

**האוניברסיטה הפתוחה
המחלקה למתמטיקה ולמדעי המחשב**

פלתורה ככלי ללימוד חשיבה אלגוריתמית

**עבודת תזה זו הוגשה כחלק מהדרישות לקבלת תואר
"מוסמך למדעים" M.Sc. במדעי המחשב
באוניברסיטה הפתוחה
המחלקה למתמטיקה ולמדעי המחשב**

**על-ידי
ליבנת בן-חמו**

העבודה הוכנה בהדרכתם של פרופ' יהודית גלעזר ופרופ' דוד הראל

אוקטובר 2019

לימוד חשיבה אלגוריתמית בבתי הספר היסודיים נמצא בשנים האחרונות במגמת עליה. חשיבה אלגוריתמית היא פרדיגמה מחשבתית למציאת פתרון לבעיה נתונה כלשהי. תהליך החשיבה מורכב מאוסף של שלבים המהווים עקרונות בסיסיים בחשיבה אלגוריתמית ובמדעי המחשב. ללימוד הנושא בגיל צעיר יש השפעה חיובית על האופן בו ילדים לומדים לחשוב ובמספר מחקרים שבוצעו בתחום נמצא כי התלמידים הצעירים בעלי יכולת קוגניטיבית ללמוד את הנושא. עם זאת, הכנסתו כמקצוע בפני עצמו לבתי הספר מלווה באתגרים רבים ביניהם הכשרת מורים מתאימה ובחירת שיטת לימוד שתהיי האפקטיבית ביותר עבור התלמידים. אחת השיטות ללימוד חשיבה אלגוריתמית היא באמצעות פלתורה, פלטפורמה מבוססת משחק המיועד להקניית עקרונות בסיסיים במדעי המחשב ופיתוח חשיבה אלגוריתמית. המשחק מבוסס על שפת LSC (Live Sequence Chart) שפה מבוססת תרחישים ומנוע Play.Go לבנייה והרצת תרחישים. במחקר זה נבדקה אפקטיביות הלימוד של חשיבה אלגוריתמית בקרב תלמידי כתות ד' באמצעות פלתורה. במסגרת המחקר נבדקו שלוש שיטות לימוד שונות המשלבות את פלתורה וכן השפעה של עבודה בזוגות והשפעה מגדרית על הצלחת הלימוד. קבוצת המחקר התחלקה לשלוש תת קבוצות כאשר כל תת קבוצה עברה שיעור באחת משיטות הלימוד שנבחנו. בתום כל שיעור התבקשו התלמידים למלא שאלון הבדק הבנה בעקרונות בסיסיים בחשיבה אלגוריתמית. שיטת הלימוד שהוכחה כמוצלחת ביותר ובה מספר התלמידים שענו נכון על השאלון הוא הגבוה ביותר היא שיטה בה התלמידים עוברים שיעור קצר על עקרונות נבחרים ולאחר מכן עובדים בזוג בפלתורה על שלבים התואמים לעקרונות שנלמדו בשיעור. נוסף לבחינת שיטת הלימוד, במסגרת המחקר התבקשו מורים לענות על שאלון בנושא הוראת חשיבה אלגוריתמית בבתי הספר. רובם לא מגיעים מרקע מקצועי מתאים ללימוד אך חושבים שנכון ללמד את הנושא בבתי הספר והאתגר שהם תופשים כמשמעותי ביותר הוא אופן הכשרתם ללימוד. נושא זה הוא אכן פער משמעותי בהכנסת לימוד חשיבה אלגוריתמית לבתי הספר. היתרון בשימוש בפלתורה הוא האינטואיטיביות של המשחק שדורש הדרכה ממוקדת ובסיסית למורים שישתמשו בכלי זה וכן מסייע לתלמידים בכך שלא דורש להבין שפה חדשה של משחק. בנוסף, בשימוש בפלתורה זוכים התלמידים ליהנות מכל היתרונות הגלומים בלימוד באמצעות משחק.

האם לימוד באמצעות פלתורה אפקטיבי להוראת חשיבה אלגוריתמית בקרב תלמידים בכתות ד'-ו'?

תוכן עניינים

1.	רקע.....	3
2.	חשיבה אלגוריתמית	5
3.	לימוד באמצעות משחק	8
4.	לימוד חשיבה אלגוריתמית באמצעות משחק	11
5.	חשיבה אלגוריתמית מונחית תרחישים	13
6.	פלתורה	17
7.	המחקר	21
8.	דיון והמלצות	33
נספח 1 – שאלון הבנה שהועבר לתלמידים		
37		
נספח 2 – ניתוח מחקר - תוצאות תלמידים – פלתורה		
39		
נספח 3 – ניתוח מחקר - תוצאות תלמידים – שאלון		
39		
נספח 4 – תוצאות שאלון מקוון מורים		
39		
נספח 5 – תוצאות השאלון המקוון - תלמידים		
39		
40	ביבליוגרפיה	

רשימת טבלאות

25	טבלה 1 – אחוזי הצלחה בשאלון.....
27	טבלה 2 – התלמידים שהצליחו לענות על השאלות ועבדו בזוג או לבד.....
28	טבלה 3 – משך זמן הביצוע הממוצע לכל שלב עבור יחידים וזוגות בשלוש שיטות הלימוד.....
28	טבלה 4 – אחוז התלמידים שסיימו את השלבים בפלתורה.....
30	טבלה 5 – אחוז התלמידים שלא ענו על השאלות.....
30	טבלה 6 – התפלגות מגדרית.....

רשימת איורים

16	תרשים 1 – MSC
17	תרשים 2 – LSC
12	תמונה 1 – העדפות של משחקים
20	תמונה 2 – חלק משלב ההדרכה בפלתורה
21	תמונה 3 – סביבת העבודה בה מגדירים התלמידים את התרחיש לפתרון השלב.....
21	תמונה 4 – הרצת המשחק על בסיס הכללים שהוגדרו.....

1. רקע

במדינת ישראל, ה- startup nation^[62] בעיני רבים, היקף המשרות והעוסקים בענפי טכנולוגיות המידע נמצא במגמת עליה בשנים האחרונות^[60]. לימודי מדעי המחשב נגשים לאוכלוסייה הבוגרת באוניברסיטאות ובמכללות. בגילאים הצעירים יותר, החשיפה לתחום היא בעיקר בקרב תלמידי בתי הספר התיכוניים, שם נלמד המקצוע בפריסה רחבה. העובדה שבבתי הספר היסודיים וחיטבות הביניים נלמד המקצוע בעצמות נמוכה עלולה להיות החמצה שכן החשיפה לתחום יכולה להגיע עוד קודם: ילדים ניחנו ביכולת קליטה גבוהה לשפות ובחלק מהמקומות בכתות נמוכות בבתי הספר היסודיים לימודי שפה חדשה הם חלק מתוכנית הלימודים. ללימודי תכנות מאפיינים רבים זהים ללימוד שפה חדשה ולכן לילדים יש יכולת ללמוד עקרונות מורכבים במדעי המחשב כל עוד הלימוד מתבצע באופן פשוט וקל להבנה – בשפה הברורה לילדים. לימוד תכנות מסייע לכישורי פתרון בעיות, עבודת צוות ויצירתיות אצל הילדים^[58].

על מנת להקנות לתלמידים הצעירים ידע בתחום זה, נדרשת הכנה מתאימה וגיבוש השיטה האפקטיבית ביותר ללימוד העקרונות הבסיסיים במדעי המחשב.

בדומה להוראת המתמטיקה שבה לימודי החשבון – הבסיס למתמטיקה הנלמדת בבתי הספר העל יסודיים – מתחילים בכתה א', גם בלימודי מדעי המחשב ניתן לזקק את העקרונות הבסיסיים והפשוטים ולהתחיל ללמדם כבר בביה"ס היסודיים בכתות הנמוכות, בשיטות לימוד וסביבות לימוד שנחקרו ונמצאו אפקטיביות. ישנן סביבות לימוד רבות ומגוונות שיכולות להתאים ללימוד מדעי המחשב, וגם סוגי אוכלוסייה מגוונים המעוניינים ללמוד (קשישים, סטודנטים, ילדים ועוד), אך סביבת לימוד שאפקטיבית לפלח מסוים לא תהיה בהכרח אפקטיבית עבור פלח אחר. לכן, על מנת לשלב נושא זה, נדרש להבין את הרקע של הקבוצה ואת הסיבה והמטרה בלימוד, ועל בסיס אלה לאפיין סביבת עבודה איכותית ללימוד מדעי המחשב המותאמת לאוכלוסייה זו^[59].

בשנים האחרונות, יחד עם התפתחות הטכנולוגיה, נגישותה לכל ונוכחותה בכל תחום בחינוך, שוקדים במשרד החינוך על אופן הכנסת הוראת מקצוע מדעי המחשב לכתות ד'-ו' והנושא נמצא בתהליכי מימוש מתקדמים. קיימת תכנית להוראת מדעי המחשב ורובוטיקה שגובשה על ידי משרד החינוך בשנת 2016^[61] אשר מגדירה את מטרת הלימוד, שיטת ההוראה והתוכן שיש להקנות לתלמידים. תכנית זו עדיין לא ממומשת בכל בתי הספר בארץ.

על מנת לאפשר לילדים, את היכולת ליזום ולממש רעיונות מקוריים ומהפכניים בהמשך, הם יידרשו להכיר ולתרגל שיטות שיאפשרו להם את הבנת הבעיה החשובית שעמה מתמודדים מצד אחד, ומהצד השני, צד המימוש, נדרשת היכולת להמיר את הבעיה או הצורך הקיים שרוצים לתת לו מענה, לתרחיש מדויק ובר מימוש. וכמובן, נדרשת גם הבנה טכנולוגית לצורך הכרת הכלים העומדים לרשות פותר הבעיה, שיעזור להוביל לפתרון נכון וטוב. יכולת טכנית גבוהה תהיה חייבת להיות משולבת עם יכולת חשיבה עמוקה, ואת זה ניתן להשיג ע"י הקניית כלים לחשיבה אלגוריתמית החל מגיל צעיר וכך לחזק אותה.

במסגרת העבודה תיבחן אפקטיביות שיטת הלימוד באמצעות כלי חדשני, פלתורה (Plethora), פלטפורמה מבוססת משחק המיועד להקניית עקרונות בסיסיים במדעי המחשב ופיתוח חשיבה אלגוריתמית. תוך כדי כך, ובאופן שנגזר מאופי ה"משחקי" של הכלי המסוים הזה, תבחן האפשרות הכללית יותר של אפקטיביות ההוראה באמצעות משחק.

בהמשך יוצגו המאפיינים של לימוד באמצעות משחק וכן יתרונות וחסרונות בשימוש בשיטה כזאת.

פלתורה מביאה עמה שני חידושים עיקריים:

- פלתורה מהווה סביבת למידה באמצעות משחק.
- פלתורה מבוססת על תכנות מונחה תרחישים.

פלתורה שמה דגש על פיתוח חשיבה האלגוריתמית והקניית עקרונות בסיסיים במדעי המחשב, בלי לשים דגש על מיומנויות טכניות של קידוד.

ישנן שיטות נוספות להוראת חשיבה אלגוריתמית בקרב ילדים בגילאים צעירים. בהמשך יוצגו שיטות אלה, וכן היכולת של התלמידים בגילאים אלה לקלוט את העקרונות של חשיבה אלגוריתמית באופן כללי. תוצג גם נקודת מבטם של המורים להוראת המקצוע והאתגרים שלהם בתהליך.

2. חשיבה אלגוריתמית

חשיבה אלגוריתמית היא פרדיגמה מחשבתית, לפיה מחפשים פתרון לבעיה נתונה כלשהי – אלגוריתם – כלומר אוסף הוראות מוגדר לפתרון הבעיה על ידי קבלת קלט חוקי כלשהו, עיבוד וחישוב, והחזרת התוצאה הרצויה כפלט^[1]. תהליך של חשיבה אלגוריתמית מורכב בדרך כלל מהשלבים הבאים^[1] –

- איסוף כלל המידע לטובת הגדרת הבעיה בצורה מדויקת.
- ניתוח הבעיה – פירוק הבעיה לתת בעיות, על מנת לפשט את תהליך הבנת הבעיה ולאפשר ניהול ממוקד ונוח של חלקי הבעיה. בשלב זה מתבצע זיהוי דפוסים חוזרים בנתוני הבעיה המוצגת וסיווגם לקבוצות.
- הפשטה – זיהוי ומיקוד בפרטים וברעיונות המרכזיים הרלוונטיים לפתרון הבעיה, תוך סינון כלל הפרטים הטכניים שאינם קריטיים לפתרון.
- הגדרת פעולות בסיסיות הנדרשות לפתרון הבעיה.
- בניית אלגוריתם לפתרון הבעיה המורכב מהפעולות הבסיסיות.
- וידוא שהאלגוריתם אכן פותר את הבעיה במלואה, כולל במקרי קצה ע"י סימולציה המאפשרת הרצת תרחישים וידוא כי מתקבלות התוצאות הרצויות.
- שיפור יעילות האלגוריתם ע"י שימוש בעקרונות בסיסיים במדעי המחשב כמו למשל מקביליות.

חשיבה אלגוריתמית מהווה את לב מדעי המחשב. בשנים האחרונות, עם הכנסת מדעי המחשב גם לתכניות בתחומי לימוד אחרים כגון כלכלה, ספרות, היסטוריה וכו' ובפרט עם הכנסת מקצוע מדעי המחשב לבתי הספר, נעשה ניסיון למצוא מושג קל יותר לתפיסה. בשנת 2007 פרסמה ז'ינט ווינג (Jeannette Marie Wing)^[5] מאמר בו קראה לגישה "חשיבה חישובית" (Computational Thinking). במאמר זה היא גם ציינה באופן ברור ומנומק כי ישנה חשיבות לשילוב העקרונות מעולם מדעי המחשב כמעט בכל תחומי החיים. בכנס^[6] אשר במסגרתו הסבירה את הרעיון, תיארה ווינג בעיה ואת אופן פתרונה ע"י עקרונות בסיסיים במדעי המחשב ואף הציגה דוגמאות מכמה עולמות תוכן שונים.

במאמרה טענה כי Computational Thinking הינה מיומנות בסיסית עבור כל אדם ולא דווקא למומחים בתחום מדעי המחשב. אולם, גם בקרב אנשים העוסקים בתחום מדעי המחשב Computational Thinking כמושג לא תמיד נשמע מוכר ובקרב אלו שפגשו אותו, ישנה תפיסה רווחת לפיה משמעותו היא לגרום לאדם לחשוב כמו מכונה/מחשב; תפיסה זו כאמור מוטעית^[7].

דיון בנושא היה קיים גם לפני פרסומה של ווינג^[57]. דונלד קנות' (Donald Ervin Knuth), חוקר ידוע בתחומי מתמטיקה ומדעי המחשב, טען ב-1974 כי אדם יצליח להבין נושא מסוים רק כאשר ידע איך ללמוד את המחשב. בהמשך, הפעם הראשונה בה ניתנה התייחסות לתהליך המתאר חשיבה אלגוריתמית הייתה ב-1980 בספרו של סימור פאפרט (Seymour Papert)^[8]. אמנם הוא אינו משתמש בצירוף המילים חשיבה אלגוריתמית / Computational Thinking, אך הוא מתייחס לחשיבות של הקנייה מכוונת של יכולת חשיבה בקרב ילדים באמצעות מחשב וללמוד לחשוב על דרך החשיבה - "thinking about thinking". מאוחר יותר, ב-1985 השתמש קנות' במושג חשיבה אלגוריתמית וייחס אותו לתהליך החשיבה המלא הנדרש לצורך פתרון בעיה מסוימת^[64].

כמדען ואיש חינוך, הציג פאפרט (שהיה ממייסדי מעבדת הבינה המלאכותית ב-MIT), במספר מאמרים את עמדתו הנחושה בנוגע ליכולות וההזדמנויות החינוכיות הטמונות בטכנולוגיה ללימוד מיומנויות חשיבה^{[27][8]}. באותה תקופה, רעיון השילוב של טכנולוגיה בתחום החינוך נתפס כקיצוני. בניגוד לאחרים, שראו במחשב בעיקר כלי עזר להצגת מידע, פאפרט ראה במחשב פלטפורמה באמצעותה ניתן ללמד ילדים לחשוב בצורה הרצויה בכל נושא. הוא הבחין כי צורת המחשבה של ילדים שלמדו תכנות מודעת ושיטתית, ומועילה גם בעולמות תוכן אחרים אותם למדו ובהם עסקו, מכיוון שפעלו לפי העקרונות בהם פועלים בתהליך של תכנות. ילדים אשר למדו לתכנת ידעו להשתמש במודלים מסוימים מעולם התוכנה כדי להתמודד עם נושאים חדשים שלמדו או כדי לפתור בעיות אחרות בהן נתקלו.

בעולם התוכנה יש להגדיר בצורה מדויקת את הבעיה ואת אפיון הפתרון כדי שהתוכנה תממש את ייעודה. פאפרט טען כי למאפיין זה השפעה על היכולת של הילדים להגדיר ולפרט בעיות או חומר אחר שלמדו בצורה מדויקת. לטענתו יש לנתח מצב או בעיה בחיי היומיום באופן בו ניגשים למציאת פתרון תכנותי לאותה בעיה.

בדומה לרעיון אותו הציג פאפרט ב-1980, ווינג הגדירה את המונח Computational Thinking באופן הבא – תהליך החשיבה המתקיים לצורך הגדרת הבעיה והגדרת הפתרון כך שניתן לממשו ביעילות ע"י אדם או מכונה.

העיקרון המרכזי בתהליך החשיבה אותו מזכירים פאפרט ווינג במאמריהם הינו עקרון ההפשטה – הבנת הבעיה והיכולת להגדיר את הישויות המרכזיות או הרעיונות המרכזיים תוך התחשבות בתהליכים ובפרטים הרלוונטיים לפתרון.

מאז המאמר הראשון שפורסם ב-2006, כתבה ווינג מאמרים נוספים העוסקים במושג ובהנגשתו לתלמידים^{[48][9][13][49]}.

ווינג מדגישה שני יסודות מרכזיים^[9]:

(1) תהליך החשיבה המורכב משני חלקים:

(a) הגדרת הבעיה

(b) הגדרת פתרון לבעיה. בתהליך הגדרת פתרון לבעיה, מתייחסת ווינג לייצוג לשוני של הפתרון, שמטרתו תקשור הפתרון המוצע לאחר, אדם או מכונה. מימוש הפתרון לבעיה יכול להתבצע ע"י אדם או ע"י מכונה.

ווינג ביקשה להעביר שני מסרים. (1) בני אדם הם אלה המבצעים את תהליך החשיבה והם אלה שמגדירים ופותרים את הבעיה; (2) בני אדם יכולים ללמוד Computational Thinking גם ללא מחשב. במאמרו של קנות' מ-1985, הוא הציג כי יש פרשנויות שונות לחוקרים לגבי המשמעות של חשיבה אלגוריתמית^[64]. גם השיח המחדש שיצרה ווינג סביב Computational Thinking, גרר מחקרים רבים בנושא, שייחסו לו מגוון רחב של כישורים^[50]. מיטשל רזניק (Mitchel Resnick), מדען וחוקר למידה ב-MIT טוען כי בתהליך חשיבה זה, יכולת ביטוי הפתרון המוצע, חשובה לא פחות מהיכולת לפתור את הבעיה^[51]. אחרים מדגישים מיומנויות נוספות כגון - החשיבות שבאיסוף, ניתוח וייצוג המידע, שימוש במודלים חישוביים מוכרים להדמיית תרחישים בפתרון, התמודדות עם בעיות שלא תמיד מוגדרות היטב, שימוש בהפשטה ופירוק בעיה למרכיבים קטנים^[51].

יש מי שמקבילים לימוד חשיבה אלגוריתמית ללימוד שפה חדשה המצריכה הבנה של איך עובד המחשב כדי לדעת "לתקשר" אותו ולהתאים את פתרון הבעיה ליכולות מחשוב כמו חזרתיות ורצף^[51]. חלק אחר מהחוקרים בתחום מייחסים את החשיבה האלגוריתמית לזיהוי מרכיבים חישוביים בעולם הסובב אותנו ושימוש בכלים וטכניקות במדעי המחשב להבנתם^[51].

אנריקו נרדלי (Enrico Nardelli) טוען שהשיח על חשיבה אלגוריתמית מסייע להבנה שבתהליך יש מיקוד בעקרונות והמתודות הבסיסיים של מדעי המחשב ללא תלות בכלים ומערכות, דבר המאפשר פיתוח יכולת חשיבה בפרדיגמה רעיונית שימושית לתיאור המציאות^[57].

בין החוקרים יש מי שמעדיפים להשתמש במונח חשיבה אלגוריתמית ולא בחשיבה חישובית.

ביניהם נמצאים לאו פקיין (Leo Pakkin), חוקר התחום בפינלנד ויהודית גל-עזר (Judith Gal-Ezer) הטוענת כי בתהליך החשיבה האלגוריתמית אנו עושים הרבה יותר מלחשב – אנחנו פותרים בעיות ע"י שימוש ברמות אבסטרקציה שונות ובשלב הסופי לפתרון הבעיה מתבצע החישוב הנדרש. כלומר, החשיבה האלגוריתמית עומדת בבסיס תהליך פתרון הבעיה והאלמנט החישובי מגיע בשלב מאד מתקדם. לכן נכון להשתמש במונח חשיבה אלגוריתמית^[51]. עבור אחרים חשיבה אלגוריתמית היא דווקא החלק החישובי הנקודתי בו נכתב האלגוריתם והתהליך המלא הוא חשיבה חישובית^[50].

על-אף מגוון הפרשנויות, הבסיס המשותף לכולם הוא פיתוח תהליך חשיבה מסדר גבוה לפתרון בעיות חישוביות ואלגוריתמיות והסכמה כי מדובר במיומנות בסיסית שדורשת לימוד^[50]. בנוסף, ישנה הסכמה על כוונת הביטוי והיא היכולת לחשוב כמומחה בתחום מדעי המחשב ולשלב בתהליך החשיבה עקרונות בסיסיים מהתחום כמו הפשטה או כתיבת אלגוריתם ולהשתמש בהם לבעיות מעולמות תוכן שונים.

מעתה, לאורך העבודה ייעשה שימוש במונח חשיבה אלגוריתמית בדומה להתייחסות של קנות' למושג מדעי המחשב לפיה משמעות המושג חשובה הרבה יותר משמו^[57].

לפי אנריקו נרדלי, חוקר מדעי המחשב והוראת התחום, הפופולריות שצבר הנושא בעקבות פרסומה של ווינג שהתכוונה לעורר את תהליך הוראת מדעי המחשב לילדים, הביא לשיטות לימוד שונות להוראת התחום, שלא בהכרח עולות בקנה אחד עם המטרה המקורית. בין השיטות נמצאת זו לפיה חשיבה אלגוריתמית היא מקצוע חדש, שונה ממדעי המחשב. לפי נרדלי שיטה זו מטעה ולטווח הארוך היא עלולה לייצר יותר נזק מתועלת. הוא משווה למקצועות אחרים כמו אנגלית ומתמטיקה אשר שם מלמדים את המיומנויות הרלוונטיות תחת המקצוע ולא חשיבה לשונית או חשיבה מתמטית בנפרד. בהיעדר הגדרה מדויקת בפרסום של ווינג נוצרו פרשנויות רבות ולא אחידות שערפלו את משמעות המושג חשיבה אלגוריתמית, סיטואציה שמבלבלת יותר בתחום החינוך בו נדרש ללמד את המקצוע ועל כן הכמיהה של גורמים רבים להגדרה מדויקת.

