

## צעד קטן לאדם, צעד גדול לחשיבה החשובית: שיפור ביצועי תלמידים באמצעות קידום יצירתיות

ארנון הרשקוביץ  
אוניברסיטת תל אביב  
[arnonhe@tauex.tau.ac.il](mailto:arnonhe@tauex.tau.ac.il)

רותם ישראל-פישלון  
אוניברסיטת תל אביב  
[rotemisrael@tauex.tau.ac.il](mailto:rotemisrael@tauex.tau.ac.il)

### One Small Step for Man, One Giant Leap for Computational Thinking: Improving Students' Performance by Promoting Creativity

Rotem Israel-Fishelson  
Tel Aviv University  
[rotemisrael@tauex.tau.ac.il](mailto:rotemisrael@tauex.tau.ac.il)

Arnon Hershkovitz  
Tel Aviv University  
[arnonhe@tauex.tau.ac.il](mailto:arnonhe@tauex.tau.ac.il)

#### Abstract

Creativity and computational thinking (CT) have been recognized as necessary skills for the 21<sup>st</sup> century and have been extensively researched in recent years. However, the associations between them are not yet fully understood and there is room to expand the body of knowledge. This study looks to examine the acquisition of creativity and CT through a game-based learning environment, as well as the impact of an intervention program to promote creativity on CT and computational creativity. The study was conducted among 132 middle school students from central Israel, who were divided into experimental and control groups. The intervention, which was conducted only by the experimental group, included 10 sessions to encourage creativity, using the Alternative Uses Test (AUT). Before and after the intervention, data were collected from standard creativity tests (TTCT) and log files that documented the students' activity in dedicated challenges that were built in the Kodetu learning environment. Our research findings indicate an improvement in the metrics of CT, creative thinking, and computational creativity among the two research groups. Furthermore, a more significant improvement was observed among the experimental group. Prediction models constructed using decision trees highlight that the intervention made a unique contribution to the students' acquisition of CT and computational creativity. There were also differences related to gender, affinity for technology, and performance in the preliminary tests.

**Keywords:** Creativity, Computational Thinking, Computational Creativity, Intervention, Game-Based Learning Environment.

#### תקציר

יצירתיות וחשיבה חשובית (ח"ח) הוכרו כמיומנויות הכרחיות במאה ה-21 והן נחקרו באופן נרחב בשנים האחרונות. עם זאת, הקשרים ביניהן עדיין אינם מובנים במלואם ויש מקום להרחיב את גוף הידע. מחקר זה בא לבחון את הרכישה של יצירתיות וח"ח באמצעות סביבת למידה מבוססת-משחק וכן את השפעתה של תכנית התערבות לקידום יצירתיות על ח"ח ויצירתיות חשובית. המחקר נערך בקרב 132 תלמידי חטי"ב ממרכז הארץ, שחולקו לקבוצות ניסוי וביקורת. תכנית ההתערבות, אותה עברה רק קבוצת הניסוי, כללה 10 מפגשים לעידוד יצירתיות, תוך שימוש במבחן השימושים האלטרנטיביים (AUT). לפני ואחרי ההתערבות נאספו נתונים ממבחני יצירתיות סטנדרטיים (TTCT) ומקבצי יומן שתיעדו את פעילות התלמידים באתגרים ייעודיים שנבנו בסביבת הלמידה Kodetu. ממצאי המחקר שלנו מצביעים על שיפור

במדדים של ח"ח, חשיבה יצירתית ויצירתיות חישובית בקרב שתי קבוצות המחקר. יחד עם זאת, ניכר שיפור משמעותי יותר בקרב קבוצת הניסוי. מודלי חיזוי שנבנו באמצעות עצי החלטה הראו כי להתערבות תרומה ייחודית לח"ח וליצירתיות החישובית של התלמידים. כמו כן, ניכרו הבדלים שקשורים למגדר, לזיקה לטכנולוגיה ולביצועים במבחן המקדים.

**מילות מפתח:** יצירתיות, חשיבה חישובית, יצירתיות חישובית, התערבות, סביבת למידה מבוססת-משחק.

## מבוא

בשנים האחרונות אנו עדים להתפתחויות טכנולוגיות ומדעיות מהירות ומשמעותיות, לצד גידול מעריכי בכמות הנתונים המיוצרת מדי יום. מגמות אלה מדגישות את הצורך לטפח בקרב לומדים דרכי חשיבה חדשניות ולהקנות להם מיומנויות שיעזרו בהתמודדות עם אתגרי המחר. פתרון בעיות, יצירתיות וחשיבה חישובית הן חלק ממיומנויות המאה ה-21 אשר נתפסות כהכרחיות לעידן הנוכחי ורלוונטיות לכל תחומי הדעת (Bocconi et al., 2016; Deschryver & Yadav, 2015; Nouri et al., 2020).

חשיבה חישובית (ח"ח) מתארת את תהליכי החשיבה הכרוכים בפתרון יעיל וסדור של בעיות מורכבות, עם או ללא שימוש במחשבים (Shute et al., 2017). היא כוללת אוסף של אסטרטגיות מנטליות כמו חשיבה פרוצדורלית, פירוק לגורמים, זיהוי דפוסים והפשטה (Wing, 2006, 2010), המסייעות בפתרון בעיות וביישום טכניקות לחילוץ הידע החבוי בנתונים גולמיים (Buitrago Flórez et al., 2017; Grover & Pea, 2013). ח"ח נקשרה במשך שנים בעיקר לתחומי המדעים, אך למעשה היא אינה מוגבלת לתחום דעת מסוים (Günbatar, 2019).

יצירתיות היא מיומנות חיונית המאפשרת פתרון בעיות באופן חדשני והפקת תוצרים בעלי ערך (Torrance, 1974). בדומה לח"ח, גם יצירתיות נחשבה בעבר כקשורה לתחומים מסוימים בלבד (במקרה הזה, תחומי האומנות), וכיום מובן כי היא רלוונטיות לכל תחומי החיים (Navarrete, 2013). בשנים האחרונות גוברת ההכרה כי יצירתיות ניתנת לטיפוח כבר מגיל צעיר ולכן יש להכלילה בתכניות הלימודים (Beghetto, 2019; Vygotsky, 2004).

