

נייר עמדה

**C4CT : פדגוגיה הוליסטית**

**קונסטרקצוניסטית**

**לפיתוח חשיבה חישובית**

**C4CT Pedagogy:  
Constructionist Holistic Pedagogy  
for Developing Computational  
Thinking**

**צוות הפיתוח**

ד"ר נוע רגוניס, המכללה האקדמית בית ברל, הטכניון

פרופ' אורית חזן, הטכניון

ד"ר רינת רוזנברג-קימה, הטכניון

**מאי 2019**

כמענה לפניה של

היוזמה להרחבת מעגל המצוינות  
במתמטיקה, פיסיקה, כימיה וטכנולוגיה



## תוכן

3	תקציר
5	1. מבוא
5	2. רקע
5	2.1. תכניות לימודים לפיתוח חשיבה חישובית בעולם
8	2.2. תכניות הלימודים בישראל
9	2.3. סביבות למידה
11	3. אבני הבנין של C4CT
	פדגוגיה הוליסטית קונסטרוקטיוניסטית לפיתוח חשיבה חישובית
	C4CT Pedagogy:
	Constructionist Holistic Pedagogy for Developing Computational Thinking
11	3.1. מודל ה-T ומודל ה-I
11	3.2. תשתית מבוססת תיאוריות למידה
14	3.3. חשיבה חישובית
14	3.4. למידה בכל תחומי הדעת
15	3.5. נקודת ההתחלה: בית הספר היסודי
16	3.6. הדגמה של יישום C4CT בעזרת תסריטים של פרחי הוראה
20	4. המלצות לתהליך יישום בישראל
20	4.1. פיתוח מקצועי של מורים – קוים מנחים
22	4.2. היבטים מערכתיים
25	5. סיכום
26	6. מקורות
31	7. נספחים
32	8. נספח א' – תכנית ניסוי המשתמשת בסביבת הלמידה קוד פלוס:
	ד"ר יניב ביטון, ראש תחום מתמטיקה ומדעי המחשב, מט"ח
	סימונה הולשטיין, ראש צוות מדעי המחשב, מט"ח
35	9. נספח ב' – הדרך להייטק מתחילה בבית הספר: יוסי חיות, מנהל תחום חינוך, Wix
36	10. נספח ג' – חשיבה טכנולוגית: ד"ר אסנת דגן, המכללה האקדמית בית ברל
39	11. נספח ד' – מדעי הנתונים: קובי (יעקב) מייק, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון

### C4CT Pedagogy - פדגוגיה הוליסטית קונסטרוקטיוניסטית לפיתוח חשיבה חשובית:

#### תשתית תיאורטית והצעה ליישום

הגישה הפדגוגית המוצעת C4CT מכוונת לפיתוח חשיבה חשובית באופן הוליסטי בכל מערכת החינוך. הגישה נשענת על מספר תיאוריות הוראה ולמידה שהתפתחו במהלך 30 השנים האחרונות. היישום יתבצע בכל תחומי הדעת בעזרת סביבת סימולציה ממוחשבת. בשלב ראשון, אנו ממליצים על יישומה במסגרת בית הספר היסודי. נייר העמדה יציג את הגישה הפדגוגית, את הרציונאל ליישומה בגיל בית הספר היסודי והמלצה לתהליך היישום בישראל. היישום בישראל יוכל להוות דגם לאתגרים דומים שיש בעולם, כפי שקרה ביחס לתכנית הלימודים "מדעי המחשב" בתיכון.

#### יסודות הפיתוח

תפיסת היסוד ביחס ל"חשיבה חשובית" היא שתחום הדעת "מדעי המחשב" מספק כלי למידה ומסגרת פדגוגית ללמידת כל תחומי הדעת יחד עם פיתוח כישורים ומיומנויות קוגניטיביים וחברתיים.

אבני הבניין הקוגניטיביות, החברתיות והפדגוגיות ביחס להוראה ולמידה המיושמות ב-C4CT הן:

1. קונסטרוקטיביזם - Constructivism – המדגישה את בניית הידע של הלומדים בהתבסס על למידה פעילה, ומעורבות ואחריות הלומד על יצירת הידע החדש שלו על בסיס ידע קיים.
2. קונסטרוקטיביזם חברתי - Social Constructivism – המדגישה כי בנוסף לפן הקוגניטיבי, הבנת הפרט את העולם היא גם תוצר חברתי הנבנה תוך כדי פעילות קבוצתית של אנשים המשתפים ביניהם פעולה.
3. התיאוריה הקוגניטיבית-חברתית - Social Cognitive Theory – המבוססת על הטענה שהתנהגות אנשים מושפעת לא רק מגורמים חיצוניים אלא גם מגורמים פנימיים, ומוסיפה את הפן הרגשי.
4. קונסטרוקטיוניזם - Constructionism – המרחיבה את הגישה הקונסטרוקטיביסטית ומדגישה שהבנה מושגת באופן משמעותי יותר כאשר הלומד בונה תוצר.
5. למידה מבוססת הקשר - Context based Learning – המתייחסת לכך שעל ידע וכישורים להלמד ולהיבנות בהקשר תכני רלוונטי ולא באופן תיאורטי בלבד.
6. חשיבה חשובית - Computational Thinking – המבוססת על יישום תהליכים קוגניטיביים המיושמים במדעי המחשב גם בתהליכי פתרון בעיות בכל תחומי הדעת, כמו למשל, פירוק בעיה לתת-בעיות, הפשטה והכללה.
7. מודל ה-T ומודל ה-I לחינוך מהנדסים – במודל ה-T הצלע האנכית מתייחסת לתכנים דיסציפלינריים הנדסיים הנלמדים לעומק, כאשר הצלע האופקית המונחת עליה, מציגה כישורים רוחביים כגון תקשורת ועבודת צוות. מודל ה-I מוסיף למודל ה-T בבסיסו את התפתחות מקצועית של מהנדסים.

#### יישום בבית הספר היסודי בכל תחומי הדעת

מוצע ליישם את C4CT לפיתוח "חשיבה חשובית" בבית הספר היסודי בכל תחומי הדעת מסיבות אלו:

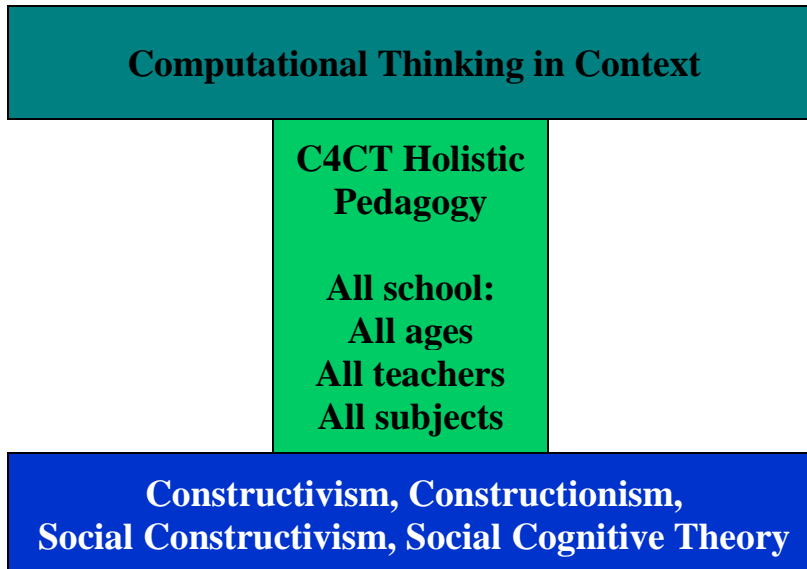
1. היות והמטרה היא להקנות כישורי חשיבה, חשוב לפתחם כבר בגיל צעיר כדי שיוטמעו וישמשו לאורך כל שנות הלימודים ובמהלך החיים.
2. יישום בכל תחומי הדעת חשוב מאחר ו: (א) חשיבה חישובית יכולה לקדם הבנה בכל תחומי הדעת; (ב) יישום רוחבי יאפשר לתלמידים להעמיק את ההבנה והיישום של "חשיבה חישובית".
3. יישום ופיתוח הידע והכישורים יהיה בהקשר רלוונטי בכל המקצועות, זאת בנוסף להקניית הבסיס כמקצוע נפרד בו יפותחו כישורי החשיבה החישובית ויילמדו כלי תכנות.

יישום CT4C לא מתרכז רק בתלמידים: יישום הגישה מחייב פיתוח מקצועי לא רק של מורי "מדעי המחשב" אלא של כל מערך החינוך, כולל מנהלים ומורים של כל תחומי הדעת. הדגש הוא על פיתוח מקצועי של כל הרמות במערכת החינוך, ראשית מתוך הבנה שכישורי החשיבה "חשיבה חישובית" נדרש לכולם, ובנוסף, הבנה אישית ומשמעותית על ידי כל סגלי ההוראה תאפשר את ההטמעה המיוחלת ככישור לחיים של התלמידים.

### תכנית הלימודים "מדעי המחשב ורובוטיקה"

בהקשר הישראלי, תכנית הלימודים "מדעי המחשב ורובוטיקה" מציגה תפיסה המתייחסת למרכיב המושגי – למשל: חשיבות תהליכי פתרון בעיות, חלוקת בעיה לתת-בעיות, הפשטה, הכללה, ולמרכיב היישומי – למשל: פיתוח תסריטים בסביבת פיתוח מבוססת בלוקים Scratch. הגישה הפדגוגית המוצגת בנייר עמדה זה מציגה מסגרת קונספטואלית ומציעה מערך להטמעת תכנית הלימודים על כל יעדיה. איור 1 מדגים את מרכיבי המודל.

איור 1: מודל ה-I לפדגוגיה ה-C4CT



בנספחים מובאים דבריהם של עמיתים העוסקים בפיתוח וביישום בתחום: ד"ר יניב ביטון וסימונה הולשטיין ממט"ח, יוסי חיות מחברת Wix, ד"ר אסנת דגן מהמכללה האקדמית בית ברל, וקובי (יעקב) מייק מהפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון. הנספחים מוצגים באופן מקורי כפי שהתקבלו, והמסמך מפנה אליהם במקומות המתאימים.

נייר העמדה נכתב במענה לפניה של היוזמה 25פ2, ובהמשך לנייר העמדה של צוות מצויינות טכנולוגית (שטטנר, 2016).

## 1. מבוא

נייר עמדה זה מציג את C4CT Pedagogy - פדגוגיה הוליסטית קונסטרקטיוניסטית לפיתוח חשיבה חישובית שבמרכזו עומדת התפיסה שיש לפתח כישורי חשיבה חישובית בקרב כל מערך ההוראה-למידה ולא רק בקרב תלמידים. ההמלצה היא לבסס את הגישה בבית הספר היסודי וביחס לתכנית הלימודים הקיימת "מדעי המחשב ורובוטיקה". בנייר שלושה חלקים עיקריים: פרק 2 – רקע, מציג רקע עדכני ביחס לתכניות לימודים לפיתוח חשיבה חישובית בעולם ובישראל וביחס לסביבות הלמידה השגורות; פרק 3 – מציג את C4CT Pedagogy, החל מהצגת אבני הבניין הקוגניטיביות, החברתיות והפדגוגיות ביחס להוראה ולמידה המיושמות בה, ועיגון התפיסה ביחס לחשיבה חישובית הנלמדת בהקשר של כל תחומי התוכן בבית הספר היסודי באופן מערכתי; פרק 4 – מפרט את ההמלצות לאופן היישום בישראל בדגש על פיתוח מקצועי של מורים ובהיבטים רלוונטים לכל המערכת.

## 2. רקע

### 2.1. תוכניות לימודים לפיתוח חשיבה חישובית בעולם

תוכניות לימודים להוראת מדעי המחשב צמחו הן מלמעלה למטה בצורת קביעת סטנדרטים ותוכניות לימוד ארציות, והן מלמטה למעלה בצורת פלטפורמות שונות המאפשרות למידה של תכנות באופן יצירתי ומותאם לגילאים צעירים. במדינות רבות הצמיחה מלמטה למעלה הקדימה בשנים רבות את הצמיחה מלמעלה למטה.