נרדלי הציע הגדרה כללית יותר למונח והיא: תהליך החשיבה המתבצע עבור מידול מצב מסוים ופירוט הדרכים בהן עיבוד המידע יכול להתבצע וכך לממש את המטרה החיצונית המוגדרת. פרשנות זו מאפשרת להשתמש במושג בהוראה של מקצועות אחרים בהם נדרש לייצג מצב כלשהו (למשל חוק פיזיקלי או תופעה חברתית) ולא בהכרח בעיה. לפי נרדלי, היכולת לדמות מצב היא כלי חשוב להבנת נושא כלשהו^[57].

מעבר לכישורים האנליטיים שמחזק תהליך החשיבה האלגוריתמית בקרב ילדים, יש לתהליך השפעה רגשית^[12]. התהליך מפתח יכולות רגשיות להתמודדות עם מצבים מסוימים בהם נתקלים הילדים;

- התמדה בעבודה עם בעיות מורכבות.
- בטחון בהתמודדות עם מצבים מורכבים.
- סבלנות.
- היכולת להתמודד עם בעיות.
- היכולת לתקשר ולעבוד בצוות לטובת השגת מטרה משותפת.

אם כן, ניכר כי להוראת חשיבה אלגוריתמית בבתי הספר יש יתרונות בפיתוח רגשי וקוגניטיבי של התלמידים. בראיה זו, מספר מדינות סיווגו לאחרונה את לימודי החשיבה האלגוריתמית בבתי הספר כתוכנית לאומית ובחלקן לימוד המקצוע הוא כבר חלק מתוכנית הלימודים הרשמית בבתי הספר היסודיים והעל יסודיים^[35]. בארגון CSTA (Computer Science Teachers Association) המספק סביבה תומכת למורים המלמדים מדעי המחשב בבתי הספר¹, מגדירים חשיבה אלגוריתמית כמתודולוגיה לפתרון בעיות המרחיבה את תחום מדעי המחשב לדיסציפלינות נוספות ומספקת מיומנות ניתוח לפתרון הבעיה באופן חישובי^[51]. רעיון החשיבה האלגוריתמית אינו חדש אך עושה דרכו חזרה לנושא מרכזי במחקרים בהוראת מדעי המחשב^[50]. עם זאת, הדרך להגדרת תהליך הנכון ביותר ללימוד הנושא והסדרתו במערכת החינוך עוד ארוכה. שלא כמו במקצוע המתמטיקה שהוראתו מורכבת משלבים שהותאמו לכל חתך גילאים וכך יש התפתחות ללימוד מכתה א ועד י"ב, עבור מדעי המחשב לא קיים תהליך דומה. אין הגדרה רשמית של תכנים מומלצים ללימוד בכל חתך גילאים^[13]. בעיה נוספת בהוראת חשיבה אלגוריתמית הינה מחסור במורים שעברו את ההכשרה המתאימה^[13]. הבנת החשיבות של שילוב לימוד מדעי המחשב בבתי הספר מתקבלת בקרב יותר ויותר גורמים, ושיעורי מחשבים נכנסים לתוכנית הלימוד בבתי הספר היסודיים בארץ ובעולם. תוכן שיעורים אלה משתנה ממוסד למוסד וכולל מיומנויות מחשב בסיסיות, שימוש בתוכנות שסייעו לתלמידים במהלך לימודיהם ורק לעיתים משולבים גם לימודי מדעי המחשב ע"י לימוד תכנות וחשיבה אלגוריתמית. ההבחנה בין מיומנויות מחשב בסיסיות, תכנות וחשיבה אלגוריתמית אינה מחודדת מספיק. כל אחד חשוב בפני עצמו אבל אין לימוד של נושא אחד מהשלושה מעיד על ידע בנושא האחר. מיומנויות מחשב בסיסיות הן חשובות אך אין לימודי מדעי המחשב או מסייעות בפיתוח חשיבה אלגוריתמית.

¹ CSTA - <https://www.csteachers.org/page/about-csta>

3. לימוד באמצעות משחק

על פי ויקיפדיה, משחק הוא פעילות בידור ופנאי, המנותקת מצרכי הקיום המידיים ומטרתה הנאה או למידה. במקרים רבים פעילות זו דורשת הבנה מופשטת או הפעלה של דמיון^[14]. מילון ספיר מגדיר משחק כפעולה של תנועות, חשיבה, ניחוש, זריזות וכדומה, לשם שעשוע או תחרות.^[15] בעוד רובנו נוטים לשייך שימוש במשחק לפנאי והנאה או לצורך למידה בגיל הרך, מחקרים מראים כי משחק יכול להיות חלק מתהליך הלמידה בכל גיל.^[17]^[18] מחקרים הוכיחו כי שימוש במשחקים, וביניהם גם משחקי מחשב, לצורכי למידה, אפקטיבי לרכישת ידע ולשיפור ההישגים הלימודיים.^[17] המשחק יוצר סביבת לימוד מעניינת, מסייע להעלאת המוטיבציה ללמידה ולפיתוח ההנעה העצמית.^[17] לפי החוקרים, המשחק, שבד"כ קליל וחופשי יותר משיעור פרוטנלי או הסבר פורמאלי, מאפשר ללומדים להעז, ומעודד אותם לנסות דברים אשר לא היו מנסים במסגרת ה"מסורתית". בכך מעורר המשחק חשיבה עמוקה יותר.^[18] עוד נמצא כי ממד התחרות במשחק והאינטראקציה עם הסביבה במהלכו^[20] מעוררים בתלמידים מוטיבציה חיצונית להצלחה, וכך גורמים להם להשקיע במשחק.^[17] השקעה זו נדרשת לטובת לימוד מעמיק של החומר ובהיותה מלווה בתחושת אתגר והנאה שיוצר המשחק, התלמידים לא חשים שביצעו מאמץ רב ונהנים מהלימוד. כך באמצעות בחירת משחק לימודי מתאים ניתן להשיג את המטרות הלימודיות. המשחק מאפשר לתלמידים לתרגל מיומנויות התנהגותיות. מיומנות אחת היא היכולת לשתף פעולה בעבודה קבוצתית שאותה מתרגלים התלמידים במשחק במהלכו הם כפופים לסט כללים מוגדרים.^[18] מיומנות בחירת מהלכים במשחק באופן עצמאי מחזקת את יכולת הלמידה והיכולת לפתור בעיות באופן יצירתי ותורמת לחיזוק הביטחון העצמי.^[24] משחקים בהם ישנו יסוד של מזל, למשל הטלת קוביות, מקנים לתלמידים החלשים תחושה של שוויון בנקודת ההתחלה של המשחק ועשויים לייצר תחושת מסוגלות.

סביבת המשחק משרה אווירת מציאות אחרת המקבילה למציאות האמתית, בה תוצאות המשחק אינן מחייבות כמו למשל במבחן. סביבה זו מאפשרת הורדת מחסומים וחששות שקיימים ללומדים בזמן הלימוד במציאות האמתית ובכך תורמת לפיתוח היצירתיות, החקרנות והביקורתיות.^[16] מצב זה ידוע גם כתופעת "האדם המשחק" מונח אשר טבע יוהאן הוואזינגה (Johan Huizinga), מראשוני חוקרי המשחקים. לטענתו, כאשר אדם משחק, עולם המשחק והעולם האמיתי מופרדים זה מזה. טענה זו נמצאת כיום בבסיס תפיסת הלימוד באמצעות משחק, למרות הביקורת בה נתקלה בתחילת הדרך.^[19]

לפי פאפרט, אנשים, וילדים בפרט, לומדים באופן אפקטיבי מתוך התנסות וחוויות שצברו. משחק עשוי להיות מקור ללמידה מסוג זה בתחומים רבים שכן הוא מאפשר התנסות וצבירת חוויות. בעת שימוש במשחק ככלי ללמידה, ישנה חשיבות והשפעה רבה לביצוע שיח עם התלמידים בו תתבצע התבוננות וניתוח של החוויות שצברו במשחק: כישלונות, הישגים וציפיות, לפני ובמהלך המשחק, בירור לגבי הדרך בה הגיעו לתוצאה הסופית ומה למדו.^[24]^[25] שיח זה יסייע לתלמידים בעיבוד החומר הנלמד.

כל המאפיינים שהוצגו עד כה רלוונטיים לילדים ומבוגרים כאחד. עם זאת, בעוד מבוגרים לרוב בוחרים ללמוד ומבינים את החשיבות בהרחבת הידע וההתמקצעות, ילדים בגילאי בית ספר היסודי לא תמיד מבינים את היתרונות שבלימוד או מעוניינים ללמוד. מכיוון שלא ניתן להכריח ילדים ללמוד, סביבה לימודית מעניינת, מהנה ומאתגרת כדוגמת סביבה המבוססת משחק תעלה את המוטיבציה של הילדים וכך תוביל ללימוד מוצלח והבנה של החומר.^[20]

צ'יקסנטמיהלאי (Csikszentmihalyi) הגדיר חווית זרימה (Flow experience) כריכוז מוחלט בעיסוק בפעילות כלשהי המתאפשר כאשר יש איזון בין היכולת הפרסונלית של האדם המבצע את הפעילות למורכבות המשימות בפעילות. שחקן הנמצא במצב של חווית זרימה במהלך המשחק, מראה ביצועים גבוהים ואינו מודע למתרחש בסביבתו.

משחק המוביל לחווית זרימה גבוהה בעל מספר מאפיינים : מטרות מוגדרות וחוקים ברורים, הזדמנויות פעולה מאגרות המותאמות ליכולות השחקן, וסינון הסחות דעת המאפשר ריכוז מבין המאפיינים הללו, הילדים מעידים על כך שלאטגר שמספק להם המשחק יש את ההשפעה הגבוהה ביותר על חווית הזרימה.^[20]

במסגרת מחקר שבדק השפעות על חווית זרימה טובה נמצא מרכיב המגדר כנושא שיש לתת עליו את הדעת עת משתמשים במשחק לצורך למידה בקרב ילדים. בחירת משחק שיעורר עניין משותף בקרב כלל או רוב תלמידי הכיתה, אינו עניין של מה בכך כיוון שישנו שוני מגדרי לפיו העדפותיהם של בנים ובנות עבור משחקי מחשב שונות.^[20] בנות מייחסות חשיבות רבה לנראות המשחק וסיפור הרקע שלו, ואילו בנים מייחסים חשיבות גבוהה יותר לעשייה הנדרשת במשחק כדי להגיע ליעד.

באחד המחקרים, נמצאה חווית זרימה משמעותית בקרב קבוצות של בנים ואילו בקבוצות של בנות נמדד אחוז נמוך יותר שנבע ככל הנראה ממעבר של הבנות בין משחקים עקב איבוד עניין בסיפור המשחק, המתבצע בתדירות גבוהה יותר משל הבנים המרוכזים במאמץ לסיים את המשחק בהצלחה.^[20] בטבלה מטה מצוינות העדפותיהם של הילדים למשחקי מחשב נפוצים בחלוקה מגדרית.

תמונה 1 – העדפות של משחקים

Table 1: Participants' game preferences

Boys	Girls
Super Mario	Super Mario
Bumpy's Arcade Fantasy	Bumpy's Arcade Fantasy
Sonic	Barbie
Counter-Strike	Monopoly
Xman	Sims
Spider-Man	Frizbi Math Adventure
Frizbi Math Adventure	
Rise of Nations	

כדי להתמודד עם שוני זה, פותחו סביבות לימוד המתמקדות בסיפור הרקע של המשחק.^{[20][21]}

גישת ההוראה באמצעות משחקי מחשב לימודיים נשמעת מבטיחה, עם זאת פיתוח נכון ומתאים של המשחק הלימודי מהווה אתגר גדול, כיוון שיש להתחשב בגורמים רבים :

- איזון בין מאפייני המשחק למאפיינים הלימודיים של החומר.
- התאמת רמות הקושי לרמת התלמידים תוך שמירה על תחושת האתגר לאורך כל המשחק, שלה השפעה גדולה על המוטיבציה של הילדים.
- הגדרת חוקים וכללים ברורים למשחק^[20] וביסוס המשחק על מרכיבים הלכודים מהמציאות^[25]
- התייחסות לסוגיית המגדר ופיתוח משחק המתאים לשני המינים.

לאיכות המשחק ומידת התאמתו ללימוד החומר השפעה גדולה. משחק לא מתאים עשוי לגרום להשפעה שלילית על הלומד : להוביל לתוצאות לימודיות שאינן מספקות ולאי השגת מטרת הלימוד.^[17] ביטוי לכך ניתן למצוא במחקרים בהם הצביעו הסטודנטים על מוטיבציה גבוהה ללימוד המקצוע כאשר שיטת הלימוד הייתה מבוססת משחק^{[18][19]}, אולם כאשר איכות המשחק והתאמתו לחומר לא הייתה מספקת, הראו התלמידים מוטיבציה נמוכה יותר ולא בטחו בכך שהמשחק יכול להחליף את השיטה הפדגוגית המסורתית^[18]. חשיבות קריטית נמצאה גם לתמיכת המורים בעת למידה באמצעות משחק שתורמת לתחושת הביטחון של התלמידים שהמשחק אכן יעביר להם את החומר הלימודי^[18].

מרכיב נוסף המשפיע על מוטיבציית התלמידים הוא הקצאת זמן למשחק. בהקצאת זמן הקצר מהזמן שדורש המשחק, התלמידים לא מספיקים להתרשם ממנו, להתקדם בשלבים ולהיחשף לנושאים שאותם המשחק מנסה להעביר וכתוצאה מכך המוטיבציה שלהם ללמוד בשיטה זו פוחתת.^[18]

על מנת להגדיל את המוטיבציה של התלמידים ללימוד באמצעות משחק ולשפר את הישגיהם הלימודיים נדרש להתייחס למשחק הלימודי כאל משחק לכל דבר ולהעניק סביבה מתאימה וכיפית, ובכך לממש את הפוטנציאל הלימודי הטמון בו.^[18]

במערכת החינוך התחוללו בשנים האחרונות שינויים תפיסתיים משמעותיים : מתן דגש על הבנת החומר ולא על שינון, מתן חשיבות להתפתחותו של התלמיד ברבדים השונים - קוגניטיבי, רגשי וחברתי, ומעבר מלמידה פאסיבית ללמידה פעילה. הלמידה הפרונטאלית אינה עוד בלעדית וההתפתחות הטכנולוגית הביאה עימה אפשרויות זמינות באמצעותן ניתן לממש בפועל את התפיסות החדשות.^[22] כיום מתבצע תהליך מתפתח של שימוש משמעותי באמצעים טכנולוגיים וסוגי מדיה שונים. קיים גם שימוש במשחקי מחשב לימודיים המתאפשר בסביבת לימוד מתאימה הכוללת מספר מחשבים שיספיק לכלל התלמידים בכיתה, חיבור לאינטרנט ומורים בעלי ידע טכנולוגי מספק. ניסיונות להעברת שיעור באמצעות משחק בוצעו בכלל המגזרים בחברה, ערבי, חרדי וממלכתי.

בבתי הספר היסודיים בישראל, למידה באמצעות משחק מחשב אינה עוד תופעה נדירה ועם זאת אינה חלק פורמאלי מתוכנית הלימודים. השימוש במשחק מתבצע בעיקר לטובת הוראת המקצועות שפה וחשבון ונתון לרוב לשיקול דעתו של המורה, ולכן מתקיים בפועל באופן מצומצם. הזמן שלוקח להכין שיעור ולהתאים משחק או שלבים מסוימים במשחק לחומר שנדרש להעביר בשיעור הוא ארוך ומהווה כפי הנראה שיקול נוסף בהחלטה לשימוש במשחק. יש לציין כי ישנן הצעות למשחקים לימודיים הניתנות למורים וזמינות באתר משרד החינוך, אך אלה אינן מחייבות. ככל שחתך הגילאים עולה כך גם קטן השימוש במשחק לטובת הוראה^[23], עובדה זו מקורה כנראה בחשיבה כי משחקים שייכים לילדים, מה שכאמור אינו נכון.

4. לימוד חשיבה אלגוריתמית באמצעות משחק

על מנת להכין את התלמידים הצעירים לקחת חלק פעיל בעולם הטכנולוגי, כדי שיוכלו לשפר וליצור יכולות וכלים חדשים ולא להיות רק צרכנים, יש צורך להפגיש אותם כבר מגיל צעיר עם הטכנולוגיה ולפתח את יכולות החשיבה האלגוריתמית שלהם. מחקרים רבים בוצעו בנושא היתרונות בהוראת חשיבה אלגוריתמית בחינוך חובה^[51] וישנן שיטות רבות הנחקרות והמוצעות לאנשי ההוראה אולם עדיין לא גובשה מתודת הלימוד המומלצת^[25].

חלק משיטות הלימוד המוצעות מבוססות על לימוד שפת תכנות וחלקן על פעילות המעוררת מוטיבציה בקרב התלמידים, באמצעותה לומדים את עקרונות החשיבה האלגוריתמית. פעילות מסוג זה, אינה בהכרח מתבצעת מול מחשב^[25]. אחת הדוגמאות לשיטה זו היא הוראה באמצעות סביבה מבוססת רובוטים, שיטה הנפוצה ללימוד בכל הגילאים ובה מתבצעת למידה באמצעות משחק בו בונים הילדים את הפרויקט הרובוטי שלהם. באמצעות מכשירים פיזיים, מוחשיים, יכולים הילדים להתנסות בבניה פיזית וכן בתכנות פעולות מוגדרות, ולראות באופן מידי את התוצר שלהם^[24]. שיטות מסוג זה המשלבות את הפן המוחשי, מגדילות את המוטיבציה של התלמידים ללמידה ומשפרות את מיומנויות החשיבה האלגוריתמית^{[25][24]}.

סביבות לימוד המותאמות לילדים אשר באמצעותן ניתן לתכנת באופן אינטואיטיבי ע"י גרירת אייקונים למשל, מסייעות להעלאת הביטחון להצלחה במקצוע בקרב ילדים עם מיומנויות מחשב נמוכות או חשש מלימוד תכנות או מדעי המחשב. העיקרון הלימודי המועבר באמצעות סביבות אלה ניתן ללימוד גם ע"י משחק חברתי קבוצתי שלא מתבצע מול מחשב וישנם חוקרים הטוענים ששיטת לימוד זו אפקטיבית אף יותר מהלימוד הפורמאלי כיוון שאין התמודדות עם קשיי תחביר של שפת תכנות (מיקום נכון של נקודה-פסיק למשל) והפעולות מתבצעות בשפה המוכרת לילדים שמאפשרות להם להיות מרוכזים בלוגיקה בלבד^[26].

אפארת כמו הוגים נוספים בפילוסופיה של החינוך, טען כי צמיחה אינטלקטואלית של ילד צריכה להיות מושתתת על ניסיון וחוויות שצבר ועל כן הציע להקים סביבת לימוד בה התלמידים יהיו מעורבים באופן משמעותי ויצברו חוויות. דוגמאות לכך הן כתיבת משחקי מחשב פשוטים או כתיבת תוכנות לימודיות ע"י התלמידים. ידוע כי הדרך הטובה ביותר ללמוד משהו, היא ללמד אותו. כתיבת תוכנת לימוד אפקטיבית יותר לכותב התוכנה מלימוד פרונטלי שכן בתהליך כתיבת התכנה הוא נדרש לחשוב על כל השאלות ונקודות הכשל האפשריות, חשיבה המביאה ללימוד מעמיק יותר. כתיבת תוכנת לימוד מוסיפה עניין ומורכבות ומעלה את המוטיבציה בקרב תלמידים שאיבדו עניין בלימוד המקצוע או שחשים כי הוא פשוט להם מדי^[27]. שיטה זו תהווה עבורם בסיס ללמידת מושגים ובניית אינטואיציה ללמידה וחשיבה שיסייעו להם בהמשך.

במאמר "איך ללמד חשיבה אלגוריתמית" מאת סטפן וולפרם (Stephen Wolfram), היוצר של וולפרם אלפא ושפת וולפרם, הוא מציג את חשיבות הקניית יכולת החשיבה האלגוריתמית לילדים, ומציין שני עקרונות מרכזיים באמצעותם ניתן ליישם זאת. וולפרם מתייחס לכך שכאשר ילדים לומדים נושא בתחום שמעניין אותם, הם מתחילים לשאול שאלות חדות ומתעניינות יותר משאלות הנשאלות בשיעורים ה"רגילים". אחד הנושאים המעניינים לתלמידים הוא משחקי מחשב ולכן כאשר מוצג לתלמידים משחק מחשב והסברים אודות המשחק, קיים סיכוי גבוה שישאלו שאלות עומק ומתוך כך תגיע הבנה של הנושא עליו מתבסס המשחק. בנוסף לפי וולפרם, אחת הדרכים לטעת מוטיבציה בתלמידים היא להראות להם אפקט מידי של מה שהם יצרו. באמצעות בניית משחקי מחשב מיושמים שני העקרונות הללו^[26].

כיום, חשיבה אלגוריתמית נלמדת לרוב במסגרת שיעורי תכנות בהם מלמדים את התלמידים שפת תכנות כלשהי.

לימוד שפת תכנות הוא לימוד תחביר של שפה, שעשוי להיות מורכב לעיתים מפני שדורש כישורים בשפה האנגלית ויכולות חשיבה נוספות שתלמידי בית ספר יסודי טרם רכשו.

על מנת להקל את הלימוד עבור אוכלוסיות מסוימות ובהן גם ילדים צעירים, נבנו סביבות תכנות ושפות תכנות פשוטות יותר עם יכולות גרפיות ופונקציונאליות שניתן לממש באמצעות גרירה או בדרך פשוטה ואינטואיטיבית אחרת^[21].

בשימוש בשיטות אלה, התלמידים יכולים ליצור תכניות מגוונות, והם לא נדרשים להתמודד עם לימוד תחביר של שפת תכנות. עם זאת, עדיין נדרשות יכולות חשיבה כמו: ללמוד איך לגשת לבעיה ואיך לפתור את הבעיות ע"י יצירת אלגוריתם מתאים, יכולות אלה הן ממאפייני החשיבה האלגוריתמית החסרה לתלמידים בגילאים צעירים^{[21][25]}.

שיטות ללימוד חשיבה אלגוריתמית במסגרתם נדרש התלמיד לכתוב קוד, עשויות לייצר רושם מוטעה אצל התלמידים ולעיתים גם המורים לגבי משמעות המושג חשיבה אלגוריתמית^[51]. על אף שללימוד חשיבה אלגוריתמית הוא חלק אינטגרלי מלימוד תכנות^[25], לימוד תכנות אינו בהכרח תורם ללימוד מיומנויות חשיבה אלגוריתמית. למידה והבנה של תפיסות ומושגים בחשיבה אלגוריתמית רחבים יותר מהבנה של שפת תכנות ויישומה או שימוש במערכת/משחק מסוים^[28].