חשיבותן של מיומנויות אלה לכל תחומי הדעת מהווה זרז לקידום יוזמות חינוכיות, ופיתוח תכניות לימודים וסביבות למידה ייעודיות שיאפשרו את הנחלתן (Freeman et al., 2017; OCDE, 2018; World Bank, 2019). אחת האסטרטגיות לעידוד יצירתיות וח"ח היא באמצעות סביבות לימוד מבוססות-משחק העוסקות בתכנות וקידוד (Kim & Ko, 2017). סביבות אלה מקדמות למידה דינמית ומהנה במטרה להגביר את המעורבות בלמידה והמוטיבציה לה, ובכך לתרום לשיפורה (Ibáñez et al., 2014; Vu & Feinstein, 2017).

ההתעניינות הגוברת במיומנויות אלה ובסביבות שמקדמות אותן, האיצה את המחקר בתחום (Zhang & Nouri, 2019). בעשור האחרון, ובפרט בשנתיים האחרונות, ניכרת עלייה במספר המחקרים העוסקים ברכישת ח"ח ויצירתיות בהקשרים מגוונים (Israel-Fishelson et al., 2021a). באופן כללי נמצאו קשרים חיוביים בין יצירתיות וח"ח (Dagiene et al., 2019; Yadav & Cooper, 2017). עם זאת, המחקרים שבוצעו בחנו בעיקר יצירתיות בהקשר של ח"ח, קרי התוצרים היצירתיים שהופקו כחלק מתהליך הלמידה של ח"ח, אולם כמעט ואין בנמצא מחקרים שבחנו קשר של השפעה, כלומר האם הגברת יצירתיות יכולה להעצים ח"ח.

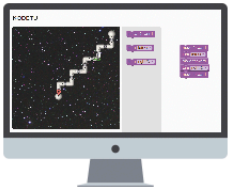




מחקר קודם שביצענו בקרב תלמידי חטי"ב בספרד שפך אור על קשרים בין ח"ח לשני מבנים שונים של יצירתיות; חשיבה יצירתית, הנמדדת במבחני יצירתיות קלאסיים, ויצירתיות חישובית, אשר באה לידי ביטוי במתן פתרונות יצירתיים בסביבת הלמידה. ממצאי המחקר העלו כי חשיבה יצירתית תורמת לרכישת מושגי ח"ח וכי יצירתיות חישובית יכולה להתפתח ולהשתפר לאורך תהליך הלמידה (Israel-Fishelson et al., 2021a, 2021b). ממצאים אלו נתנו לנו מוטיבציה להמשיך ולבחון רכישת ח"ח ומבנים שונים של יצירתיות, ובפרט לבחון את השפעת תכנית ההתערבות לקידום יצירתיות על רכישת ח"ח ויצירתיות חישובית. לפיכך, שאלת המחקר העומדת בבסיס המחקר הנוכחי היא: מהי ההשפעה של רכישת יצירתיות לרכישת ח"ח ויצירתיות חישובית בסביבת למידה מבוססת-משחק?

## מתודולוגיה

### מהלך המחקר

בתחילת שנת 2021 ערכנו ניסוי שדה מבוקר שנמשך כשלושה חודשים וכלל מבחן מקדים (Pre), תכנית התערבות ומבחן אחר (Post), כמפורט באיור 1. תכנית התערבות, אשר הועברה בהנחיית החוקרים לקבוצת הניסוי בלבד,

כללה 10 מפגשים מקוונים לעידוד ושיפור היצירתיות, זאת באמצעות מבחן השימושים האלטרנטיביים (Alternative Uses Test; Guilford, 1950). התלמידים התבקשו מדי מפגש לבצע ארבע משימות של המבחן. המבחנים לפני ואחרי תכנית ההתערבות התקיימו באופן פיזי בבית הספר בו נערך המחקר. במהלכם נאספו נתונים ממבחני יצירתיות (TTCT; Torrance, 1974) ומביצועי התלמידים בפתרון שלבים בסביבת הלמידה Kodetu. נתוני המחקר נאספו מהמבחנים ומקבצי היומן של Kodetu באופן אונימי, באמצעות קוד מזהה שהוקצה לכל תלמיד ושימש אותו לכל אורך המחקר. הנתונים נותחו באמצעות שיטות ניתוח למידה (Learning Analytics) ועיבודים סטטיסטיים. מהלך המחקר אושר ע"י ועדת האתיקה של אוניברסיטת תל אביב וע"י המדען הראשי של משרד החינוך.

מבחן אחר (Post)		התערבות (קבוצת הניסוי בלבד)	מבחן מקדים (Pre)	
				
פתרון 10 שלבים מתקדמים ב-Kodetu	TTCT (ריבועים)	10 מפגשים מקוונים שכללו מבחני AUT	פתרון 8 שלבים ב-Kodetu	TTCT (עיגולים)
80 דקי	10 דקי	15-20 דקי	80 דקי	10 דקי

איור 1. מהלך המחקר

### אוכלוסיית המחקר

המדגם כלל 132 תלמידי כיתות ט', מבית ספר במרכז הארץ, מתוכם 45% בנים ו-55% בנות. כל המפגשים שובצו במערכת השעות של התלמידים, אולם לא חויבה נוכחות והשתתפות. התלמידים חולקו לקבוצות ניסוי וביקורת, על פי השתתפותם במפגשים, בהתבסס על הכלל הבא: תלמידים שהשתתפו לפחות במפגש התערבות אחד וגם במבחנים שלפני ואחרי ההתערבות הוקצו לקבוצת הניסוי (N=98); תלמידים שהשתתפו רק במבחנים ללא ההתערבות הוקצו לקבוצת הביקורת (N=34). לא נמצאו הבדלים מובהקים סטטיסטית בין הקבוצות ביחס למאפיינים האישיים (טבלה 1).

