

בין הווירטואלי לממשי: קידום חשיבה חישובית של סטודנטים בסביבת למידה מונחית רובוט אנושי מול מבוססת סימולטור

נגה רזניק

HIT מכון טכנולוגי חולון
nogal@hit.ac.il

מאיה אושר

HIT מכון טכנולוגי חולון
mayau@hit.ac.il

דן כהן-וקס

HIT מכון טכנולוגי חולון
mrkohen@hit.ac.il

גלעד ברונסטיין

HIT מכון טכנולוגי חולון
giladbr@my.hit.ac.il

Bridging Virtual and Physical: Promoting Students' Computational Thinking in Robot-Guided vs. Simulator-Based Learning Environments

Maya Usher

HIT Holon Institute of Technology
mayau@hit.ac.il

Noga Reznik

HIT Holon Institute of Technology
nogal@hit.ac.il

Gilad Bronshtein

HIT Holon Institute of Technology
giladbr@my.hit.ac.il

Dan Kohen-Vacs

HIT Holon Institute of Technology
mrkohen@hit.ac.il

Abstract

Computational thinking (CT) is considered an essential skill for higher education students, enabling them to solve problems systematically and think algorithmically. A key component of CT is computational creativity, which allows students to generate novel solutions within programming constraints. Humanoid robots are being explored as a promising tool for enhancing CT skills, particularly in fostering teamwork and creativity in collaborative settings. However, gaps remain in understanding how different learning modalities impact the development of these skills. This study explores and compares students' computational creativity and CT skills in humanoid robot-guided and simulation-based collaborative learning environments. The study involved 71 undergraduate students, who worked on two CT activities in small groups. Students' proposed solutions were either executed by a humanoid robot or through a simulated robot. Employing a repeated measures design, groups switched between modalities to allow comparison. Data were collected via group log data and individual pre- and post-intervention questionnaires. The analysis revealed significant differences in computational creativity between the two learning modalities. Students demonstrated a greater tendency to experiment with unconventional and complex solutions when working with the robot. However, certain aspects of problem-solving, such as block variety, were found to be unaffected by the learning environment. Additionally, students reported higher levels of CT skills, particularly in creative thinking and collaboration, following the robot-guided activity. These findings suggest that the physical presence of a humanoid robot may significantly contribute to the development of CT skills, especially in promoting creativity, collaboration, and effective social interaction.

Keywords: Collaborative learning, computational creativity, computational thinking, higher education, robot-guided learning.

תקציר

חשיבה חישובית (CT) נחשבת למיומנות חיונית עבור סטודנטים בהשכלה הגבוהה, המסייעת להם לפתור בעיות בצורה שיטתית ולחשוב באופן אלגוריתמי. מרכיב מרכזי ב-CT הוא יצירתיות חישובית, המאפשרת יצירת פתרונות חדישים במסגרת מגבלות תכנותיות. רובוטים אנושיים נחשבים ככלי מבטיח לשיפור מיומנויות CT, בעיקר בהקשר של עבודת צוות ויצירתיות בסביבות למידה שיתופיות. עם זאת, קיים פער מחקרי באשר לאופן בו סביבות למידה שונות עשויות להשפיע על פיתוח מיומנויות אלו. מחקר זה בוחן ומשווה את היצירתיות החישובית ומיומנויות ה-CT של סטודנטים בסביבת למידה שיתופית מונחת רובוט אנושי מול כזו מבוססת סימולטור. 71 סטודנטים לתואר ראשון חולקו לקבוצות קטנות והשתתפו בשתי פעילויות CT, כאשר הפתרונות שפותרו על ידם ניתנו להרצה או באמצעות רובוט אנושי או דרך סימולטור המציג רובוט מונפש. תוך שימוש במערך מדידות חוזרות, הקבוצות הוקצו באופן אקראי להתחיל את הפעילות בסביבה מונחת הרובוט או מבוססת הסימולציה, ובמפגש העוקב החליפו ביניהן. נתוני המחקר נאספו מקבצי לוג של פעילות הקבוצות ושאלון מסכם לאחר כל פעילות. הניתוח חשף הבדלים משמעותיים ביצירתיות החישובית של הסטודנטים בין שתי סביבות הלמידה. נמצא כי הסטודנטים נטו להתנסות בפתרונות פחות שגרתיים ואף מורכבים יותר בעת העבודה בתיווכו של הרובוט. מנגד, היבטים מסוימים של פתרון בעיות, כגון מגוון הבלוקים, לא הושפעו באופן מובהק מסביבת הלמידה. בנוסף, הסטודנטים דיווחו על רמות גבוהות יותר של מיומנויות CT לאחר הפעילות מונחת הרובוט, בעיקר במימדים של חשיבה יצירתית ושיתוף פעולה. נראה כי הנוכחות הפיזית והמשוב הממשי של הרובוט עשויים לתרום רבות לפיתוח מיומנויות CT בקרב סטודנטים, עם דגש על קידום יצירתיות, שיתופיות ואינטראקציה חברתית יעילה.