#### ארצות הברית

פפרט היה הראשון שפיתח עוד בשנות השישים של המאה העשרים סביבת עבודה לקידוד בגילאים הצעירים Logo ואחריו נוספו סביבות נוספות כגון סביבת NetLogo של אורי וילנסקי בשנות התשעים וסביבת Scratch של רוניק מיטשל בשנת 2003. סביבות אלו נבנו על בסיס הגישה הקונסטרקטיוניסטית ומאופיינות בסביבות פתוחות בהן הילד מוגבל רק על ידי הדמיון בדברים אותם יכול ליצור. סביבות אלו גם מאופיינות בשימוש בסביבת הפיתוח ליצירת תוצרים עבור תחומי דעת שונים. בשנים האחרונות ובתמיכת ארגונים שונים, צצו סביבות נוספות ללמידת חשיבה חישובית. אחת החברות הבולטות היא Code.org שנוסדה בשנת 2013 כחברה ללא כוונות רווח שמטרתה לעודד אנשים ותלמידים בארצות הברית ובעולם ללמוד מדעי המחשב. אתר הבית כולל שיעורים בקידוד, כמו גם את היוזמה Hour of Code הכוללת שיעורים בני שעה ללימוד קידוד. המטרה לאפשר לכל תלמיד בכל בית ספר הזדמנות ללמוד מדעי המחשב, בדומה לביולוגיה, כימיה או אלגברה. פותחו יחידות לימוד לגילאים שונים החל מגיל 4 ועד 18, התכנית מתקיימת מחוץ לתכנית הלימודים הפורמאלית. לפרויקט שותפות כ-180 מדינות ומתקיימת גם שעת קוד בינלאומית אחת לשנה.

בשנת 2011, פרסמו ארגוני ISTE ו-ACM את המסמך Operational Definition of Computational Thinking for K-12 Education (ISTE & CSTA, 2011, [link](#)) שהגדיר באופן פורמאלי יותר את התפיסה ביחס לכישורי חשיבה חישובית שיש לפתח בכל שכבות הגיל. בשנת 2016 פורסם בארצות הברית המסמך K-12 Computer Science Framework (Committee, 2016) המגדיר את המושגים והפרקטיקות הנדרשים במקצוע מדעי המחשב לגילאי בתי ספר היסודי, חטיבת הביניים והתיכון. במסמך זה נפרס חזון להוראת מדעי המחשב

שבו כל התלמידים, החל מהכיתות הנמוכות ביותר עד כיתה יב, יעסקו במושגים ובפרקטיקות של מדעי המחשב באופן המאפשר להם להפוך ממשתמשים ליוצרים של טכנולוגיות חישוביות. בפרט, על פי החזון המוצג במסמך הני"ל, התלמידים יוכלו ליישם כלים ללמידה והבעה מתחום מדעי המחשב בתחומי הדעת השונים. בהמשך למסמך זה בשנת 2017 פרסם ארגון המורים למדעי המחשב (CSTA – The Computer Science Teachers Association) מסמך סטנדרטים מפורט למקצוע מדעי המחשב לגילאים 5-18 (CSTA, 2017). מסמך זה שימש כבסיס לסטנדרטים במדעי המחשב אותן פרסמו מדינות שונות בארצות הברית כולל וושינגטון, מרילנד, קליפורניה ועוד (נכון לשנת 2018, 22 מדינות בארצות הברית פרסמו סטנדרטים למקצוע מדעי המחשב). מדינת מרילנד אף הרחיבה את הסטנדרטים לחינוך PreK, כלומר גילאי 3-5. דוח המפרט את מצב מקצוע מדעי המחשב מבחינת מדיניות ויישום במדינות השונות בארצות הברית פורסם בשנת 2018 בשיתוף של CSTA ו-code.org (Code.org & Computer Science Teachers Association (CSTA), 2018).

**פיתוח קוריקולום להוראת מדעי המחשב על ידי חברות מסחריות.** פרסום הסטנדרטים היווה זרז לחברות מסחריות לפתח קוריקולום להוראת מדעי המחשב. בארצות הברית המחוזות השונים נוהגים לרכוש עבור בתי הספר תכניות לימודים שלמות לתחומי הדעת השונים. תכניות הלימודים נמדדות בין היתר בהתאמתם לסטנדרטים עליהם נבחנו התלמידים בבחינות הארציות. חברת גלובלוריה (Globaloria) נוסדה בשנת 2014 על ידי עידית הראל, תלמידתו של סימור פפרט ומי שכתבה את הספר (Harel & Papert, Constructionism, 1991). גלובלוריה הייתה רשת למידה חברתית שבה תלמידים מפתחים ידע ב-STEM, אוריינות דיגיטלית ואזרחות גלובלית על ידי עיצוב ותכנות של משחקים חינוכיים ברשת. תכנית זו פעלה במערב וירגיניה, פלורידה, טקסס, ניו יורק ובעמק הסיליקון שבקליפורניה. בשנת 2017 רכשה חברת Carnegie Learning את חברת גלובלוריה לצורך פיתוח קוריקולום מקיף המשתמש בתכנות להוראת נושאים מתחומי דעת שונים. במקביל, בשנת 2018 רכשה חברת New Mountain את חברת זולמה (Zulama), שנוסדה בשנת 2009 על ידי חברי סגל ב-Carnegie Mellon University, אשר משתמשת במשחקים ללימוד קידוד. תוצרי הלמידה נבנים תוך יישום של חשיבה ביקורתית, עבודת צוות, תקשורת מילולית וכתובה ויצירתיות. חברת Carnegie Learning ו-New Mountain מוזגו בשנת 2018 וכעת (תחת השם Carnegie Learning) מציעים את פלטפורמת Zulama להוראת מדעי המחשב המבוססת על שלושה מרכיבים: (1) הכשרת מורים מרקעים שונים - לאו דווקא עם רקע במדעי המחשב, (2) קוריקולום מבוסס Problem-Based Learning (PBL), בו הילדים עובדים לבד, בזוג או בקבוצות קטנות לפתרון בעיה אמיתית, ו-(3) גשרים בין תחומי דעת שונים - הפרויקטים מתאימים הן להוראת מדעי המחשב והן ככלי להוראת תחומי דעת כגון היסטוריה, מדעים, מתמטיקה, שפות ועוד ("Computer Science Education | Carnegie Learning", [link](#)).

## אסיה

במטרה לקדם חשיבה יצירתית וחשיבה לוגית, הודיעה **יפן** בשנת 2016 על כוונתה לשלב את מדעי המחשב במסגרת לימודי החובה בבתי הספר היסודיים (בשנת 2020), חטיבות הביניים (בשנת 2021) והתיכונים (בשנת 2022). בבתי הספר היסודיים, הלימודים יתמקדו בחשיבה לוגית על ידי תכנות, ולימודי אינפורמטיקה (שם נרדף למדעי המחשב בחלק ממדינות העולם) יתמזגו בלימודי מתמטיקה ומדעים במסגרת הזמן המוקצה ללימודים בין תחומיים (Kanemune, Shirai, & Tani, 2017). מעניין להבחין שההתייחסות ביפן היא לתוכנית לימוד

להוראת תכנות ולא לתכנית לימוד להוראת מדעי המחשב. אחד האתגרים המשמעותיים העומדים בפני יפן הוא הכשרת 400,000 מורים ללמד תכנות בזמן קצר.

גם בסין קיימת מגמה של הוראת מדעי המחשב לילדים החל מגילאים צעירים מאוד (החל מילדי גן צעירים), אך שם הדבר מתבצע מלמטה למעלה, במסגרות פרטיות מחוץ לתוכנית הלימודים הציבורית. בסין רשומות יותר מ-80 חברות המציעות קורסים בתכנות לילדים (רובן נוסדו אחרי 2014) ברמות שונות (קורסים רבים נשארים ברמה הבסיסית ביותר). קורסים אלה, המוצעים כאמור מחוץ למסגרת הלימודים הציבורית, משמרים פערים חברתיים שכן רק לילדי המעמד הבינוני הגבוה יכולת כלכלית ללמוד אותם. אחת החברות הגדולות להוראה בסין היא Tal Education Group שלאחרונה רכשה את חברת CodeMonkey הישראלית, שנוסדה ב-2014 ומתמקדת בלימוד עקרונות תכנות בעזרת משחק מקוון. מהצד השני, קיים מחסור חריף במורים למדעי המחשב, שכן שכר המורים נמוך באופן משמעותי ממשכורתם של מתכנתים (Jing, 2018).

### אירופה

באנגליה שולבה הוראת מדעי המחשב מגן החובה ועד יב. בבית הספר היסודי, הילדים לומדים פעם בשבוע שיעור במדעי המחשב. עד כיתה ב, הילדים לומדים ללא מחשב (unplugged activities) ובכיתות ג-ד מתמקדים בתכנות רובוטים. בחטיבת הביניים, לאחר שרכשו בסיס בחשיבה חישובית, התלמידים מממשים את הידע על ידי תכנות במסגרת 20% משיעורי המדעים. התלמידים עוסקים במימושים שונים של שפת Python לניתוח נתונים, סייבר, פיתוח משחקים, ויצירתיות. בתיכון, התלמידים ממשיכים ביצירת תוצרים הנותנים מענה לבעיות אמיתיות כמו גם מאפשרים העמקת הידע התיאורטי (Andrew, 2018).

תכנית Bebras שהתחילה במזרח אירופה בהובלת ליטואניה, נהוגה היום במדינות רבות במזרח אירופה ובשנים האחרונות באירופה כולה, ואף באסיה, ניו-זילנד, קנדה, מלזיה ונוספות (סך הכל כ-50 מדינות). התכנית יושמה גם בישראל, בהובלת מכון דוידסון במכון ויצמן, אך בהיעדר משאבים ליישום, הופסקה. מטרתה העיקרית היא קדם העניין בטכנולוגיות מידע ותקשורת (ICT) כמו גם באינפורמטיקה=מדעי המחשב כמדע בסיסי לכל תלמידי בתי הספר. פותחו משימות למידה שונות לשכבות גיל שונות ומתקיימת תחרות בינלאומית (<https://www.bebras.org/>), המבוססת על שאלות המפותחות בסדנה של שבוע בשיתוף פעולה של נציגי כל המדינות מידי שנה (Araujo, Andrade, Guerrero, & Melo, 2019).

בשנת 2016 פורסם דוח אירופאי מקיף הסוקר את הגדרת, תפיסת ויישום חשיבה חישובית בחינוך חובה בכל אירופה (Bocconi et al., 2016). לפי דוח זה, המטרה המרכזית להכנסת חשיבה חישובית לתוכניות הלימודים ברוב המדינות היא לקדם את כישורי המאה ה-21 ולפתח כישורים חדשים לשוק העבודה. בפרט, בין הכישורים נמנים חשיבה לוגית ופתרון בעיות על ידי חשיבה חישובית. מטרות נוספות כוללות העלאת הישגי התלמידים והעלאת עניין במתמטיקה. לפי דוח זה מדינות רבות באירופה ממשו או נמצאות בשלבי מימוש של תכנית לימודים לחשיבה חישובית. המחקר בחן את תכניות הלימוד לאורך ציר הרמה וציר המקצועות. ברוב המדינות התוכנית מיושמת בחטיבת הביניים, יחד עם זאת ישנה מגמה למימוש החל מבית הספר היסודי. מספר מדינות באירופה משלבות חשיבה חישובית לרוחב המקצועות, בפרט בבית הספר היסודי, בעוד שברמת חטיבת הביניים חשיבה חישובית מופיע כמקצוע נפרד. יחד עם זאת ניתן למצוא גם קומבינציה של שתי הגישות, כלומר, לימוד כמקצוע נפרד ובמקביל שילוב במקצועות האחרים.