טבלה 1. מאפיינים אישיים ונתוני רקע של קבוצות המחקר

קבוצה	מספר תלמידים	מגדר	ניסיון בתכנות	זיקה לטכנולוגיה
ביקורת	34	נ: 14, ז: 20	אין: 28, יש: 6	נמוך: 9, גבוה: 25
ניסוי	98	נ: 58, ז: 40	אין: 87, יש: 11	נמוך: 41, גבוה: 57
מבחן $\chi^2$		p=0.069, 3.3	p=0.33, 0.93	p=0.11, 2.53

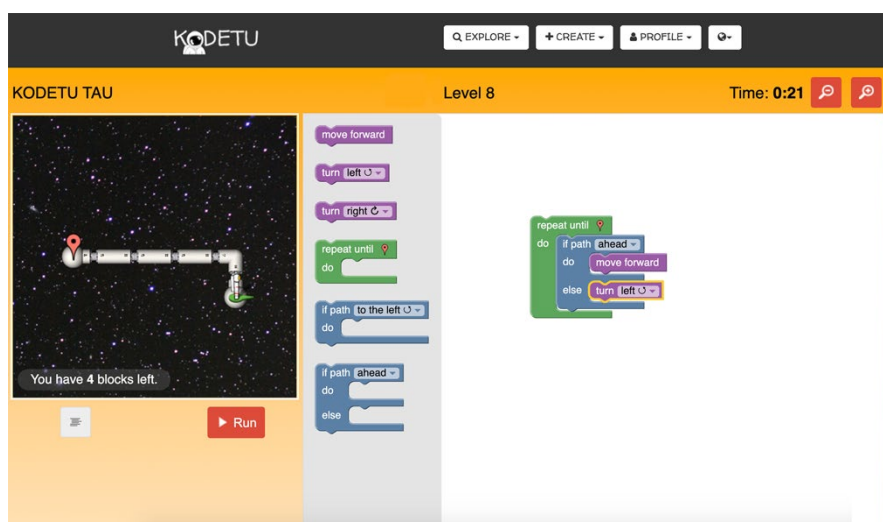
### כלי המחקר

המבחן של טורנס לחשיבה יצירתית (TTCT; Torrance, 1974) – שימש להערכת התלמידים לפי ארבעה מאפיינים: שטף, גמישות, מקוריות והרחבה. במבחן, אשר בוצע על נייר, כל תלמיד קיבל דף ובו 12 עיגולים ריקים זהים (במבחן המקדים) או ריבועים (במבחן האחר). התלמידים נתבקשו לצייר כמה שיותר ציורים בהם העיגול/הריבוע מהווים חלק מהותי מהציור. מבחן זה נבחר מכיוון שהוכח כאמין ותקף למדידת חשיבה יצירתית (Cramond et al., 2005; K. H. Kim, 2011, 2017). בנוסף, הוא שימש בעבר ללימוד הקשרים בין יצירתיות לתכנות (Liu & Lu, 2002; Seo & Kim, 2016).

**מבחן השימושים האלטרנטיביים (AUT; Guilford, 1950)** – שימש כדי לטפח את החשיבה היצירתית של התלמידים כחלק מתכנית ההתערבות. במבחן זה, מוצגים חפצים יומיומיים (לדוגמא: מהדק נייר, סרגל, כוס חד פעמית), והתלמידים נדרשים תוך מספר דקות לרשום כמה שיותר שימושים אלטרנטיביים לחפץ. במפגשי ההתערבות הוצגו לתלמידים תמונות של החפצים והם נדרשו לכתוב את תגובותיהם בטופס מקוון. בכל מפגש הוצגו ארבעה חפצים שונים, לכל חפץ ניתנו שלוש דקות למענה. מבחן זה נבחר כיוון שנמצא בעבר יעיל לפיתוח חשיבה יצירתית בקרב ילדים ובני נוער (Stevenson et al., 2014).

**סביבת הלמידה קודטו (Kodetu)** – פלטפורמה מקוונת מבוססת-משחק, שנבנתה באמצעות ספריית Google Blockly, לרכישת ח"ח (Eguíluz et al., 2017). למשתמשים מוצג סט אתגרים הכולל שלבים שונים שהם צריכים לפתור. בכל שלב, על המשתמש לנתב אסטרטגיה נתיב נתון ליעד מסומן, על ידי גרירת בלוקים של קוד מתוך מאגר נתון (דוגמה באיור 2). הפלטפורמה מתעדת את כל פעולות המשתמשים בקבצי יומן (log files), הכוללים קוד מזהה ללומד, הפתרון שסופק, נכונות הפתרון וחומת הזמן.

לטובת מחקר זה יצרנו שני אתגרים ייעודיים, המורכבים משלבים שונים; שמונה שלבים למבחן המקדים ועשרה שלבים למבחן האחר. שני האתגרים נבנו בסדר קושי עולה בהתאם לרמת המורכבות של שלושה מושגי ח"ח עיקריים: רצפים, לולאות ותנאים. לטובת בנייתם הסתמכנו על ממצאי מחקר קודם שהראה כי רצפים היו המושג הקל ביותר לתלמידים, אחריהם לולאות ולבסוף, תנאים (Israel-Fishelson & Hershkovitz, 2020).



**איור 2.** דוגמה לשלב מתוך האתגרים שיצרנו ב-Kodetu לטובת המחקר

### משתני המחקר

**מאפיינים אישיים** – כחלק מהמבחן המקדים, התלמידים מילאו שאלון דיווח עצמי אודות מאפייני רקע שכללו:

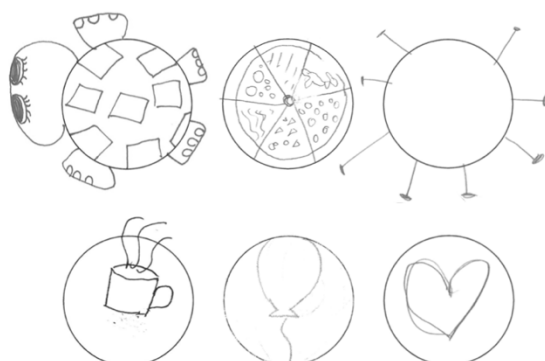
- מגדר (55% בנות, 45% בנים);
- ניסיון קודם בתכנות (כן – 13%; לא – 87%);
- זיקה לטכנולוגיה [דירוג בין 1 (נמוך) ל-10 (גבוה)] (M=6.27, SD=2.59).