מילות מפתח: השכלה גבוהה, חשיבה חישובית, יצירתיות חישובית, למידה מונחת רובוט, למידה שיתופית.

הקדמה

בעולם הטכנולוגי של ימינו, חשיבה חישובית (CT) מוכרת כמיומנות קריטית למאה ה-21, המסייעת לסטודנטים לגשת לאתגרים בצורה שיטתית, לחשוב באופן אלגוריתמי ולפתח פתרונות יצירתיים בעיות, זיהוי תבניות, הפשטת פרטים מסוימים ותכנון פתרונות צעד-אחר-צעד (Wing, 2006; Chen & Chung, 2023; Israel-Fishelson & HersHKovitz, 2019; HersHKovitz et al., 2022). מיומנות זו כוללת פירוק אתגרים לתתי-CT. אינה מוגבלת רק למדעי המחשב, כיום היא נחשבת למסגרת בינתחומית המשפרת את יכולות פתרון הבעיות בתחומים כמו הנדסה, מדעים, מתמטיקה ואף מדעי הרוח (Wing, 2022; Luhmann & Burghardt, 2022). באמצעות טיפוח מיומנויות אלו, צוותי ההוראה יכולים להכין את הסטודנטים לקריירות עתידיות שדורשות הן מומחיות טכנית והן פתרון בעיות יצירתי (Usher & Barak, 2024; Rehmat et al., 2020). מחקרים עדכניים בוחנים כלים חדשניים לקידום מיומנויות CT בקרב סטודנטים, כאשר שילוב רובוטים אנושיים מתגלה כגישה מבטיחה (Hsu et al., 2022; Kurtz & Kohen-Vacs, 2022). האינטראקציה המעשית והמשוב בזמן אמת שרובוטים דמויי אדם אלו מספקים מאפשרים לסטודנטים לראות מיידית את תוצאות האסטרטגיות התכנותיות שלהם, מה שהופך את תהליך הלמידה למערב ומוחשי יותר (Evripidou et al., 2021; Rehmat et al., 2020). בסביבות שיתופיות, תכנות רובוטים אנושיים עשוי לסייע לסטודנטים לפתח מיומנויות חיוניות כמו עבודת צוות ויצירתיות (Ardito et al., 2020; Kurtz & Kohen-Vacs, 2022). מרכיב מרכזי ב-CT הינו יצירתיות, אשר לעיתים מכונה יצירתיות חישובית כשזו מיושמת במסגרת חישובית. יצירתיות זו מאפשרת לסטודנטים לייצר פתרונות חדשים במסגרת מגבלות תכנותיות וחשיבה אלגוריתמית (HersHKovitz et al., 2019), ומקדם שילוב הוליסטי יותר של CT בסביבות חינוכיות (Israel-Fishelson & HersHKovitz, 2022). מחקרים הראו כי שילוב זה לא רק משפר מיומנויות CT של סטודנטים, אלא גם מעודד חשיבה ביקורתית ויכולת לייצר פתרונות חדשים (Israel-Fishelson & HersHKovitz, 2022). לפיכך, שילוב כלים כמו רובוטים אנושיים עשוי להציע הזדמנויות ייחודיות לסטודנטים לעסוק ביצירתיות חישובית, המשלבת פיתוח מיומנויות טכניות עם חדשנות ושיתוף פעולה. בשנים האחרונות, ניתוח למידה הפך לכלי רב עוצמה למדידת יצירתיות באמצעות מעקב אחר פעילויות הסטודנטים במערכות דיגיטליות (Marrone & Cropley, 2022; Chou et al., 2024). שיטות אלו מאפשרות זיהוי דפוסים בתהליכי פתרון הבעיות של סטודנטים ולכידת רגעים של מקוריות וסטייה מאסטרטגיות שגרתיות

(Hershkovitz et al., 2019; Kovalkov et al., 2021). בכך, ניתוח למידה מספק תובנות חסרות תקדים על תהליכי יצירתיות, ומציע משוב רציף הן למחנכים והן לסטודנטים, תוך קידום פיתוח היצירתיות לאורך זמן. למרות מחקר הולך וגובר בתחום, נותרו פערים בהבנה כיצד סטודנטים מפתחים מיומנויות CT ויצירתיות חינוכית (Israel-Fishelson & Hershkovitz, 2022), במיוחד בהשוואת האופן שבו סביבות למידה שונות משפיעות על מיומנויות אלו. בנוסף, למרות שנעשה שימוש בניתוח למידה למדידת יצירתיות (Chou et al., 2024; Marrone & Cropely, 2022), יש צורך במחקר אמפירי נוסף הבוחן זאת בהשכלה הגבוהה. המחקר הנוכחי מתמודד עם פערים אלו על ידי בחינת ההבדלים ביצירתיות חינוכית ובמיומנויות CT של סטודנטים בין סביבת למידה שיתופית מונחת רובוט אנושי וסביבה מבוססת סימולטור.