## 2.2. תכניות הלימודים בישראל

### תכנית הלימודים "מדעי המחשב" בתיכון

ישראל היא בין המדינות הראשונות בעולם שקבעו מדיניות בתחום תכנית לימודים למדעי המחשב ושילבו את מקצוע מדעי המחשב (להבדיל מישומי מחשב) כמקצוע בחירה בבית הספר התיכון. תכניות לימודים ברמה אקדמית גבוהה היו קיימות כבר בסוף שנות ה-70, והן התפתחו והתעדכנו לאורך השנים. העדכון האחרון התבצע בשנת 2014. תוכנית הלימודים במדעי המחשב בתיכון נחשבת כמובילה בעולם (Tucker et al., 2003) ומדינות רבות נשענות עליה. ישראל מהווה דגם גם לתהליך ולמבנה ההטמעה של התכנית במערכת החינוך (Hazzan, Gal-Ezer, & Blum, 2008). מודל זה מבוסס על חמישה רכיבי יסוד: תכנית לימודים מבוססת ופיתוח חומרי למידה, תכניות הכשרת מורים, לימודי תעודת הוראה ייעודיים כחובה, קיום מרכז מורים ארצי התומך בקהילת המורים, קיום מחקר מלווה בהיבטים רחבים. במקביל לתחילת שילוב הוראת מדעי המחשב בתיכון לפני כ-30 שנה (באמצע שנות ה-80), האוניברסיטאות פתחו את התוכניות הראשונות למדעי המחשב כתחום לימוד נפרד. המתעניינים, לאור היכרותם עם התחום בתיכון, בחרו להמשיך וללמוד זאת גם במסגרת התארים האקדמיים. לפיכך, ניתן כפי הנראה לייחס את הצלחת למידת מדעי המחשב בתיכון גם כתרומה לצמיחת תעשיית ההי-טק הישראלית והפיכתה לאחד ממנועי הצמיחה הכלכלית של ישראל.

למעשה, הגישה הפדגוגית ההוליסטית C4CP מציעה ליישם דגם ממלכתי גם ביחס לתכנית הלימודים ליסודי, אלא שבמקרה זה מדובר בהכשרה רחבה יותר הכוללת גם מנהלים ואת כל המורים.

### תכנית הלימודים "מדעי המחשב ורובוטיקה"

בתכניות הלימודים בתיכון היישום נעשה באופן מערכתי מ"למעלה למטה", אך ביחס לחטיבות הביניים, בתי הספר היסודיים ופעילויות ייחודיות אחרות, התקיימו ומתקיימים בשדה תהליכים מ"למטה למעלה". תהליכים אלו דומים לתהליכים במדינות אחרות, בהם מובילה המוטיבציה להאיץ את תהליך הטמעת מדעי המחשב ו/או כישורי חשיבה השאולים מעולם זה. בין יוזמות אלה ניתן למנות את "שעת הקוד" ([www.hourofcode.co.il](http://www.hourofcode.co.il)) שיזמה חברת wix.com (נספח ב') שמטרה לחשוף את הילדים לפעילויות של שעה אחת, כאשר רוב הפעילויות מותאמות לישראל ואת פעילויות הלמידה ותחרות Skillz (<https://pub.skillz-edu.org/portal/>) של משרד החינוך. כמו כן, נפתחו קורסים שונים לפיתוח אפליקציות לילדים (לדוגמה <https://tekkieuni.co.il/>) המשתמשת בפדגוגיה חדשנית של למידה מקוונת.

בשנת 2016 פורסמה תכנית הלימודים "מדעי המחשב ורובוטיקה" לכיתות ד-ו בבתי הספר היסודיים וכיתות ז-ט בחטיבות הביניים. מטרת התכנית הן: (1) היכרות עם עולם מדעי המחשב, (2) הקניית מושגים בסיסיים בחשיבה לוגית ואלגוריתמית, תוך שילוב פעילויות ממוחשבות ולא ממוחשבות, ותכנות מערכות רובוטיות, (3) הבנת תהליכי פתרון בעיות, (4) שילוב בין-תחומי – שימוש במדעי המחשב ככלי ללימוד תחומי ידע אחרים, (5) פיתוח כישורי רפלקציה וחשיבה ביקורתית, ו- (6) פיתוח כישורים של עבודת צוות לפתירת בעיות מורכבות (משרד החינוך, 2019). יש לציין שהתוכנית עדיין ניסיונית ומיושמת רק בחלק מבתי הספר בארץ. לתוכנית שלושה חלקים: חלק א' מוקדש ל"מדעי המחשב" בהיקף של 60 שעות, ומודול העמקה בהיקף של 30 שעות, חלק ב' מתמקד ב"רובוטיקה" בהיקף של 60 שעות, וחלק ג' הוא חלק מתקדם בהיקף של 30 שעות. יישום



בתכנות רובוטים משתמש בחיישנים, וכולל דגימה רציפה והיבטים של ביצוע בזמן אמת (time real), יחד עם התייחסות לתפיסת הסביבה, כמו למשל הבנה של גדלים פיזיקליים ומערכות מכנוטרוניקה.

המודול "רובוטיקה" נכלל בתכנית הלימודים במטרה לחזק את המיומנויות שנלמדו במודול "מדעי המחשב" ולהרחיבם להיבטים של חשיבה טכנולוגית. התכנית נמצאת בהלימה עם מחקרים המצביעים על כך ששימוש ברובוטים מגביר את החשיבה החישובית אצל ילדים (Witherspoon, Higashi, Schunn, Baehr, & Shoop, 2017), בקונטקסט של למידת טכנולוגיות. בהתאם לגישה הקונסטרוקציוניסטית, הילדים יוצרים תוצר פיסי, בתהליך העוזר להם לבנות סכמות של חשיבה תכנותית ולפתח וליישם חשיבה טכנולוגית. התכנית נמצאת בשלבי ניסוי, וניכר כי מוקדשת תשומת לב רבה לתהליך יישומה (ראו למשל: מצגת הפעלה בתשע"ט (קישור), הנחיות ליישום (קישור), והנחיות למפקחים (קישור)).

### 2.3. סביבות למידה

בעולם רווחים יישומים שונים המשמשים לפיתוח "חשיבה חישובית" ופותחו סביבות למידה מגוונות המשמשות את תכניות הלימודים. ניתן לסווג את סביבות הלמידה לשלוש קטגוריות ראשיות: סביבות המיישמות את עקרונות החשיבה ללא שימוש במחשב, סביבות בהן המחשב הוא סביבת הלמידה, סביבות המאפשרות פיתוח של תכניות (קידוד). גם אופני הלמידה מגוונים: חלק מהתכנים פותחו עבור למידה עצמית, חלקם מיושמים במסגרת תחרותית, וחלקם מעוגנים במסגרת לימודים פורמאלית כתכניות לימודי חובה.

להלן יוזכרו מספר סביבות המדגימות את השילובים הקיימים:

**CS-Unplugged** – מדעי המחשב ללא מחשב – הוא אוסף פעילויות למידה לפיתוח חשיבה חישובית מבוססת בעיות קלאסיות במדעי המחשב, המבוצעות במכוון ללא מחשב. הפעילויות משלבות משחקים וניתנות לשימוש בכיתות או מחוץ להן, בקבוצה או לבד. קיימות סביבות בשפות שונות, בפרט, כמובן באנגלית (<https://csunplugged.org/en/>) ואף בעברית (<http://www.csunplugged.org.il/lessons/>). הגרסה בעברית פותחה על ידי פרופ' שמעון שוקן ופרופ' בני שור, ומופעלת באופן התנדבותי.

**Bebras: International Challenge on Informatics and Computational Thinking**, שהוזכרה לעיל, היא יוזמה בינלאומית שמטרתה לקדם אינפורמטיקה (מדעי המחשב, או מחשוב) וחשיבה חישובית בקרב תלמידי בית הספר בכל הגילאים. הלמידה מתקיימת בדרך כלל בהנחיית מורים, אך הדבר לא מחויב. הדגש מושם על פתרון בעיות לצורך פיתוח מיומנויות של פירוק משימות מורכבות לרכיבים פשוטים יותר, עיצוב אלגוריתם, זיהוי תבניות פתרון, הכללה והפשטה. ניתן להשתמש בסביבה ללמידה ותרגול וגם במסגרת תחרות. האתגר מתבצע בבתי ספר המשתמשים במחשבים או בהתקנים ניידים. המחשב משמש כסביבת למידה וכסביבה דינאמית לפתרון בעיות, ללמידה עצמית או ללמידה מונחית (<https://www.bebbras.org/>).

**Skillz** – סקילו: לומדים. משחקים. יוצרים. תוכנית סקילו בישראל שמה לה למטרה להנגיש ידע טכנולוגי לכלל תלמידי ישראל ולאפשר להם להצטיין בתחומים אלו. התוכנית מדגישה ידע מעשי במדעי המחשב, מתמטיקה, אנגלית וטכנולוגיה באמצעות משחק ותחרות. בדומה ל Bebras, תלמידים יכולים ללמוד/לשחק באופן אישי, באופן מונחה בליווי מורים ולהשתתף בתחרות. יש פעילויות לפי קבוצות גיל שונות המשתמשות

בסביבות מיחשוב שונות, סביבות המאפשרות פיתוח קוד כמו CodeMonkey, ו-MinecraftEdu – [\(https://pub.skillz-edu.org/portal/\)](https://pub.skillz-edu.org/portal/).

**code.org** – מוקדש להרחבת הנגישות לעולם מדעי המחשב בבתי הספר ולהגדלת ההשתתפות של נשים ומיעוטים. המטרה לתת לכל תלמיד בכל בית ספר הזדמנות ללמוד מדעי המחשב, כמו שלומדים ביולוגיה, כימיה או אלגברה. פותחו יחידות לימוד לגילאים שונים החל מגיל 4 ועד 18, בעברית קיימים 4 קורסים שונים. חלק מן היחידות הן מבוססות חידות וחלקן על בסיס תכנות בלוקים (<https://code.org/international/about>). התכנית מתקיימת מחוץ לתכנית הלימודים הפורמאלית. לפרויקט שותפות כ-180 מדינות ומתקיימת גם שעת קוד בינלאומית אחת לשנה.

**Scratch** – סביבת פיתוח תכנה המאפשרת בניית אנימציות, משחקים, וסיפורים אינטראקטיביים משולבי מדיה (תמונות, ציורים וצלילים). הסביבה קלה לשימוש והתכניות נבנות על ידי גרירת לבנים, המבטיחה כתיבת תכניות ללא שגיאות תחביר. הסביבה פותחה ב MIT ומשמשת לומדים צעירים כמו גם קורסים באקדמיה. בישראל, זוהי הסביבה המשמשת את תכנית הלימודים "מדעי המחשב ורובוטיקה" ועל בסיסה פותחו חומרי הלמידה. קבוצת מדעי המחשב במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן עוסקת בפיתוח חומרי לימודים ל-Scratch ובמחקר על הלמידה של מדעי המחשב דרך Scratch, ספר הלימוד שפותח על ידם נקרא: עקרונות ומושגים במדעי המחשב דרך Scratch, שם המעיד על תפיסתו (<http://www.scratch.org.il>); <https://stwww1.weizmann.ac.il/scratch/>; <https://scratch.mit.edu>). הספר מתאים יותר לחטיבת הביניים. כמו כן, במט"ח פיתחו ספר לימוד לתכנית לכיתה ד' שמלווה בסביבת עבודה אינטרנטית כמו גם סביבת הכשרת מורים (ראה נספח א'). במט"ח ממשיכים בפיתוח ספרי לימוד לתכנית בהלימה לתכנית הלימודים.

בסביבות אלו המיקוד הוא בכישורים של מדעי המחשב בכלל ובחשיבה חישובית בפרט. למיטב ידיעתנו, בגישת הלמידה בסביבות אלו: (\*) אין בהכרח דגש על בניית תוצר שהוא תסריט דינאמי בסביבה ממוחשבת (פרט מ-Scratch) או כזה המפעיל רובוט, (\*) אין דגש על יישום כישורי החשיבה בתחומי דעת שונים – מדעיים והומניים, (\*) כאשר מעורבים מורים, הם לרוב מורים למדעי המחשב, (\*) אין הסתכלות הוליסטית על קידום כל המערכת, בכלל זה פיתוח כישורי החשיבה של כל המורים ומנהלים. **C4CT Pedagogy**, המוצעת במסמך זה ללמידת חשיבה חישובית, היא בעלת מאפיינים אלה.

### **3. אבני הבניין של C4CT Pedagogy - פדגוגיה הוליסטית**

#### **קונסטרוקטיוניסטית לפיתוח חשיבה חשובית**

בחלק זה נציג תחילה את מבנה C4CT (סעיף 3.1) ואת תיאוריות הלמידה עליהן היא מבוססת (סעיף 3.2). לאחר מכן נסקור את המושג חשיבה חשובית (סעיף 3.3) ושניים מעקרונות היישום המוצגים במסמך זה – למידה בכל תחומי הדעת (סעיף 3.4) ודגש תחילה על יישום בבית הספר היסודי (סעיף 3.5). בסוף נציג דוגמאות ליישום הגישה מתוך פרויקטים של פרחי הוראה בכל תחומי הדעת (סעיף 3.6).