**חשיבה יצירתית** – נמדדה לפני ואחרי תכנית ההתערבות באמצעות שאלוני TTCT (כמפורט לעיל). ארבעה משתנים חושבו עבור כל תלמיד:

- שטף – מספר הציורים (לפני: M=0.95, SD=0.22; אחרי: M=0.93, SD=0.24);
- גמישות – מספר הקטגוריות של הציורים (לפני: M=7.64, SD=2.61; אחרי: M=8.62, SD=3.34);
- מקוריות – ממוצע שכיחות הקטגוריות (לפני: M=-0.03, SD=0.01; אחרי: M=-0.01, SD=0.003);
- הרחבה – ממוצע מידת הפירוט של הציורים (לפני: M=2.76, SD=0.82; אחרי: M=2.34, SD=0.88).

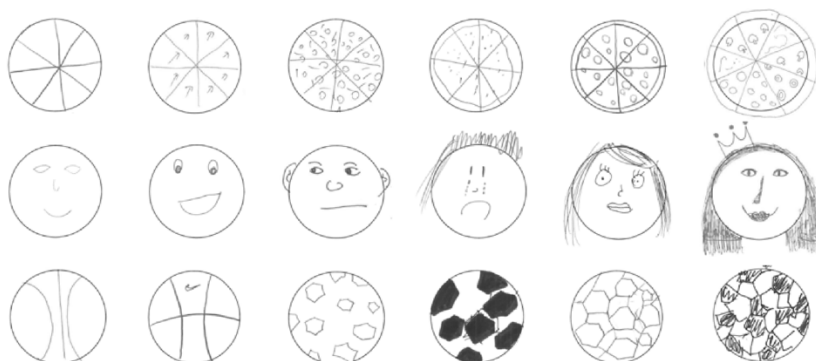
מדדים אלו התייחסו רק לציורים קבילים, כלומר אלו שבהם הצורה (עיגול/ריבוע, בהתאם למבחן) היוותה חלק מהציור. ראו איור 3 לדוגמה. לצורך כך, קודד תחילה כל אחד מהמחברים 10 מבחנים; הערכת מהימנות

בין בודקים מקדם Cohen's Kappa של 0.81. אחר כך דנו המחברים במקרים גבוליים עד להסכמה, ובהתאם לכך המשכה המחברת הראשונה בקידוד. לאחר סינון האיורים שנמצאו בלתי קבילים, נותרו 81% מהציורים במבחן המקדים ו-77% מהציורים במבחן האחר.



**איור 3.** דוגמה לאיורים קבילים (שורה עליונה) ולא קבילים (שורה תחתונה) מתוך מבחן TTCT

לצורך חישוב המקוריות והגמישות, נדרש היה לסווג את כל הציורים לקטגוריות מתאימות. כל אחד מהמחברים קידד באופן עצמאי 10 מבחנים ולאחר מכן דנו המחברים בקידוד שלהם עד הסכמה מלאה. שאר הקידוד נעשה על ידי המחברת הראשונה, עם דיונים תכופים על פיצול ומיזוג קטגוריות. תהליך מחזורי זה הסתיים ברשימה שכללה 80 קטגוריות במבחן המקדים (לדוגמה: שמש, פרח, פיצה ובעלי חיים) ו-135 קטגוריות במבחן האחר (לדוגמה: בית, חלון, מחשב ומנעול). באמצעות תהליך דומה, החוקרים קידדו את מדד ההרחבה (קרי הפירוט) של הציורים, בהתאם לסולם של 1-6, כאשר 1 מייצג פירוט נמוך ו 6 מייצג פירוט גבוה. כדי לשמור על קידוד עקבי, יצרנו מחוון שכלל סיווג של הקטגוריות לפי מידת הפירוט בציור. איור 4 מציג חלק מהמחווון המדגים את דירוג ההרחבה של שלוש קטגוריות: פיצה, פרוץ וכדור, כאשר האיורים משמאל מדורגים כ-1, רמת פירוט נמוכה, והאיורים מימין מדורגים כ-6, רמת פירוט גבוהה.



**איור 4.** דוגמה מתוך המחווון לדירוג ההרחבה (רמת הפירוט) עבור הקטגוריות: פיצה, פרוץ וכדור (משמאל רמת הפירוט הנמוכה ביותר, ומימין – הגבוהה ביותר)

**התערבות** – על מנת למדוד את מידת המעורבות של תלמידים בתכנית ההתערבות, אספנו את כל התשובות הקבילות של התלמידים במבחן השימושים האלטרנטיביים (AUT). תשובות לא קבילות כללו מילים חסרות משמעות ורצף תווים לא הגיוני. לאחר איסוף התשובות חישבנו את המשתנה:

- שטף – מספר התשובות הקבילות בכל המפגשים ( $M=15.36, SD=13.68$ ).

**חשיבה חישובית** – מתוך קבצי היומן שתיעדו את פעולות התלמידים בקודטו לפני ואחרי ההתערבות, חישבנו שני משתנים שמודדים את החי"ח. כל משתנה חושב עבור כל שלב ואז חושב ממוצע לכל השלבים:

- מספר ניסיונות – מספר הפתרונות שהגיש התלמיד, כולל פתרונות נכונים ושגויים (לפני:  $M=4.71, SD=1.94$ ; אחרי:  $M=3.92, SD=2.56$ );

- משך ביצוע [דקות] – הזמן שחלף מטעינת שלב למעבר לשלב הבא (לפני:  $M=2.19$ ,  $SD=0.87$ ; אחרי:  $M=1.71$ ,  $SD=0.71$ ).

**יצירתיות חישובית** – מתוך קבצי היומן של קודטו, חישבנו את היצירתיות החישובית. זו נמדדה באמצעות חישוב המקוריות של כל פתרון נכון שהוגש. בדומה למבחן החשיבה היצירתית, מקוריות הפתרון נמדדה על ידי חישוב השכיחות של הפתרון בהשוואה לכל יתר הפתרונות. היא חושבה עבור כל שלב בנפרד ואז חושב הממוצע של מדד זה לכל השלבים שביצע התלמיד (לפני:  $M=0.49$ ,  $SD=0.1$ ; אחרי:  $M=0.61$ ,  $SD=0.78$ ).