מטרה ושאלות המחקר

מטרת המחקר הינה לבחון ולהשוות את היצירתיות החינוכית ומיומנויות החשיבה החינוכית (CT) של סטודנטים לתואר ראשון בסביבת למידה שיתופית מונחת רובוט וסביבה מבוססת סימולטור. מטרה זו העלתה את שתי שאלות המחקר הבאות:

1. כיצד משפיעה סביבת הלמידה מונחת הרובוט ומבוססת הסימולטור על היצירתיות החינוכית של סטודנטים לתואר ראשון?
2. כיצד סביבות למידה אלו משפיעות על מיומנויות ה-CT של הסטודנטים?

אוכלוסיית וסביבת המחקר

המחקר כלל 71 סטודנטים בשנה א' בתואר ראשון בטכנולוגיות למידה (59 נשים ו-12 גברים) שלקחו חלק בקורס חשיבה חינוכית. הסטודנטים חולקו ל-23 קבוצות קטנות של 3-4 משתתפים. המחקר התפרס על פני שני מפגשי הרצאה נפרדים במהלך שנת הלימודים תשפ"ד. במפגש הראשון, מחצית מהכיתה הוקצתה באופן אקראי לעבוד בסביבת הלמידה מונחת הרובוט, בעוד שהנותרים עבדו בסביבה מבוססת הסימולטור. במפגש העוקב, הקבוצות החליפו תנאים. המשימות הלימודיות היו זהות בשתי הסביבות והציגו בפני הסטודנטים אתגרי CT הקשורים למבני תכנות חיוניים, כולל לולאות, תנאים ומשתנים. הסטודנטים נדרשו לפתח פתרונות תוך שימוש בשפת תכנות מבוססת בלוקים ואלו מומשו או באמצעות הסימולטור המאוייר והמונפש או באמצעות רובוט פיזי דמוי אדם (NAO גרסה 6.00), שהציע אינטראקציה בעולם האמיתי ומשוב מיידי. ההשתתפות במחקר הייתה וולונטרית, והסטודנטים חתמו על טופס הסכמה מדעת לפני תחילת המחקר.

שיטת המחקר, כלי המחקר וניתוח

במחקר זה נעשה שימוש במערך ניתוח שונות במודל מעורב מסוג מדידות חוזרות (repeated measures) בכדי לבחון את ההשפעה של למידה שיתופית מונחת רובוט ומבוססת סימולטור על היצירתיות החינוכית ומיומנויות ה-CT של סטודנטים. הנתונים נאספו משני כלי מחקר: קבצי לוג של פעילות קבוצות הסטודנטים ושאלון CT מסכם לאחר כל פעילות.

קבצי הלוג הקבוצתיים חולצו מהמערכת המקוונת שפותחה למחקר זה ועקבה אחר פעילות הקבוצות בזמן אמת בשתי סביבות הלמידה. ארבעה מימדים נותחו בכדי לבחון יצירתיות חינוכית:

1. אורך רצף – חושב על ידי ספירת המספר הכולל של בלוקים בהם נעשה שימוש בפתרון כולו.
2. מגוון בלוקים – חושב על ידי ספירת סוגי הבלוקים (למשל, לולאות, תנאים, משתנים) המשמשים בבניית הפתרונות.
3. מורכבות מבנה – חושב על ידי ספירת שכבות היררכיות או מבנים מקוננים (לדוגמה, לולאות בתוך לולאות והצהרות מותנות בתוך בלוקים אחרים) בפתרון הכולל.
4. חידוש – חושב על ידי מדידת השימוש בבלוקים לא שכיחים, תוך ספירת בלוקים ייחודיים שאינם כלולים ברשימה המוגדרת מראש של דפוסים נפוצים.