#### **3.1 מודל ה-T ומודל ה-I**

מודל ה-T לחינוך מהנדסים הוצג ע"י Plummer (2013) (ראו גם Berger, 2010). במודל זה הצלע האנכית של ה-T מתייחסת לתכנים דיסציפלינריים הנדסיים הנלמדים לעומק, כאשר הצלע האופקית המונחת מעליה מציגה כישורים הנדרשים לקידום מנהיגות הנדסית, כמו למשל, יזמות, יצירתיות, חדשנות, תקשורת ועבודת צוות. הצורך בהוספת הצלע האופקית בבסיס נבע משינויים טכנולוגיים וחברתיים המתרחשים כיום בחברה, באקדמיה ובשוק התעסוקה והיא מייצגת התפתחות מקצועית של מהנדסים.

בהמשך, הורחב המודל והוצג מודל ה-I, הכולל נדבך נוסף של לימודי תואר שני ולימודים נוספים לאורך החיים (Buxton, 2009; בנטור, זוננשיין, & דיון, 2017) לקריירה הנדסית, עם הרחבה ואפשרות להסבה במהלך הקריירה.

ברוח דומה, C4CT משקפת מודל I, שבסיסו הוא אבני בניין (תיאוריות ומודלים) קוגניטיביות, חברתיות ופדגוגיות; צלעו האנכית מתארת את הגישה המתייחסת לכל שכבות הגיל, לכל המורים, לכל המקצועות, ולכל השותפים במערך בית הספר; וכל אלו מאפשרים לבסס את הכישורים הנדרשים "חשיבה חשובית בהקשר" המופיעים בצלע העליונה (כמוצג באיור 1). כמו במקרה של מודל ה-I לחינוך מהנדסים, גם פדגוגיית ה-C4CT נובעת מהצורך ברכישת כישורים חשובים לעת הזו, כאשר קהל היעד במקרה זה הוא תלמידי בית הספר היסודי, מוריו, מנהליו ומורי המורים.

#### **3.2 תשתית מבוססת תיאוריות למידה**

הגישה הפדגוגית המוצגת במסמך זה להטמעת מדעי המחשב במערכת החינוך מושתתת על תיאוריות הלמידה הקונסטרוקטיביסטית (Constructivist) והקונסטרוקטיוניסטית (Constructionist). בבסיס תיאורית הלמידה הקונסטרוקטיביסטית נצבת הטענה שידע נבנה (constructed) באופן אקטיבי על ידי התלמידים, ולא מועבר (transmitted) אליהם באופן פאסיבי מהמורה או מהספר (Fosnot, 2013). יתרה מזאת, הידע (סכמה) שנבנה על ידי הלומד מושתתת ונבנה על יסודות הידע הקודם של אותו לומד, וכך מתקבל שגם עבור אותה פעילות לימודית שני תלמידים שונים עשויים לבנות סכמה שונה כתלות בסכמות איתן התחילו את הפעילות. תיאוריית הלמידה הקונסטרוקטיביסטית מזוהה עם עבודתו של ג'אן פיאג'ה שפיתח תיאורית התפתחות קוגניטיבית המעניקה מסגרת להבנת דרכי הפעולה והחשיבה של ילדים לאורך התפתחותם. לטענתו של פיאג'ה, הבניית סכמות חדשות (דבר הכרוך בשינוי או תוספת לסכמות קיימות), אצל ילדים ובכלל, נובעת מתוך אינטראקציות

בעולם עד ליצירת איזון בין סכמות קיימות לממצאי האינטראקציה בעולם. תהליך זה משלב בתוכו תהליכי הטמעה (assimilation) בו גירויים חדשים נבנים על בסיס סכמות קיימות, והתאמה (accommodation) בו סכמות קיימות מותאמות ומשתנות בהתאם לגירוי המוצג בעולם. פיאז'ה הבחין שילדים מפתחים "תיאוריות" בעלות לוגיקה פנימית מוצקה, ודגל בעידוד וטיפול יכולת זו, גם במחיר מתן לגיטימציה לרעיונות שלא תואמים בהכרח את המציאות. לטענתו, בכל פעם שאנו מנסים ללמד ילד משהו מהר מדי, אנחנו מונעים מהילד את האפשרות לגלות ולבנות את הידע בעצמו.

מתוך התיאוריה הקונסטרוקטיביסטית צמחה התיאוריה הקונסטרוקטיביסטית-חברתית שפותחה על ידי הפסיכולוג הרוסי לב ויגוצקי בשנות ה-60 של המאה ה-20. לפי ויגוצקי, **חלק ניכר מהידע אותו הלומד מפנים, הוא תוצר של אינטראקציה חברתית עם הסביבה**. בעוד שפיאז'ה האמין בחשיבה עצמאית שנובעת ממאמץ הלומד בלבד, ויגוצקי האמין שלומד אינו יכול להתקדם באופן משמעותי אם יהיה עליו לגלות את הכול באופן עצמאי. כלומר, הבנייה של סכמות חדשות יכולה להתבצע רק תחת הנחיה או שיתוף פעולה עם אחרים. (Vygotksy, 1980). ויגוצקי הגדיר את המושג אזור ההתפתחות המקורבת (Zone of Proximal Development - ZPD) שהוא אוסף הבעיות אותן יכול הלומד לפתור תחת הנחיה או שיתוף פעולה עם אחרים מעבר ליכולות אותן יכול להפגין בעת למידה לבד.

פועל יוצא של התיאוריה הקונסטרוקטיביסטית-חברתית הוא שכדי לממש את פוטנציאל הלמידה, על האדם לפתח מיומנויות חברתיות כגון עבודה בצוות, תקשורת ושיתוף פעולה. טענה זו עומדת בקנה אחד עם מודל T-Shaped לפיו יש לפתח הן מיומנויות וידע בתחום התוכן הספציפי, והן מיומנויות, כגון תקשורת, ויכולת ליישם ידע בתחומים שונים. התיאוריה הקונסטרוקטיביסטית-חברתית קשורה גם לתיאוריה הקוגניטיבית-חברתית של בנדורה (Bandura, 1986). בנדורה טען שאדם עשוי לבחור שלא לבצע פעולה מסוימת, אף שהיא עשויה להוביל לרווח, אם תחושת החוללות (מסוגלות עצמית) של האדם להשלים בהצלחה את הפעולה נמוכה. תחושת החוללות מבוססת על ארבע מקורות אינפורמציה: (1) התנסות אישית ("הצלחתי לתכנת את הפונקציה, כנראה שאני יכול לתכנת פונקציות נוספות!"), (2) התנסות עקיפה ("ראיתי מישהו כמוני מצליח ליצור אפליקציה, אז כנראה שגם אני יכול!"), (3) שכנוע מילולי ("המורה אמרה לי שאני טוב בתכנות, אז כנראה זה נכון!"), ו- (4) מצב פסיכולוגי (כגון חרדה ממחשבים). כלומר התיאוריה הקוגניטיבית-חברתית מוסיפה את הפן הרגשי ומחברת אותו לפן הקוגניטיבי.

**תיאוריות פדגוגיות המושתתות על התיאוריה הקונסטרוקטיביסטית והקונסטרוקטיביסטית-חברתית ממליצות על: (1) יצירת סביבות למידה רלוונטיות, מורכבות, ואוטנטיות, המאפשרות, על בסיס אינטראקציה איתן שינוי סכמות מנטליות קיימות, (2) מתן מקום למשא ומתן חברתי על מבני הסכמות, (3) תמיכה בנקודות מבט שונות, מתוך תפיסה שאין בהכרח תפיסה אחת נכונה, (4) עידוד בעלות הלומד על תהליך הלמידה ו (5) טיפוח מודעות על תהליך הבניית הידע אצל הלומד (Driscoll, 2005).**

הגישה הפדגוגית הקונסטרוקטיביסטית משמשת שנים רבות כבסיס להוראת המדעים תוך שימוש בפדגוגיות כגון למידת חקר (Inquiry Learning), למידה מבוססת בעיות (Problem-Based Learning) ולמידה מבוססת פרויקטים (Project-Based Learning). הגישה מתאימה גם להוראת מדעי המחשב. יחד עם זאת, לטענתו של בן-ארי (Ben-Ari, 2001) שתי הנחות יסודות של התיאוריה לא מתקיימות בתחום הדעת של מדעי המחשב (להבדיל מתחומי דעת אחרים) והן:

(1) סכמות חדשות נבנות על בסיס סכמות קיימות: אחת מהנחות המוצא של קונסטרוקטיביזם הוא שידע בהכרח נבנה על ידע קיים, כך למשל, כאשר תלמיד מתחיל ללמוד את נושא הגרביטציה, הוא מביא עמו ידע אינטואיטיבי אפקטיבי אותו צבר במהלך השנים מתוך אינטראקציה עם העולם. להבדיל, בתחום מדעי המחשב, אף על פי שילדים היום נמצאים באינטראקציה מתמדת (אולי מדי) עם טכנולוגיות מחשבים, אין להם (כמו גם לרוב המבוגרים) מודל מנטלי אינטואיטיבי אפקטיבי של אופן פעולת המחשב.

(2) אין אמת אחת: הנחת מוצא נוספת של קונסטרוקטיביזם היא שידע נתון למשא ומתן ואין בהכרח אמת אחת ויחידה, אלא אמת מתפתחת. יחד עם זאת, בתחום מדעי המחשב, המחשב פועל באופן מסויים באופן שלא נתון למשא ומתן. אם נכתוב קוד לא תקין תחבירית, בניגוד להמלצה הפדגוגית הנובעת מקונסטרוקטיביזם, המחשב לא יגלה סובלנות ולא "ייתן מקום" לתפיסה השונה אלא יתריע באופן חד משמעי על שגיאה. ניתן לטעון שעל ידי סוג כזה של אינטראקציה עם הסביבה (המחשב במקרה הזה), הלומד יכול ללמוד את תחביר שפת התכנות. אבל, כאשר מדובר בידע מורכב יותר, כגון מימוש מבני זיכרון במחשב, יהיה קשה מאוד עד בלתי אפשרי להסיק מודל נכון, או לכל הפחות אפקטיבי, רק מתוך סוג כזה של אינטראקציות.

מסקנתו של בן-ארי על בסיס טענות אלה היא שלאור העדרן של סכמות ראשוניות אצל הלומד, ולאור קיומה של אמת אחת וחד-משמעית, על מודלים בתחום מדעי המחשב להילמד באופן מפורש ולא רק באופן עצמאי על ידי אינטראקציה עם הסביבה.

על בסיס התיאוריה הקונסטרוקטיביסטית צמחה גם תיאורית הלמידה הקונסטרוקטיביסטית (Constructionist) שפותחה על ידי סימור פפרט, שעבד עם ז'אן פיאזיה בסוף שנות החמישים ותחילת שנות השישים. התיאוריה הקונסטרוקטיביסטית מבוססת על הנחת המוצא הקונסטרוקטיביסטית, לפיה ידע נבנה באופן אקטיבי על ידי בנייה עצמית של סכמות כתוצאה מהפנמה של פעולות בעולם, אך מוסיפה את הרעיון **שהבניית ידע נעשית באופן מואץ בסביבה שבה הלומד עוסק באופן מודע ואקטיבי בבנייה של תוצר חיצוני**, בין אם זה ארמון חול או תיאוריה של העולם (Harel & Papert, 1991). בחיפוש דרך בה תלמידים יוכלו ללמוד מתמטיקה בחדווה על ידי יצירה, יצר פפרט את שפת התכנות Logo, המאפשרת לילדים לתכנת בקלות תוצרים המצריכים ידע ויישום של מושגים במתמטיקה וגיאומטריה. לתפיסתו של פפרט תוצר התכנות הוא יצירה ממשית בעולם, וזאת בשונה מהתפיסה של תנועת המייקרים, לפיה על התוצר להיות פיזי. אפשר לומר שבהשוואה לקונסטרוקטיביזם של פיאזיה, הקונסטרוקטיביזם של פפרט הוא יותר פרגמטי וקונקרטי – לא די באינטראקציה עם הסביבה, אלא על האינטראקציה להיות עם מטרה קונקרטית של יצירת תוצר. באופן ספציפי, פפרט האמין שיצירת תוצרים עם סביבת Logo יכולה להפוך חשיבה חישובית לקונקרטית. קבוצת המחקר של פפרט, The Epistemology and Learning Group ב-MIT, הניבה תוצרים רבים של סביבות עבודה ויצירה לילדים. בין הסביבות האלו סביבת Lego Mindstorm שנקראה על שם ספרו של פפרט Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas (Papert, 1980) המאפשרת תכנות רובוטים תוך פיתוח חשיבה חישובית, סביבת התכנות Scratch שפותחה על ידי תלמידו של פפרט, מיטשל רוניק (כיום פרופסור ב-MIT) ונמצאת כיום בשימוש ע"י מיליוני לומדים ילדים וסטודנטים ברחבי העולם, וסביבת NetLogo, המאפשרת תכנות סימולציות בתחומי המדע והחברה, שפותחה על ידי תלמידו אורי וילנסקי (כיום פרופסור ב-Northeastern University).