עד כה ראינו כי שימוש בשיטת הוראה מבוססת משחק בקרב ילדים, משפיעה על יצירת עניין ומסייעת לחשיבה מעמיקה על התוכן הנלמד. שימוש במשחק מציע דרך באמצעותה ילדים יכולים ללמוד באופן טבעי חשיבה אלגוריתמית. שימוש במשחק יכול להתבצע גם לטובת "הסוואת" הנושא הנלמד. הילד עסוק בהשגת יעדי המשחק ולא חש כי בדרך זו למעשה לומד חומר חדש.

גם מומחים בהוראה הצביעו על כך כי משחק הוא כלי מתאים ללימוד מיומנויות חשיבה אלגוריתמית^[21]. אחת שיטות המומלצת ללימוד היא סביבה באמצעותה התלמידים בונים בעצמם משחק, שיטה זו הוזכרה גם ע"י פאפרט, וולפראם.

במחקר שנערך בקרב ילדים בני 11, נמצא כי הילדים הראו שימוש בתבניות שונות של חשיבה אלגוריתמית במהלך השתתפותם במשחקים מסוגים שונים. עם זאת, כאשר התבקשו להסביר את האסטרטגיה בה הם משתמשים, ניכר קושי לייצג ולהגדיר את תבנית החשיבה^[21]. פאפרט טען כי היכולת לבטא באופן שוטף את תהליך החשיבה היא החשובה ביותר בתהליך הלימוד של הילד^[27].

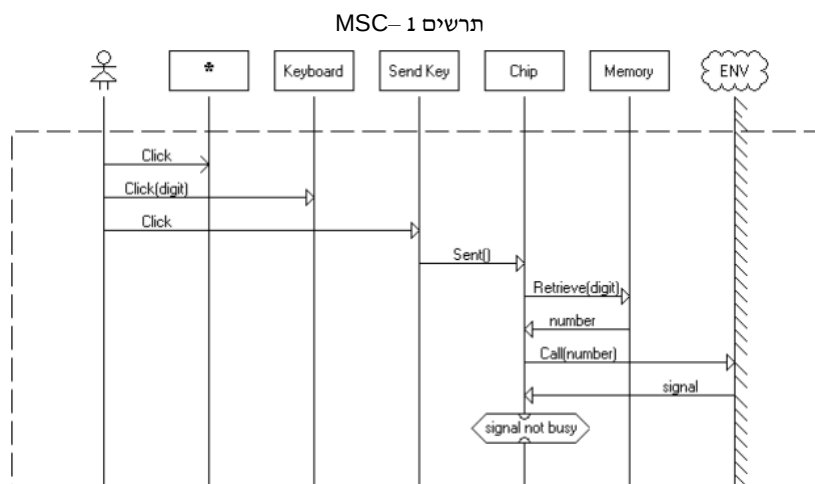
במסגרת המחקר פותחה סביבה ייעודית באמצעותה ניתן לשחק במגוון משחקים באופן הבא: הסביבה דורשת מהשחקן להגדיר דרך פעולה למשחק ולאחר מכן לנתח אותה ואת השלבים. סביבה זו מאפשרת לילדים לנסח את מיומנויות החשיבה האלגוריתמית ולהמשיג אותם. תוצאות המחקר הראו כי ניכר שיפור משמעותי ביכולת של הילדים לבטא את דפוסי החשיבה שלהם כאשר שיחקו בסביבה הייעודית שפותחה, ביחס ליכולת שלהם להסביר את האסטרטגיה בה הם פועלים באותו משחק בסביבה רגילה. אחד המשחקים שנבחנו בסביבה הוא איקס-עיגול בו התלמידים הביעו חשיבה מסודרת וידעו לבטא מאפיינים של חשיבה אלגוריתמית כאשר שחקו בסביבת המשחק הייעודית, דפוסי חשיבה שלא ביטאו כאשר שיחקו על גבי דף^[21]. מחקר נוסף שנערך בקרב שלוש קבוצות של סטודנטים בשנתם הראשונה ללימודים האקדמיים, הראה כי במהלך משחק לוח קבוצתי בו לא שיחקו קודם לכן, הראו הסטודנטים תרגול ושימוש בחשיבה אלגוריתמית מורכבת באופן ספונטני. המאפיינים שבאו לידי ביטוי במהלך המשחק הם: לוגיקה מבוססת תנאים, בניית אלגוריתמים, בדיקה של תוכנית או אלגוריתם לטובת חקירת בעיה, דיבאג (היכולת לחקור בעיה על מנת לתקן) וחישוב מבוזר שמשמעותו שיתוף פעולה בין מספר שחקנים על מנת להגדיר תוכנית פעולה להמשך המבוססת על חוקי המשחק. כל אלו באו לידי ביטוי בשלושת הקבוצות בשלושה סבבי משחק שביצעה כל אחת. כיוון שמדובר במשחק קבוצתי ולשחקנים מטרה משותפת, ניתן להבחין במאפיינים של חשיבה אלגוריתמית שבאו לידי ביטוי במהלך המשחק, מתוך השיח בין השחקנים^[23]. חישוב התוצאות התבצע על סמך הקלטות של הסטודנטים במהלך המשחק. סך ההקלטות ששוין לחשיבה אלגוריתמית ולאחד מחמשת המאפיינים שהוצגו קודם, עמד על פחות מ-50 אחוז בלבד מכמות הדיבור הכללית. מכאן ניתן ללמוד כי חלק מהפעולות אותן מבצעים השחקנים במהלך המשחק מתקיים כאשר תהליך החשיבה לא מבטא באופן מפורש. לפי פאפרט, אחת המיומנויות התורמת לשיפור החשיבה האלגוריתמית ויעילה לתכנות, היא יכולת ביטוי של תהליך חשיבה כמו ניתוח, סידור וייצוג רעיונות ותהליכים^[27].

באמצעות משחק מתאים ניתן ללמד ילדים באופן אינטואיטיבי וטבעי להגדיר ולנסח את תבניות החשיבה שלהם, ללא כל ניסיון ללמד אותם לתכנת^[21]. יכולת זו תסייע בשיפור מיומנות החשיבה האלגוריתמית של הילדים.

5. חשיבה אלגוריתמית מונחית תרחישים

תהליך החשיבה האלגוריתמית מבוצע עבור פתרון בעיות פשוטות ועבור פתרון בעיות מורכבות כאחד. בחלק מהמקרים התוצר של התהליך יהיה פיתוח מערכת ייעודית, פשוטה או מורכבת. מערכת מורכבת מאופיינת במספר תהליכים רב או כאלה המתרחשים במקביל. לצורך אפיון מערכת מורכבת נדרשת הכנה במסגרתה יש חשיבות רבה להגדרת דרישות ברורות וניתוחן. אפיון תהליכי מערכת בצורה מסודרת, ברורה ותואמת לדרישות, קריטי לבניית מערכת איכותית. ניתן להשתמש בשפת MSC (Message Sequence Charts) לאפיון מערכת והגדרת רכיביה המרכזיים והקשרים ביניהם בהתאם לדרישות. MSC הינה שפה ויזואלית המשמשת לפיתוח פרוטוקולים של מערכות תקשורת ואפיון של מערכות.^[46]

שפת MSC שייכת למשפחת ה-SDL (Specification and Description Language), שפות ויזואליות המתארות את התנהגות המערכת ונחשבות כשפות פורמאליות לניתוח מערכת, ניתוח דרישות ואפיון. שפות אלה מאפשרות הסתכלות על המערכת והבנה שלה באופן ויזואלי ומידי ביחס לשפות תכנות בהן יש התעמקות בפרטים ואי לכך קבלת תמונה כללית של המערכת המורכבת יותר. השפה תוקננה ע"י ארגון ה-ITU-T האמון על הגדרת סטנדרטים בתחום טכנולוגיות המידע והתקשורת באו"ם.^[46] דרישות המערכת מיוצגות בתרשים MSC ע"י פעולות בהן עובר מידע בין רכיבי המערכת, העברת המידע מתבצעת באופן ליניארי. ניתן לראות בדוגמה הבאה ייצוג ל-MSC^[3] -



בתרשים 1 ניתן לראות תרחיש של חיוג מהיר בטלפון סלולרי המיוצג ע"י MSC. בתרשים האובייקטים מיוצגים ע"י קווים אנכיים וההודעות המועברות בין האובייקטים ע"י חצים אופקיים. משושה מוארך מייצג תנאי שחייב להתקיים במידה ומגיעים אליו ברצף התרחיש. התרשים מתאר את רצף הפעולות שנדרש להשלים בתרחיש של חיוג מהיר^[3] -

- משתמש מקיש *.
- לאחר מכן, משתמש מקיש ספרה על לוח המקשים.
- לאחר מכן לוחץ על כפתור 'Send'.
- לחיצת המשתמש מעבירה אינדיקציית 'Send' ל-chip.
- ה-chip פונה לזיכרון לקבלת מספר הטלפון המלא.
- ה-chip שולח את המספר המלא לסביבה חיצונית לביצוע שיחה.
- הסביבה שולחת ל-chip אות .
- האות מתקבל בתנאי שפנוי.

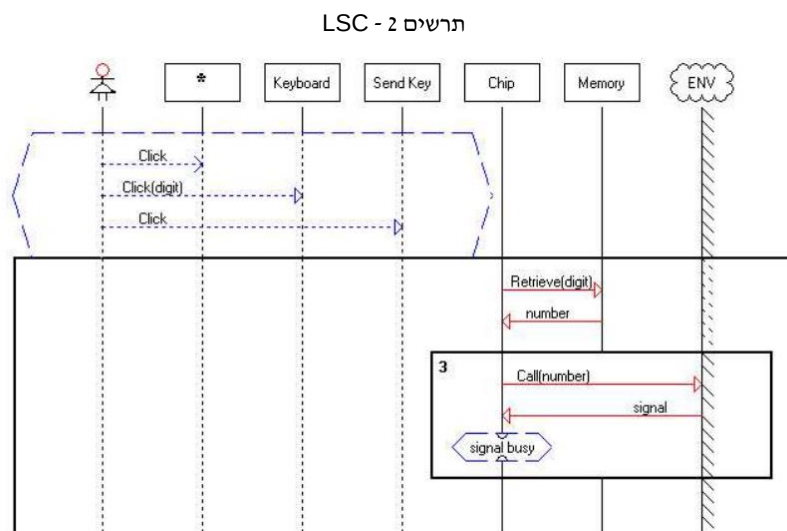
תרשים MSC מאפשר את אפיון התרחישים במערכת ע"י הגדרת האובייקטים והקשרים ביניהם^[3], ומתבצע בשלב הראשוני בפיתוח המערכת. בשלב זה מבוצע ניתוח הדרישות ואפיון המערכת הכולל הגדרת כלל האובייקטים, הקשרים ביניהם והפעולות במערכת^[47].

מתוך תרשים MSC ניתן לוודא שמעבר מידע בין אובייקטים מתבצע בסדר הנכון אך לא ניתן להבין מה המטרה הכללית של המערכת^[47]. בנוסף לא ניתן להגדיר באמצעות MSC אילו תרחישים או חלקי תרחישים יכולים להתבצע אך לא חייבים, אילו מהם חייבים להתבצע או אסורים ומה קורה כאשר תנאי מסוים לא מתקיים^[47]. גם הגדרה של פעולות הנדרשות להתבצע באופן קבוע בזמן ריצת המערכת, ללא תלות בתרחיש לא

מתאפשרת בשימוש ב-MSC. אם כן, מתוך ה-MSC ניתן להבין מהם התרחישים המוגדרים לביצוע במערכת אך אין יכולת לדעת בוודאות מה יקרה בפועל בזמן ריצת המערכת. כמענה לפערים אלה, פותחה ע"י החוקרים דוד הראל (David Harel) ממכון ויצמן ווורנר דאם (Werner Damm) שפת LSC - Live Sequence Charts.^[2]

שפת LSC הינה שפה מבוססת תרחישים המרחיבה את שפת MSC המסורתית. בדומה ל-MSC השפה מאפשרת אפיון ותכנון ויזואלי של מערכת. שפת LSC מספקת מענה לפערים ב-MSC שהוזכרו קודם, ברמת המערכת כולה וברמה של תרחיש ספציפי. באמצעותה ניתן להגדיר תרחישים אסורים במערכת או תרחישים שחייבים להתבצע על מנת שהמערכת תפעל נכון ותבצע את שאופיין עבורה. בנוסף, ניתן להגדיר חוקים על תהליכי המערכת – תנאים לביצוע פעולות, הגבלות על ביצוע תהליכים, קיומם בתנאים מסוימים ואפיון תגובת מערכת שונה בהתאם לתרחיש. יכולות אלו מבטאות את מאפיין החיות (Liveness) של המערכת ומאפשרות לדמות תרחישים שונים ולהבין את התנהגות המערכת עוד בשלב האפיון.

בשפת LSC ניתן להגדיר שני סוגי תרחישים, אחד מהם הוא תרחיש אוניברסלי (universal) המורכב משני חלקים - החלק הראשון - prechart, מגדיר סט פעולות מסויים, שבמידה ויתרחש, מחייב את המערכת לבצע בהצלחה סט פעולות נוסף - mainchart, המגדיר תרחיש פעולות לביצוע. הסוג השני הוא Existential, בו מפורטות דוגמאות לקשרים בין פעולות ורכיבים במערכת – תרחישים, אשר יתקיימו בריצת מערכת אחת לפחות, והמערכת לא מגיבה באותה הדרך בכל התרחישים.^[52] כלומר, השפה מאפשרת לנו להגדיר סט תרחישים אפשריים במערכת וקשרים ביניהם וגם קשר של פעולה ותגובה - כאשר תרחיש מסוים מתבצע הוא גורם להפעלתו של תרחיש נוסף. ניתן לראות בדוגמה הבאה^[3] ייצוג ל-LSC –



בתרשים 2 ניתן לראות תרשים LSC של תרחיש החיגוי המהיר שתואר קודם באמצעות MSC. בתרשים זה ניתן לראות את ה-prechart המיוצג ע"י קוים מקווקוים ומכיל את שלושת הפעולות הראשונות: הקשה על '*', ולאחר מכן הקשה על ספרה ו'send'. הפעולות הבאות לביצוע נמצאות ב-mainchart אותן נדרש לספק ברגע ששלושת הפעולות הראשונות התבצעו. ההודעות המועברות בין האובייקטים ב-mainchart מיוצגות ע"י חץ אדום. ל-main chart התווספה לולאה בה יש ל-chip עד שלושה ניסיונות לקבל אות פנוי מהסביבה. הלולאה מבוקרת ע"י התנאי הנמצא במשושה כחול מקווקו.^[3]

ניתן להשתמש בשפת LSC בשלב האפיון של מערכת למימוש דגם בר הרצה, המדמה את ריצת המערכת ומאפשר הצגה מפורטת של תהליכים בה וקשרים בין רכיבים ותרחישים כדי ללמוד ולהסיק לגבי הפיתוח העתידי או זיהוי חוסרים באפיון.^[45] זיהוי פערים ותיקונם בשלב האפיון הוא פשוט וקל יותר מתיקון הנדרש במהלך שלב הפיתוח או אחריו. תקלה המתגלה לאחר שלב הפיתוח עשויה לגרום לעבודה חוזרת (rework) ולהארכת זמן הפיתוח, לרב בזמן הארוך יותר מהזמן שהיה נדרש לפיתוח התיקון אם היה מתגלה בשלב האפיון. תקלה שמקורה באפיון לקוי

עשויה לגרום לשינויים במקומות אחרים במערכת עקב קשרים באפיון או בקוד ודורשת זמן אפיון, פיתוח ובדיקות מחודש.

ניתן להימנע מתקלות מסוג זה כאשר מתבצעת עבודה עמוקה ובקרה איכותית לכל חלקי המערכת בזמן האפיון. כאשר מתגלה פער בשלב זה, השינוי הנדרש משפיע על האפיון בלבד, וההשפעה על זמן הפיתוח היא לרוב מזערית. בנוסף, ביצוע השינוי בנקודת זמן זו, נטול מגבלות טכניות של קוד שעשויות להשפיע על החלטות אפיוניות המתבצעות מחדש בשלב מאוחר יותר בחיי המערכת.^[65]

לאחר שלבי האפיון והפיתוח של המערכת מתבצע תהליך בדיקות ייעודי שמטרתו לוודא שהמערכת עומדת בסט הדרישות שהוגדרו ואופיינו.

ה-LSC שנוצר בשלב האפיון מכיל פירוט על התנהגות המערכת הרצויה ותגובת המערכת הנכונה לכל קלט ולכן יכול להוות בסיס לתרחישי הבדיקה של המערכת. במקרים מסוימים ניתן לחולל ממנו תרחישים אוטומטיים שהוכחו כיעילים עבור בדיקות תוכנה מבוססת WEB^[45].

לתפיסתם של רמי מראלי (Rami Marely) ודוד הראל (David Harel), מומחים במדעי המחשב, שימוש בשפה מבוססת תרחישים - LSC, לא צריך להיות מוגבל לשלב הגדרת דרישות המערכת ולשלב הבדיקות, ניתן גם לממש ולהריץ את המערכת עצמה מתוך השפה מבוססת התרחישים.^[3]

מימוש מערכת בשפת LSC נעשה באמצעות סביבה ייעודית - Play.Go, סביבת עבודה מבוססת JAVA ומוכוונת LSC. הסביבה מאפשרת שתי יכולות מרכזיות: הראשונה, תכנון ויזואלי של תרחישים המרכיבים את המערכת באמצעות פונקציית play-in. על סמך סט פעולות שמבצע המשתמש בממשק ויזואלי החשוף לו מחולל Play.Go חלק של LSC, עד שהמשתמש משלים את התרחיש ולמעשה משלים את ה-LSCs של המערכת. מערכת מעט מורכבת, בנויה ממספר תרחישים שייצור המשתמש. בנוסף לתרשים הוויזואלי ש"קודד" המשתמש, מתחולל קוד הניתן להרצה ותואם לתרחיש שאפיין. היכולת השנייה המרכזית ב-Play.Go ממומשת בפונקציה play-out ומאפשרת את הרצת כלל התרחישים שנוצרו ע"י המשתמש.

משתמש נדרש להכיר את שפת LSC בלבד ולדעת להשתמש בה באמצעות המנוע Play.Go על מנת לבנות תרשים LSC התואם לדרישות המערכת, שלעיתים יכול להספיק למימוש המערכת עצמה. במערכות שאינן מורכבות, הקוד המחולל עשוי להיות גם הקוד הסופי אתו תרוץ המערכת. לעומת זאת, מערכות מורכבות מאופיינות לרוב בעמידה בביצועים טובים בזמן אמת בעת ריצת המערכת, לכן יש להקפיד על איכות הקוד ויעילותו, תכונות שלא מאפיינות תמיד את הקוד המחולל, מה שמחייב את מעורבותם של המפתחים. לכן במערכות מורכבות הקוד המחולל הוא לרוב לא הקוד הסופי של המערכת, אלא דגם ראשוני המשמש באופן מלא לשלבי האפיון והבדיקות ולעיתים מהווה מימוש שלדי של המערכת הדורש השלמות ע"י המפתחים. מהרצת התרחיש ותגובות משתמש ומערכת לאירועים (שיתקיימו גם בסביבה הטבעית של המערכת), ניתן לבדוק את האפיון למול האלגוריתם ולוודא עוד בשלב האפיון כי הוא עונה לדרישות^[44]. מרבית ההשקעה הנדרשת לכתיבת ה-LSC ממוקדת בניתוח וחשיבה אודות האלגוריתם הנדרש למימוש המערכת - האובייקטים הרלוונטיים, פעולות ותרחישים. לא נדרשת הכרות של שפת תכנות כלשהי.

ישנן גישות ושיטות נוספות, ויזואליות גם כן, באמצעותן ניתן לבצע אפיון למערכת ביניהן SD/SA (structured-analysis/structured-design) בהן מתבצע אפיון לכל פונקציה או פעילות של המערכת בנפרד ע"י statechart, ללא התייחסות לקשרים ביניהם או OOAD (Object Oriented And Design) בה מתבצע אפיון מפורט לכל אובייקט ב-UML והדגש הוא על הפרטים והפעולות באובייקט. בשיטות אלה יש פרטים רבים על האובייקטים והמצבים במערכת אך אין התייחסות מפורטת לקשרים בין האובייקטים והפעולות, המאפשרת להבין את התנהגות המערכת כמכלול.^[43]

בחשיבה מונחית עצמים משלב האפיון ועד למימוש, המערכת מחולקת לאובייקטים ומימוש ואפיון כל אחד מהם לא תלוי באובייקט באחרים. יש מספר שיטות באמצעותן ניתן לאפיין מערכת בגישה זו והשימושיות הן UML ו-Statechart^[42]. נוסף לשני סוגי תרשימים אלה, בשלב מוקדם בפיתוח המערכת מתבצע שימוש בתרשים use case המגדיר דרכים שונות בהן ניתן להשתמש במערכת ובאמצעותו יכולים המפתחים לבנות תרחיש אפיון או בדיקה המשלב מספר אובייקטים ופעולות^[43]. בחשיבה מונחית עצמים מתקיימת הפרדה בין האובייקטים והמיקוד הוא סביב כל אובייקט בנפרד - תכונותיו והפעולות שניתן להפעיל עליו.

בחשיבה מבוססת תרחישים המיקוד הוא בתרחיש - יכולת אותה מספקת המערכת המתקבלת מסט פעולות בהן מעורבים מספר אובייקטים; בתרחיש באים לידי ביטוי גם הקשרים בין האובייקטים^[42].

מכאן ניתן להבין כי הגישות שונות. אפיון פתרון לבעיה בתכנון מבוסס תרחישים באמצעות LSC מחייבת חשיבה רחבה על התנהגות הרצויה של המערכת כולה, האובייקטים, הפעולות והקשרים ביניהם מבלי להיכנס לפרטים עמוקים אודות האובייקט או הפעולה.

עבודה עם פרטים ממוקדים בחשיבה מבוססת תרחישים, כמו זו הנדרשת בעת כתיבת LSC, מסייעת להפחתה בעומס הקוגניטיבי^[42]. כך עולה ממחקר שנערך בקרב שתי קבוצות סטודנטים ביניהם תלמידי כתות י"ב שלמדו מדעי המחשב וסטודנטים למדעי המחשב. במסגרת המחקר למדו והתנסו בפיתוח מערכת בשיטת תכנות מבוסס תרחישים, הסטודנטים פיתחו מערכת נוספת בשיטת OOP, והתלמידים הכירו את שיטת OOP מקורסים אותם למדו בעבר אך לא נדרשו לפתח מערכת. תוצאות המחקר הראו כי מי שעבדו בשפה מבוססת תרחישים אפיינו מודל מערכת פחות מפורט ממי שעבדו בשיטה האחרת, אך עם זאת, הראו חשיבה מופשטת מסדר גבוה. היכולת לבצע הפשטה לרכיבים בבעיה היא אחת המיומנויות הבסיסיות והמרכזיות בחשיבה אלגוריתמית ותרגול חשיבה מבוססת תרחישים מסייעת בפיתוח מיומנות זו.