שאלון מסכם אינדיקטורי חולק לסטודנטים לשם הערכת מיומנויות ה-CT שלהם לאחר השתתפותם בכל אחת משתי פעילויות הלמידה. השאלון הותאם ממחקר קודם (Korkmaz et al., 2017) וכלל 15 פריטים שנועדו להעריך מיומנויות CT על פני חמישה מימדים: יצירתיות, חשיבה אלגוריתמית, שיתוף פעולה, חשיבה ביקורתית ופתרון בעיות. המשתתפים דירגו כל פריט בסולם ליקרט הנע בין 1 ("כלל לא") ל-5 ("במידה רבה מאוד"). השאלון המסכם הועבר בסיומה של כל פעילות לימודית, בין אם מונחת הרובוט או מבוססת הסימולטור. פריט לדוגמה מן השאלון תחת מימד ה"יצירתיות": "אני מאמינה שאני מסוגלת לפתור בעיות העולות להתרחש כאשר אני נתקלת במצב חדש". פריט לדוגמה מן השאלון תחת מימד "שיתוף פעולה":

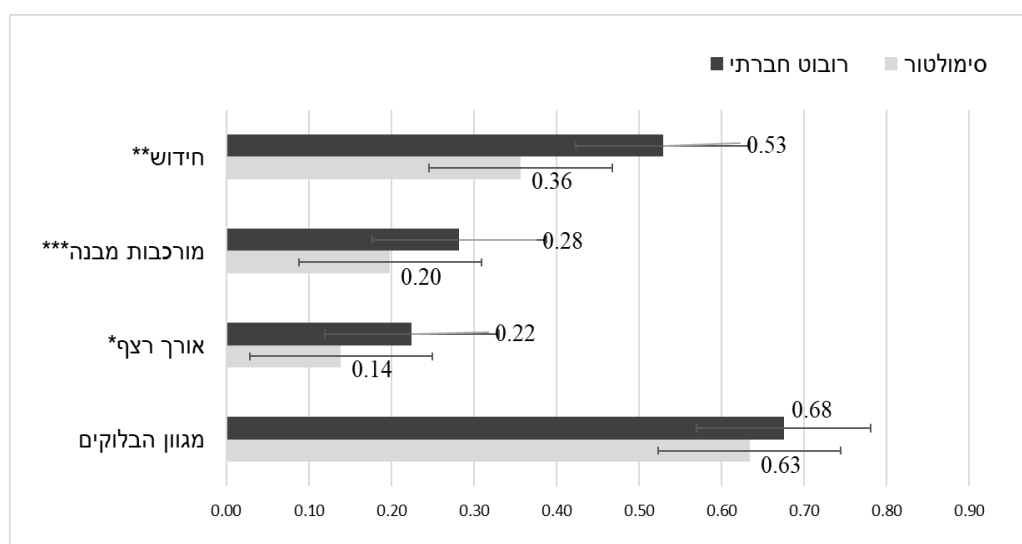
"רעיונות חדשים עולים לי לרוב כשאני לומד עם אנשים נוספים". בנוסף, השאלון המסכם כלל ארבע שאלות דירוג שמטרתן להעריך את מידת ההנאה של הסטודנטים מהפעילות וכן את הקשיים שעלו בעת השתתפותם בפעילויות. העקיבות הפנימית של השאלונים הוערכה באמצעות מקדם α של Cronbach, עם ערך של 0.94. עבור השאלון המסכם הראשון ו-0.90. עבור השני.

על מנת לבחון את ההבדלים ביצירתיות החישובית של הסטודנטים בין שתי סביבות הלמידה, ערכנו ניתוח כמותי של קבצי הלוגים הקבוצתיים שחולצו מיומני המערכת שפותחה. לאחר הניקוי, מערך הנתונים כלל כ-11,000 שורות, שעברו התממה ואובטחו לשם המשך ניתוח. לכל אחד מארבעת המימדים המרכזיים לבחינת יצירתיות חישובית שנבחרו לניתוח היו בתחילה סולמות מספריים שונים, שכן הם ייצגו סוגים שונים של פעילויות, שלחלקן היה טווח מספרי גדול יותר (לדוגמה, אורך הרצף כלל בדרך כלל יותר שלבים, בעוד שהחידוש התמקד בפעולות ייחודיות יותר). בכדי לאפשר השוואות משמעותיות, הנתונים עברו סטנדרטיזציה, תוך שינוי קנה מידה של כל המימדים לטווח שבין 0 ל-1. בוצעה סדרת מבחני t למדגמים מזווגים בכדי להשוות בין פעילויות קבוצת הסטודנטים בשתי סביבות הלמידה, על פני כל אחד מן המימדים של יצירתיות חישובית. בנוסף, בכדי לבחון את ההבדלים במיומנויות ה-CT, ערכנו סדרת מבחני t שהשוו את תוצאות השאלון המסכם שמילאו הסטודנטים לאחר השתתפות בכל אחת מסביבות הלמידה. ניתוח זה בוצע עבור כל אחד מחמשת ממדי ה-CT, כמו גם עבור ארבע השאלות הנוספות בנוגע למידת ההנאה והקשיים הנתפסים.