## ממצאים

### ביצועי קבוצת הניסוי והביקורת

על מנת לבחון ולהשוות בין ביצועי קבוצת הניסוי ( $N=98$ ) והביקורת ( $N=34$ ) לפני ואחרי ההתערבות, הרצנו מבחני  $t$  למדגמים בלתי מזווגים בין הקבוצות, עבור כל משתנה. **לא נמצאו הבדלים סטטיסטיים מובהקים בין הקבוצות**, הן במבחני ה-Pre והן במבחני ה-Post. כל הניתוחים בוצעו באמצעות JASP גרסה 0.14.1 ו-SPSS גרסה 25.

### שיפור בביצועים לאחר ההתערבות, לפי קבוצות

על מנת לבחון האם חל שיפור בביצועי התלמידים בין מבחני ה-Pre ל-Post, ביצענו מבחני  $t$  מזווגים לכל אחד מהמשתנים, בכל אחת מהקבוצות. נזכיר כי רק קבוצת הניסוי עברה את תכנית ההתערבות. הממצאים המוצגים בטבלה 2 מצביעים על שיפור כמעט בכל המדדים של החשיבה היצירתית, הח"ח והיצירתיות החישובית.

**טבלה 2.** השוואה בין מבחני ה-Pre ל-Post בכל אחת מקבוצות הניסוי (רקע אפור מציין הבדל מובהק)

גודל אפקט (Cohen's d)	p	מבחן t	Post		Pre			
			ס"ת	ממוצע	ס"ת	ממוצע		
0.127	0.211	1.259	0.228	0.927	0.216	0.955	ניסוי	שטף
0.146	0.4	0.852	0.265	0.922	0.213	0.952	ביקורת	
-0.32	<0.01	-3.166	3.348	8.648	2.53	7.816	ניסוי	גמישות
-0.336	0.058	-1.96	3.341	8.441	2.798	7.147	ביקורת	
-1.29	<0.001	-12.774	0.003	-0.013	0.01	-0.025	ניסוי	מקוריות
-1.032	<0.001	-6.019	0.004	-0.012	0.013	-0.026	ביקורת	
0.497	<0.001	4.92	0.871	2.402	0.853	2.821	ניסוי	הרחבה
0.58	<0.01	3.382	0.909	2.166	0.711	2.592	ביקורת	
0.43	<0.001	4.255	2.331	3.776	1.953	4.689	ניסוי	מספר ניסיונות
0.143	0.409	0.836	3.116	4.326	1.933	4.764	ביקורת	
0.484	<0.001	4.79	0.711	1.714	0.845	2.199	ניסוי	משך ביצוע
0.418	<0.01	2.44	0.708	1.701	0.957	2.155	ביקורת	
-1.089	<0.001	-10.779	0.081	0.607	0.089	0.488	ניסוי	מקוריות הפתרון
-0.921	<0.001	-5.369	0.071	0.608	0.131	0.485	ביקורת	

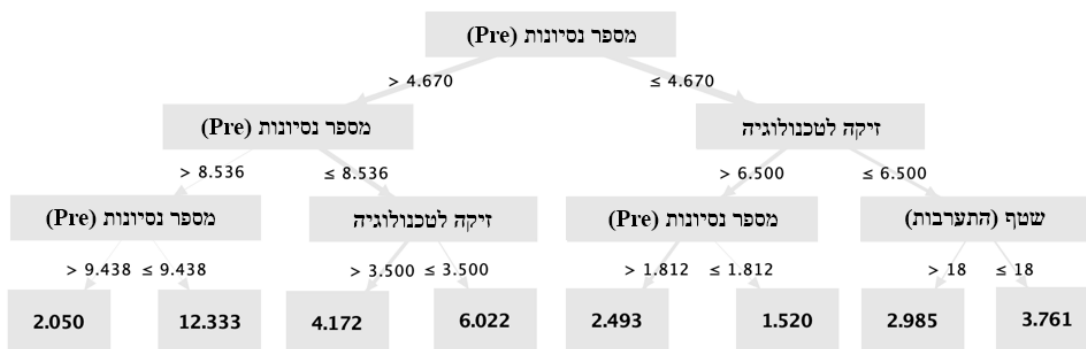
כפי שעולה הן ממבחן t והן מגודל האפקט (Cohen's d), **קבוצת הניסוי, בהשוואה לקבוצת הביקורת, השיגה שיפור משמעותי יותר בשלושת ההיבטים הנמדדים: חשיבה יצירתית, ח"ח ויצירתיות חישובית.** שיפור זה בא לידי ביטוי במקוריות (חשיבה יצירתית), משך הביצוע (ח"ח) ומקוריות הפתרון (יצירתיות חישובית). בנוסף, רק בקבוצת הניסוי נראה שיפור מובהק סטטיסטית בגמישות (חשיבה יצירתית) ובמספר הניסיונות (ח"ח). יש לציין כי בשתי הקבוצות חלה ירידה בהרחבה בין המבחנים.

### השפעת ההתערבות על הלמידה

על ידי בניית מודלים של עצי החלטה לחיזוי ביצועי התלמידים מבחינת ח"ח ויצירתיות חישובית במבחן ה-Post, אנו מדגימים את ההשפעה הייחודית של ההתערבות על הלמידה. תוכנת RapidMiner Studio גרסה 9.1 שימשה לפיתוח המודלים עבור כל אחד מהמשתנים. כל המודלים כללו את המאפיינים האישיים, משתני החשיבה החישובית במבחן ה-Pre ומשתנה השטף במהלך ההתערבות. על מנת לקבל מודל חיזוי קל להבנה, הגבלנו את גובה העץ ב-4. טיב המודלים נבחן באמצעות  $R^2$ , ואימותם בוצע באמצעות אימות צולב עם 10 קפלים (10-fold cross validation).