### 3.3. חשיבה חישובית

תחום מדעי המחשב, בנוסף להיותו תחום מדעי תיאורטי ויישומי, משתלב במחקר ופיתוח בתחומי המדע האחרים. מעבר לכך, התפתחה בשני העשורים האחרונים הגישה כי כישורי החשיבה ודרכי הפעולה המיושמות במדעי המחשב חשובים ככלי חשיבה ליישום בכל תחומי הדעת, ככישור חשיבה לחיים המכונה "חשיבה חישובית", אשר הוצף והוגדר שוב על ידי Wing ב-2006 ובפרסומיה הבאים (Jeannette M. Wing, 2006, 2011, 2014). קיימת הסכמה רחבה על רכיבי החשיבה הנכללים ב"חשיבה חישובית" ביניהם: פירוק בעיה לתת-בעיות, הפשטה והכללה (Cuny, Snyder, & Wing, 2010). לצד ההסכמה, מוצגות נקודות מבט ופרשנויות שונות. רבות מן הגישות מחברות בין חשיבה חישובית לבין אלגוריתמים ומחשבים (Barr, Harrison, & Conery, 2011; CSTA, 2017; Denning, 2009; Lye & Koh, 2014; Sabitzer, Antonitsch, & Pasterk, 2014; Yadav, Gretter, Good, & McLean, 2017) ויש המדגישות את הצורך לנתק את כישור החשיבה הזה מהטכנולוגיה ומהמחשבים (Hu, 2011; Yadav et al., 2017). עם או ללא מחשבים, קיימות מיומנויות מפתח ותהליכים המוזכרים בדרך כלל ביחס לחשיבה חישובית: ניסוח בעיות, ארגון וניתוח לוגי של נתונים, ייצוג נתונים באמצעות הפשטה בעזרת מודלים וסימולציות, הצעה והערכה של מספר פתרונות, יישום פתרון אפשרי ובחינתו, והכללה והעברה של הפתרון למגוון בעיות (2019, "Computational Thinking for Educators - Course"; Hu, 2011; Jeannette M. Wing, 2014). יש הרואים חשיבה חישובית גם כמיומנות המשתלבת עם חשיבה יצירתית, זאת ביחס למורים ולתלמידים (DeSchryver & Yadav, 2015), והיא מוזכרת גם יחד עם חשיבה ביקורתית (Korkmaz, Çakir, & Özden, 2017). בהתאם לאימוץ המושג ומרכיביו, חוקרים ומחנכים רבים עוסקים בהצגת פרשנויות שונות למושג ובדרכים לרכישתו. הפרשנות השכיחה מקשרת בין חשיבה חישובית למערכות ממוחשבות נובעת כנראה מכך שקהילת חוקרי ומורי מדעי המחשב עסקה בו בהתחלה (Hu, 2011), יחד עם זאת, כיום מגוון הקולות רחב יותר (Yadav et al., 2017). חשוב להדגיש שאין מדובר בהכרח בתכנות, אלא הדגש הוא על פתרון בעיות, וכי הכישורים המודגשים כשאלים מעולם "מדעי המחשב" אינם רק קוגניטיביים, אלא גם כישורים חברתיים המקדמים את הלמידה, כמו עבודת צוות ותכנון זמנים.

### 3.4. למידה בכל תחומי הדעת

למידה רב-תחומית, ובפרט מימוש חשיבה חישובית לצורך למידה של תחומי דעת אחרים, היא אחד התוצרים הבולטים של עבודתו של פפרט, שהיה למעשה הראשון שהשתמש במושג Computational Thinking בשנת 1980. כבר בסביבת העבודה הראשונה, Logo, פפרט ועידית הראל (Harel & Papert, 1990) פרסו חזון של שימוש במחשבים בכלל ובתכנות בפרט לצורך למידת תחומי דעת שונים. למשל, כאשר בחנו את השפעת הגישה על שברים, הם מצאו שתלמידים שפיתחו לומדה ללמידת שברים למדו טוב יותר הן Logo והן שברים, מתלמידים בקבוצות ביקורת שלא למדו שברים באופן הוליסטי אינטגרטיבי. באופן דומה, מיטשל רזניק, עם הסביבה שפיתח Scratch, מעודד שימוש רב תחומי בסביבה לצורך למידה של תחומי דעת אחרים והן למידה של כישורים רכים כפי שאמר "כאשר אתה לומד לקרוא, אתה יכול לקרוא כדי ללמוד, וכאשר אתה לומד לקדד, אתה יכול לקדד כדי ללמוד". באתר הבית של Scratch, כמו גם באתר של קבוצת ScratchEd, הממוקמת בהרווארד, ניתן למצוא חומרים רבים על שימוש בסביבה לרוחב הקוריקולום, כולל פיתוח כישורי שפה, מתמטיקה, אומנות, מוסיקה ומדעי החברה ("Scratch Across Every Subject", 2017). תכנות בתחומי דעת שונים מאפשר למידה

שהיא תלויה הקשר (Context-Based Learning - CBL). גישת CBL מתייחסת לכך שכדי להבנות ידע וכישורים, עליהם להיבנות בהקשר תכני ותרבותי ולא באופן תיאורטי (Holbrook, 2014; Stanisavljević, Pejčić, & Stanisavljević, 2016). כלומר, בהקשר של חשיבה חינוכית, חשוב ללמוד אותה בהקשר – יישום בתחומי הדעת – ולא להסתפק בפיתוח תסריטים לצרכי תרגול. לצד שליטה בתחום הדעת ובהתבסס על הבנת פוטנציאל היישום של חשיבה חינוכית בתחומי הדעת השונים, על מורים להיות בעלי מיומנויות בסיסיות בסביבת פיתוח כדי לפתח חומרי הוראה ולמידה מתאימים (Prins, Bulte, & Pilot, 2018). המסר: תלמידים המפתחים תסריט בנושא הנלמד מבעד לעדשה של "חשיבה חינוכית", יעמיקו את הבנתם ביחס לתהליך הנלמד בדיסציפלינה, באמצעות בניית סימולציה ממוחשבת של התהליך. זאת, מאחר והתהליך צריך להיות מדויק ביחס לתחום הדעת. יחד עם זאת מתפתחות מיומנויות של חשיבה חינוכית אלגוריתמית, בעיצוב הפתרון, בקביעת הדמויות, בתזמון בין הדמויות ועוד, בשילוב עם חיזוק מיומנויות עבודה בסביבת פיתוח מתוקשבת (Ragonis, 2018). דוגמאות מוצגות בסעיף 3.6.

### 3.5. נקודת ההתחלה: בית הספר היסודי

מתוך: (1) הישענות על התיאוריה הקונסטרוקציוניסטית, עם הדגשים של בניית ידע, בניית ידע בסביבת אינטראקציה חברתית, ובניית תוצר ממשי ו (2) נקודת המוצא שתחום מדעי המחשב משמש כאמצעי/כלי למידה/פדגוגיה ללמידת כל תחומי הדעת וש (3) המטרה היא לפתח כישורי חיים בהיבט הקוגניטיבי, בהיבט החברתי ובהיבט של רכישת מיומנויות – חשוב להקנות כל זאת כבר בגיל הצעיר. לדעתנו, אין לחכות לבית הספר התיכון, שבו ניתן להמשיך לפתח ולהעמיק בהקניית כישורים אלה. כמו כן, לדעתנו אין לחכות לבית הספר היסודי – אלא אפשר בהחלט להתחיל גם בגיל הרך. יחד עם זאת, בתהליך הטמעה ראשוני של הגישה, נכון לדעתנו להשקיע את רוב המשאבים בבית הספר היסודי.

הסיבות המרכזיות לפיתוח ויישום מודל ה C4CP - Pedagogy בבית הספר היסודי ובכל תחומי הדעת הן:

1. המטרה היא להקנות כישור חשיבה, ולכן חשוב לפתחו כבר בגיל הצעיר כדי שיוטמע וישמש לאורך כל שנות הלימודים כמו גם בהמשך החיים.
2. ככישור חשיבה חשוב שיישם בכל תחומי הדעת מאחר ו: (א) כישור חשיבה זה יכול לקדם הבנה בכל תחום דעת; (ב) יישום רוחבי בכל מקצועות הלימוד יעמיק את ההבנה ואת יכולות היישום של התלמידים בכל תחומי הדעת.
3. הלמידה ופיתוח הכישורים יעשו בהקשר רלוונטי (Context-based learning) ויישומי ולא רק "כמקצוע נפרד".

### 3.6. הדגמה של יישום C4CT Pedagogy בעזרת תסריטים של פרחי הוראה

הדוגמאות המוצגות להלן מדגישות את מודל ההוראה העומד לנגד עינינו. הדגש על תרומת מורה "מדעי המחשב", תרומת "מורה תחום הדעת", הלמידה של התלמיד. במיוחד מובאות דוגמאות המתאימות לגיל בית הספר היסודי<sup>1</sup>.

בכל הבעיות **תרומת מורה "מדעי המחשב"** היא בשני תחומים מרכזיים, בידע המושגי ובידע היישומי.

#### **בידע המושגי, למשל:**

- הגדרה ומיקוד בהיר של התרחיש/הבעיה עבורו מפתחים סימולציה
- הפשטה
- תכנון הפתרון
- עיצוב הפתרון: תכנון הדמויות, תפקידן, פעולתן, השפעה ביניהן, ...
- חלוקה לתת בעיות
- בחינת חלופות ליישום
- הערכת היישום
- הכללת הפתרון לתרחישים/בעיות אחרות

#### **בידע היישומי, למשל:**

- הבנה של פיתוח תסריט
- הכרות עם תפריטים מסוגים שונים בסביבת הלמידה
- הבנת מבני בקרה וכלי קידוד בסביבת הלמידה
- הבנת עבודה מקבילית ותזמון בין דמויות

**תרומת המורה של תחום הדעת היא במושגים הקשורים לחומר הנלמד ותודגם בשש דוגמאות מתחומי דעת שונים להלן.**

---

<sup>1</sup> הערה: האיורים נלקחו מפרויקטים מקוריים שפותחו על ידי פרחי הוראה מתחומי דעת ומסלולי גיל שונים במכללה האקדמית בית ברל ובטכניון במסגרת קורסים אקדמיים של ד"ר נוע רגוניס.



## דוגמה 1

**הנושא:** פיתוח סימולציה של תנועת ברווזים בנהר במעלה ובמורד הזרם

**פותח בקורס:** למידה בסביבה ממוחשבת, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון



**תרומת מורה לחשבון/מתמטיקה לפתרון "בעיות**

מילוליות":

- הגדרת הבעיה
- ניתוח הגורמים המשפיעים
- פיתוח הבסיס של החישוב, ההשפעה של מהירות הנהר ומהירות השחיה של הברווז על מהירות הברווז בפועל

**תרומת הסימולציה ללמידה:**

תלמיד שמפתח סימולציה כזו מבין טוב יותר את השפעת

הגורמים, שולט בתזמון של דמויות שונות על פי אותם כללים מתמטיים שמביאים להתנהגות שונה. מאפשרת

חקר ביחס למהירות הזרם אל מול מהירות השחיה. התלמיד מעמיק את הידע המתמטי, "הנוסחאות"

חייבות להיות מדוייקות, וגם הדינמיות של התסריט, והוא מפתח בהקשר הרחב את החשיבה החישובית שלו.