ממצאים

יצירתיות חישובית של סטודנטים בסביבת למידה שונות

ניתוח קבצי הלוג חשף הבדל משמעותי ביצירתיות החישובית הכוללת של הסטודנטים בין שתי סביבות הלמידה, כאשר בסביבה מונחית הרובוט התקבלו תוצאות ממוצעות גבוהות יותר ($M = 0.43$, $SD = 0.22$) בהשוואה לזו מבוססת הסימולטור ($M = 0.33$, $SD = 0.22$), עם מובהקות סטטיסטית ($t(22) = -3.09$, $p = .01$), (Cohen's $d = -0.63$). הציונים הממוצעים עבור כל אחד מארבעת המימדים של יצירתיות חישובית, בכל אחת מסביבות הלמידה (מיצוע של פעילות ראשונה ושנייה), מוצגים באיור 1. נמצא כי שלושה מתוך ארבעת המימדים קיבלו תוצאות גבוהות יותר ומובהקות סטטיסטית בעת העבודה בסביבת הלמידה מונחית הרובוט, אל מול זו מבוססת הסימולטור.



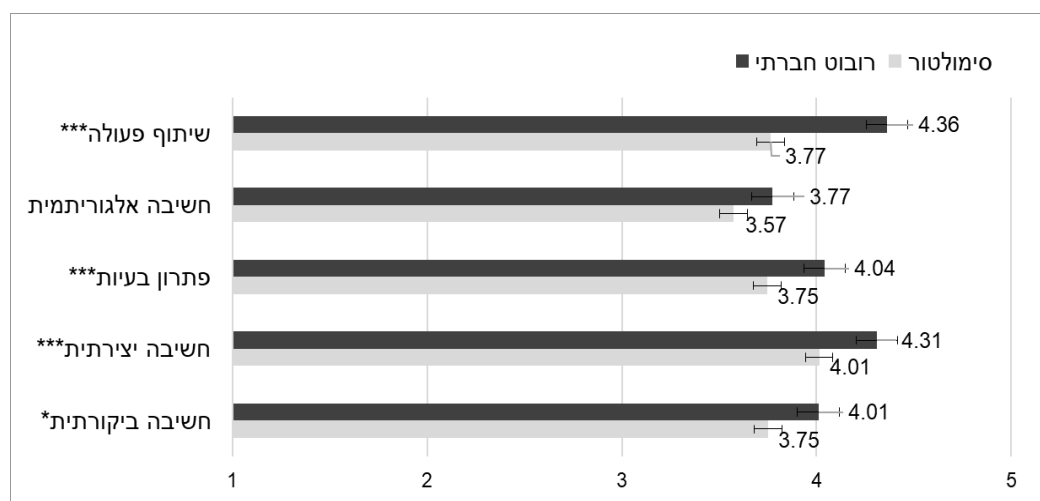
איור 1. ציונים ממוצעים עבור יצירתיות חישובית של סטודנטים בין שתי סביבות הלמידה
 $p < .05$ * $p < .01$ ** $p < .001$ ***

ראשית, ממד ה"חידוש" נמצא כגבוה משמעותית בפעילות שהתקיימה בסביבה מונחית הרובוט ($M = .53$, $SD = .13$) בהשוואה לזו מבוססת הסימולטור ($M = .36$, $SD = .12$), עם מובהקות סטטיסטית ($t(22) = -3.47$, $p = .01$), (Cohen's $d = 0.72$). ממצא זה מצביע על כך שהסטודנטים נטו להתנסות בפתרונות לא שגרתיים ויצירתיים יותר בעיקר בעודם עובדים על הפעילות בסביבה מונחית הרובוט האנושי. ממד נוסף בו נמצא הבדל מובהק

סטטיסטית בין שתי סביבות הלמידה היה "מורכבות מבנה", כאשר סטודנטים קיבלו תוצאות גבוהות יותר בסביבה מונחית הרובוט ($M = .28, SD = .15$) אל מול זו מבוססת הסימולטור ($M = .20, SD = .14$), עם גודל אפקט גדול ($t(22) = -4.04, p < .001, \text{Cohen's } d = 0.84$). ממצא זה מצביע על כך שהסטודנטים נטו ליצור מבנים מורכבים ומתוחכמים יותר במהלך הפעילות בה עבדו בסביבה מונחית הרובוט. מימד שלישי שנמצא כבעל שוני מובהק סטטיסטית בין שתי סביבות הלמידה היה "אורך רצף", שוב, עם תוצאות גבוהות יותר בסביבה מונחית הרובוט ($M = .22, SD = .14$) אל מול זו מבוססת הסימולטור ($M = .14, SD = .09$), אם כי הבדל זה היה מובהק באופן פחות ($t(22) = -2.06, p = .05, \text{Cohen's } d = 0.43$). לעומת זאת, מימד "מגוון בלוקים", היה אמנם מעט גבוה יותר בסביבת הלמידה מונחית הרובוט, מה שמצביע על פתרונות מפורטים יותר, אולם הבדל זה לא הראה מובהקות סטטיסטית.

