט כלל שתי קבוצות תלמידים (N=78) מכיתות ה' שלמדו יחידת לימוד בגיאומטריה. קבוצת ההתערבות למדה בסביבה שפותחה וקבוצת ההשוואה למדה באופן מסורתי.

הממצאים מעידים על שיפור מובהק במדדי החשיבה הגיאומטרית בקבוצת ההתערבות לעומת קבוצת ההשוואה. כמו כן, סביבת הלמידה שיפרה 3 מתוך 6 הרגלי חשיבה הנדסית: "המחשה", "פתרון בעיות בדרכים יצירתיות" ו"שיפור". תוצאות הפיילוט מצביעות שיש מקום למחקר רחב יותר.

מילות מפתח: חשיבה גאומטרית, הרגלי חשיבה הנדסית (EHoM), למידה מבוססת רובוטיקה, למידה מבוססת פתרון בעיות (PBL).

מקורות

- Alimisis, D., & Kynigos, C. (2009). Constructionism and robotics in education. In D. Alimisis (Ed.), *Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods* (pp. 11-26). Patras, Greece: School of Pedagogical and Technological Education.
- Blanchard, S., Freiman, V., & Lirrete-Pitre, N. (2010). Strategies used by elementary schoolchildren solving robotics-based complex tasks: Innovative potential of technology. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2 (2), 2851-2857.
- Burleson, W. S., Harlow, D. B., Nilsen, K. J., Perlin, K., Freed, N., Jensen, C. N., ... & Muldner, K. (2017). Active learning environments with robotic tangibles: Children's physical and virtual spatial programming experiences. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 11(1), 96-106.

- Capobianco, B. M., Ji, H. Y., & French, B. F. (2015). Effects of engineering design-based science on elementary school science students' engineering identity development across gender and grade. *Research in Science Education, 45* (2), 275-292.
- Castledine, A. R., & Chalmers, C. (2011). LEGO robotics: An authentic problem-solving tool? *Design and Technology Education, 16* (3), 19-27.
- Catlin, D. (2019). Beyond coding: back to the future with education robots. *Smart Learning with Educational Robotics: Using Robots to Scaffold Learning Outcomes*, 1-41.
- Giroto, V., Lozano, C., Muldner, K., Burleson, W., & Walker, E. (2016, May). *Lessons learned from in-school use of rtag: A robo-tangible learning environment*. In Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 919-930).
- Huang, L., Gillan, D., & Varnado, T. (2015). Using Robotics Education to Improve Problem Solving Skills, Metacognition, and Self-efficacy .
- Kayan-Fadlelmula, F., Sellami, A., Abdelkader, N., & Umer, S. (2022). A systematic review of STEM education research in the GCC countries: Trends, gaps and barriers. *International Journal of STEM Education, 9*(1), 1-24.
- 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.
- Kim, S., & Lee, C. (2016). Effects of robot for teaching geometry to fourth graders. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education (formerly CAL-laborate International), 24*.(2)
- La Paglia, F., Rizzo, R., & La Barbera, D. (2011). Use of robotics kits for the enhancement of metacognitive skills of mathematics: a possible approach. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*.
- Lehrer, R., Randle, L., & Sancilio, L. (1989). Learning preproof geometry with LOGO. *Cognition and Instruction, 6*(2), 159-184.
- Lucas, B., Claxton, G., & Hanson, J. (2014). Thinking Like an Engineer: Implications for the education system.
- Papert, S. (1990). Children, computers and powerful ideas. New York: Basic Books, 10(1990), 1095592.
- Ramos, F., & Espinosa, E. (2003). A self-learning environment based on the PBL approach: an application to the learning process in the field of robotics and manufacturing systems. *International Journal of Engineering Education, 19* (5), 754-758.
- Robinson, J. A. (1998). Engineering thinking and rhetoric. *Journal of Engineering Education, 87* (3), 227-229.
- Savard, A., & Freiman, V. (2016). Investigating Complexity to Assess Student Learning from a Robotics-Based Task. *Digital Experiences in Mathematics Education, 2* (2), 93-114.
- Shechter, T., Eden, S., & Spektor-Levy, O. (2021). Preschoolers' Nascent Engineering Thinking During a Construction Task. *Journal of Cognitive Education and Psychology, 20*(2), 83-111.
- Yudianto, E., Sugiarti, T., & Trapsilasiwi, D. (2018). The identification of van Hiele level students on the topic of space analytic geometry. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 983, No. 1, p. 012078). IOP Publishing.
- Usiskin, Z. (1982). *Van Hiele Levels and Achievement in Secondary School Geometry*. CDASSG Project.
- Van Hiele, P. M. (1999). Developing geometric thinking through activities that begin with play. *Teaching Children Mathematics, 5* (6), 310-316.
- Walker, E., Giroto, V., Kim, Y., & Muldner, K. (2016, July). *The effects of physical form and embodied action in a teachable robot for geometry learning*. In 2016 IEEE 16th international conference on advanced learning technologies (ICALT) (pp. 381-385). IEEE.