בעת קבלת דרישה חדשה למערכת קיימת מבוססת תרחישים, מתבצעת בחינה עמוקה של הדרישה החדשה, בניית תרחיש מתאים עבורה ולאחר מכן מימושו. בשלב הבא, מתבצע תכנון שילוב התרחיש במערכת הקיימת. לעומת זאת, במערכת שפותחה בגישה מונחית עצמים ההפרדה בין התרחישים לא חדה ובעת בחינת דרישה חדשה נתח משמעותי באפיון המענה מוקדש לאופן שילובה באובייקטים מתאימים במערכת הקיימת. התכניתן מתמודד עם שתי בעיות בו זמנית ואוסף נתונים רב בו יש להתחשב במימוש הפתרון המלא. המדרוג הקיים בגישה מבוססת התרחישים בו תחילה יש לתת מענה לתרחיש הספציפי ולאחר מכן לשלב במערכת הגדולה מאפשר מיקוד בבעיה מוגדרת אחת בכל שלב, מפחית את כמות הנתונים הרלוונטיים בהם נדרש להתחשב בעת מתן מענה לדרישה החדשה וכך גם מפחית את מורכבות הפתרון והעומס הקוגניטיבי^[42].

העבודה עם מספר פרטים מוגבל הממוקדים ונדרשים למתן הפתרון לבעיה כלשהי, מופשטת יותר ולכן נגישה ופשוטה כיוון שלא נדרש להתייחס למספר פרטים רב בו זמנית. עבודה זו מסייעת לפיתוח מיומנות חשיבה בה מתבצע שימוש בעקרונות ההפשטה^[42].

השוני בין שתי הגישות מתבטא גם בשיטות הלימוד הנהוגות במוסדות החינוך, שמטרתן הקניית מיומנויות חשיבה אלגוריתמית ועקרונות בסיסיים במדעי המחשב. גישת הלימוד הרווחת מבוססת על תכנות מונחה עצמים ולא מנצלת את היתרונות של הראיה המערכתית והפשטות שמביאה איתה השיטה המבוססת על תרחישים.

²עומס קוגניטיבי הינו עומס הנוצר על זיכרון הלומד בזמן ביצוע משימת לימוד מסוימת.

6. פלתורה

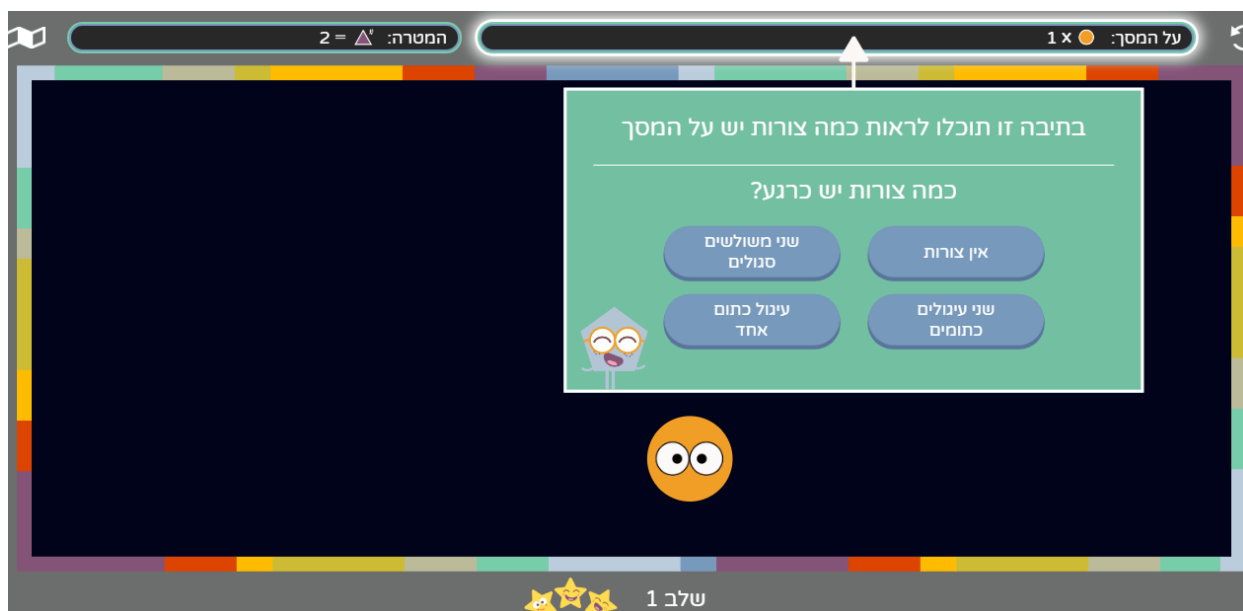
קיימות כיום מספר שיטות ופלטפורמות להוראת חשיבה אלגוריתמית בקרב תלמידי בתי הספר היסודיים. בין הפלטפורמות הפופולריות בקרב מורים ותלמידים להקניית מיומנויות חשיבה אלגוריתמית נמצאות Scratch ו-CodeMonkey. התוכנית הרשמית להוראת מדעי המחשב ורובוטיקה שיוזם משרד החינוך משתמשת ב-Scratch ככלי עזר ללימוד. התוכנית לא נכללת בלימודי החובה ועל כן, נלמדת רק בחלק מבתי הספר. בתי הספר רשאים לרכוש ולהשתמש בפלטפורמות אחרות הקיימות בשוק. פלטפורמה נוספת שפותחה בארץ היא פלתורה³. פלטפורמה מבוססת משחק חשיבה, שמטרתו הקניית מיומנויות לפתרון בעיות מורכבות וחשיבה אלגוריתמית בקרב תלמידי כיתות ב'-ט'. המשחק מבוסס על שפת LSC ומנוע Play.Go שעליהם הורחב בפרק הקודם ופותח בשיתוף פעולה של חוקרים ממכון ויצמן, אנשי מטי"ח – המרכז לטכנולוגיה חינוכית, האחראי על פיתוח **תכנים** בתחומי לימוד שונים באמצעות טכנולוגיה ופדגוגיה מגילאי גן ועד י"ב ואנשי MindCET, ארגון שהוקם ע"י מטח ואחראי על פיתוח **מוצרים** טכנולוגיים עבור מערכת החינוך בישראל. המשחק פלתורה בעל ממשק ויזואלי אינטואיטיבי לבנייה והשלמה של תרחישים. הממשק מבוסס בעיקר על צורות וצבעים ובכך מקל על התלמידים את הבנת שפת המשחק ומאפשר להם מיקוד בחשיבה על אופן פתרון הבעיות המוצגות בפניהם לאורך המשחק. הממשק הויזואלי "מחליף" שימוש בתחביר של שפת תכנות כלשהי לבניית התרחיש הנדרש. בכל שלב מוצגת לשחקנים בעיה הכוללת מטרה - המצב הסופי שאליו יצטרכו להגיע מתוך מצב התחלתי נתון. הדרך לפתרון הבעיה היא באמצעות השלמה של כללים לוגיים שרמת המורכבות שלהם הולכת ועולה עם התקדמות השלבים במשחק וכתלות בנושא הלימוד של השלב. התלמידים נחשפים לכללים ויזואליים, אותם הם נדרשים להשלים בהתאם לבעיה שהוצגה בפניהם והם יכולים לשנות את הכללים ולחזות בעצמם בהשפעה של השינוי על ריצת המשחק. בשלבים מתקדמים, התלמידים יכולים לייצר שלבים חדשים עם בעיות שונות בעצמם ולשתף אותם עם חבריהם. ייחודיות השיטה הינה בכך שהתלמידים למעשה **מזהים** את הבעיה שצריכים לפתור, **מגדירים** את התרחישים שיסייעו בפתרון הבעיה באופן ויזואלי ו**מריצים** את התרחישים שהגדירו באופן מיד. כלומר, שלבי האפיון וה"פיתוח" מתבצעים ע"י התלמידים באמצעות הגדרת כללים באופן ויזואלי בלבד. פלתורה זוכה לכל היתרונות הגלומים בחשיבה מבוססת תרחישים ובלמוד באמצעות משחק שצוינו בהרחבה בפרקים הקודמים. לאור זאת, השימוש בה ללימוד חשיבה אלגוריתמית בקרב ילדים בעל פוטנציאל הצלחה רב.

תיאור המשחק –

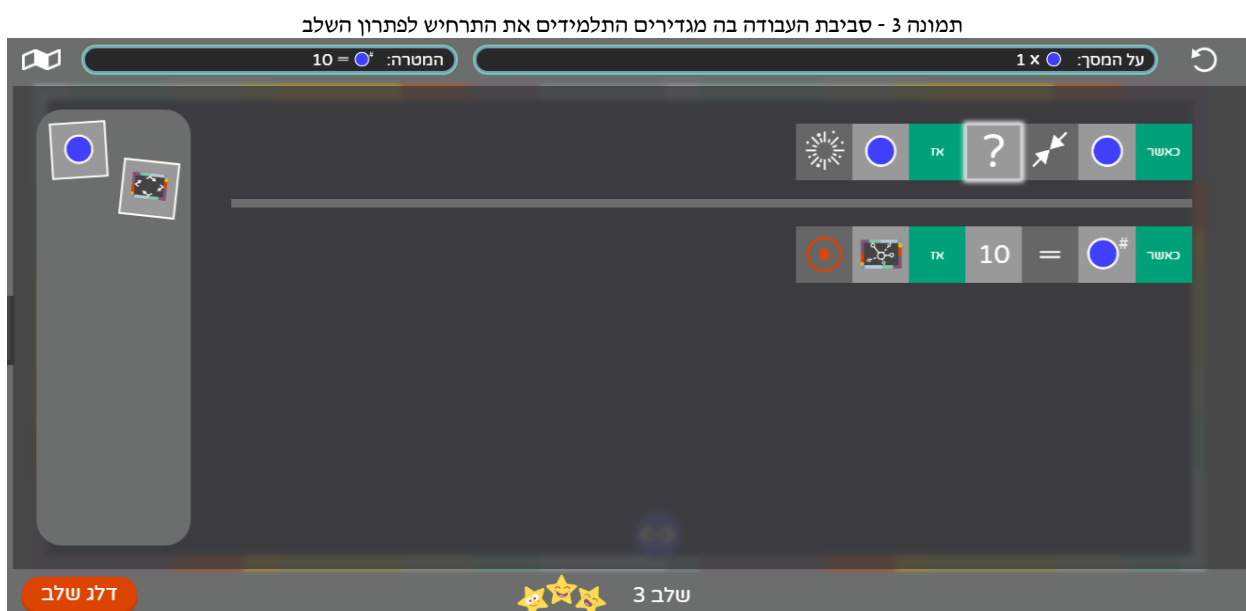
השלב הראשון בתהליך הוא שלב הדרכה על פלתורה בו המשתמש מקבל הסבר על האובייקטים בתצוגה והאופן בו יש לפעול במשחק על מנת להצליח בשלב. באמצעות הדרכה זו התלמיד יכול לעבוד בפלתורה באופן עצמאי ללא הדרכה פרונטלית ייעודית על המשחק.

תמונה 2 – חלק משלב ההדרכה

³באליפות הסייבר לשנת 2019 בחר משרד החינוך הישראלי בפלתורה כפלטפורמה בה יעבדו התלמידים המשתתפים

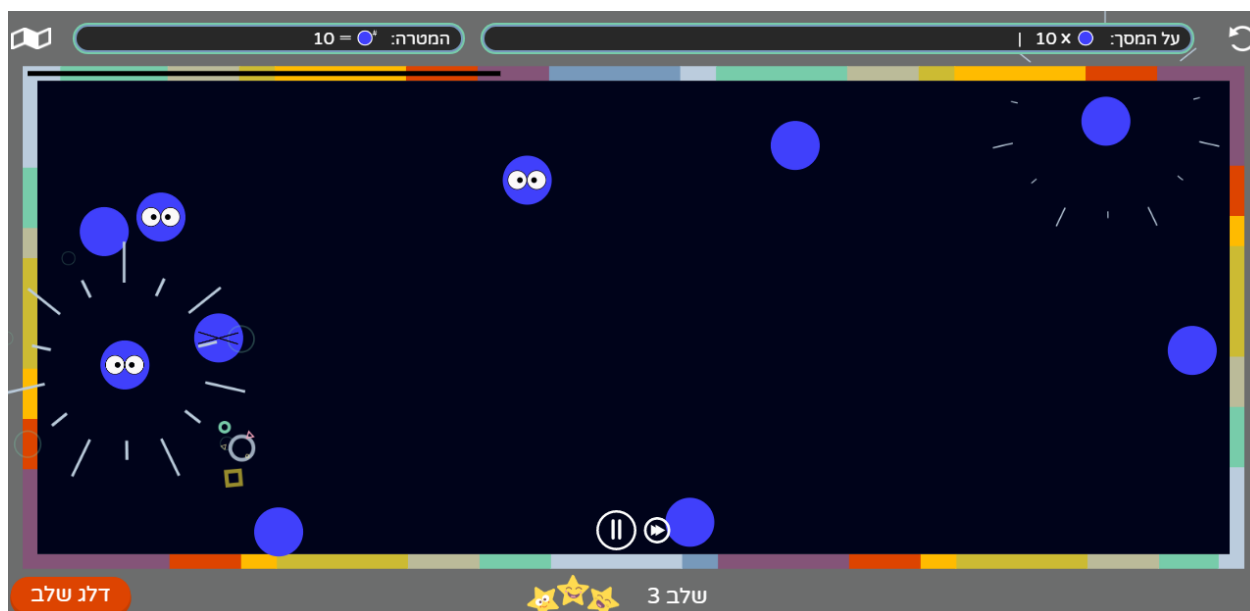


בתחילת כל שלב – מוצג לתלמידים המצב ההתחלתי של הלוח והמטרה - המצב בלוח אליו הם צריכים להגיע כדי להשלים את השלב בהצלחה. במסך הבא מוצגים לתלמידים כללים לא מלאים שיסייעו להם בפתרון. על התלמידים להשלים את הכללים החסרים מתוך סט אפשרויות המופיעות בצד הלוח. בתמונה 3 ניתן לראות את המסך המרכזי במשחק בו התלמידים עובדים על מנת לפתור את השלבים ומופיעים בו כל הרכיבים שתוארו (למעלה מימין – מצב הלוח הנוכחי, למעלה משמאל – המצב אליו נדרש המשתמש להגיע, למטה מימין – סט הכללים שנדרש המשתמש להשלים).



לאחר שהתלמידים השלימו את הכללים הם יכולים להריץ את המשחק ולצפות במימוש הכללים שהרכיבו(תמונה 4). במידה והכללים שהרכיבו שגויים המשחק לא יסתיים והם יכולים לחזור להגדרת הכללים ולהריצם מחדש עד לפתרון השלב או תום הזמן שהוגדר לביצוע.

תמונה 4 – הרצת המשחק על בסיס הכללים שהוגדרו.



המשחק מורכב ממספר רב של שלבים בדרגות קושי שונות (כרגע המספר עומד על מעל 300 שלבים ונוספים שלבים חדשים כל הזמן), כאשר כל סט של שלבים מייצג עקרון בחשיבה אלגוריתמית. שלבים המאופיינים בדרגת קושי גבוהה משלבים מספר עקרונות שנלמדו במשחק עד אליהם. התלמידים מקבלים ניקוד על הישגיהם במשחק - בתום כל שלב אותו עוברים בהצלחה, הם מקבלים כוכבים הנצברים לאורך המשחק. בנוסף, לתלמידים יש אופציה לקבל רמזים או לדלג על שלבים במשחק במידה וחשים קושי.

הנושאים הנלמדים בפלגורה עפ"י סדר הלימוד הבא –

1. סיבה ותוצאה
2. פעולות משתמש
3. מקבילות
4. תנאי עצירה
5. סדרתיות
6. אובייקטים ותכונות
7. תנאים לוגיים ופעילות מותנית
8. ריבוי
9. הפשטה
10. לולאות
11. רקורסיה
12. תנאים מורכבים
13. בחירה מותנית

עבור כל נושא, צוות פלגורה בנה מערך שיעור^[29] ייעודי המלווה את המורה לאורך הלימוד. המורה יכול לבצע שינויים על מנת להתאים את מערך השיעור לרמת התלמידים ולאופי הכתה. השיעורים בכתה לרוב מורכבים משלושה חלקים –

- הסבר פרונטלי - הסבר על העיקרון הנלמד תוך שימוש בדוגמאות מחיי היום-יום של התלמידים.
- עבודה עצמית - כל תלמיד עובד באופן עצמאי ומתחיל לבצע את השלבים במשחק שהוגדרו לו.
- סיכום - סיכום הנושא הנלמד והטמעתו בקרב התלמידים ע"י שאלות ודוגמאות מחיי היום-יום של התלמידים לווידוא הבנה וחיזוק העיקרון הנלמד, וכן משוב מהתלמידים על העבודה שביצעו במהלך השיעור.

בשלושת שלבי השיעור הטמעת הנושא הנלמד נעשית ע"י דוגמאות ושימוש במונחים ובסט הכלים **שכבר קיים** ברשות התלמידים. לא נעשה שימוש בהגדרה הפורמלית של העיקרון. הדגש הוא על אופן החשיבה של התלמידים והשימוש שהם עושים בעקרונות הנושא הנלמד בתרחישים שאותם הם בונים בפלגורה. לא מתקיימים מבחנים בשיעורים אלה ועל כן, לא ניתן לומר האם העבודה בפלגורה בשילוב השיעורים, מסייעת בחיזוק ההבנה של הנושאים הנלמדים.

בשנת הלימודים 2017-2018 תשע"ח, התקיים פיילוט ללימוד באמצעות פלגורה, בו השתתפו 22 בתי ספר. בתי הספר שהשתתפו בפיילוט ראו מטרות שונות בלימוד. חלקם ראו בו שיעור מחשבים, אשר במסגרתו מתרגלים התלמידים מיומנויות מחשב וחלקם סיווגו את הלימוד לשיעור חינוך, שמטרתו חידוד כישורי החשיבה של התלמידים, מתוך הבנה כי תהיה לכך השפעה על הישגי התלמידים במקצועות נוספים. צוות הפרויקט ליווה את המורים החל משלב ההדרכות והתכנון של שילוב העבודה בפלגורה בשיעורים ולאורך כל תקופת הלימוד. כמו כן, הצוות הצטרף לחלק מן השיעורים, לטובת ביצוע תצפיות מהן הופקו לקחים שיושמו בהמשך פיתוח הפלטפורמה. במסגרת הפיילוט לא התקיימו מבדקי ידע ולמעט אמירות התלמידים לפיהן העבודה בפלגורה סייעה להם בלימודי המתמטיקה וגרמה להם לחשוב בצורה אחרת, לא ניתן לומר באופן חד משמעי שהתלמידים הצליחו ללמוד את העקרונות בחשיבה אלגוריתמית בעקבות העבודה בפלגורה.

7. המחקר

שאלות המחקר

בפרק זה נציג את המחקר שבוצע במסגרת התזה ותוצאותיו. המחקר התבצע במספר כתות בבתי ספר יסודיים ובדק האם התלמידים הצעירים הצליחו ללמוד ולהבין עקרונות בחשיבה אלגוריתמית, לאחר שעבדו בפלגורה. התלמידים עבדו בפלגורה בשלוש שיטות לימוד שונות והתבקשו לענות על שאלון הבודק את הידע שצברו. השאלות בשאלון הן מעולם תוכן אחר מפלגורה, על מנת לבדוק את הבנת הנושא ולא את הבנת המשחק. לאחר ניתוח תוצאות המחקר, ניתן להצביע על שיטה בה התלמידים מפיקים ערך לימודי רב מהעבודה בפלגורה ומצליחים להבין את התכנים הנלמדים. מטרת המחקר העיקרית הינה בדיקת אפקטיביות השימוש בפלגורה ללימוד עקרונות בסיסיים בחשיבה אלגוריתמית, שהם למעשה עקרונות בסיסיים במדעי המחשב, בקרב תלמידי כתות ד'. במחקר נבחנה ההשפעה של שיטות לימוד שונות על הבנת העקרונות בקרב התלמידים. בדיקת ההבנה של התלמידים בוצעה ע"י שאלון לא מקוון (נספח 1) שנבנה לטובת המחקר. בנוסף, נבחרו 29 שלבים מייצגים מתוך השלבים הקיימים כיום בפלגורה בהם עבדו התלמידים. השאלון והשלבים שנבחרו עוסקים בחמישה עקרונות מרכזיים שנבחנו במחקר:

- מקבילות
- הכללה
- תנאים לוגיים
- סיבה ותוצאה
- בניית אלגוריתם - באמצעות שאלון בלבד וללא פלגורה

- שיטות הלימוד השונות, אפקטיביות הלימוד והידע שצברו התלמידים בכל אחת מן השיטות נבחנו בחמישה תרחישי בדיקה שונים, כאשר כל תלמיד השתתף בתרחיש אחד בלבד –
1. פלגורה-שאלון : שיטת לימוד במסגרת התלמידים עבדו בפלגורה ולאחר מכן מילאו את השאלון.
 2. שיעור-פלגורה-שאלון : שיטת לימוד במסגרת הועברה לתלמידים הדרכה קצרה אודות ארבעת העקרונות הנבחנו, לאחר מכן התלמידים עבדו בפלגורה ולבסוף מילאו את השאלון.
 3. פלגורה-סיכום-שאלון : שיטת לימוד במסגרת התלמידים עבדו בפלגורה, לאחר מכן הועברה לתלמידים הדרכה קצרה אודות ארבעת העקרונות הנבחנו תוך התייחסות לדוגמאות מהמשחק ולבסוף מילאו את השאלון.
 4. שאלון (מכירים) : תלמידים שכבר מכירים פלגורה, עבדו בפלגורה בעבר, והגיעו באלפיות הסייבר שהתקיימה השנה למקום ה-2. תלמידים אלה מילאו את השאלון ללא שיעור או משחק קודם לכן.
 5. שאלון (לא מכירים) : תלמידים שלא עבדו בעבר בפלגורה, מילאו את השאלון ללא שיעור או משחק קודם לכן.

בתום כל תרחיש התלמידים עונים על השאלון וכך ניתן לבדוק את הידע שרכשו. בשלושת התרחישים הראשונים נבדקות שיטות לימוד שונות. בתרחישים אלה חלק מן התלמידים עבדו בפלגורה בזוגות וחלק לבד ובשני המקרים מילאו את השאלון לבד. מטרת בדיקה זו הייתה לבחון האם כאשר התלמידים עובדים בפלגורה בזוגות, הם מצליחים להגיע לתוצאות טובות יותר בשאלון הבודק את הבנת החומר הנלמד, לעומת אלו שעבדו בפלגורה לבד. שאלות המחקר שנבדקו:

1. מהי שיטת הלימוד היעילה (בה אחוז התלמידים שענו נכון על השאלון הוא הגבוה ביותר) מבין שלוש השיטות שנבחנו?
2. איזו השפעה יש לעבודה בזוגות על הצלחת הלימוד?
3. האם ישנה קורלציה בין הגעה לשלב מתקדם בפלגורה להבנה של החומר?
4. מהם היתרונות לשימוש בפלגורה ככלי ללימוד חשיבה אלגוריתמית?