### חיזוי מספר הניסיונות

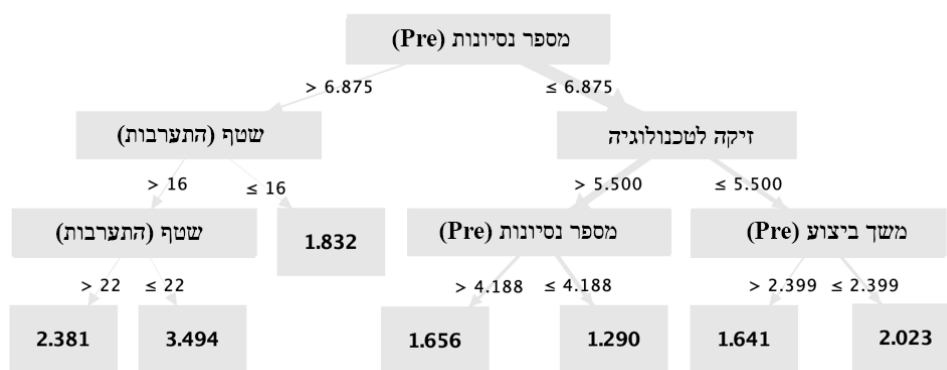
המודל שחזה את מספר הניסיונות במבחן ה-Post ( $R^2=0.44$ ) מראה כי חל שיפור במדד זה לאחר ההתערבות. בבחינת עץ ההחלטה (איור 5) אנו מזהים כי מידת השטף בהתערבות קשורה ביחס ישר לרמת החשיבה החישובית במבחן ה-Post בקרב התלמידים שהפגינו רמה גבוהה של ח"ח במבחן ה-Pre והינם בעלי זיקה נמוכה-יחסית לטכנולוגיה (שימו לב כי מספר ניסיונות נמוך מעיד על רמה גבוהה של ח"ח).



איור 5. עץ החלטה לחיזוי מספר הניסיונות

### חיזוי משך הביצוע

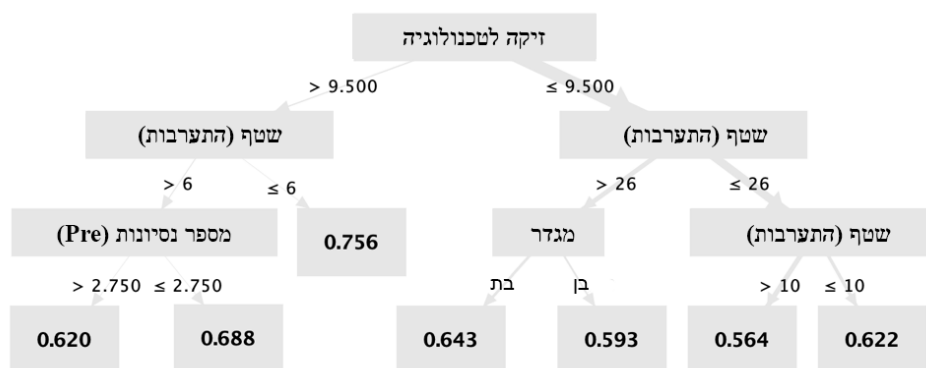
עץ ההחלטה שמסייע לחזות את משך הביצוע במבחן ה-Post ( $R^2=0.28$ ) מראה כי מידת השטף בהתערבות קשורה ביחס מורכב לרמת הח"ח במבחן ה-Post. בעבור התלמידים בעלי רמה נמוכה-יחסית של ח"ח במבחן ה-Pre (מספר ניסיונות גבוה קשור לרמת ח"ח נמוכה) – אלו מביניהם שמידת השטף שלהם בהתערבות היתה בינונית, היו אלו שהפגינו את הרמה הנמוכה ביותר של ח"ח במבחן ה-Post. ראו איור 6.



איור 6. עץ החלטה לחיזוי משך הביצוע

### חיזוי מקוריות הפתרון

המודל שחזה את מקוריות הפתרון במבחן ה-Post ( $R^2=0.2$ ) מראה כי מידת השטף בהתערבות נמצאה קשורה בקשר מורכב למקוריות הפתרון במבחן ה-Post. בעבור התלמידים שהזיקה שלהם לטכנולוגיה הינה ברמה הגבוהה ביותר (10) – באופן כללי, נמצא קשר חיובי בין מידת השטף בהתערבות לבין מקוריות הפתרון, אך נשים לב כי התלמידים שהפגינו מידת שטף נמוכה מאוד ( $\leq 6$ ) הם אלו שמקוריות הפתרון שלהם היתה הגבוהה ביותר. בעבור התלמידים שהזיקה שלהם לטכנולוגיה אינה ברמה הגבוהה ביותר ( $\leq 10$ ), מידת שטף בינונית ( $\leq 10$ ,  $> 10$ ) הובילה לרמת מקוריות הפתרון הנמוכה ביותר, ונשים לב כי בעבור מידת שטף גבוהה, השיגו הבנות רמת מקוריות גבוהה יותר מהבנים. ראו איור 7.



איור 7. עץ החלטה לחיזוי מקוריות הפתרון

לסיכום, זיקה לטכנולוגיה נמצאה כרלוונטית מאוד להשפעת ההתערבות על התלמידים, הן על ח"ח והן על יצירתיות חישובית. באופן כללי, זיקה גבוהה לטכנולוגיה היתה גורם מנבא לשיפור בביצועים של התלמידים בעקבות ההתערבות. זיקה נמוכה לטכנולוגיה הביאה אף היא לתרומה חיובית של ההתערבות בקרב שתי תת-קבוצות באוכלוסיה: (1) תלמידים בעלי רמה גבוהה של ח"ח במבחן המקדים; (2) תלמידות. נשים לב כי מידת שטף בינונית בהתערבות פגעה לעתים בביצועים בקרב תלמידים בעלי רמה נמוכה של ח"ח במבחן המקדים או שאינם בעלי זיקה גבוהה לטכנולוגיה.

### דיון

מחקר זה בחן את הרכישה של ח"ח ויצירתיות בסביבת הלימוד קודטו ואת ההשפעה של תכנית התערבות לקידום יצירתיות. מממצאי המחקר עולה כי באופן כללי ההתערבות תרמה לשיפור במדדי החשיבה היצירתית, הח"ח והיצירתיות החישובית של המשתתפים. השיפור במבנים השונים של היצירתיות אשר נבחנו בתוך ומחוץ לסביבת הלמידה, בקרב שתי קבוצות המחקר, עולה בקנה אחד עם מחקרים קודמים שהראו שמשמיות יצירתיות משפיעות על ביטויי היצירתיות בהקשרים שונים וכי יצירתיות ניתנת לשיפור ולהעברה בין תחומים (Hong & Milgram, 2010; Israel-Fishelson et al., 2021b; Liu & Lu, 2002). בקבוצת הניסוי ניכר שיפור



משמעותי יותר במקוריות ובמקוריות הפתרון, לעומת קבוצת הביקורת. אנו מציעים כי שיפור זה קשור לתוכנית ההתערבות שעברו התלמידים שכן זו האחרונה נמצאה בעבר כיעילה לשיפור היצירתיות של תלמידים והיא הפרמטר היחיד המבחין בין הקבוצות (Stevenson et al., 2014).