## דוגמה 2

**הנושא:** פיתוח סימולציה המדגימה את פעולת מחזור הדם הראשי מן הלב דרך הריאות

**פותח בקורס:** חשיבה חישובית, הפקולטה לחינוך, המסלול היסודי, המכללה האקדמית בית ברל

**תרומת מורה למדעים:**

- למידה על מחזור הדם הראשי
- למידה על תהליך החימצון של הדם ומי אחראי לו
- למידה על המחזוריות של התהליך

**תרומת הסימולציה ללמידה:**

תלמיד המפתח סימולציה כזו מבין טוב יותר את אברי

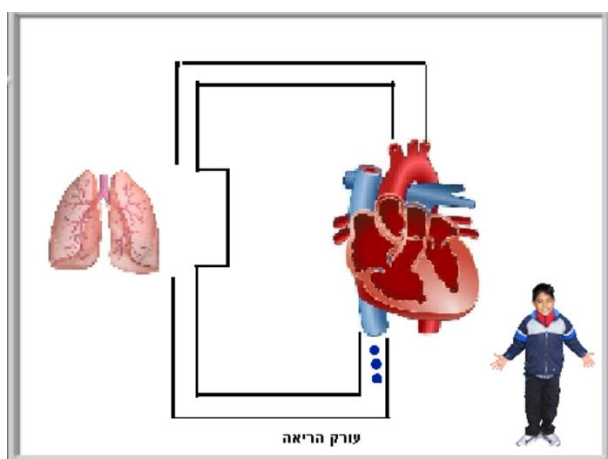
הגוף השותפים ואת פעולתם ושולט בתזמון של זרימת

הדם בין האיברים. ניתן להרחבה ביחס למחזור הדם

המשני ושותפות איברים נוספים.

התלמיד מעמיק את הידע המדעי/ביולוגי שלו, האיברים חייבים להיות רלוונטיים, וגם הדינמיות של התסריט,

והוא מפתח בהקשר הרחב את החשיבה החישובית שלו.



### דוגמה 3

**הנושא:** למידה על חרוזים בטקסט בלימודי שפה

**פותר בקורס:** חשיבה חישובית, הפקולטה לחינוך, המסלול היסודי, המכללה האקדמית בית ברל



**תרומת מורה לעברית:**

- מה הם חרוזים
- זיהוי חרוזים

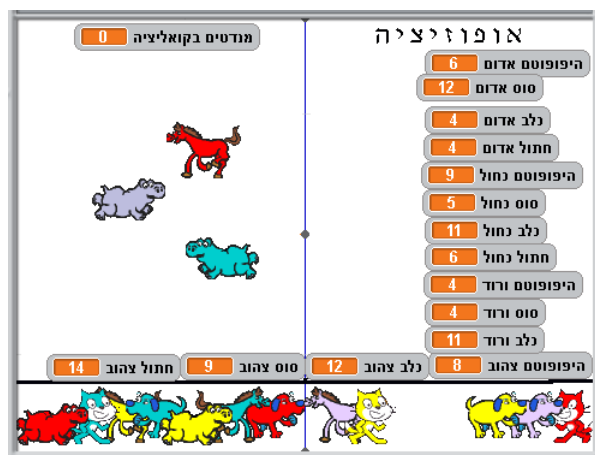
**תרומת הסימולציה ללימוד:**

תלמיד שמפתח סימולציה כזו מביע את החומר הנלמד בסימולציה, ומפתח את כישורי החשיבה החישובית. השונות מתחום המדעים – אין סימולציה של תהליך המתרחש ב"מציאות".

### דוגמה 4

**הנושא:** אילוצים בהרכבת ממשלה על בסיס מצע המפלגות השותפות בקואליציה

**פותר בקורס:** הוראה ולמידה בסביבות ממוחשבות - חשיבה חישובית, הפקולטה לחינוך, המסלול העל יסודי, סטודנטים במדעי הרוח והחברה, המכללה האקדמית בית ברל



**תרומת מורה לאזרחות:**

- למידה על מוסדות שלטון
- למידה על מהות הרכבת הממשלה
- התייחסות למצעי המפלגות
- התייחסות לאילוצים כמו מספר מנדטים למפלגה, ומספר חברי הכנסת

**תרומת הסימולציה ללימוד:**

תלמיד שמפתח סימולציה כזו מחייה את החומר הנלמד בסימולציה, ומפתח את כישורי החשיבה החישובית.

השונות מתחום המדעים – אין סימולציה של תהליך המתרחש ב"מציאות", אלא של תהליך אזרחי. יש משמעות לפיתוח תסריט הלוקח בחשבון חשיבה על אילוצים במקרה זה מצעי המפלגות, והמינימום הנדרש לבניית קואליציה.

## דוגמה 5

**הנושא:** אילוצים בסידור תיבת נוח

**פותר בקורס:** חשיבה חישובית, הפקולטה לחינוך, המסלול היסודי, המכללה האקדמית בית ברל

**תרומת מורה למקרא:**



- למידה על הסיפור המקראי של תיבת נוח
- המחשה מעבר לסיפור של האילוצים בסידור החיות
- הבנת עולם: למשל, חיות שזקוקות לגובה, חיות שזקוקות למים, חיות הפוחדות להיטרף...

**תרומת הסימולציה ללמידה:**

תלמיד שמפתח סימולציה כזו מחייה את החומר הנלמד בסימולציה, ומפתח את כישורי החשיבה החישובית.

השונות מתחום המדעים – אין סימולציה של תהליך המתרחש ב"מציאות", אלא בסיפור המקראי. יש משמעות לפיתוח תסריט הלוקח בחשבון חשיבה על אילוצים בסידור הפיזי של החיות בתיבה.

## דוגמה 6

**הנושא:** למידה על מחזור החיים בטבע מזרע שמתפתח לצמח שמפתח פרחים עם זרעים שמופצים ונזרעים מחדש

**פותר בקורס:** חשיבה חישובית, הפקולטה לחינוך, המסלול לגיל הרך, המכללה האקדמית בית ברל

**תרומת מורה לטבע:**



- למידה על תהליך הזריעה, צמיחה, פרות, זרעים שמופצים
- הבנת המחזוריות בתהליך

**תרומת הסימולציה ללמידה:**

תלמיד שמפתח סימולציה כזו מביע את החומר הנלמד בסימולציה, מבין טוב יותר את התהליכים בטבע בכללם המחזוריות ומפתח את כישורי החשיבה החישובית.

## 4. המלצות לתהליך יישום בישראל

ההמלצות המוצגות להלן ליישום הטמעת גישת C4CP בישראל מתייחסות לפיתוח מקצועי של מורים (סעיף 4.1) והיבטים מערכתיים של ההטמעה ברמת מדינת ישראל (סעיף 4.2). את C4CT ניתן ליישם ביחס לתכנית הלימודים "מדעי המחשב ורובוטיקה" (שתוארה לעיל בסעיף 1.2).

### 4.1. פיתוח מקצועי של מורים – קוים מנחים

כפדגוגיה, למורים תפקיד מרכזי ביישום של גישת C4CP. תפיסתנו היא כי חשיבה חישובית היא מרכיב **בידע פדגוגי-תכני** (Pedagogical Content Knowledge -PCK) (Shulman, 1987) של כל מורה. בפרט, חשיבה חישובית מהווה חלק מידע **טכנולוגי-פדגוגי-תכני** ( Technological Pedagogical Content Knowledge ) - **TPACK** (Gür & Karamete, 2015) – המתייחס ל-PCK המיושם באמצעות טכנולוגיה.

ביחס לחשיבה חישובית נהגה גם המונח **CPACK** (Computational Pedagogical Content Knowledge), המתייחס ל**ידע תוכן פדגוגי חישובי** (Yasar & Veronesi, 2015). שם הוא ממוקד בתחומי המדעים וכאן מודגש היישום בכל תחומי הדעת.

את כישורי החשיבה והיישום יש להקנות במסגרות הכשרת מורים (in-service ו- pre-service) – לכל המורים בכל תחומי הדעת – היישום הטכנולוגי הוא בשימוש בסביבות פיתוח ממוחשבות דינמיות, המאפשרות פיתוח חשיבה חישובית.

הכשרה של כל המורים מהותית גם בראיה מתכללת. התלמידים גדלים לתוך עולם דיגיטאלי ויש למנף את האופן בו הם משתמשים בסביבות דיגיטאליות. ללא הכשרה מערכתית של כל המורים, הפער הדורי רק ילך ויעמיק. חשוב שהמורים הם אלו שילמדו ויהיו מסוגלים ליישם, הן מורי "מדעי המחשב" והן מורי כל תחומי הדעת. התרומה של יוזמות הקיימות בשטח, המשתפות גורמים חיצוניים כמו חברות היטק, מהנדסים על בסיס התנדבותי או הורים, חשובה בשלבי המעבר וגם בהמשך. יחד עם זאת, חשוב מאד לקדם ובהקדם פיתוח מקצועי של מערכת החינוך הפורמאלית. בהתאם ובמקביל ליישום הפורמאלי יוכלו להמשיך ולהשתלב גם משאבים חיצוניים למערכת. ביסוס ההכשרה של סגלי בתי הספר יאפשר ניצול מושכל גם של משאבים חיצוניים וישרת את המטרות המוצהרות ובהלימה לתכנית הכללית (ראה נספח ב').

**בהכשרת מורים – in-service ו- pre-service :**

1. על תוכניות להכשרת מורים בכל המקצועות – מדעיים והומניים – לשלב את C4CP בקורסי "דרכי הוראת המקצוע" ובתכניות פיתוח מקצועי של מורים. על המורים ללמוד בעצמם באמצעות C4CT, כדי לפתח את הבנתם וכישוריהם ובכדי שיוכלו לחוש בפוטנציאל שילוב התחום בהוראת המקצוע אותו הם ילמדו/מלמדים. עידוד לגישה זו ניתן למצוא בהצלחת תכנית הניסוי המתקיימת על ידי מט"ח תוך שימוש בסביבת קוד פלוס (ראה נספח א').

בנוסף, מומלץ לאפשר לכל המורים ליישם C4CP כלומדים גם בתחום דעת שונה מתחום הדעת אליו הם מוכשרים להוראה, על מנת לחוות למידת תכנים הנלמדים באמצעות C4CP.

2. על תוכניות להכשרת מורים למדעי המחשב לשלב את C4CP ולכוון את המורים להשתמש בגישה בשני אופנים :

- מדעי המחשב בכלל ו-CT בפרט, יוצגו כאבני בניין מרכזיות של פדגוגיה חדשנית - C4CP. חשיפה כזו חשובה לכל מורי מדעי המחשב ללא תלות בשכבת הגיל אותה ילמדו. ראו למשל, יישום בקורסי הוראת מדעי המחשב בחט"ב ובחט"ע (Hazzan, Lapidot, & Ragonis, 2015).

- תמיכה בקהיליית המורים הכללית המיישמת C4CP בהקשר לכישורי החשיבה החשובים. למטרה זו, על המורים למדעי המחשב להכיר את תחומי הלימוד של בית הספר היסודי, כדי להבין כיצד ניתן לשלב C4CP בכל תחום דעת. כתומכים, יוכלו לסייע במגוון דרכים, כמו למשל, בתהליכי הפיתוח, ובבצוע רפלקציה עם התלמידים על הכישורים שלמדו ועל עקרונות החשיבה החשובים שיישמו.

3. חלק מלימוד C4CP בהכשרות המורים ילמד יחד ע"י מורי כל המקצועות ומורי מדעי המחשב. זאת, במטרה לחוות תהליכי למידה מבוססי C4CP המדגישים הן את למידת תחום הדעת והן את למידת חשיבה חשובית. בלמידה משותפת זו :

- מורי תחום הדעת יהוו את המקור לנושאים שילמדו באמצעות C4CP (Ragonis, 2018).
- מורי מדעי המחשב יתמכו בשאר המורים בלמידת עקרונות חשיבה חשובית ובניית תהליך חישוב.
- יתאפשר תרגול של עבודת צוות, מתן וקבלת משוב, למידת עמיתים, ועוד.

טבלה 1 שלהלן מסכמת את התכנים אותן לומדות שתי אוכלוסיות המורים ואת התכנים אותם הם מלמדים בכתה.