במסגרת המחקר נבחנו נושאים נוספים, רכים, אותם הזכרתי בפרקים הקודמים ואתייחס גם אליהם בניתוח תוצאות המחקר -

1. מהי השפעת האינטראקציה בין התלמידים על המוטיבציה לקחת חלק בלמידה?
2. מהי השפעת האינטראקציה בין התלמידים על הבנת החומר?
3. מהן השפעות והשלכות תחושת האתגר שחווים התלמידים על הצלחת הלימוד?
4. אילו מאפיינים מגדריים קיימים בלימוד הנושא?
5. כיצד ניתן לחזק אצל התלמידים את הביטחון לגשת לפתרון בעיות מורכבות, ומה החשיבות בכך?

אוכלוסיית המחקר

במחקר השתתפו 257 תלמידים מ-12 כתות בחמישה בתי הספר יסודיים בארץ, המשלבים לימודי מדעי המחשב לפי התכנית של משרד החינוך וחלקם אף השתתפו באלפיות הסייבר. בכל בתי הספר ישנה רכזת למקצוע וניכרת מוטיבציה רבה בקרב הרכזות ומנהלות בתי הספר לפיתוח הנושא ושילובו בצורה איכותית בשיעורים. תיאום הפעילות בכתות לטובת המחקר בוצע מול הרכזות. במסגרת הפעילות בכתות התלמידים חולקו לקבוצות לפי תרחישי הבדיקה שתוכננו עבורם מראש וכל קבוצה עבדה לפי המתודה שהוגדרה לה – אחד מתרחישי הבדיקה שהוצגו קודם לכן. בכל קבוצה השתתפו תלמידים שונים בחלוקה הבאה:

קבוצת בדיקה	מספר תלמידים
פלתורה – שאלון	82
שיעור-פלתורה-שאלון	68
פלתורה-סיכום-שאלון	24
שאלון(מכירים פלתורה)	32
שאלון(לא מכירים פלתורה)	51

ממצאי המחקר

בטבלה הבאה מופיעים אחוזים המייצגים את מספר התלמידים שענו נכון על כל שאלה בשאלון בכל אחד מתרחישי הבדיקה שנבחנו ומופיעים בימין הטבלה. דוגמה לקריאת נתון מהטבלה: על שאלה א – 1 בשאלון הצליחו לענות נכון 70.7 אחוז מהתלמידים שהשתתפו בקבוצת הניסוי של פלתורה-שאלון.

טבלה 1 – אחוזי הצלחה בשאלון

מספר שאלה שיטת מחקר	שאלה 1 - א סיבה ותוצאה + תנאים לוגיים	שאלה 1 - ב סיבה ותוצאה	שאלה 2 מקבילות	שאלה 3 מקבילות	שאלה 4 - א תנאים לוגיים	שאלה 4 - ב תנאים לוגיים	שאלה 5 - א הכללה	שאלה 5 - ב הכללה	שאלה 6 בניית אלגוריתם
פלתורה-שאלון	70.7%	59.7%	9.7%	30.4%	42.6%	51.2%	36.5%	54.8%	29.2%
שיעור-פלתורה-שאלון	80.8%	73.5%	11.6%	44.1%	60.2%	76.4%	58.8%	82.3%	47%
פלתורה-סיכום-שאלון	91.6%	58.3%	33.3%	41.6%	29.1%	83.3%	33.3%	62.5%	45.8%
שאלון(מכירים פלתורה)	93.7%	87.5%	6.2%	37.5%	65.6%	75%	93.7%	68.7%	78.1%
שאלון(לא מכירים פלתורה)	70.5%	52.9%	5.8%	21.5%	39.2%	50.9%	25.4%	56.8%	41.1%
	407.3	331.9	60.8	175.1	236.7	336.8	247.7	325.1	241.2

 אחוזי הצלחה הגבוהים ביותר
 אחוזי הצלחה כמעט הכי גבוהים
 אחוזי הצלחה הנמוכים ביותר

בניתוח הטבלה ניתן להבחין כי ברוב השאלות, 6 שאלות מתוך 9, מספר התלמידים שהצליחו לענות נכון הוא הנמוך ביותר בקרב קבוצת התלמידים שאלון (לא מכירים פלתורה) שמילאו את השאלון ללא כל הסבר או עבודה עם פלתורה לפני שניגשו למשימה.

כלומר, ידיעת העקרונות שנבדקו לא קיימת בקרב התלמידים בשלב זה של מסלולם הלימודי וככל הנראה לא נחשפו אליהם במסגרת הלימודים שעברו עד כה. ניתן לומר זאת כיוון שלאחר שימוש בפלתורה או הדרכה מתאימה תוצאות התלמידים השתפרו כפי שיוצג בהמשך.

אחוז התלמידים הגבוה ביותר שהצליחו לענות נכון על השאלות (5 שאלות מתוך 9) נמצא בקרב קבוצת התלמידים שעבדו עם פלתורה בעבר, שאלון/מכירים פלתורה, אך לא עבדו עם המשחק או קיבלו הסבר כלשהו בצמוד למילוי השאלון. כלומר, קיימת הבנה של רוב העקרונות בקרב תלמידים שעבדו עם פלתורה בעבר ובמהלך המענה לשאלון הם עשו שימוש בעקרונות החשיבה האלגוריתמית אליהם נחשפו בעבר במסגרת שימוש בפלתורה.

מניתוח אחוזי ההצלחה בשלוש שיטות הלימוד שנבדקו, התלמידים הצליחו פחות בשיטה פלתורה-שאלון. בעוד תלמידים בקבוצת שאלון/מכירים פלתורה שעבדו בעבר בפלתורה לאורך זמן ועברו יותר שלבים הגיעו לתוצאות גבוהות (כאמור ב- 5 שאלות מתוך 9 מספר התלמידים שענו נכון הוא הגבוה ביותר ביחס לתרחישי הבדיקה האחרים), התלמידים שעבדו בשיטת פלתורה-שאלון בזמן קצר יותר ועברו פחות שלבים, לא הצליחו להגיע לאותו הישג. כלומר, למשך העבודה של התלמידים בפלתורה ככל הנראה יש השפעה על ההבנה של הנושא הנלמד.

בשתי שיטות הלימוד האחרות – שיעור-פלתורה-שאלון ופלתורה-סיכום-שאלון, המשלבות שיעור לפני המשחק או סיכום אחריו, נרשמה הצלחה גדולה יותר. מבין שתי השיטות ניכר כי התלמידים הגיעו להישגים גבוהים יותר בשיטת שיעור-פלתורה-שאלון, שיטה בה התלמידים מקבלים הסבר על העקרונות עליהם מבוססים השלבים במשחק ולאחר מכן עובדים בפלתורה (ללא סיכום). בטבלה 1 ניתן לראות כי בשיטה זו בשבע מתוך תשע השאלות הצלחת התלמידים נמצאת במקום הראשון או השני, כלומר אחוז התלמידים שענו נכון על השאלות הוא הגבוה ביותר או כמעט הגבוה ביותר ביחס לאחוז התלמידים שענו נכון על אותה שאלה בתרחישי הבדיקה האחרים.

בשיטת פלתורה-סיכום-שאלון בה התלמידים קיבלו הסבר לאחר העבודה בפלתורה, אחוז התלמידים שענו נכון נמוך יותר משיטת שיעור-פלתורה-שאלון אך גבוה יותר משיטת פלתורה-שאלון. כלומר, השיעור או הסיכום שעברו התלמידים תרם להבנת העקרונות ולעליית אחוז התלמידים שענו נכון בשתי השיטות. דירוג הצלחת התלמידים בשאלון:

1. שאלון (תלמידים שמכירים פלתורה מהעבר)
2. שיעור-פלתורה-שאלון
3. פלתורה-סיכום-שאלון
4. פלתורה-שאלון
5. שאלון ללא עבודה על פלתורה

בהסתכלות על הצלחה נושאת במענה לשאלון ללא תלות בשיטת הלימוד, ניתן לראות כי הנושאים עליהם הצליחו לענות נכון המספר הגבוה ביותר של תלמידים בכל השיטות יחד הם סיבה ותוצאה ותנאים לוגיים, לעומת זאת בשאלות בנושא מקבילות, מעט תלמידים הצליחו לענות תשובה נכונה. גם בקרב התלמידים שעבדו עם פלתורה בעבר, הנושא בו אחוזי ההצלחה היו נמוכים ביחס לתוצאות בשאר הנושאים עליהם ענו וביחס לתוצאות שאר הנבחנים הוא נושא המקבילות. ניתן לראות בטבלה כי התלמידים שעבדו בשיטת פלתורה-סיכום-שאלון הצליחו לענות על שאלות בנושא מקבילות יותר מהתלמידים שעבדו בשתי שיטות הלימוד האחרות וגם מהתלמידים שעבדו עם פלתורה בעבר. השיטה הבאה אחריה היא שיטת שיעור-פלתורה-שאלון, כלומר הסבר פרונטלי בנושא זה בעל השפעה רבה על התלמידים וסייע להם בהבנת העיקרון. עם זאת, אחוזי ההצלחה בנושא זה נמוכים מאד ועולה גם האפשרות שהשלבים בפלתורה בנושא מקבילות אינם מעבירים באופן ברור את העיקרון לתלמידים⁴.

⁴ ממצאי המחקר הועברו למפתחי פלתורה והתברר שהם אכן היו מודעים לכך שהשלבים בנושא מקבילות לא תוכננו היטב. בעקבות המחקר, חודדו הגדרות המקבילות במשחק והשלבים בנושא נכתבו מחדש.

התלמידים לא תרגלו את עקרון בניית האלגוריתם בפלגורה ולכן היה צפי לקושי רב במענה לשאלה בנושא זה בשאלון. בפועל, בכל שיטות הלימוד, אחוז התלמידים שענו נכון על השאלה בנושא בניית אלגוריתם גבוה יותר מאחוז התלמידים שענו נכון על השאלות בנושא מקבילות. אחת הסיבות לכך יכולה להיות נעוצה בעובדה שהתלמידים נחשפים לעיקרון זה בפעולות שגרתיות ביום יום שלהם..

דירוג הנושאים בהם הצליחו התלמידים לענות נכון על השאלות הוא כדלהלן:

1. סיבה ותוצאה
2. תנאים לוגיים
3. הכללה
4. בניית אלגוריתם
5. מקבילות

בטבלה 2 מופיע אחוז התלמידים שענו נכון על השאלון ועבדו בפלגורה בזוגות או ביחידים בשלוש שיטות הלימוד. כל תלמיד ענה על השאלון לבד ומטרת הבדיקה היא בחינת תוצאות השאלונים של התלמידים שעבדו בפלגורה בזוג למול אלה שעבדו לבד ובדיקת ההשפעה של העבודה בזוג במשחק על הבנת החומר הנלמד.

טבלה 2 – התלמידים שהצליחו לענות על השאלות ועבדו בזוג או לבד

מספר שאלה שיטת מחקר		שאלה 1 - א		שאלה 1 - ב		שאלה 2		שאלה 3		שאלה 4 - א		שאלה 4 - ב		שאלה 5 - א	
		יחיד	זוג	יחיד	זוג	יחיד	זוג	יחיד	זוג	יחיד	זוג	יחיד	זוג	יחיד	זוג
פלטורה-שאלון		67%	69%	53%	61%	9%	10%	26%	32%	40%	42%	45%	53%	30%	57%
שיעור-פלטורה-שאלון		73%	85%	60%	82%	4%	26%	39%	52%	58%	65%	85%	65%	56%	65%
פלטורה-סיכום-שאלון		85%	93%	56%	57%	37%	37%	28%	43%	42%	37%	81%	85%	37%	28%

X הישג גבוה לתלמידים שעבדו בזוגות
X הישג גבוה לתלמידים שעבדו לבד

טבלה 2 - המשך

מספר שאלה שיטת מחקר		שאלה 5 - ב		שאלה 6	
		יחיד	זוג	יחיד	זוג
פלטורה-שאלון		47%	57%	21%	42%
שיעור-פלטורה-שאלון		85%	78%	51%	43%
פלטורה-סיכום-שאלון		56%	71%	50%	42%

כפי שניתן לראות בטבלה, בשיטת הלימוד פלטורה-שאלון העבודה בזוגות לא תרמה להצלחה במענה לשאלות. בשיטה זו, התלמידים שעבדו לבד בפלטורה הגיעו לאחוזי הצלחה גבוהים יותר מהתלמידים שעבדו בזוגות. עם זאת, תלמידים שעבדו בזוגות בשיטות הלימוד פלטורה-סיכום-שאלון, ושיעור-פלטורה-שאלון ברוב השאלות (6 מתוך 9 ו-5 מתוך 9) היו בעלי אחוזי הצלחה גבוהים יותר מאלו שעבדו לבד. כלומר העבודה בזוגות השפיעה לחיוב ושיפרה את ביצועי התלמידים כאשר עבדו בשתי שיטות אלה. את ההפתעה לכאורה שמתעוררת מהתוצאה לפיה עבודה בזוגות בשיטת הלימוד פלטורה-שאלון אינה בעלת השפעה משמעותית על הבנת החומר בקרב התלמידים, ניתן להסביר בכך ששתי השיטות זהות לשיטת Think, Pair, Share - TPS.¹

עפ"י השיטה, מתודת הלימוד המומלצת היא עבודה בזוגות המעוררת חשיבה אצל כל אחד מבני הזוג, עיבוד החומר לפני ואחרי העבודה המשותפת ולאחר מכן, שיתוף התובנות בכתה^[55]. שימוש בשיטת לימוד זו ללימוד חשיבה אלגוריתמית הוכח כיעיל ומוצלח.

שתי שיטות הלימוד בהן זוהתה השפעה חיובית על תוצאות הזוגות, מממשות את המאפיינים המרכזיים בשיטת TPS.

בשיטת שיעור-פלתורה-שאלון התלמידים קיבלו הדרכה על הנושאים והתבקשו להציג דוגמאות בעצמם, באופן זה עיבדו את החומר הנלמד ולאחר מכן עבדו בזוגות. בשיטת פלתורה-סיכום-שאלון התלמידים עבדו בזוגות ולאחר מכן התבצעה הדרכה על העקרונות והתלמידים התבקשו לתת דוגמאות מהמשחק. בשתי השיטות העבודה בזוגות וההדרכות סייעו לתלמידים בעיבוד החומר המועבר.

טבלה 3 - משך זמן הביצוע הממוצע לכל שלב עבור יחידים וזוגות בשלוש שיטות הלימוד

משך זמן ביצוע שלב בשניות	פלתורה-שאלון	שיעור-פלתורה-שאלון	פלתורה-סיכום-שאלון
זוג	85 שניות	74 שניות	86 שניות
יחיד	105 שניות	93 שניות	122 שניות

טבלה 4 - אחוז התלמידים שסיימו את השלבים בפלתורה

	פלתורה-שאלון		שיעור-פלתורה-שאלון		פלתורה-סיכום-שאלון	
	זוג	יחיד	זוג	יחיד	זוג	יחיד
סיבה ותוצאה שלבים 1-5 (משך ביצוע)	94% (80 שניות)	92% (92 שניות)	99% (71 שניות)	97% (84 שניות)	100% (79 שניות)	96% (95 שניות)
מקביליות שלבים 7-11 (משך ביצוע)	58% (129 שניות)	54% (188 שניות)	73% (116 שניות)	55% (161 שניות)	89% (147 שניות)	83% (193 שניות)
תנאים לוגיים שלבים 15-19 (משך ביצוע)	43% (90 שניות)	25% (119 שניות)	98% (74 שניות)	33% (101 שניות)	76% (77 שניות)	30% (121 שניות)
הכללה שלבים 20-24 (משך ביצוע)	40% (66 שניות)	22% (68 שניות)	40% (60 שניות)	29% (43 שניות)	60% (49 שניות)	15% (58 שניות)
מורכבים שלבים 25-29 (משך ביצוע)	30% (125 שניות)	10% (121 שניות)	17% (93 שניות)	12% (141 שניות)	41% (124 שניות)	3% (173 שניות)

בטבלה 4, ניתן לראות את אחוז התלמידים שהצליחו לעבור את השלבים בפלתורה המופיעים בימין הטבלה, בכל אחת משלוש שיטות הלימוד בעבודה בזוג או לבד.

ניתן לראות שאחוז ההצלחה יורד ככל שהתלמידים מתקדמים בשלבים, נתון זה נכון לכל שלוש שיטות הלימוד, גם עבור מי שעבדו בזוג וגם עבור מי שעבדו לבד.

אחת הסיבות לכך עשויה להיות זמן לא מספק שהוקצב לתלמידים לצורך המשחק, התלמידים עצרו בנקודה מסוימת שנגמר הזמן ולכן לא סיימו את השלבים.

בעת המחקר נחשפתי לכך שלתלמידים העדפה ברורה לעבוד בזוגות. הדבר ניכר בכל בתי הספר ודרש התייחסות מיוחדת בכתות. במקרה קיצון אחד התלמידים אף סירב להשתתף בשיעור כיוון שהוגדר לו לעבוד לבד.

תוצאות התלמידים במשחק עשויות להסביר את רצון התלמידים לעבוד בזוגות, בכל שלוש שיטות הלימוד ובכל הנושאים, התלמידים שעבדו בזוגות הגיעו לשלבים מתקדמים יותר במשחק ולתוצאות טובות יותר מהתלמידים שעבדו לבד.

בטבלה 3 ניתן לראות את משך זמן הביצוע הממוצע לכל שלב עבור יחידים וזוגות בשלוש שיטות הלימוד. התלמידים שעבדו בזוגות סיימו את השלבים מהר יותר ממי שעבדו לבד. ככל הנראה זו הסיבה שמי שעבדו בזוגות גם הצליחו להגיע לשלבים מתקדמים (טבלה 4). עוד עולה מהטבלה כי התלמידים שקיבלו הדרכה אודות העקרונות ולאחר מכן עבדו בפלגות, הצליחו לסיים את השלבים במשך זמן קצר יותר מהתלמידים שעבדו בשתי השיטות האחרות ועבדו בפלגות ללא הדרכה קודם לכן.

התנהגות נוספת שבאה לידי ביטוי במהלך העבודה בכתות היא הרצון והלהט לסיים את המשחק בהצלחה בקרב התלמידים שעבדו בזוגות לעומת התלמידים שעבדו לבד ששידורו כי הם מיצו את המשחק לקראת סוף הזמן שהוקצה.

פרמטר נוסף שעשוי להשפיע על הסיבה להצלחת הזוגות הוא השיח הנוצר בין התלמידים אודות החומר הנלמד.

האינטראקציה בין התלמידים אשר עבדו בזוגות הייתה בולטת ורלוונטית. בין רוב בני הזוג התפתח שיח אודות המשחק והם הציעו יחד דרכים לפתרון השלבים. חלק מן הזוגות גם סייעו לזוגות אחרים ונוצר שיח אודות המשחק וטכניקות לפתרון השלבים בין קבוצת התלמידים.

כאשר תלמידים עובדים בזוגות, ישנה סינרגיה חיובית כאשר כל תלמיד בא לידי ביטוי במקומות בהם הוא מבין מהר יותר מחברו, כך שבסך הכל, הסיכוי להיתקע על שלב למשך זמן רב הוא נמוך משמעותית. כמו כן, מאחר והילדים מדברים בינם לבין עצמם ונאלצים להסביר את הפתרונות זה לזה, האפקטיביות הלימודית עולה.

עם זאת, במידה ומצוותים תלמיד חזק ותלמיד חלש יותר באופן מובהק, קיים סיכוי שהתלמיד החזק ירוץ והחלש יעקוב אחריו אך לא יבין באמת מה קורה. תלמידים אלו, יורידו אחר כך את הממוצע של התשובות הנכונות בקרב אלו שעבדו בזוגות.

ראינו במחקר שהוצג בפרק הקודם כי אינטראקציה בין התלמידים והצורך לבטא את המחשבה ודרך החשיבה מסייעת ללימוד משמעותי ולהבנה טובה של החומר.

אחד ההבדלים בין שלוש השיטות שבא לידי ביטוי במשחק הוא משך הביצוע של השלבים.

משך זמן הביצוע הממוצע של התלמידים שעברו שיעור לפני העבודה בפלגות, הוא הקצר ביותר מבין שלוש השיטות עבור מי שעבדו בזוג וגם עבור מי שעבדו לבד.

כלומר, השיעור שעברו התלמידים לפני העבודה בפלגות ובמסגרתו קיבלו הסבר על ארבעת העקרונות עליהם מבוססים שלבי המשחק, סייע להם לעבור את השלבים מהר יותר בהשוואה למי שהתחילו לעבוד בפלגות ללא כל הסבר.

ניתן לראות כי ההסבר סייע להם בהצלחה במשחק, והם השתמשו בידע שקיבלו בשיעור כדי להתקדם במשחק ולהשלים את המשימות ולמעשה קישרו בין ההסבר שניתן להם על ארבעת העקרונות המרכזיים לדרישות המשימות בפלגות.

עוד ניתן לראות כי השלבים שבבסיסם עומד עיקרון המקביליות, בעלי משך זמן הביצוע הארוך ביותר, גם בתוצאות שאלון בדיקת ההבנה נמצא נושא זה עם אחוזי ההצלחה הנמוכים ביותר.

בשאלון שאת תוצאותיו ניתחנו קודם, התלמידים שעבדו בזוג בשיטת שיעור-פלגות-שאלון הגיעו לאחוזי הצלחה גבוהים יותר ממי שעבדו לבד באותה שיטה וממי שעבדו בשתי השיטות האחרות. בטבלה 4 ניתן לראות כי המצב שונה וקשה להצביע באופן מובהק על שיטת לימוד בה אחוזי ההצלחה של התלמידים במשחק הם הגבוהים ביותר.

כאמור, במסגרת המחקר קבוצת התלמידים שעבדו בעבר בפלגות התבקשה למלא את השאלון ללא הסבר או עבודה בפלגות קרוב לזמן מילוי השאלון. התלמידים ברובם המכריע ענו על כל השאלות בשאלון מבלי

להשאיר שאלה ללא מענה. התלמידים בקבוצה זו העדיפו לענות על השאלה גם במחיר של טעות ואכן היו כמובן שאלות שהתשובה אליהן לא הייתה נכונה. בטבלה 5 ניתן לראות את אחוז התלמידים שלא ענו על השאלות כלל מבין התלמידים שעבדו בפלגורה בעבר ויתר התלמידים בקבוצות הבדיקה האחרות. אנו למדים מכך כי ככל הנראה, הניסיון בעבודה עם פלגורה בעבר הקנה לתלמידים בטחון במענה לשאלות כיוון שזו לא הייתה הפעם הראשונה בה הם נתקלים בשאלות הדורשות מהם חשיבה מסוימת המכילה בתוכה חלק מחמש העקרונות המרכזיים. כלומר, גם אם היו נתקלים בבעיה כלשהי הדורשת ידיעת עקרונות אלה, לא היו נרתעים ממנה וניגשים לפתור אותה. הסרת המחסום והחשש לגשת לפתרון בעיה שנראית לנו מורכבת היא קריטית ללימוד ואחת ממטרותיו. ריבוי פעילויות הדורשות שימוש בעקרונות חשיבה אלגוריתמית בקרב התלמידים מסייע לכך.