מיומנויות חשיבה חינוכית של סטודנטים בסביבות למידה שונות

ניתוח השאלונים חשף הבדל משמעותי במיומנויות ה-CT של הסטודנטים בין שתי סביבות הלמידה, כאשר בסביבה מונחית הרובוט התקבלו תוצאות כוללות ממוצעות גבוהות יותר ($M = 4.10, SD = 0.64$) בהשוואה לזו מבוססת הסימולטור ($M = 3.77, SD = 0.64$), עם מובהקות סטטיסטית ($t(70) = 2.50, p = .01, \text{Cohen's } d = 0.87$). הציונים הממוצעים עבור כל מימדי ה-CT, בכל אחת מסביבות הלמידה, מוצג באיור 2. נמצא כי הסטודנטים קיבלו תוצאות מעט גבוהות יותר בכל חמשת מימדי ה-CT לאחר שהשתתפו במפגש הלמידה בו עבדו בסביבה מונחית הרובוט, בהשוואה למפגש בו עבדו בסביבה מבוססת הסימולטור.



איור 2. ציונים ממוצעים עבור מיומנויות חשיבה חינוכית של סטודנטים בין שתי סביבות הלמידה
*** $p < .001$ * $p < .05$

ניתוח מבחני ה- t חשף הבדלים מובהקים במיומנויות ה-CT של הסטודנטים לאחר השתתפות בפעילות בסביבה מונחית הרובוט אל מול מבוססת הסימולטור, בארבעה מתוך חמשת המימדים שנבחנו. השיפורים הבולטים ביותר בין שתי סביבות הלמידה נצפו במימדי ה-CT של "שיתוף פעולה" ו"חשיבה יצירתית". מימד "שיתוף פעולה" הראה את ההבדל המהותי ביותר, כאשר סטודנטים דיווחו על שיתוף פעולה גבוה משמעותית לאחר השתתפות בסביבה מונחית הרובוט ($M = 4.36, SD = 0.45$) בהשוואה לזו מבוססת הסימולטור ($M = 3.77, SD = 0.76$), עם מובהקות סטטיסטית וגודל אפקט גבוה ($t(70) = 6.18, p < .001, \text{Cohen's } d = 0.81$). מיומנות CT בולטת נוספת הייתה "חשיבה יצירתית", עם ציונים גבוהים יותר לאחר השתתפות בסביבה מונחית הרובוט ($M = 4.31, SD = 0.42$) בהשוואה לזו מבוססת הסימולטור ($M = 4.01, SD = 0.73$), עם מובהקות סטטיסטית ($t(70) = 3.57, p < .001, \text{Cohen's } d = 0.70$). דפוס שיפור דומה נצפה גם במיומנות "פתרון בעיות", כאשר הציונים הממוצעים עלו מ-3.75 ($SD = 0.70$) בסביבה מבוססת הסימולטור ל-4.04 ($SD = 0.62$) בסביבה מונחית הרובוט, עם מובהקות סטטיסטית ($t(70) = 3.44, p < .001, \text{Cohen's } d = 0.72$). מעניין לציין כי בעוד שהפעילות מונחית הרובוט הובילה באופן עקבי לציונים גבוהים יותר ברוב המימדים, מימד ה"חשיבה אלגוריתמית" לא הראתה הבדל מובהק סטטיסטית בין שתי סביבות הלמידה, עם ציונים ממוצעים יחסית קרובים של 3.77 ($SD = 0.75$) עבור הסביבה מונחית הרובוט ו-3.57 ($SD = 0.82$) עבור זו מבוססת הסימולטור.