### טבלה 1: נושאים מרכזיים בהכשרת מורים ובהוראה בבית הספר ליישום גישת C4CP

מורים	לומדים בהכשרת מורים	מיישמים בשדה ההוראה
לתחומי דעת	<ul style="list-style-type: none"> <li>- לומדים ומיישמים את המושגים כלומדים, עד לכדי בניית תהליך חישובי בסביבה ממוחשבת</li> <li>- לומדים את עקרונות הגישה הפדגוגית C4CP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- יישום של כל מורה בתחום הדעת שהוא מלמד</li> <li>- דגש על המשגת תהליכי חשיבה (ולא רק קידוד), ודגש על מושגי תחום הדעת עבורם מפתחים סימולציה ממוחשבת</li> </ul>
למדעי המחשב	<ul style="list-style-type: none"> <li>- לומדים הוראת מדעי המחשב</li> <li>- לומדים את עקרונות הגישה הפדגוגית C4CP</li> <li>- מיישמים גם במגוון תחומי דעת אחרים הנלמדים בבית הספר</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- מלמדים עקרונות חשיבה חישובית ועקרונות מדעי המחשב</li> <li>- מדגישים גם את הרמה המושגית</li> <li>- תומכים בכלל המורים במגוון תחומי הדעת</li> </ul>

**מורי מורים:** על מורי המורים המכשירים את מורי תחומי הדעת לבית הספר היסודי ללמוד ולהתנסות ב-C4CP כלומדים על מנת להבין את המשמעות ואת הפוטנציאל הטמון ביישום הגישה. בפרט, על מכשירי מורים למדעי המחשב להבין את מיקומה של C4CP בכל תחומי הדעת. ארמוני, מכנה ידע זה כ-CSE-PCK – כלומר, הידע הפדגוגי התכני שעל מכשירי המורים למדעי המחשב לדעת (Armoni, 2019).

**מנהלים/ות בתי ספר יסודיים:** היות ו-C4CP מאפשרת למידת כישורים קוגניטיביים וחברתיים החשובים לעת הזו, יש להתייחס גם למנהליות בתי הספר היסודיים. בהשתלמויות מנהלים הם ילמדו במודל של C4CP נושא משמעותי עבורם (מתחום הדעת אותו הם מלמדים או מעולם הניהול). התנסות זו כלומדים באמצעות C4CP תקדם את הבנתם לגבי משמעות היישום בבית הספר אותו הם מנהלים, הן בפן הפדגוגי – שילוב תחומים, שיתוף משאבים וכו', והן בפן הניהולי – מערכת שעות מתאימה, עבודת צוות, יזמות, וקהילות לומדות.

#### 4.2 היבטים מערכתיים

בסעיף זה מוצגים עקרונות מערכתיים ברמת מדינת ישראל המושגים בעזרת יישום הגישה.

##### I. C4CP משקפת את תפיסת מדעי המחשב כאמצעי ולא כמטרה בפני עצמה

C4CP, כפדגוגיה מבוססת CT שמקורה במדעי המחשב, מזמנת יישום בגילאים שונים החל מבית הספר היסודי, בכל התחומים, הן ללמידת תכנים הנלמדים במערכת החינוך, והן ללמידת כישורים להם מיוחסת חשיבות רבה: עבודת צוות, פתרון בעיות, התמודדות עם אי וודאות וכו'. האפשרות ליישם C4CP בכל תחומי הדעת חשובה היות והיא מאפשרת את הוראת עקרונות החשיבה החשובות לאו דווקא ע"י מורי מדעי המחשב, ובהתאם, יש לה השלכות מערכתיות הן ברמת המדינה והן ברמת בית הספר.

## II. מתחילים ביסודי!

הבחירה להתחיל ביישום C4CP בבית הספר היסודי מבוססת על מספר היבטים התומכים זה בזה:

- חשיבות התחלת למידת המיומנויות הקוגניטיביות והחברתיות הנלמדות מוקדם ככל שניתן.
- שילוב טבעי בתוכנית הלימודים הקיימת.
- העצמת מורי תחומי הדעת בבית הספר היסודי במספר דרכים: המורים לומדים ומפתחים כישורים נוספים – קוגניטיביים וחברתיים; המורים מועצמים בכך שהם עצמם מלמדים ומשלבים חשיבה חישובית (בשיתוף ותמיכה של מורי מדעי המחשב); המורים מפתחים רבדים נוספים של הבנה ביחס לתכנים שהם מלמדים, שכן על-פי C4CP, בניית תהליכים חישוביים מדגישה היבטים נוספים של התכנים הנלמדים אליהם לא בהכרח התייחסו המורים בעבר.

## III. קידום הבחירה במדעי המחשב בתיכון

C4CP מציעה לימודי חשיבה חישובית לכל התלמידים בבתי הספר היסודיים בכל תחומי הדעת, כאשר מדעי המחשב ממוצב ככלי חשיבה שיאפשר להם לפתח כישורים רלוונטיים לעתיד, בין אם יבחרו להתמחות במדעי המחשב ובין אם לא. יחד עם זאת, החשיפה המוקדמת למדעי המחשב חשובה ועשויה להגביר את הבחירה להתמחות בלימוד מדעי המחשב בתיכון.

היישום המערכתי, בדומה ליישום שנעשה בתיכון, הוא חשוב. מומלץ ש"מדעי המחשב ורובוטיקה" יהיה מקצוע לימוד חובה, וכדי ליישמו בכל המקצועות, נדרש פיתוח מקצועי של כל המערכת, כמוצג בטבלה 1.

מדעי הנתונים הוא תחום דעת חדש יחסית, הנשען על מדעי המחשב אך לא רק. הצורך בבוגרי תארים בתחום זה הוא גדול, ותכניות רבות בתחום נפתחות באקדמיה. כמו כן, מתבצעת כעת חשיבה על פיתוח תכנית לימודים בתחום זה גם בתיכון. גם ביחס לכך, פיתוח כישורי חשיבה חישובית בגיל הצעיר יקדם את הבחירה ויקל על הבנת תחום דעת זה (ראה נספח ד').

## IV. יישום בגיל הרך

בהמשך להטמעת C4CP בבית הספר היסודי, מומלץ לבדוק את הטמעתה גם בגיל הטרם בית ספרי. זאת ברוח "היפוך הפירמידה" חזון ומדיניות לגיל הרך בישראל", כמצוטט בתקציר המנהלים (טרקטנברג, 2019 עמ' 4): "מכאן הצורך לשינוי תפיסתי מעמיק שיתבטא ב"היפוך הפירמידה", במובן של שימת הדגש על הגיל הרך כשלב המכונן הקובע את עתידו של הילד והאדם, שחשיבותו לבניית מסד הכישורים הבסיסיים אינה פחותה מחשיבותם של שלבי החינוך המאוחרים יותר ואף עולה עליה. מדיניות שחורטת על דגלה מיקוד בגיל הרך יכולה לצמצם את הפערים ההתחלתיים ההולכים ומתרחבים, ולתרום תרומה מכרעת לחתירה לעבר שוויון הזדמנויות מהותי, שוויון מגדרי ואיזון בין הגשמה מקצועית לבין הורות ומשפחה". יישומים מסוג זה קיימים כבר בשילוב למשל של רובוטים בתהליכי למידה בגן הילדים, ובהכשרת סגלי הוראה לגיל הרך למשל בקורס "חשיבה טכנולוגית ורובוטיקה" במכללה האקדמית בית ברל (ראה נספח ג'; דגן, 2014).

## V. שינויים בצורת ההוראה בבית הספר

ל-C4CP פוטנציאל לשנות את דרכי הוראה בבית הספר מעבר ליישומה ע"י מורי תחומי הדעת, למשל ע"י שבירת המחסום בין תחומים הומניים למדעיים והוראה-בקו (co) בכיתות ע"י צוות מורים – מורה תחום הדעת, או מורים ממספר תחומי דעת ומורה מדעי המחשב.

## VI. משאבים

היות ו-C4CP משולבת בתוכניות הלימוד הרגילות, ניתן ליישמה בכל סביבה בית ספרית ללא תלות במשאבים. הכישורים שילמדו באמצעות C4CP (מעבר לתכנים) יתנו כלים לתלמידים בכל מקום בארץ להתמודד עם השינויים התכופים בעת הזו. **המשאבים שידרשו הם לפיתוח מקצועי של כל המורים ולהקמת קהילות למידה למורים.**

## VII. הסביבה הממוחשבת

הסביבה הממוחשבת שתיבחר ליישום C4CP היא למעשה כלי ליישום התפיסה. לדעתנו, חשוב לשמור על מספר קווים מנחים בבחירת הסביבה/ות בה/בהן תיושם C4CP:

- מתן אפשרויות בחירה בין מספר קטן של סביבות ממוחשבות. צמצום זה יקל על תהליכי פיתוח המורים, ותמיכה בקהילות מורים.
- קיום ממשק בעברית
- קיום ממשק גרפי
- שכיחות השימוש בעולם בסביבה על מנת לאפשר שיתוף פעולה של מורים ותלמידים עם בתי ספר בכל העולם, כיאה לעידן גלובלי זה.

סביבת Scratch שנבחרה כסביבת היישום של תכנית הלימודים ליסודי עומדת בדרישות אלו.

## VIII. תרומת C4CP לאומת הסטרט-אפ בכלל ולצמצום פערים בפרט

הכישורים שירכשו התלמידים באמצעות C4CP – הן הקוגניטיביים והן החברתיים – רלוונטיים מאוד לשימור ופיתוח אומת הסטרטאפ, והם נחשבים ככישורים מרכזיים חשובים לכל העובדים בעולם התעסוקה העתידי בכל תחום (ראה גם נספח ב').

## IX. מחקר מלווה ליישום C4CT

חשוב ללוות את יישום C4CP במחקר. מחקר יאפשר לתכנן באופן מושכל והדרגתי את תהליך ההטמעה, ולשפרו על בסיס קבוע בהתאם לצרכים. חשוב לפתח כלים להערכה של רכישת הכישור "חשיבה חישובית" והשימוש בו בכל תחומי הדעת וביחס לכל הקהלים.



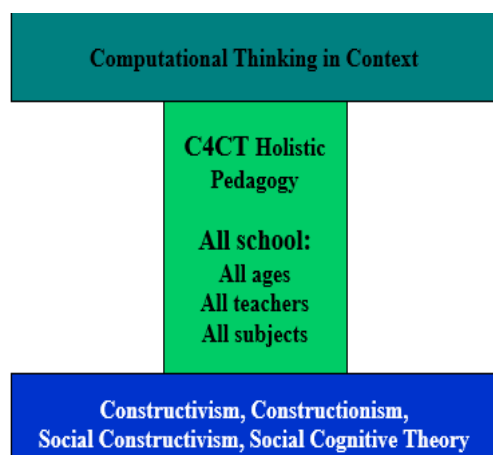
## 5. סיכום

C4CT – הגישה הפדגוגית המוצגת בנייר עמדה זה – מציגה מסגרת קונספטואלית ומסגרת להטמעת המודל במערכת החינוך בישראל. מודל היישום מתייחס אל מנהלים, מורים בכל תחומי הדעת ותלמידים. הדגש הוא על פיתוח מקצועי של כל הרמות במערכת החינוך, ראשית מתוך הבנה שכישור החשיבה "חשיבה חישובית" נדרש לכולם, ובנוסף, הבנה אישית ומשמעותית על ידי כל סגלי ההוראה תאפשר הטמעה של חשיבה חישובית ככישור לחיים בקרב לומדים.

הגישה נשענת על תיאוריות הוראה ולמידה וגישות פדגוגיות המציבות את התלמיד במרכז, מדגישות למידה פעילה, בניית ידע תוך כדי התנסות, פיתוח ידע וכישורים תוך כדי עבודת צוות, יישום בפיתוח תוצר שהוא תסריט בסביבה ממוחשבת, ויישום המקדם הבנה של מושגים בכל תחום דעת נלמד.

**חלק מהותי להצלחה ביישום הגישה בכל הגילאים, בכל המקצועות ועל ידי כל האוכלוסיות – תלמידים, מורים ומנהלים – הוא בתהליכי הפיתוח המקצועי של המורים.** כאן יש להקצות משאבים ולפתח תהליכים רחבים ומשמעותיים.

לסיכום, פדגוגית C4CT המוצעת במסמך זה מתייחסת לבניית סכמות בתחום החשיבה החישובית הן אצל ילדים והן אצל מורים בכל תחומי הדעת. טענתנו היא שבהתאם לתיאוריה הקונסטרוקטיבית, כאשר ילד או מורה יוצר תוצרים משמעותיים, תואמי זמן כגון תסריטים, סימולציות, אפליקציות וכו', יצירה זו תוביל להאצה של הבניית סכמות בתחומי הדעת השונים. בד בבד, כפועל יוצא של בניית התוצרים, תתפתח אצל הלומד גם סכמה בתחום החשיבה החישובית. בנוסף, כיוון שתהליך היצירה יערב במקרים רבים גם עבודת צוות, הלומדים יפתחו גם את מיומנויות המאה ה-21, כגון, תקשורת, שיתוף פעולה, ועבודת צוות רב תחומי.