טבלה 5 – אחוז התלמידים שלא ענו על השאלות

שאלה 1 א - סיבה ותוצאה + תנאים לוגיים	שאלה 1 ב - סיבה ותוצאה	שאלה 2 מקבילות	שאלה 3 מקבילות	שאלה 4 א - תנאים לוגיים	שאלה 4 ב - תנאים לוגיים	שאלה 5 א - הכללה	שאלה 5 ב - הכללה	שאלה 6 בניית אלגוריתם	
0	0	3%	0	9%	3%	0	6%	21%	מכירים פלגורה מהעבר
3%	6%	10%	11%	13%	15%	17%	21%	41%	קבוצות הבדיקה האחרות

בטבלה 6 ניתן לראות בחלוקה מגדרית את אחוז התלמידים שהצליחו לענות נכון על שאלות, תלמידים שלא ענו לשאלות כלל ואחוז התלמידים שעבדו בזוג מתוך מי שענו נכון על השאלות. אחוז ההשתתפות במחקר בחלוקה מגדרית – 41% בנים, 29% בנות, 29% - לא ידוע אם בנים או בנות.

טבלה 6 – התפלגות מגדרית

מספר שאלה שישט מחקר	שאלה 1 א - סיבה ותוצאה + תנאים לוגיים	שאלה 1 ב - סיבה ותוצאה	שאלה 2 מקבילות	שאלה 3 מקבילות	שאלה 4 א - תנאים לוגיים	שאלה 4 ב - תנאים לוגיים	שאלה 5 א - הכללה	שאלה 5 ב - הכללה	שאלה 6 בניית אלגוריתם
מענה נכון - בת	74%	63%	7%	31%	45%	53%	31%	48%	42%
מענה נכון - בן	72%	61%	13%	34%	50%	70%	50%	75%	36%
ללא מענה - בת	7%	9%	16%	19%	24%	25%	25%	36%	54%
ללא מענה - בן	2%	3%	8%	6%	7%	8%	10%	15%	38%
הצלחה בזוג – בת	58%	58%	50%	38%	53%	53%	35%	46%	60%
הצלחה בזוג - בן	50%	56%	41%	50%	48%	55%	51%	51%	46%

ניתן לראות שבשאלות בנושא סיבה ותוצאה ובניית אלגוריתם אחוז התלמידות שענו נכון גבוה מאחוז התלמידים שענו נכון. בשאר השאלות בנושאים מקבילות, תנאים לוגיים והכללה אחוז התלמידים שענו נכון גבוה מאחוז התלמידות.

אחוז התלמידות שלא ענה על שאלות כלל היה גבוה יותר מאחוז התלמידים שלא ענו, בכל השאלות והנושאים. לא זו בלבד, אחוז התלמידות שהשאירו שאלות ללא מענה גדל עם התקדמות השאלות בשאלון. את

הסיבה לכך ניתן לשייך למידת העניין שגילו הבנות בסיפור עליו מבוסס השאלון. לסיפור הרקע השפעה על מידת העניין שיגלו תלמידים בזמן המענה לשאלון ואם הוא לא מעניין מספיק התלמידים עשויים לאבד עניין מהר. סיבה נוספת שניתן לשייך לכך היא תחושת הביטחון בתשובה שלה זקוקות הבנות על מנת לענות על השאלה ואם לא יחשו מספיק בטחון בנכונות התשובה לא יענו עליה. בנים בגילאים אלה נוטים להסתכן יותר מבנות^[56] וככל הנראה גם בשאלון במחקר כאשר לא ידעו שאלה מסוימת "הסתכנו" בניחוש ובחלק מהמקרים ענו תשובה נכונה.

תחושת הביטחון עשויה להיות מושפעת מגורמים שונים. אחד הגורמים לתחושת חוסר בטחון וביצועים נמוכים בקרב בנות בלימודי המתמטיקה הוא תפיסות מגדריות של ההורים אליהן חשופות הבנות, כלומר, הורים הגורסים כי בנות פחות מוצלחות מבנים בתחום מדעי מסוים, משפיעים על תחושת חוסר בטחון של הבנות. בתחום זה, הצלחתן תפגע וכך למעשה יגשימו את תפיסת הוריהם^[53]. עוד עולה מן הטבלה, כי רוב הבנות בקרב אלה שענו נכון על השאלות עבדו בזוג. בהשוואה לבנים נמצא כי אחוז הבנות שעבדו בזוג וענו נכון גבוה מאחוז הבנים שעבדו בזוג וענו נכון. כלומר, כאשר הבנות עבדו בזוג נרשמה הצלחה טובה בשאלון שיכולה להעיד על הבנה טובה יותר של הנושא הנלמד ובטחון במענה לשאלות. נושא המגדר בחינוך נידון כבר שנים רבות. קיימים הבדלים רבים ומוכחים בין שני המגדרים בתחומי העניין, ביחס לתחומי המדע, בחוויות שצוברים בתחום המדע בגיל צעיר, בשיטות לימוד מתאימות ובתפיסות ישנות הקיימות בחברה בנוגע לעיסוק מותאם מגדרי בתחומי המדע. תחומי העניין של בנות שונים מאלה של הבנים וגם השאיפות שלהם למקצוע בעתיד. אחת ההשפעות לכך היא ההכוונה מגיל צעיר לעיסוקים המתאימים לבנות ואלה המתאימים לבנים, הכוונה זו מקורה בחברה בה גדלים הילדים ולעיתים הרעיון המועבר בה הוא שיוך תחומי המדע לבנים ועל כן הם מעורבים כבר בגיל צעיר בפעילות שמעבר לשעות הלימודים המוגדרות בנושאים אלו וצוברים יותר חוויות וניסיון בתחומי המדע בעוד שהבנות המתעסקות בתחומים אחרים צוברות פער. אחת המסקנות שעלתה במסגרת מחקר שהתבצע בנושא היא ששילוב מוקדם של בנות בתחומים שיקנו להם חוויות בתחום המדע עשוי להשפיע על ההישגים והעניין שיגלו במקצועות המדע. זה אך טבעי שהתלמידים יביאו את אותן תפיסות מיושנות לבית הספר. אם כן, בית הספר אמור להיות המקום שמכיר את הסיטואציה ופועל לחינוך שווה ומותאם לבנות ולבנים. לנושא זה כאמור גם השפעה רחבה יותר על הבנות בהיבט בחירת מקצוע לעסוק בו בעתיד והשתכרות בסכומים גבוהים יותר^[54].

במחקר שבדק השפעה של למידה מבוססת משחקים דיגיטליים על המוטיבציה של התלמידים בשני המגדרים, נמצא כי ישנו הבדל בין תלמידים לתלמידות. במסגרת המחקר עבדו התלמידים במשחקים בעלי מאפיינים שונים וענו על שאלון לפני ואחרי המשחק. נמצא כי ישנם משחקי לימוד בעלי מאפיינים מסוימים (צבע, דמויות וכו') המשמעותיים לבנים ולבנות ולכן במשחקים אלו יחוו התלמידות והתלמידים מוטיבציה גבוהה למשחק וללימוד. אולם, יש משחקים בעלי מאפיינים שלא מעוררים עניין ומוטיבציה בקרב שני המינים באותו אופן ולכן נדרשת התאמה.

תמצית הממצאים:

- בשתי שיטות הלימוד - שיעור-פלתורה-שאלון ופלתורה-סיכום-שאלון, הגיעו התלמידים להישגים טובים יותר בשאלון ובמשחק מהתלמידים שעבדו בשיטת הלימוד פלתורה-שאלון ולא עברו שיעור או הדרכה. כלומר, הסבר על העקרונות עליהם מבוססים המשחק והשאלון שעוטף את המשחק, לפני או אחרי שהתלמידים עובדים בו, יוצרים הבנה טובה יותר של החומר בקרב התלמידים שמאפשרת להם להתמודד בהצלחה עם השאלות שעמדו לפניהם.
- כאשר התלמידים לומדים את העקרונות במסגרת שיעור ולאחר מכן משחקים בפלתורה, ההישגים שלהם בשאלון ובמשחק הם הגבוהים ביותר ומשך הזמן הממוצע בו הם פותרים כל שלב בפלתורה הוא הקצר ביותר מבין שתי השיטות האחרות.
- זוגות התלמידים שעבדו בשיטות שיעור-פלתורה-שאלון ופלתורה-סיכום-שאלון הגיעו להישגים טובים יותר במשחק ובשאלון מתלמידים שעבדו לבד.

- העבודה בפלתורה מאפשרת לתלמיד לתרגל חשיבה אלגוריתמית כדי לעבור את השלבים וכך בעצם לפתח מיומנות באופן חשיבה זה.
- בכל תרחישי הבדיקה ושיטות הלימוד התלמידים גילו קושי במענה לשאלות בנושא מקבילות .
- תלמידים שעבדו בפלתורה בעבר, הם הקבוצה בה אחוז התלמידים שענו נכון על השאלון הוא הגבוה ביותר..
- תלמידים שלא עבדו מעולם בפלתורה והתבקשו לענות על השאלות הגיעו להישגים הנמוכים ביותר, תלמידים שעבדו באחת משלוש שיטות הלימוד ולא עבדו בפלתורה בעבר הוכיחו כי הם בעלי יכולת ללמידה והבנה בסיסים של החומר.
- הנושאים בהם הראו התלמידים הבנה בסדר יורד :
 - סיבה ותוצאה
 - תנאים לוגיים
 - הכללה
 - בניית אלגוריתם
 - מקבילות
- ישנם הבדלים בין תוצאות הבנות לתוצאות הבנים בשאלון, הבדלים שנדרש לתת עליהם את הדעת עת מגדירים מערך שיעור לכתה.
 - בנות השאירו הרבה שאלות ללא מענה ביחס לבנים, אחוז זה גדל באופן עקבי עם ההתקדמות בשאלון.
 - בנות שעבדו בזוגות הצליחו יותר מבנים שעבדו בזוגות.
 - אחוז הבנים שענו נכון על רוב השאלות בשאלון גבוה מאחוז הבנות(טבלה 6).
- לשימוש בפלתורה כסביבה לימודית לחשיבה אלגוריתמית יש מספר יתרונות -
 1. עבודה בפלתורה מקדמת הבנה של עקרונות בחשיבה אלגוריתמית בקרב התלמידים. ניתן לראות זאת מתוצאות השאלון עליו ענו תלמידים שעבדו בפלתורה ללא כל שיעור או הסבר על העקרונות והגיעו לתוצאות טובות יותר מהתלמידים שמילאו את השאלון מבלי לעבוד בפלתורה קודם לכן(טבלה 1)
 2. שיטת לימוד המשלבת שיעור לפני או אחרי העבודה בפלתורה ועבודה בזוגות מגדילה את ההבנה של העקרונות בקרב התלמידים והובילה לתוצאות טובות במשחק ובשאלון.
 3. המשחק מסייע לתלמידים בתרגול עקרונות החשיבה שלמדו וכך הופך את התמודדות התלמידים עם בעיות מורכבות לקלה יותר ולא זרה מה שמאפשר להם בטחון לגשת לפתרון הבעיה.
 4. הסביבה אינטואיטיבית לתלמידים כיוון שמבוססת ברובה על צורות, מספרים וצבעים המוכרים להם מהיום-יום ולכן התלמיד צריך להשקיע אך ורק בתרגול ולימוד העקרונות בחשיבה אלגוריתמית.
 5. עבור ילדים חוויה לא פורמאלית בתחומי המדע מסייעת לבניית יסודות קריטיים להבנה עמוקה של המושגים^[54]. פלתורה כפלטפורמה לימודית שאינה פורמאלית ללימוד עקרונות בסיסיים בחשיבה יכולה לסייע בהבנה עמוקה של מושגים בסיסיים בנושא.
 6. העבודה עם פלתורה חושפת את הבנות והבנים באופן שווה לתחום מדעי המחשב והדרישות מהם זהות לחלוטין. חוויה בתחום מדעי בגיל צעיר, עשויה להשפיע על החלטותיהם לגבי בחירת מקצועי בעתיד ולהעלות את אחוז הבנות הבוחרות במקצוע מדעי.
 7. בתום השיעור בבתי הספר במסגרתו התלמידים מילאו את השאלון ועבדו בפלתורה הם התבקשו למלא שאלון מקוון העוסק בפלתורה. מילוי השאלון לא היה חובה ולכן לא כל התלמידים ענו עליו. להלן תוצאות השאלון המקוון –
 - a. 71% מהתלמידים טענו כי המשחק מהווה אתגר עבורם. כאשר התבקשו להסביר במילים ממה הם נהנו במשחק, המשיכו להתייחס לנושא האתגר באמירות מפורשות וגם באמירות מקבילות כדוגמת "משחק מתוחכם", "גרם לי לחשוב", "מפעיל את השכל".
 - אמירות לפיהן המשחק עודד חשיבה בקרב התלמידים, שלמעשה זו מטרתו.

כאשר התלמידים נמצאים בסביבה מאתגרת, הם מגדילים את זמן הריכוז שלהם במשימה והלמידה שלהם איכותית יותר.

b. 85% מהתלמידים העידו כי המשחק מהנה וגם התייחסו לכך רבות באמירות מילוליות.

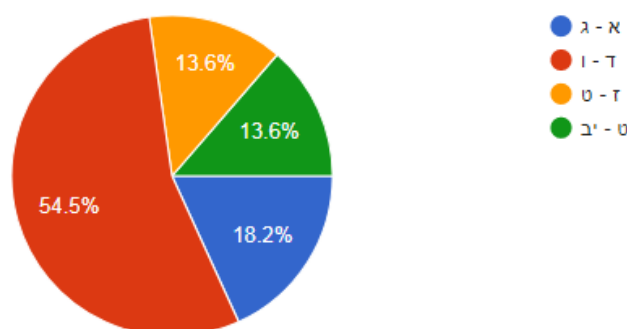
c. כאשר נשאלו התלמידים מה היו משפרים במשחק התייחסו בעיקר לנראות המשחק, מתן עזרה או סיוע במהלך השלבים והוראות ברורות יותר לביצוע השלבים.

מורים

שילוב המקצוע וסביבת לימוד מבוססת משחק בבתי הספר אינה פשוטה גם למורים. יש לכך מספר סיבות – גיל, שליטה טכנולוגית וניסיון בהוראה^[63]. בחלק זה נציג גם את נקודת מבטם של המורים, תפיסתם את לימוד הנושא והתאמת סביבת הלימוד של פלתורה המבוססת משחק לתלמידים. במסגרת המחקר הועבר שאלון למורים המלמדים בבתי ספר שונים מכתה א ועד י"ב על השאלון ענו 45 מורים מתוכם 4 מורים בחינוך מיוחד.

השאלון התייחס ללימוד באמצעות משחק, חשיבות הוראת עקרונות בסיסיים במדעי המחשב והכרות עם פלתורה.

המורים שמילאו את השאלון מלמדים כתות א'- י"ב לפי החלוקה הבאה –



98% מהמורים הינם בעלי תעודת הוראה ותואר אקדמי ראשון כלשהו, אך אף לא מורה אחד בעל תואר ראשון במדעי המחשב או בתחום עיסוק דומה. 20% מהמורים שהשתתפו בשאלון עשו הסבה להוראה, רובם ממקצוע שאינו מדעי ו-20% מהם ממקצוע בעל זיקה לתחום אך לאו דווקא בעלי תואר ראשון.

96% מהמורים רואים ערך בלימוד באמצעות משחק ומייחסים לכך יתרונות רבים –

- לימוד בדרך שונה מהווה חוויה עבור התלמידים ויוצרת אתגר ועניין בקרבם.
- מתאפשר לתלמידים חלשים להביע את עצמם.
- משחק מייצר הפנמה טובה יותר של החומר וזיכרון החומר הנלמד לטווח ארוך
- פיתוח כישורי חיים – ביטחון עצמי, קשרים חברתיים, שיתוף פעולה, פיתוח יצירתיות ולדעת להפסיד בכבוד, מעודד תחושת מסוגלות.
- גשר לעולמם הפנימי ומאפשר חיבור של הילדים ללימוד.
- למידה חווייתית מתוך הנאה. השליטה על הלמידה בידיים של התלמיד וכך גם אחריותו כלפי התקדמותו.
- עניין, מוטיבציה, התגייסות, חוקים ברורים

בפועל רק 75% מהמורים התנסו בכך והעבירו שיעורים במסגרתם לימדו באמצעות משחק. שיטת לימוד באמצעות משחק אינה הגדרה פורמאלית של משרד החינוך, אלא המלצה בלבד ומורה אינו חייב לשלב משחק בלימוד שלו, זו ככל הנראה הסיבה לכך שעל אף היתרונות שרואים מורים רבים בלימוד באמצעות משחק רק 75% מהם התנסו בעצמם בשיטה.

במסגרת השאלון, התבקשו המורים לפרט את תוכן שיעורי המחשבים המתבצעים בבית הספר. התשובות שהתקבלו התייחסו לרוב לתפעול ושימושי מחשב כדוגמת –

א' - ג' – תוכנות office, שחמט ו-CodeMonkey.

ד' - ו' – תוכנות office, ביצוע משימות מתוקשבות (משימות שהמורות מעלות לפורטל המשותף עם התלמידים), תרגול בחשבון, הכרת המחשב, חיפוש מידע, CodeMonkey.

ז' - ט' – תוכנות office.

י' - י"ב – תוכנות office, תוכנות ללימוד אנגלית, גלישה באינטרנט, בניית סקרים.

9% המורים טענו כי בבית ספרם לא מתקיימים שיעורי מחשבים, 11% טענו כי לא מכירים את תוכן השיעורים.

ניתן לראות כי השיעורים מתמקדים בעיקר בשימושי מחשב שכיחים ואופייניים של השיעורים אינו מדעי. בהתחשב ברקע ממנו באו המורים הדבר אינו מפתיע שכן, אין להם את הידע או הכלים ללמד חשיבה אלגוריתמית.

על אף שלא הגיעו מהרקע, למעט מורה אחת, כל המורים שענו על השאלון טוענים כי שיעורי מחשבים חיוניים בבית הספר ותורמים לתלמידים. שיעורי המחשבים אליהם מתכוונים המורים הם לרוב תפעול המחשב ותוכנות בסיסיות ולא לימוד עקרונות במדעי המחשב. אך כאשר נשאלו ספציפית על שילוב עקרונות בסיסיים במדעי המחשב 94% מהמורים טענו כי היו רוצים לשלב מקצוע זה בבית ספרם.

מקצוע מדעי המחשב או חשיבה אלגוריתמית עדיין אינו חלק ממקצועות הליבה המחייבים את בתי הספר ועליהם נמדדים סגלי ההוראה, על כן החשיבות והעדיפות אותם מייחסים המורים ומנהלי בתי הספר ללימוד הנושא נמוכה. בחלק מהמקרים אף ההורים מציעים לשלב לימודים אלה, אך מנהלי בתי הספר אינם נעתרים לדרישה, עקב חוסר בידע או במשאבים כמו שעות לימוד ומורים המכירים את החומר. הקושי הקיים בהכשרת המורים המלמדים ובגיוס מורים המתאימים ללמד את הנושא מקשה על המנהלים להכניס את הנושא ללימוד בבתי הספר^[31]. עם קושי זה מתמודד כנראה גם משרד החינוך ועליו לתת לו מענה.

מתוך המחקר עולה כי המורים רואים השפעה חיובית ללימוד עקרונות בסיסיים במדעי המחשב. בקרב המורים ישנה הבנה ברורה כי העולם הטכנולוגי תופס מקום משמעותי בחיינו כיום ועל מנת להכין את תלמידיהם בצורה הטובה ביותר להמשך הדרך יש לחשוף אותם לעולם הטכנולוגי ככל שניתן. יתרון נוסף ללימוד הנושא אותו מעלים המורים הוא פיתוח החשיבה של התלמידים.

החששות שהעלו המורים הם בעיקר בנושא חוסר הידע שלהם בתחום : הצורך ללמוד את החומר, ללמוד איך נכון להעביר את נושא בכתות, התמודדות עם קצב למידה שונה של התלמידים ואילו כלי הוראה עומדים לרשותם. חשש נוסף של המורים הוא תשתית המחשוב בבית הספר - כמות המחשבים שאינה מספיקה לכתה שלמה ורמת התחזוקה של המחשבים.

על אף הרצון הניכר של המורים לשילוב המקצוע, הם לא חשופים לכלים המאפשרים את הלימוד, ניתן לראות זאת מתוך הנתון כי 86% מהמורים לא הכירו את פלטורה, 14% מהמורים שהכירו את הפלטפורמה מלמדים בכתות ד' - ו', רובם לא העבירו שיעורי מחשבים בבית הספר ולא ביצעו הדרכה על פלטורה.

71% מהמורים לא מכירים את המושגים חשיבה חישובית או חשיבה אלגוריתמית. כאשר התבקשו המורים שטענו כי מכירים את המושג, להסביר את משמעותו, עלה פער בהבנתם ורק מעט מהם ידעו להסביר נכון את המושג.

במצב הנתון של היכולת והניסיון של המורים בתחום, על מנת לשלב לימודי חשיבה אלגוריתמית בשיעורים בבתי הספר, המורים זקוקים לתמיכה מלאה והכוונה עבור הנושא^[31]. תמיכה מתמשכת, אולי מקוונת ולא כנסים בודדים אחת לתקופה. בניסיון לתת מענה לסוגיה זו נפתח קורס אינטרנטי הזמין למורים בנושא לימוד

תכנים של חשיבה אלגוריתמית^[32]. הצעות נוספות שהועלו הם שילוב הנושא כקורסים בתארים מתקדמים
אותם מבצעים המורים^[31].

8. דיון והמלצות

פרק זה מסכם את עבודת המחקר ובה סוגית שילוב לימודי חשיבה אלגוריתמית במוסדות החינוך, והחשיבות שבכך, וכן יוצגו מספר שיטות ללימוד הנושא בבתי הספר שעלו מחקר הנושא. בנוסף, יוצגו המלצות מרכזיות מהמחקר המתבסס על שימוש בפלגות ללימוד חשיבה אלגוריתמית.

כפי שהוצג עד כה חשיבה אלגוריתמית הינה מיומנות חשיבה בסיסית שהשימוש בה נמצא כמעט בכל תחום ומכאן נובעת החשיבות לרכישת המיומנות בקרב כלל האוכלוסייה ובתוכה גם הדור הצעיר. על מנת להגיע למצב בו יש בסיס איתן לידע זה בקרב רוב האוכלוסייה יש להתחיל ללמד אותו מוקדם ככל האפשר^{[28][31]}, בדומה ללימוד שפה חדשה^[26]. המנדינגר (David Hemmendinger), מומחה בהוראת מדעי המחשב טוען כי המטרה בלימוד חשיבה אלגוריתמית היא לא ללמד את כולם לחשוב כמו מדען בתחום מדעי המחשב, אלא להשתמש בעקרונות הנלמדים לפתרון בעיות ולפיתוח יכולתם של ילדים לשאול שאלות עומק ולגלות נושאים חדשים שניתן לחקור בכל תחום שהוא^[38].