בנוסף להערכת מיומנויות ה-CT, השאלונים המסכמים אף מדדו את מידת ההנאה של הסטודנטים כמו גם את הקשיים הנתפסים שלהם הקשורים לפעילויות. גם הפעם, מבחני ה- t חשפו הבדלים משמעותיים לטובת סביבת הלמידה מונחית הרובוט אשר מצביעים על שוני בחוויות הלמידה של הסטודנטים בין שתי סביבות הלמידה. ראשית, הסטודנטים דירגו את חווית הלמידה בסביבה מונחית הרובוט כמהנה יותר באופן משמעותי ($M = 4.86, SD = 0.39$) בהשוואה לחוויה המקבילה בסביבה מבוססת הסימולטור ($M = 3.93, SD = 0.76$), עם מובהקות סטטיסטית ($t(70) = 9.60, p < .001, \text{Cohen's } d = 0.82$). מבחינת קשיים נתפסים, ההבדל הבולט ביותר התגלה בתפיסות הסטודנטים לגבי אתגרי אינטראקציה קבוצתית. הסטודנטים דיווחו על פחות קשיים באינטראקציות קבוצתיות במהלך הפעילות בסביבה מונחית הרובוט ($M = 1.93, SD = 1.10$) מאשר במהלך פעילות זו בסביבה מבוססת הסימולטור ($M = 2.89, SD = 0.97$), עם הבדל מובהק סטטיסטית וגודל אפקט גבוה ($t(70) = 9.62, p < .001, \text{Cohen's } d = 1.18$). באשר לקשיים אחרים עליהם התבקשו לדווח, הן קושי מבחינת המשימה והן קושי מבחינת תפעול המערכת, אלו דורגו באופן דומה וללא הבדלים משמעותיים בין הפעילויות בסביבות השונות.

דיון

מחקר זה שם לו למטרה לבחון את ההשפעות של סביבת למידה שיתופית מונחית רובוט אנושי מול סביבה מבוססת סימולטור, על היצירתיות החישובית ומיומנויות ה-CT של סטודנטים לתואר ראשון. בהתבסס על קבצי לוג קבוצתיים ושאלונים אינדיבידואליים, הממצאים חשפו הבדלים משמעותיים בין שתי סביבות הלמידה והדגישו את הפוטנציאל הרב הטמון בסביבה מונחית הרובוט לטיפול יצירתי ומעורבות. מבחינת יצירתיות חישובית, נמצא כי הסטודנטים נטו להתנסות בגישות לא קונבנציונליות ולפתח מבנים מורכבים יותר בעיקר בעת העבודה בתיווכו של הרובוט האנושי. תוצאות אלו מתיישבות עם מחקרים קודמים המדגישים את החשיבות של אינטראקציה פיזית מעשית בעידוד יצירתיות בקרב סטודנטים (Ardito et al., 2022; Hsu et al., 2022). המשוב המוחשי והמידי שמספק הרובוט האנושי טיפח ככל הנראה תחושת מעורבות ועודד את הסטודנטים לחקור אסטרטגיות פחות שגרתיות לפתרון בעיות, ובכך לקדם יצירתיות חישובית. הנחה זו מתיישבת עם התפיסה שאינטראקציה פיזית מספקת סביבת למידה סוחפת ומערבת יותר, מעודדת פתרונות מתחכמים ומרובדים יותר ומגבירה את היצירתיות בקרב לומדים (Usher & Barak, 2020; Rehmat et al., 2020). מנגד, היבט מגוון הבלוקים נמצא כלא מושפע באופן מובהק מסביבת הלמידה. הדבר מצביע על כך שחלק מהיבטי היצירתיות החישובית עשויים שלא להיות תלויים רבות בנוכחות הפיזית של הרובוט ויכולים להתפתח באופן דומה בשתי סביבות הלמידה.

מבחינת חשיבה חישובית (CT), הסטודנטים דיווחו על רמות גבוהות יותר של מיומנויות CT בעקבות הפעילות בסביבה מונחית הרובוט, במיוחד במימדי החשיבה היצירתית ושיתוף הפעולה. הנוכחות הפיזית והשימוש המשותף של הסטודנטים ברובוט טיפחו ככל הנראה עבודת צוות ודינמיקה קבוצתית – אלמנטים מאתגרים יותר לשכפול בסביבה מדומה. מימד החשיבה האלגוריתמית היה גם כן גבוה יותר בסביבה מונחית הרובוט, אך ללא מובהקות סטטיסטית. לבסוף, הסטודנטים דיווחו כי הסביבה מונחית הרובוט היתה מהנה יותר באופן משמעותי, וכן כי הם חוו פחות קשיים באינטראקציה הקבוצתית בסביבה זו, בהשוואה לסביבה מבוססת הסימולטור. ממצאים אלו מלמדים כי הפעילות מונחית הרובוט הייתה יעילה בקידום שיתוף פעולה חלק ואפקטיבי בין חברי הקבוצה ועומדים בקנה אחד עם מחקרים קודמים העוסקים בלמידה שיתופית בסביבות מונחות רובוט (Ardito et al., 2020; Kurtz & Kohen-Vacs, 2022).