ממצאי המחקר מצביעים גם על תרומתה הייחודית של תכנית ההתערבות על ביצועי התלמידים גם מבחינת הח"ח. בקבוצת הניסוי היה שיפור משמעותי יותר במשך הביצוע לעומת קבוצת הביקורת. כמו כן, רק בקבוצת הניסוי ניכר שיפור מובהק במספר הניסיונות. ממצאים אלה נמצאים בהלימה עם מחקרים קודמים שמצאו קשר חיובי בין מבחני יצירתיות להישגים אקדמיים של תלמידי חטי"ב (Anwar et al., 2012; Whalley & Ogier, 2020). יתרה מכך, ממצאים אלה תומכים בטענה כי יצירתיות יכולה לתרום למדעי המחשב ולח"ח בפרט (Kong, 2019).

מחקרים קודמים מצאו כי זיקה לטכנולוגיה אינה בהכרח גורם מנבא של רכישת ח"ח (Durak & Saritepeci, 2018) או יצירתיות (Jackson et al., 2012). עם זאת, במחקר זה, מצאנו מקרים בהם זיקה טכנולוגית, נמוכה או גבוהה, היתה גורם משמעותי להשלכות של התערבות ביצירתיות על קידום או עיכוב של ח"ח ויצירתיות חישובית, זאת כתלות בשילובה עם מדדים כגון מגדר וידע מקדים. לאחרונה, נמצא כי זיקה לטכנולוגיה נמצאת בקשר חיובי עם רצון ללמוד (Jin & Divitini, 2020), מה שעשוי להסביר את ממצאינו.

ממצא מפתיע נוגע להשפעתה השלילית, במקרים מסוימים, של רמת שטף בינונית, בהשוואה לרמת שטף נמוכה או גבוהה. תופעה זו מתקשרת להיבטים של למידה המתנהגים בהתאם לעקומת U, כלומר ש"פחות מדי" או "יותר מדי" עדיף על "באמצע". תבנית זו נצפתה בעבר בהיבטים שונים של למידה, למשל: שילוב מחשבים בהוראה, בהתייחס לניסיון (Mevarech, 1997); רמת אינטואיציה, בהתייחס למידת מומחיות (Baylor, 2001); והישגים במתמטיקה, בהתייחס לגיל אצל ילדים (McNeil, 2007). בעבר נטען כי לא רק התנהגות-למידה זו נפוצה, אלא שהיא אף הכרחית לצורך קידום למידה משמעותית (Carlucci & Case, 2013). בעוד שהספרות על הבדלים מגדריים ביחס ליצירתיות אינה חד משמעית, ממצאי המחקר הנוכחי מצביעים על כך שבקרב בנות שרמת השטף שלהן בהתערבות היתה גבוהה, היצירתיות החישובית היתה טובה יותר מזו של הבנים במבחן ה-Post. אנו סבורים כי תכנית ההתערבות יכולה לסייע לבנים ולבנות כאחד ולכן יש להמשיך ולבחון את ההבדלים המגדריים אל מול ביצועי התלמידים במשימות השונות.

לסיכום, ניכר ממחקר זה כי להתערבות היתה השפעה חיובית על ביצועי התלמידים ולפיכך אנו ממליצים לאנשי חינוך לשלב אותה במתכונת זו או אחרת. בנוסף, אנשי חינוך שרוצים לקדם ח"ח צריכים לעודד חשיבה יצירתית, בין אם באמצעות סביבות לימוד ייעודיות או על ידי מתן תרגילים מסורתיים. בתוך כך, מומלץ לעודד זיקה של תלמידים לטכנולוגיה.

## מקורות

- Anwar, M. N., Aness, M., Khizar, A., Naseer, M., & Muhammad, G. (2012). Relationship of creative thinking with the academic achievements of secondary school students. *International Interdisciplinary Journal of Education*, 1(3), 1–4. [http://iijoe.org/IJJE\\_01\\_03\\_12.pdf](http://iijoe.org/IJJE_01_03_12.pdf)
- Baylor, A. L. (2001). A U-shaped model for the development of intuition by level of expertise. *New Ideas in Psychology*, 19(3), 237–244. [https://doi.org/10.1016/S0732-118X\(01\)00005-8](https://doi.org/10.1016/S0732-118X(01)00005-8)
- Beghetto, R. A. (2019). Creativity in Classrooms. In J. C. Kaufman & R. J. Sternberg (Eds.), *The Cambridge Handbook of Creativity* (pp. 587–606). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316979839.029>
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K., Kampylis, P., & Punie, Y. (2016). Developing computational thinking in compulsory education. In *European Commission, JRC Science for Policy Report* (Issue June).
- Buitrago Flórez, F., Casallas, R., Hernández, M., Reyes, A., Restrepo, S., & Danies, G. (2017). Changing a generation's way of thinking: Teaching computational thinking through programming. *Review of Educational Research*, 87(4), 834–860. <http://journals.sagepub.com/doi/10.3102/0034654317710096>
- Carlucci, L., & Case, J. (2013). On the necessity of U-shaped learning. *Topics in Cognitive Science*, 5(1), 56–88. <https://doi.org/10.1111/TOPS.12002>
- Cramond, B., Matthews-Morgan, J., Bandalos, D., & Zuo, L. (2005). A report on the 40-year follow-up of the Torrance Tests of Creative Thinking: Alive and well in the new millennium. *Gifted Child Quarterly*, 49(4), 283–291. <https://doi.org/10.1177/001698620504900402>