בשנים האחרונות נושא הוראת מדעי המחשב ותכנות בקרב ילדים הפך לנושא בולט בכנסים מדעיים בינלאומיים^[30]. על מנת להכניס את הנושא באופן פורמאלי לתוכנית הלימודים, מומחים נדרשו להגדיר את המונח ואת מטרות הלימוד: היכולות אותם ירכשו התלמידים^[38]. בתחילה לא היה קיים קונצנזוס על הגדרת המונח 'חשיבה אלגוריתמית' והעקרונות העומדים בבסיס החשיבה שנדרש ללמד תלמידים צעירים^{[28][30]}, מה שהפך את לימוד הנושא למורכב ועורר דעות לכאן ולכאן באם נדרש ללמד את הנושא ואיך. על אף שלא הייתה הגדרה מוסכמת לתוכן שנדרש ללמד במקצוע, אנשי החינוך המשיכו לפתח קורסים שונים לתלמידים צעירים בחתך הגילאים של בית הספר היסודי, והמשותף לכולם הוא המיקוד במיומנויות חשיבה ולא במיומנויות תכנות טכניות^[30].

במאמרו של פאפרט מוצג מחקר לפיו בהיעדר הכוונה מגורם חיצוני, ילדים יודעים לסגל לעצמם דפוסי חשיבה הכוללים גם מיומנויות חשיבה אלגוריתמית. ישנם חילוקי דעות בין החוקרים: חלקם סוברים כי הלימוד העצמי עדיף כיוון שישנם רבדים פסיכולוגיים הקשורים ללימוד הנושא שטרם נחקרו ויש לשלבם בשיעורים. החלק השני סובר כי עדיף ללמד את הילדים תוך שילוב הממצאים שכבר יודעים כיום, גם אם זו לא ידיעה מלאה, וכך פוחת הסיכוי שיסגלו לעצמם הרגלים או הבנות שגויות^[27].

בשנת 2010 התכנסה ועדת מומחים שחבריה הם חוקרי מדעי המחשב ואנשי חינוך מהארגונים CSTA (Computer Science Teachers Association) ו-ISTE (International Society for Technology in Education). הוועדה הגדירה את סט היכולות שנדרש לפתח בקרב תלמידים צעירים באמצעות לימוד חשיבה אלגוריתמית^[38], ביניהם -

1. אפיון פתרון לבעיות (תוך שימוש בהכללה, מבנה נתונים, אוטומציה ובניית אלגוריתם).
2. מימוש האפיון.
3. בדיקות וניתוח פערים.
4. ניתוח מערכת.
5. זיהוי ושימוש ברמות אבסטרקציה שונות.
6. חדשנות ויצירתיות בתחומים שונים.
7. עבודת צוות לטובת פתרון בעיות.
8. רכישת יכולות למידה מגוונות.

הוועדה ייחסה חשיבות רבה לנושא הכשרת המורים למימוש התוכנית בבתי הספר והכנתם הנדרשת ללימוד החומר בכתות: מתן הכשרה מתאימה לצוותים החינוכיים, הסבר על חשיבות התהליך ותמיכה לאורכו^[38]. על אף שהוגדרו נושאי הלימוד, לא הוגדרה שיטת הלימוד וכיום השיטה הרווחת היא באמצעות שפות תכנות ויזואליות^[35]. מחקרים שבוצעו בין 2006 ל-2017 מראים כי לימוד חשיבה אלגוריתמית בשיטה א-פורמלית עדיפה על הלימוד הפורמאלי המסורתי כאשר מדובר בלימוד ילדים צעירים^{[35][38]}. ניתן ללמד ילדים עקרונות בחשיבה אלגוריתמית מתוך חוויות מהיום-יום שלהם, למשל בניית אלגוריתם. שימוש באלגוריתם נמצא בתדירות גבוהה בחיי היום-יום כמו הכוונת תלמיד חדש לבית הספר, מתכון לאפיית עוגה ועוד^[30].

התפתחות אינטלקטואלית של ילדים מבוססת בין היתר על חוויות שצברו^[36]. אחת הבעיות היסודיות של בתי הספר היא כיצד להרחיב את הידע באופן חוויתי ומשמעותי. כאשר ילדים עושים פעילויות שונות מאלו המבצעים בכתה הם יגיעו עם מוטיבציה גבוהה יותר לשיעור הבא. לא נדרש לקיים שיעור מחוץ לכותלי הכיתה, אלא להכניס לשיעור אלמנטים של דמיון, מורכבות, וכלים המאפשרים פידבק מידי לתלמיד, כך התלמיד חווה את הלימוד כפשוטו. שיטות אלה יכולות לסחוף גם מבוגרים. בשיטות לימוד אלה יכולים להיות משולבים אלמנטים שונים המעניינים את התלמידים, ציור, גינה, משחקי מחשב^[36]. טרם הוגדר גיל מינימלי ללימוד חשיבה אלגוריתמית. עם זאת, קיימות שיטות מגוונות ברמות קושי שונות ביניהן משחקים לימודיים, עבודה עם רובוטים או שפות תכנות ויזואליות אשר באמצעותן מתבצע

לימוד תלמידים צעירים בבתי הספר ואף בגני ילדים.^[35] מחקרים מראים כי ילדים בגילאי 4 עד 7 ואף בגילאים נמוכים יותר^[24] הינם בעלי יכולת הבנה של מושגים בסיסיים בחשיבה אלגוריתמית כמו רצף, סדר, לוגי, משפטי תנאי ויחסי סיבה ותוצאה.^[37] (שנמדדו גם במחקר על פלגות שבוצע במסגרת התזה). ילדים שגילם קטן מארבע אף הצליחו לבנות רובוטים פשוטים.^[24] מנתוני המחקר נמצא כי בנושא מיומנויות דיבאג, כלומר ניתוח מעמיק של בעיה מורכבת, נתוני התלמידים נמוכים וכי נושא זה עשוי להיות מאתגר מדי עבורם.^[37]

שיטות הלימוד הנפוצות ביותר להוראת חשיבה אלגוריתמית בכל הגילאים הן למידה מבוססת פרויקטים ולמידה מבוססת בעיות, כלומר, בשני המקרים התלמידים לומדים ע"י מתן פתרון לבעיה המוצגת בפניהם או מימוש פרויקט שהוגדר להם.^[35] מחקרים נוספים הראו כי פעולת תכנות עשויה לסייע לילדים בשיפור הזיכרון החזותי, כישורי שפה וטכניקת פתרון בעיות.^[24] אחת משיטות הלימוד משלבת בין לימוד עקרונות בסיסיים בחשיבה אלגוריתמית, למקצוע שנמצא בתוכנית הלימוד בבית הספר.^[31] בהיעדר שיעורים ייעודיים ללימוד חשיבה אלגוריתמית, הנובע ממערכת שעות עמוסה, גישה זו כנראה היעילה והמהירה ביותר לחשיפת התלמידים למיומנויות חשיבה אלגוריתמית.^[31] במחקר שנערך בקרב תלמידי כתות ו' נמצא כי כאשר לימוד חשיבה אלגוריתמית שולב בשיעורי מתמטיקה, התלמידים הראו הבנה עמוקה יותר בנושאים המתמטיים שנלמדו ביחס לתלמידים שלמדו בשיעור סטנדרטי.^[31] מורים שהתנסו בשיטה זו הצביעו על השפעה חיובית על הישגי התלמידים בדומה לטענה של ווינג לפיה קיים קשר בין לימודי המתמטיקה לחשיבה אלגוריתמית.^[28] גם מחקר שנערך בקרב תלמידי כתות ג' בקרואטיה, מצא קשר ישיר בין יכולתם של התלמידים להצליח בלימודי חשיבה אלגוריתמית לבין כישורי המתמטיקה והאוריינות שלהם: המורה במחקר נדרשה לדרג את התלמידים לפי היכולות המתמטיות שהפגינו ודירוג זה היה זהה לדירוג התלמידים שהצליחו לפתור תרגילים במשחק ללימוד חשיבה אלגוריתמית.^[34] נוסף להצלחה הלימודית המסתמנת בשיעור המאגד את שני הנושאים, שיטה זו עשויה לפתור את האתגר העומד בפני אנשי החינוך בדבר שעות לימוד חסרות לשילוב חשיבה אלגוריתמית כחלק מנושאי הלימוד בבתי הספר. סוגיה זו עלתה בשיח פרונטלי עם המורים בבתי הספר שהשתתפו במחקר וכן עלה במחקר על פלגות מתוך השאלון שהועבר למורים בו הם העלו סוגיה זו כאחד האתגרים שעשוי לעמוד בפניהם.

ישנם אמצעים להוראת חשיבה אלגוריתמית המבוססים על שימוש במשחקי מחשב לימודיים המסייעים בחיזוק הבנת המושגים הנלמדים בכיתה. כיוון שלילדים כיום לרוב ישנו ניסיון בשימוש בטכנולוגיה, הם יגלו עניין במשחק הלימודי ולא יחששו ממנו. עם זאת, הוראה באמצעות מחשב צריכה להיות מדודה. מחקרים הוכיחו קשר ישיר בין שימוש במשחק לבעיות פיזיולוגיות, ולכן הזמן המומלץ לצפייה במסך מחשב או טלוויזיה הינו שעתיים ביום, על כן, יש להתחשב בכך בעת החלטה על שיטת הוראה.^[26] בנוסף, ישנם אתגרים שנדרש להתמודד איתם בשילוב משחקי מחשב לימודיים. יש צורך ללמד את השימוש במשחק בנוסף לתוכן הלימודי ולכן רצוי שהמשחק יהיה אינטואיטיבי, לוודא שהתלמידים אכן מבינים את הנושא הנלמד ולא רק את המשחק, ולהתאים את השימוש במשחק לסדר הלמידה בשיעורים.^[30]

פאפרט מצביע על כך שמתן הוראות לילד לפני או בעת ביצוע פעילות תעסוקתית כלשהי, הוא דבר שבשגרה ומובן לנו מאליו. עם זאת, למידה, חשיבה ומשחק הם פעילויות בהן ילדים עוסקים רוב הזמן ועבורם הם לא מקבלים הערות או הכוונה. אנחנו כחברה מלמדים אותם מספרים או פעולות חשבון אך לא מלמדים אותם ללמוד או לחשוב באופן מפורש.^[27] לכן פאפרט טען כי לימוד חשיבה אלגוריתמית הוא החשוב ביותר לתלמידים כיוון שמדובר במיומנות להבנה רחבה שידעיתה תייצר לתלמידים בטחון אינטלקטואלי. הוא מציע להכניס טכנולוגיה למוסדות הלימוד ולאפשר לתלמידים לבצע פרויקטים בעצמם ע"י שפת תכנות, בסביבת עבודה תומכת שתאפשר לתלמידים לראות את תוצאות הפעולות שמבצעים בזמן אמת. אחד הניסיונות הראשונים בוצע על גבי סביבת LOGO, בקרב תלמידי כתות ו', בעלי נתונים לימודיים ממוצעים. בתוך שלושה חודשים מסוגלים היו התלמידים לפתח משחקים ובהמשך משחקים לימודיים מורכבים יותר. התלמידים הצעירים גם רכשו את המוטיבציה והיכולת לעבוד על פרויקט הנמשך יותר ממספר ימים. זוהי ראייה ליכולת של התלמידים לכתוב תוכנות פשוטות ומורכבות כאחד המצטרפת למחקרים נוספים לפיהם תלמידים צעירים בעלי יכולת ללמוד חשיבה אלגוריתמית.^[35]

לפי פאפרט ישנה חשיבות רבה ליכולתו של הילד לבטא את תהליך החשיבה שלו. אחת הדרכים בה ניתן לגרום לתלמידים לבטא את תהליך החשיבה שלהם היא עבודה בזוגות, במסגרתה הם מדברים על הנושא והבעיה שצריכים לפתור ובדרך זאת לרוב מסבירים אחד לשני את החשיבה שלהם בשלבים. מתוצאות המחקר על פלגות ניתן לראות כי התלמידים שעבדו בזוגות בשיטות שיעור-פלגות-שאלון ופלגות-סיכום-שאלון הצליחו להבין את החומר ולענות על השאלון והמשחק יותר מתלמידים שעבדו לבד. בשתי שיטות אלה במהלך השיעור או הסיכום התבקשו התלמידים לתת בעצמם דוגמאות לנושאים שנלמדו וככל הנראה זה עוד הסבר להצלחה בשתי שיטות אלה.

מחקרים המתייחסים להכנסת לימודי מדעי המחשב ובתוכם חשיבה אלגוריתמית למוסדות הלימוד בגילאים צעירים, דנים בסוגית הכשרת המורים הנדרשת^[31]. המשאבים הנדרשים ללימוד אפקטיבי של מקצוע הם - תקנים למורים, הכשרת מורים שוטפת, תכנית לימודים מוגדרת וכלים בסיסיים זמינים הנדרשים למימוש תכנית הלימודים – סביבת עבודה תומכת. תחום הוראת מדעי המחשב ובתוכו הוראת חשיבה אלגוריתמית עדיין צעיר ועל כן הנושאים ואופן הלימוד אינם חלוטים ושכבות ההנהלה בבתי הספר לא תמיד מבינות את חשיבות הכנסת הנושא לתוכנית הלימודים^[39].

סוגיית הכשרת המורים משמעותית ועולה באופן ברור גם מתוצאות השאלון עליו ענו המורים במסגרת המחקר על פלתורה. מהשאלון עולה כי שיעורי מחשבים בבית הספר מסתכמים ברוב מקרים בלימוד תוכנות Office וכישורי מחשב בסיסיים. לעיתים בחלק מבתי הספר מתבצע שימוש בסביבה ללימוד תכנות, אך ניכר שחסרה בדיקת הבנת העקרונות בסיסיים במדעי מחשב בקרב התלמידים. הכשרת המורים ללימוד המקצוע עשויה להסביר זאת. כל המורים שענו על השאלון מגיעים מרקע מקצועי שאינו מאפשר להם ללמד חשיבה אלגוריתמית או תכנות והם נדרשים להכשרה ייעודית לנושא. רובם מבינים את חשיבות שילוב הנושא בתוכנית הלימודים ואת החיוניות וההשפעה החיובית על עתיד התלמידים, עם זאת, רואים בהבנה המקצועית החסרה שלהם את האתגר המשמעותי שיעמוד בפניהם עת ישלבו את הנושא בתוכנית הלימודים.

לראיית, שילוב מורים בקורס מכשיר ללימוד חשיבה אלגוריתמית המתמקד במספר עקרונות בודדים הוא אפשרי ויעיל לקידום הכנסת הנושא למערכת החינוך. בנוסף לימוד באמצעות פלתורה המהווה פלטפורמת לימוד אינטואיטיבית גם למורים, עשויה להביא להכשרת מורים ממוקדת בה העקרונות מוסברים למורים דרך המשחק וכך להביא לקיצור זמן ההכשרה הנדרשת עבורם.

מעבר להמלצות נקודתיות על שיטות וכלים להוראת חשיבה אלגוריתמית או מדעי המחשב, טרם הוגדרה עבור המורים מדיניות פדגוגית ברורה. במסגרת המחקר נבחנו שלוש שיטות ללימוד חשיבה אלגוריתמית באמצעות פלתורה, אשר כולן ניתנות למימוש בכתות באופן יומיומי –

- פלתורה-שאלון : שיטת לימוד במסגרת התלמידים עבדו בפלתורה ולאחר מכן מילאו את השאלון.
- שיעור-פלתורה-שאלון : שיטת לימוד במסגרת הועברה לתלמידים הדרכה קצרה אודות ארבעת העקרונות הנבחרים, לאחר מכן התלמידים עבדו בפלתורה ולבסוף מילאו את השאלון.
- פלתורה-סיכום-שאלון : שיטת לימוד במסגרת התלמידים עבדו בפלתורה, לאחר מכן הועברה לתלמידים הדרכה קצרה אודות ארבעת העקרונות הנבחרים תוך התייחסות לדוגמאות מהמשחק ולבסוף מילאו את השאלון.

ניתן לראות מתוצאות השאלון כי התלמידים הצליחו ללמוד את העקרונות ברמה בסיסית בזמן קצר בשלוש השיטות. תוצאות התלמידים שעברו פעילות לימודית כלשהי טובות יותר באופן ברור מתלמידים שהתבקשו לענות לשאלון ללא הסבר קודם. כלומר, התלמידים בעלי יכולת קוגניטיבית להבנת הנושא אך נדרשו להסבר ופירוט.

בשתי שיטות הלימוד שיעור-פלתורה-שאלון ופלתורה-סיכום-שאלון הישגי התלמידים בשאלון ובמשחק הם הגבוהים ביותר עבור התלמידים שלא התנסו בעבודה בפלתורה בעבר. השיעור והסיכום תרמו להבנת החומר ע"י התלמידים.

בשיטת הלימוד שיעור-פלתורה-שאלון, כאשר התלמידים עבדו בזוגות, נמדד המספר הגבוה ביותר של תלמידים שהצליחו לענות על השאלון והמשחק, ועל כן זוהי שיטת הלימוד המומלצת. מעניין לבדוק את תוצאות השאלון כאשר התלמידים עברו שיעור בלבד ללא עבודה בפלתורה, כך אולי ניתן יהיה לראות באופן ברור יותר את ההשפעה של פלתורה על הבנת החומר ע"י התלמידים. תוצאות התלמידים בשיטת פלתורה-שאלון טובות יותר מתוצאות התלמידים שמילאו את השאלון ללא פלתורה, כלומר העבודה בפלתורה לבדה מסייעת לתלמידים להבין את החומר, אך על מנת לחדד עבורם את הנושא יש לשלב שיעור.

העקרונות הכללה, רצף, סדר, לוגי, משפטי תנאי ויחסי סיבה ותוצאה נבחנו במסגרת המחקר והתלמידים ענו בהצלחה על שאלות מסוג זה. הנושא בו גילו התלמידים מכל קבוצות המחקר קושי הוא נושא המקבילות. נראה כי הנושא מורכב להבנה עבור תלמידים צעירים ויש לנסות לבחון התאמה של השלבים בפלתורה ללימוד הנושא בקרב ילדים.

שילוב האתגר במשחק לימודי כלשהו בעל השפעה רבה על רתימת התלמידים למשחק ויצירת עניין לזמן ממושך המאפשר לתלמיד לימוד משמעותי. מסקר שנערך בקרב התלמידים שהשתתפו במחקר, הם התייחסו לאתגר שחשו במהלך העבודה בפלתורה. כלומר, פלתורה מעוררת אתגר בקרב התלמידים המאפשר להם מוטיבציה למשחק וכך למידה משמעותית יותר.

במחקר נבדקה גם השפעה מגדרית על תוצאות התלמידים. ניכר הבדל משמעותי בכמות השאלות אותן בחרו הבנות להשאיר ללא מענה שהיה גדול ביחס לאלה שהבנים השאירו ללא מענה. הבנים הצליחו לענות נכון יותר על רוב הנושאים למעט סיבה ותוצאה ובניית אלגוריתם אשר בשאלות אלה מספר הבנות שהצליחו לענות על השאלות גדול יותר. ברוב השאלות בנות שעבדו בזוג ענו נכון על יותר שאלות.

ישנן תרחישי בדיקה נוספים שמעניין לבצע בהמשך לקבלת תמונה רחבה :

- שילוב משחקי למידה בחינוך המיוחד נעשה לא אחת, ומעניין לבחון את שילוב העבודה בפלתורה בחינוך המיוחד.
- כיוון שבכל קבוצות הבדיקה התלמידים שעבדו לבד מיצו את העבודה בפלתורה כאשר הסתיים הזמן שהוקצה לכך ואילו לרוב הזוגות היה קשה להתנתק מן המשחק ולעבור לשאלון, הייתי מבצעת את הבדיקות שוב תוך מתן זמן ארוך יותר לתלמידים שעבדו בזוגות ובחינת התוצאות שלהם בשאלון.
- חקירת הסיבה לכך שהבנות דילגו על שאלות ומשם לנסות להבין האם מקור ה"נטישה" הוא אכן העניין שיצר אצלן השאלון או בביטחון שחשו בתשובה.
- ביצוע המחקר בקרב מגזרים שונים ובחינה האם קיים שוני בתוצאות ואת משמעותו.

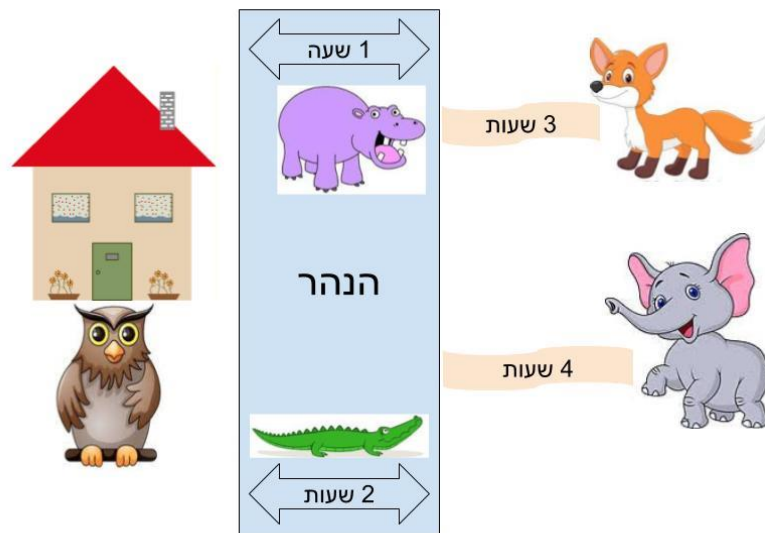
לסיכום, בתוכניות הלימודים לבתי הספר היסודיים יש חשיבות רבה ללימוד אוריינות וחשיבה כמותית- חשבון ומספרים, עם זאת, לימוד התוכנה והאלקטרוניקה, התופסים מקום מרכזי בחיינו כיום, לא נמצאים בליבת תכניות הלימוד^[24]. במהלך הביקור בכתות במסגרת המחקר, ניכר הרצון והלהט של התלמידים ללמוד "לתכנת". על אף הרצון, יכולת התלמידים ללמוד וחשיבות הנושא, רוב התלמידים לא נחשפים ללימודי חשיבה אלגוריתמית בבית הספר ולומדים חלק מן העקרונות מתוך חוויות מזדמנות באופן טבעי ולא מנוהל^[27].

לימוד חשיבה אלגוריתמית בגיל צעיר מאתגר את התלמידים ואת אנשי החינוך, מומחים ומנהלים. עם זאת במחקרים רבים שהוצגו כאן הממליצים על שיטות לימוד לנושא ואף במחקר זה, הוכח כי הדבר אפשרי. לכשיגדל הדור הצעיר התמודדות עם סוגיות הדורשות פתרונות מורכבים לא תהיה זרה להם והם יפנו לפתרון הבעיה תוך שימוש בטקטיקות שלמדו והתנסו בהן, פתרונות אשר יכולים להוביל לפריצות דרך מדעיות וטכנולוגיות. לחשיפת ילדים לנושא בגיל צעיר, עשויה להיות השפעה גם על גידול באחוז הנשים הפונות למקצועות הטכנולוגיים כיוון שהנושא לא יהיה להן זר או ירתיע אותן. הכנסת הנושא לבתי הספר ולתוכנית הלימודים בצורה מוצלחת דורש ניהל מדויק וקפדני ע"י גורם מקצועי אחד המוביל את התחום ומגדיר יעדים ברורים להוראת חשיבה אלגוריתמית בבתי הספר ואת אבני הדרך להשגתן המתייחסות לסוגיות כגון הכשרת מורים, שיטות לימוד ועזרי למידה. המורים יוכלו לפנות אליו ולחוש בטחון כי יש להם למי לפנות כאשר נתקלים בשאלה מקצועית או פדגוגית בנושא.