ממצאי המחקר מרמזים כי סביבה וירטואלית עשויה להוות פלטפורמה מספקת לפיתוח היבטים טכניים של יצירתיות חישובית, כגון בניית מבנים מורכבים והתנסות בפרמטרים שונים, בעוד שהנוכחות הפיזית והממשית של הרובוט האנושי עשויה לתרום לפיתוח היבטים הקשורים לשיתופיות ואינטראקציה חברתית. ממצאים אלו תורמים לגוף הידע ההולך וגדל העוסק ביעילותם של רובוטים דמויי אדם בקידום חשיבה חישובית ויצירתיות אנושית (Hershkovitz et al., 2019; Israel-Fishelson & Hershkovitz, 2022). מנקודת מבט פדגוגית, התוצאות מצביעות על כך שגישת היברידית המשלבת למידה פיזית ווירטואלית יכולה להוות יתרון משמעותי. בעוד שרובוטים מספקים פלטפורמה מרתקת וסוחפת לסטודנטים העשויה לקדם פתרונות יצירתיים ואינטראקציות חברתיות, סימולציות ווירטואליות יכולות להציע יתרונות משלימים בהיבטים הקשורים לפיתוח חשיבה לוגית ופתרונות מורכבים. הדבר מתיישב עם מחקרים קודמים הדוגלים בגישות למידה המשלבות את החוזקות של סביבות פיזיות ווירטואליות כאחד, בכדי לספק חווית למידה מקיפה ומעמיקה יותר (Usher & Barak, 2020; Hsu et al., 2022; Rehmat et al., 2020).

מקורות

- Ardito, G., Czerkawski, B., & Scollins, L. (2020). Learning Computational Thinking Together: Effects of Gender Differences in Collaborative Middle School Robotics Program. *TechTrends*, 64, 373-387. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00461-8>
- Chen, C., & Chung, H. (2023). Fostering computational thinking and problem-solving in programming: Integrating concept maps into robot block-based programming. *Journal of Educational Computing Research*. <https://doi.org/10.1177/07356331231205052>
- Chou, E., Fossati, D., & Hershkovitz, A. (2024). A code distance approach to measure originality in computer programming. *The 16th International Conference on Computer Science Education*.
- Evripidou, S., Amanatiadis, A., Christodoulou, K., & Chatzichristofis, S. (2021). Introducing Algorithmic Thinking and Sequencing Using Tangible Robots. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 14, 93-105. <https://doi.org/10.1109/TLT.2021.3058060>
- Hershkovitz, A., Sitman, R., Israel-Fishelson, R., Eguiluz, A., Garaizar, P., & Guenaga, M. (2019). Creativity in the acquisition of computational thinking. *Interactive Learning Environments*, 27(5-6), 628-644. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1610451>
- Hsu, T., Chang, C., Wu, L., & Looi, C. (2022). Effects of a Pair Programming Educational Robot-Based Approach on Students' Interdisciplinary Learning of Computational Thinking and Language Learning. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.888215>
- Israel-Fishelson, R., & Hershkovitz, A. (2022). Studying interrelations of computational thinking and creativity: A scoping review (2011-2020). *Computers & Education*, 176(February 2021), 104353. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104353>
- Korkmaz, O., Çakir, R., & Yaşar Özden, M. (2017). A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, 72, 558-569. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.005>
- Kovalkov, A., Paasen, B., Segal, A., Pinkwart, N., & Gal, K. (2021). Automatic creativity measurement in Scratch programs across modalities. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 14(6), 740-753. <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3144442>
- Kurtz, G., & Kohen-Vacs, D. (2022). Humanoid robot as a tutor in a team-based training activity. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2086577>
- Luhmann, J., & Burghardt, M. (2022). Digital humanities—A discipline in its own right? An analysis of the role and position of digital humanities in the academic landscape. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 73(2), 148-171. <https://doi.org/10.1002/asi.24533>
- Marrone, R. L., & Cropley, D. H. (2022). The role of learning analytics in developing creativity. In Y. Wang, S. Joksimović, M. O. Z. San Pedro, J. D. Way, & J. Whitmer (Eds.), *Social and Emotional Learning and Complex Skills Assessment*. Advances in Analytics for Learning and Teaching (pp. 75-91). Springer.
- Rehmat, A., Ehsan, H., & Cardella, M. (2020). Instructional strategies to promote computational thinking for young learners. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 36, 46-62. <https://doi.org/10.1080/21532974.2019.1693942>
- Usher, M. & Barak, M. (2020). Team diversity as a predictor of innovation in team projects of face-to-face and online learners. *Computers & Education*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103702>
- Usher, M. & Barak, M. (2024). Unpacking the role of AI ethics online education for science and engineering students. *International Journal of STEM Education*, 11(35). <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00493-4>
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>