- Dagiene, V., Futschek, G., & Stupuriene, G. (2019). Creativity in solving short tasks for learning computational thinking. *Constructivist Foundations*, 14(3, SI), 382–396.
- Deschryver, M. D., & Yadav, A. (2015). Creative and computational thinking in the context of new literacies: Working with teachers to scaffold complex technology-mediated approaches to teaching and learning. *Journal of Technology and Teacher Education*, 23(3), 411–431.
- Durak, H. Y., & Saritepeci, M. (2018). Analysis of the relation between computational thinking skills and various variables with the structural equation model. *Computers and Education*, 116, 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.004>
- Freeman, A., Adams Becker, S., Cummins, M., Davis, A., & Hall Giesinger, C. (2017). *NMC/CoSN Horizon Report: 2017 K-12 Edition*.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *The American Psychologist*, 5(9), 444–454. <https://doi.org/10.1037/h0063487>
- Günbatar, M. S. (2019). Computational thinking within the context of professional life: Change in CT skill from the viewpoint of teachers. *Education and Information Technologies*, 24(5), 2629–2652. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09919-x>
- Hong, E., & Milgram, R. M. (2010). Creative thinking ability: Domain generality and specificity. *Creativity Research Journal*, 22(3), 272–287. <https://doi.org/10.1080/10400419.2010.503535>
- Ibáñez, M.-B., Di-Serio, A., & Delgado-Kloos, C. (2014). Gamification for engaging computer science students in learning activities: A case study. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(3), 291–301. <http://ieeexplore.ieee.org/document/6827214/>
- Israel-Fishelson, R., & Hershkovitz, A. (2020). Shooting for the stars: Micro-persistence of students in game-based learning environments. In D. Glick, A. Cohen, & C. Chang (Eds.), *Early Warning Systems and Targeted Interventions for Student Success in Online Courses* (pp. 239–258). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-5074-8.ch012>
- Israel-Fishelson, R., Hershkovitz, A., Eguíluz, A., Garaizar, P., & Guenaga, M. (2021a). The associations between computational thinking and creativity: The role of personal characteristics. *Journal of Educational Computing Research*, 58(8), 1415–1447. <https://doi.org/10.1177/0735633120940954>
- Israel-Fishelson, R., Hershkovitz, A., Eguíluz, A., Garaizar, P., & Guenaga, M. (2021b). A log-based analysis of the associations between creativity and computational thinking. *Journal of Educational Computing Research*, 59(5), 926–959. <https://doi.org/10.1177/0735633120973429>
- Jackson, L. A., Witt, E. A., Games, A. I., Fitzgerald, H. E., Von Eye, A., & Zhao, Y. (2012). Information technology use and creativity: Findings from the children and technology project. *Computers in Human Behavior*, 28(2), 370–376. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.10.006>
- Jin, F., & Divitini, M. (2020). Affinity for Technology and Teenagers' Learning Intentions. *ICER 2020 – Proceedings of the 2020 ACM Conference on International Computing Education Research*, 48–55. <https://doi.org/10.1145/3372782.3406269>
- Kim, A. S., & Ko, A. J. (2017). A pedagogical analysis of online coding tutorials. In M. E. Caspersen, S. H. Edwards, T. Barnes, & D. D. Garcia (Eds.), *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education – SIGCSE '17* (pp. 321–326). ACM.
- Kim, K. H. (2011). Proven reliability and validity of the Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT). *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*. <https://doi.org/10.1037/a0021916>
- Kim, K. H. (2017). The Torrance Tests of Creative Thinking – Figural or Verbal: Which One Should We Use? *Creativity. Theories – Research – Applications*, 4(2), 302–321. <https://doi.org/10.1515/ctra-2017-0015>
- Kong, S. (2019). Components and methods of evaluating computational thinking for fostering creative problem-solvers in senior primary School education. In S. Kong & H. Abelson (Eds.), *Computational Thinking Education* (pp. 119–142). Springer. [http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7\\_8](http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_8)
- Liu, M.-C., & Lu, H.-F. (2002). A study on the creative problem-solving process in computer programming. *Proceeding of the International Conference on Engineering Education*.

- McNeil, N. M. (2007). U-shaped development in math: 7-year-olds outperform 9-year-olds on equivalence problems. *Developmental Psychology, 43*(3), 687. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.3.687>
- Mevarech, Z. R. (1997). The U-curve process that trainee teachers experience in integrating computers into the curriculum. In D. Passey & B. Samways (Eds.), *Information Technology* (pp. 46–51). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-35081-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-0-387-35081-3_5)
- Navarrete, C. C. (2013). *Creative thinking in digital game design and development: A case study, 69*, 320–331. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.025>
- Nouri, J., Zhang, L., Mannila, L., & Norén, E. (2020). Development of computational thinking, digital competence and 21st century skills when learning programming in K-9. *Education Inquiry, 11*(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/20004508.2019.1627844>
- OCDE. (2018). The Future of Education and Skills: Education 2030. *OECD Education Working Papers, 23*. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1827.2012.02814.x>
- Seo, Y.-H., & Kim, J.-H. (2016). Analyzing the effects of coding education through pair programming for the computational thinking and creativity of elementary school students. *Indian Journal of Science and Technology, 9*(46), 1–5. <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i46/107837>
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review, 22*, 142–158. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1747938X17300350>
- Stevenson, C. E., Kleibeuker, S. W., de Dreu, C. K. W., & Crone, E. A. (2014). Training creative cognition: Adolescence as a flexible period for improving creativity. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*(October), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00827>
- Torrance, E. P. (1974). *Torrance tests of creative thinking*. Scholastic Testing Service.
- Vu, P., & Feinstein, S. (2017). An exploratory multiple case study about using game-based learning in STEM classrooms. *International Journal of Research in Education and Science, 3*(2), 582–582. <http://dergipark.gov.tr/doi/10.21890/ijres.328087>
- Vygotsky, L. S. (2004). Imagination and creativity in childhood. *Journal of Russian and East European Psychology, 42*(1), 7–97.
- Whalley, J., & Ogier, H. (2020). Paperclips, Circles, and Six-Legged Spiders. *Proceedings of the Twenty-Second Australasian Computing Education Conference*, 11–20. <https://doi.org/10.1145/3373165.3373167>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM, 49*(3), 33–35.
- Wing, J. M. (2010). Computational thinking: What and why? *The Link Magazine, Carnegie Mellon University*. <https://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>
- World Bank. (2019). *Children learning to code: Essential for 21st century human capital*. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31528>
- Yadav, A., & Cooper, S. (2017). Fostering creativity through computing. *Communications of the ACM, 60*(2), 31–33. <https://doi.org/10.1145/3029595>