ניתן לומר כי לימוד חשיבה אלגוריתמית בכתות נמוכות בבתי הספר היסודיים בעל חשיבות לאומית וככזה נדרש להשקיע ולקדם אותו.

נספח 1 – שאלון הבנה שהועבר לתלמידים

במדינת פלנדלנד הרחוקה ישנו יער קסום. ביער גרים השועל, הפיל, והינשוף.
לקראת פורים, החליט הינשוף לארגן מסיבה בביתו שבקצה היער והזמין אליו את השועל והפיל.
לפניכם נמצאת מפת היער, ליד כל שביל רשום הזמן - מספר השעות שלוקח לכל חיה לעבור את השביל.



שאלה 1 (20 נקודות)

א. לשועל יש בבית 2 תחפושות ולכל אחת משקל שונה -
תחפושת של ליצן במשקל 1 ק"ג
תחפושת של מלכה במשקל 2 ק"ג

כל ק"ג מוסיף שעה הליכה בשביל עד לנהר.

כמה זמן יקח לשועל להגיע לנהר אם יתחפש לליצן? פרטו.

ב. השועל התחפש למלכה ורוצה להפגש עם הפיל בנהר. כמה זמן יקח לשועל להגיע לנהר וכמה זמן יקח לפיל להגיע לנהר?
(כאשר-אז)

שאלה 2 (12 נקודות)

הפיל והשועל הגיעו לנהר, אך לא יכולים לחצות אותו כדי לעבור לקצה השני.
התנין שגר בנהר יכול לסחוב על גבו חיה גדולה אחת (פיל). החציה של הנהר לוקחת לתנין שתיים.
ההיפופוטם שגר בנהר יכול לסחוב על גבו חיה קטנה (שועל). חציה של הנהר לוקחת להיפופוטם שעה אחת.

א. כיצד הם יכולים לעבור את הנהר וכמה זמן ייקח להם?

שאלה 3 (13 נקודות)

בבואם למסיבה הינשוף והחיות צריכים לנקות את אזור המסיבה. אזור המסיבה בנוי משבעה חלקים גדולים. הפיל מנקה בשעה חלק גדול אחד הינשוף מנקה בשעה 2 חלקים גדולים השועל בשעה 4 חלקים גדולים

א. אם כולם מתחילים לנקות באותו זמן, תוך כמה זמן הם יצליחו לנקות את השטח?

שאלה 4 (30 נקודות)

על מנת לשמור על בטיחות החיות בזמן הריקודים, הינשוף הגדיר זמני מנוחה - השועל רוקד שעתיים ולאחר מכן נח שעה הפיל רוקד שעה ולאחר מכן נח שעתיים הינשוף רוקד ללא מנוחה

א. מה הזמן הארוך ביותר בו יכולות כל החיות לרקוד יחד?

ב. השועל רקד שעה עם הפיל ובתום השעה הפיל הלך לנוח והינשוף הצטרף לשועל לריקוד. כמה זמן השועל והינשוף יכולים לרקוד עד שהשועל יתעייף וינוח?

שאלה 5 (25 נקודות)

א. בתום המסיבה המהנה, נפלה עייפות על כל החיות מה שהאריך את הדרך הביתה בשעתיים לכל חיה. כמה זמן לקח לכל חיה להגיע הביתה מהרגע שחצתה את הנהר? פרטו.

ב. מה משותף לכל החיות במסיבה?

שאלה 6 (בונוס!)

תאר את סדר הפעולות שהשועל ביצע מהרגע שקיבל מהינשוף את ההזמנה למסיבה ועד שחזר הביתה.

נספח 2 – ניתוח מחקר - תוצאות תלמידים – פלגורה

[קישור לאקסל](#)

נספח 3 – ניתוח מחקר - תוצאות תלמידים – שאלון

[קישור לאקסל](#)

נספח 4 – תוצאות שאלון מקוון מורים

[קישור לשאלון למורה](#)

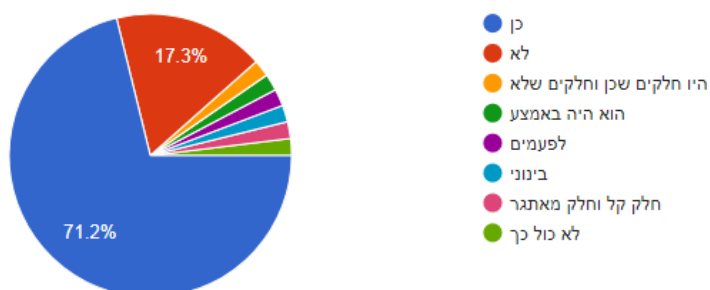
[קישור לאקסל תוצאות](#)

נספח 5 – תוצאות השאלון המקוון - תלמידים

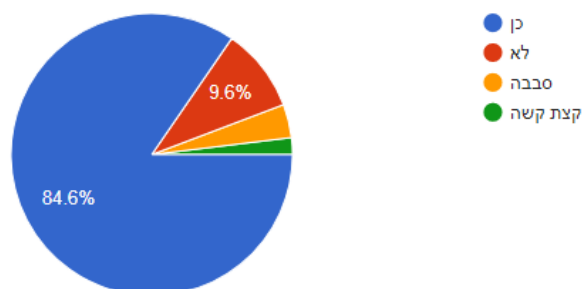
[קישור לשאלון לתלמיד](#)

[קישור לאקסל תוצאות](#)

האם המשחק מאתגר?



האם המשחק מהנה?



- [1] Gerald Futschek , Vienna University of Technology, 2006, 159-160
Algorithmic Thinking: The Key for Understanding Computer Science
https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F11915355_15 [Available online]
- [2] David Harel , Werner Damm, The Weizmann Institute of Science, OFFIS
 2001, p-46-48, 51, 53
LSCs: Breathing Life into Message Sequence Charts
<http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~harel/SCANNED.PAPERS/LSCs.pdf>
 [Available online]
- [3] David Harel , Rami Marelly, The Weizmann Institute of Science, 2003, p-12-22
Come, Let's Play: Scenario-Based Programming Using LSCs and the Play-Engine
<http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~playbook/Updates/ComeLetsPlay.pdf>
 [Available online]
- [5] Jeannette Wing ,[communications of the ACM](https://www.cs.cmu.edu/afs/cs/usr/wing/www/publications/Wing06.pdf), 2006, p-33-35
Computational thinking
<https://www.cs.cmu.edu/afs/cs/usr/wing/www/publications/Wing06.pdf>
 [Available online]
- [6] Jeannette Wing ,Microsoft Asia Faculty Summit, 2012
Computational thinking
https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2012/08/Jeanette_Wing.pdf [Available online]
- [8] Seymour Papert,1980 ,
Children, Computers and Powerful ideas
<http://kvanthi.kapsi.fi/Documents/LCL/mindstorms-chap1.pdf> [Available online]
- [9] Jeannette Wing , Microsoft Research, 2014,
social issues in computing - Computational thinking benefits society
<http://socialissues.cs.toronto.edu/index.html%3Fp=279.html> [Available online]
- [10] [BBC Bitesize](https://www.bbc.com/bitesize/guides/zp92mp3/revision/1)
Introduction to computational thinking
<https://www.bbc.com/bitesize/guides/zp92mp3/revision/1> [Available online]
- [11] Wikipedia - *Computational thinking*, 2018 *Computational thinking*
https://en.wikipedia.org/wiki/Computational_thinking#cite_note-8 [Available online]
- [12] google for education, 2015
Exploring computational thinking
<https://edu.google.com/resources/programs/exploring-computational-thinking/>
 [Available online]

- [13] Jeannette Wing ,communications of the ACM, 2016
Computational thinking, ten years later
<https://cacm.acm.org/blogs/blog-cacm/201241-computational-thinking-10-years-later/fulltext> [Available online]
- [14] הגדרת הערך משחק בויקיפדיה [14]
<https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%9E%D7%A9%D7%97%D7%A7>
 [Available online]
- [15] הגדרת הערך משחק במילון ספיר [15]
https://www.milononline.net/do_search.php?Q=%EE%F9%E7%F7
 [Available online]
- [16] משחק בלמידה, 2011 [16]
<http://cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/5649125F-8DF1-432E-A08F-45E76EA5961C/204159/NetivimMishak.pdf> [Available online]
- [17] Han-Yu Sung , Gwo-Jen Hwang , *Computers & Education*, 2012 ,p- 43-46, 48-49
A collaborative game-based learning approach to improving students' learning performance in science courses
 [Available online [here](#)]
- [18] Dennis Charsky, William Ressler , *Computers & Education*, 2010, [p-605-607, 613-614](#) "Games are made for fun": Lessons on the effects of concept maps in the classroom use of computer games
<https://people.ok.ubc.ca/bowenhui/game/readings/conceptmaps-no-fun.pdf>
 [Available online]
- [19] ד"ר דודי פלס, 2011 [19]
שילוב מנגנוני משחק בהוראה: גם קורס יכול להיות משחק
<http://dudipeles.com/wp-content/uploads/2016/12/Chapter2Peles.pdf> [Available online]
- [20] Yavuz Inal and Kursat Cagiltay, 2007 , *British Journal of Educational Technology*, p-1-2, 5-8
Flow experiences of children in an interactive social game environment
http://www.savie.ca/SAGE/Articles/1966_000_INAL_2007.pdf [Available online]
- [21] Tak Yeon Lee , Matthew Louis Mauriello ,June Ahn , Benjamin B. Bederson, , University of Maryland, 2013, p-
CTArcade: Computational Thinking with Games in School Age Children
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.258.7534&rep=rep1&type=pdf> [Available online]
- [22] פרופ' יחיאל פריש ותמי יהושע, 2014, שאן – המכללה האקדמית הדתית לחינוך [22]
משחק הוא חומר לימודי בתחפושת – שילוב משחק בלמידה
<http://www.levladaat.org/data/upl/SitePages/843-sRedirTo.pdf> [Available online]

- [23] Matthew Berland, Victor R. Lee ,[International Journal of Game-Based Learning](https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1138&context=itls_fa_cpub), 2011, p-69-72
collaborative Strategic Board Games as a Site for Distributed computational thinking
https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1138&context=itls_fa_cpub [Available online]
- [24] Marina U. Bers, Tufts University ,2010 , p- 14-16, 11, 2-7
The TangibleK Robotics Program: Applied Computational Thinking for Young Children
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ910910.pdf> [Available online]
- [25] García-Peñalvo, Reimann D, Tuul M. , Rees A. , Jormanainen, [Tackle3](https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/688/1/TACCLE3O5Literaturereview%20-%20final.pdf) ,2016, p- 48-53, 17-24, 2-14
An overview of the most relevant literature on coding and computational thinking with emphasis on the relevant issues for teachers
<https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/688/1/TACCLE3O5Literaturereview%20-%20final.pdf> [Available online]
- [26] Stephen Wolfram, 2016
How to Teach Computational Thinking
<https://blog.stephenwolfram.com/2016/09/how-to-teach-computational-thinking/> [Available online]
- [27] Seymour Papert, 1970
Teaching Children Thinking
<https://www.citejournal.org/volume-5/issue-3-05/seminal-articles/teaching-children-thinking/> [Available online]
- [28] Jeannette M.Wing, Carnegie Mellon University, 2008, p- 3718-3721
Computational thinking and thinking about computing
<https://www.cs.cmu.edu/~wing/publications/Wing08a.pdf> [Available online]
- [29] Plethora מערכי שיעור,
https://sites.education.gov.il/cloud/home/cyber_israel/Documents/plethora_maareh_shiur.pdf [Available online]
- [30] Francisco J. García-Peñalvo, University of Salamanca, 2018 ,p-17-18
Computational Thinking
<https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/1188/1/Computational%20Thinking%20Editorial%20-%20preprint.pdf> [Available online]
- [31] Aman Yadav, Hai Hong, Chris Stephenso, Michigan State University, 2016, 565-566
Computational Thinking for All: Pedagogical Approaches to Embedding 21st Century Problem Solving in K-12 Classrooms
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11528-016-0087-7> [available online]

[32] Computational Thinking For Educators, Course
<https://computationalthinkingcourse.withgoogle.com/course> [available online]

[33] Jeannette M. Wing, Dan Stanzione, 2016
Progress in Computational Thinking, and Expanding the HPC Community
<https://cacm.acm.org/magazines/2016/7/204017-progress-in-computational-thinking-and-expanding-the-hpc-community/fulltext> [available online]

[34] Ivica Boticki, Danica Pivalica , Peter Seow, University of Zagreb, Nanyang Technological University, 2018,
The Use of Computational Thinking Concepts in Early Primary School
https://bib.irb.hr/datoteka/930955.CTE2018-Boticki_Pivalica_Seow_final_camera_ready.pdf [Available online]

[35] Ting-Chia Hsu, Shao-ChenChang, Yu-TingHung, National Taiwan Normal University, 2018
How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131518301799>
[Available online]

[36] Francisco J. García-Peñalvo, Juan Cruz-Benito, University of Salamanca, 2016, p-15
Computational thinking in pre-university education
https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/734/1/CT01_preprint.pdf
[Available online]

[37] Alex Pugnali, Amanda Sullivan, Marina Umaschi Bers, Tufts University 2017, p-174
The impact of user interface on young children's computational thinking
<http://www.jite.org/documents/Vol16/JITEv16IIPp171-193Pugnali3284.pdf>
[Available online]

[38] Valerie Barr, Chris Stephenson, Mount Holyoke College, 2011, p-113-115,118-119
Bringing computational thinking to K-12: what is Involved and what is the role of the computer science education community?
[Available online [here](#)]

[39] ACM, p-9
https://sgd.cs.colorado.edu/wiki/images/e/ee/CSTA_K-12ModelCurr2ndEd.pdf
[Available online]

[42] Giora Alexandron, Michal Armoni, Michal Gordon, David Harel, The Weizmann Institute of Science, 2001,p-311-312, 314, 316-319
Scenario-Based Programming: Reducing the Cognitive Load, Fostering Abstract Thinking
[Available online [here](#)]

- [43] David Harel, The Weizmann Institute of Science, 2001,p-53-56
From Play-In Scenarios to Code: An Achievable Dream
<http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~dharel/SCANNED.PAPERS/PlayInToCode.pdf> [Available online]
- [44] Thomas Homme, Jon Erik Ramsland, Agder University College, 2003, p-1-3, 7-9
From Live Sequence Charts to Implementation
[Available online [here](#)]
- [45] Liping Li, Honghao Gao, Tang Shan, [IEEE](#), 2016,p-1-2
An executable model and testing for Web software based on live sequence charts
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7550803> [Available online]
- [46] A.A.Letichovsky, J.V. Kapitonova, V.P.Kotlyarov, V.A.Volkov, A.A.Letichovsky Jr, 2002,p-1-2
Semantics of timed MSC language
<http://www.apsystems.org.ua/uploads/doc/ims/STMSCL.eng.pdf> [Available online]
- [47] David Harel, Hillel Kugler, The Weizmann Institute of Science, 2002, p-1-2,
Synthesizing State-Based Object Systems from LSC Specifications
<https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/CIAA00.pdf>
[Available online]
- [48] Jeannette M. Wing, [Communications of the ACM](#), 2008, p-60
Five Deep Questions In Computing
<http://www.cs.cmu.edu/~wing/publications/Wing08.pdf> [Available online]
- [49] Jeannette M. Wing, Columbia University, 2017, p-8
Computational thinking's influence on research and education for all
<http://www.cs.cmu.edu/~wing/publications/Wing17.pdf> [Available online]
- [50] Tenzin Doleck, Paul Bazelais, David John Lemay, Anoop Saxena, Ram B. Basnet, Beijing Normal University, 2017
Algorithmic thinking, cooperativity, creativity, critical thinking, and problem solving: exploring the relationship between computational thinking skills and academic performance
[Available online [here](#)]

- [51] Stefania Bocconi, Augusto Chioccariello, Giuliana Dettori, Anusca Ferrari, Katja Engelhardt , Joint Research Centre, 2017, p-15-17, 22-23,
Developing Computational Thinking in Compulsory Education
http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC104188/jrc104188_c_omputhinkreport.pdf [Available online]
- [52] Hillel Kugler, David Harel, Amir Pnueli, Yuan Lu, and Yves Bontemps, New York University, The Weizmann Institute of Science, Broadcom Corp, University of Namur, 2005, p-446-448
Temporal Logic for Scenario-Based Specifications
https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-540-31980-1_29.pdf
[Available online]
- [53] Jill Denner, Brett Laursen, Daniel Dickson, and Amy C. Hartl, The Journal of Early Adolescence, 2018, p-514-515
Latino Children's Math Confidence: The Role of Mothers' Gender Stereotypes and Involvement Across the Transition to Middle School
<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0272431616675972> [available online]
- [54] M.Gail Jones, Ann Howe, Melissa J.Rua, University of North Carolina,1999, p-180-182,187-190
Gender Differences in Students' Experiences, Interests, and Attitudes toward Science and Scientists
<http://www.weizmann.ac.il/st/blonder/sites/st.blonder/files/uploads/sohair.pdf>
[available online]
- [55] Mahmoud Kaddoura, Massachusetts College of Pharmacy and Health Sciences, 2013, p-1-2,18-20
Think Pair Share: A teaching Learning Strategy to Enhance Students' Critical Thinking
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1061947.pdf>[available online]
- [56] Barbara A. Morrongiello and Heather Rennie, University of Guelph, 1998, p-39-41
Why Do Boys Engage in More Risk Taking Than Girls? The Role of Attributions, Beliefs, and Risk Appraisals
[available online [here](#)]
- [57] Enrico Nardelli, [Communications of the ACM](#), 2019, p- 32,34-35
Do We Really Need Computational Thinking?
[Available online [here](#)]
- [58] Maggie O'Neill, [Computer Science online](#), p-2-7

Computer science before college , computer science online

<https://www.computerscienceonline.org/computer-science-programs-before-college/>

[Available online]

[59] Philip Guo, [Communications of the ACM](#), 2017, p-8-9

Building tools to help students learn to program

<https://cacm.acm.org/magazines/2017/12/223041-building-tools-to-help-students-learn-to-program/fulltext>

[Available online]

[60] הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, אומדן ענף טכנולוגיות המידע לשנת 2016

https://www.cbs.gov.il/hodaot2017n/29_17_262t2.pdf

[Available online]

[61] התוכנית ללימודי מדעי המחשב ורובוטיקה עבור בתי הספר היסודיים. משרד החינוך

https://sites.education.gov.il/cloud/home/machshev_robotika/Documents/tochnit_limudim_machsevim_robotika2.pdf

[Available online]

[62] Wikipedia - Startup Nation

https://en.wikipedia.org/wiki/Start-up_Nation [Available online]

[63] Chung-Yuan Hsu, Meng-Jung Tsai, Yu-Hsuan Chang, Jyh-Chong Liang, [Journal of Educational Technology and Society](#), 2017, p-134-143

Surveying In-Service Teachers' Beliefs about Game-Based Learning and

Perceptions of Technological Pedagogical and Content Knowledge of Games

https://www.j-ets.net/ets/journals/20_1/12.pdf

[Available online]

[64] [Donald E. Knuth](#), Stanford University, 1985, p-170

Algorithmic Thinking and Mathematical Thinking

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00029890.1985.11971572>

[Available online]

[65] MD.Shahadat Hossain, Independent University Bangladesh, 2018, p-39

Rework and Reuse Effects In Software Economy

<https://computerresearch.org/index.php/computer/article/view/1780/1764>

[Available online]

תודות

ברצוני להביע את תודתי העמוקה למנחי התזה פרופ' יהודית גלעזר מהאוניברסיטה הפתוחה ופרופ' דוד הראל ממכון ויצמן. יהודית ודוד הנחו את תהליך כתיבת התזה במסירות רבה וסבלנות וייעצו לי עצות טובות ומלמדות שאפשרו לי ללמוד ולהתפתח ובכך להגיע לסיום עבודת התזה בהצלחה ובתחושת סיפוק. תודה נוספת לד"ר רמי מראלי, בכיר בפלגורה שהיה שותף משמעותי למחקר וידע להכווין ולייעץ לכל אורך התהליך. למדתי רבות משלושתכם ואני חבה לכם תודה עצומה. תודה אחרונה למפקדי אל"מ דרור זליכה שתמך בהשלמת התזה ואפשר לי לשלב את תהליך כתיבת התזה במקביל לשירות משמעותי ביחידה.

The Open University of Israel
Department of Mathematics and Computer Science

PLETHORA As a Tool For Teaching Algorithmic Thinking

Thesis submitted as partial fulfillment of the requirements
towards an M.Sc. degree in Computer Science
The Open University of Israel
Department of Mathematics and Computer Science

By
Livnat Ben-Hamo

Prepared under the supervision of
Prof. Judith Gal-Ezer
and
Prof. David Harel

October 2019

ABSTRACT

Algorithmic thinking study in elementary schools is in recent years on the rise. Algorithmic thinking is a thought paradigm to find a solution to a given problem. The thinking process consists of a collection of phases that constitute basic principles in algorithmic thinking and computer science. Teaching the subject at a young age has a positive effect on how children learn to think and number of studies conducted in the field found that young students have the cognitive ability to learn the subject. However, teaching algorithmic thinking as a dedicated lesson in schools is accompanied by challenges such as training appropriate teachers and choosing a learning method that will be the most effective for the mound. One of the methods for teaching algorithmic thinking is by Plethora, a game based platform designed to teach basic principles in computer science and algorithmic thinking development. The game is based on the language of LSC (Live Sequence Chart) scenarios-based language and play.Go engine for building and running scenarios. In this study, the effectiveness of the study of algorithmic thinking was examined through Plethora among the fourth graders. As part of the study, three different study methods were examined that combine Plethora and also tested the effects of working in pairs and gender difference on the success in learning. The research group divided into three sub-groups when each sub-group had a lesson in one of the three methods examined. At the end of each lesson, the students were asked to fill out a questionnaire that examines the basic principles of algorithmic thinking. The method of teaching that proved to be the most successful, in which the number of students who answered correctly is the highest, is a method in which the students had a short lesson on selected principles of algorithmic thinking, and then couple of students work together with Plethora for phases that match the principles learned in the lesson. In addition to examining the study method in the research, teachers were asked to answer a questionnaire on the subject of algorithmic thinking teaching in schools. Most of them do not come from a professional background that is suitable for teaching but think it is right to teach the subject in schools and the challenge they take as most significant is how they trained to teach the subject. This issue is indeed a significant gap in combining algorithmic thinking studies for schools. The one of advantage of using Plethora is the intuitive game that requires focused and basic guidance for teachers who will use this tool. In addition by using Plethora, students enjoy all the benefits in learning through games.

Contents

3	introduction	.1
5	Algorithmic Thinking	.2
8	Teaching through games	.3
11	Teaching Algorithmic Thinking through games	.4
13	Scenario-based Algorithmic Thinking	.5
17	Plethora	.6
21	study	.7
32	Discussion and recommendations	.8
36	Student Questionnaire – 1	appendix
38	Students' results - Plethora – 2	appendix
38	Students' Results - questionnaire – 3	appendix
38	Results of online teachers Questionnaire – 4	appendix
38	Results of online Students Questionnaire – 5	appendix
39	bibliography	