מודל ה-I, מסכם את האופן בו ניתן להקנות חשיבה חישובית בהקשר של תחומי הדעת לכולם. בבסיסו התחתון, מוצגים היסודות התיאורטיים והפדגוגיים עליהם מבוססת C4CT: קונסטרוקטיביזם, קונסטרוקציוניזם, קונסטרוקטיביזם חברתי, התאוריה הקוגניטיבית-חברתית, וכיצד ניתן להשיג יעד זה: על ידי א. פיתוח מקצועי של כל המערכת (מנהלים, מורים, תלמידים), בדגש על כל המורים ולא רק מורי "מדעי המחשב", ביישום בהתאמה בכל המקצועות, ובכל שכבות הגיל. לדעתנו, בשלב ראשון – יש להתחיל בבית הספר היסודי.

- Andrew, J. (2018). *My school added a K-12 Computer Science Curriculum; your school should too*. Retrieved from <https://medium.com/@andrewjjulian/my-school-added-a-k-12-computer-science-curriculum-your-school-should-too-bfac54f10129>
- Araujo, A. L. S. O., Andrade, W. L., Guerrero, D. D. S., & Melo, M. R. A. (2019). How Many Abilities Can We Measure in Computational Thinking?: A Study on Bebras Challenge. *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 545–551. ACM.
- Armoni, M. (2019). COMPUTING IN SCHOOLS On the knowledge of CS teachers' educators. *ACM Inroads*, 10(2), 10–13.
- Bandura, A. (1986). *Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive Theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Barr, D., Harrison, J., & Conery, L. (2011). Computational thinking: A digital age skill for everyone. *Learning & Leading with Technology*, 38(6), 20–23.
- Ben-Ari, M. (2001). Constructivism in computer science education. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 20(1), 45–73.
- Berger, W. (2010). *CAD Monkeys, Dinosaur Babies, and T-Shaped People: Inside the World of Design Thinking and How It Can Spark Creativity and Innovation*. Penguin.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K., Kampylis, P., & Punie, Y. (2016). Developing computational thinking in compulsory education. *European Commission, JRC Science for Policy Report*.
- Buxton, B. (2009). Innovation calls for I-shaped people. *Business Week. Insight Section*. July, 13, 2009.
- Code.org, & Computer Science Teachers Association (CSTA). (2018). *The State of Computer Science Education: Policy and Implementation*.
- Committee, K.-12 C. S. F. S. (2016). *K-12 computer science framework*. Retrieved from <http://k12cs.org>

- Computational Thinking for Educators - Course. (2019). Retrieved May 19, 2019, from [https://computationalthinkingcourse.withgoogle.com/course?use\\_last\\_location=true](https://computationalthinkingcourse.withgoogle.com/course?use_last_location=true)
- Computer Science Education | Carnegie Learning. (n.d.). Retrieved May 23, 2019, from <https://www.carnegielearning.com/products/software-platform/computer-science-learning-software/>
- CSTA, K. (2017). Computer science standards. *Computer Science Teachers Association*.
- Cuny, J., Snyder, L., & Wing, J. M. (2010). Demystifying computational thinking for non-computer scientists. *Unpublished Manuscript in Progress, Referenced in Http://Www. Cs. Cmu. Edu/~ CompThink/Resources/TheLinkWing. Pdf.*
- Denning, P. J. (2009). Beyond computational thinking. *Communications of the ACM*, 52(6), 28–30.
- DeSchryver, M. D., & Yadav, A. (2015). Creative and computational thinking in the context of new literacies: Working with teachers to scaffold complex technology-mediated approaches to teaching and learning. *Journal of Technology and Teacher Education*, 23(3), 411–431.
- Driscoll, M. P. (2005). *Psychology of Learning for Instruction* (3rd ed.). Boston, MA: Pearson Education, Inc.
- Fosnot, C. T. (2013). *Constructivism: Theory, perspectives, and practice*. Teachers College Press.
- Gür, H., & Karamete, A. (2015). A short review of TPACK for teacher education. *Educational Research and Reviews*, 10(7), 777.
- Harel, I., & Papert, S. (1990). Software design as a learning environment. *Interactive Learning Environments*, 1(1), 1–32.
- Harel, I., & Papert, S. E. (1991). *Constructionism*. Ablex Publishing.
- Hazzan, O., Gal-Ezer, J., & Blum, L. (2008). A model for high school computer science education: The four key elements that make it! *ACM SIGCSE Bulletin*, 40(1), 281–285.
- Hazzan, O., Lapidot, T., & Ragonis, N. (2015). *Guide to teaching computer science: An activity-based approach*. Springer.

- Holbrook, J. (2014). A context-based approach to science teaching. *Journal of Baltic Science Education*, 13(2), 152–154.
- Hu, C. (2011). Computational thinking: what it might mean and what we might do about it. *Proceedings of the 16th Annual Joint Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 223–227. ACM.
- ISTE, & CSTA. (2011). *Operational Definition of Computational Thinking for K–12 Education*. Retrieved from <https://id.iste.org/docs/ct-documents/computational-thinking-operational-definition-flyer.pdf>
- Jing, S. (2018). Get With the Program: China’s Coding Kids. *SIXTONE*. Retrieved from <https://www.sixthtone.com/news/1002642/get-with-the-program-chinas-coding-kids>
- Kanemune, S., Shirai, S., & Tani, S. (2017). Informatics and programming education at primary and secondary schools in Japan. *Olympiads in Informatics*, 11(2017), 143–150.
- Korkmaz, Ö., Çakir, R., & Özden, M. Y. (2017). A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, 72, 558–569.
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12? *Computers in Human Behavior*, 41, 51–61.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc.
- Plummer, J. (2013). *Educating Engineers and Scientists For The 21st Century*. 48.
- Prins, G. T., Bulte, A. M., & Pilot, A. (2018). Designing context-based teaching materials by transforming authentic scientific modelling practices in chemistry. *International Journal of Science Education*, 40(10), 1108–1135.
- Ragonis, N. (2018). Computational Thinking: Constructing the Perceptions of Pre-service Teachers from Various Disciplines. *International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives*, 167–179. Springer.
- Sabitzer, B., Antonitsch, P. K., & Pasterk, S. (2014). Informatics concepts for primary education: preparing children for computational thinking. *Proceedings of the 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, 108–111. ACM.

- Scratch Across Every Subject: A Recap | ScratchEd. (2017, July 18). Retrieved May 12, 2019, from <http://scratched.gse.harvard.edu/resources/scratch-across-every-subject-recap>
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–23.
- Stanisavljević, J. D., Pejčić, M. G., & Stanisavljević, L. Ž. (2016). The Application of Context-Based Teaching in the Realization of the Program Content “The Decline of Pollinators.” *Journal of Subject Didactics*, 1(1), 51–63.
- Tucker, A., Deek, F., Jones, J., McCowan, D., Stephenson, C., & Verno, A. (2003). A model curriculum for K-12 computer science. *Final Report of the ACM K-12 Task Force Curriculum Committee, CSTA*.
- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Wing, Jeannette M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.
- Wing, Jeannette M. (2011). Research notebook: Computational thinking—What and why. *The Link Magazine*, 20–23.
- Wing, Jeannette M. (2014). Computational thinking benefits society. *40th Anniversary Blog of Social Issues in Computing, 2014*.
- Witherspoon, E. B., Higashi, R. M., Schunn, C. D., Baehr, E. C., & Shoop, R. (2017). Developing computational thinking through a virtual robotics programming curriculum. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 18(1), 4.
- Yadav, A., Gretter, S., Good, J., & McLean, T. (2017). Computational thinking in teacher education. In *Emerging research, practice, and policy on computational thinking* (pp. 205–220). Springer.
- Yasar, O., & Veronesi, P. (2015). Computational pedagogical content knowledge (CPACK): integrating modeling and simulation technology into STEM teacher education. *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 3514–3521. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

בנטור, א., זוננשיין, א., & דייך, ת. (2017). *חינוך מהנדסים במאה ה-21: היבטים גלובליים ונגזרות למדינת ישראל*. מוסד שמואל נאמן. Retrieved from [https://neaman.org.il/Files/Education%20of%20engineers%20in%20the%2021st%20century%20Global%20aspects%20and%20implications%20to%20Israel\\_20180513133102.552.pdf](https://neaman.org.il/Files/Education%20of%20engineers%20in%20the%2021st%20century%20Global%20aspects%20and%20implications%20to%20Israel_20180513133102.552.pdf)

דגן, א. (2014). אוריינות טכנולוגית לכל. *הד החינוך, חינוך מקצועי וטכנולוגי בישראל – תמונת מצב*, (גליון 4), 53–50.

טרכטנברג, מ. (2019). "היפוך הפירמידה": חזון ומדיניות לגיל הרך בישראל. מוסד שמואל נאמן. Retrieved from [website: https://www.neaman.org.il/Turning-the-Pyramid-Upside-Down](https://www.neaman.org.il/Turning-the-Pyramid-Upside-Down)

משרד החינוך, מ. (2019). התוכנית - יעדים, מטרות והנחיות. Retrieved May 14, 2019, from [https://sites.education.gov.il/cloud/home/machshev\\_robotika/Pages/tochnit\\_tichnut\\_robotika.aspx](https://sites.education.gov.il/cloud/home/machshev_robotika/Pages/tochnit_tichnut_robotika.aspx)

שטטנר, א. (2016). *נייר עמדה של צוות מצויינות טכנולוגית*. עבור היוזמה 5 פי 2.

## נספחים

בנספחים מובאים דבריהם של עמיתים העוסקים בפיתוח וביישום בתחום :

נספח א' – **תכנית ניסוי המשתמשת בסביבת הלמידה קוד פלוס :**

ד"ר יניב ביטון, ראש תחום מתמטיקה ומדעי המחשב, מט"ח

סימונה הולשטיין, ראש צוות מדעי המחשב, מט"ח

נספח ב' – **הדרך להייטק מתחילה בבית הספר :** יוסי חיות, מנהל תחום חינוך, Wix

נספח ג' – **חשיבה טכנולוגית :** ד"ר אסנת דגן, המכללה האקדמית בית ברל

נספח ד' – **מדעי הנתונים :** יעקב מייק, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון

לפני העמיתים הוצגו נקודות המוצא של נייר העמדה והם התבקשו להתייחס אל התפיסות / הידע / המיומנויות / הערכים בהקשר של מערכות ממוחשבות שיש לדעתם להקנות לתלמידי ישראל וכיצד לדעתם ניתן להשיג זאת בתחום מומחיותם.

הנספחים מוצגים באופן מקורי כפי שהתקבלו, והמסמך מפנה אליהם במקומות המתאימים.

## נספח א

### תכנית ניסוי המשתמשת בסביבת הלמידה קוד פלוס

ד"ר יניב ביטון, ראש תחום מתמטיקה ומדעי המחשב, מט"ח  
סימונה הולשטיין, ראש צוות מדעי המחשב, מט"ח

#### ידע, מיומנויות, ערכים

בבואנו ללמד מדעי המחשב בבית הספר היסודי נמליץ להנגיש לתלמידים בישראל את התפיסות, הידע, המיומנויות והערכים הבאים:

- מושגים וידע מתחום מדעי המחשב וחוויה חיובית ותחושת מסוגלות בתחומים אלה.
- מיומנויות המאה ה-21: אוריינויות דיגיטליות, חשיבה ביקורתית, תקשורת ושיתופיות (Eshet, 2004).
- חשיבה חישובית: חשיבה מושגית, מיומנות בפתרון בעיות, חשיבה אנליטית, חשיבה הנדסית ופיתוח רעיונות המשפיעים על החיים (Wing, 2006).
- למידה קונסטרוקציוניסטית: למידה לתכנון, ליזום, ליהנות מלמידה תוך יצירה, ללמוד מטעויות, ולפתח את היכולת לעבוד וללמוד באפן עצמאי ולהיעזר במורה כמנחה. כמו גם, היכולת לשתף ולהיעזר בחברים, ולהשתמש ברפלקציה ובהערכה מעצבת (Papert, 1987; Resnick, 2007; Brennan, 2013).
- שילוב תחומי דעת: שימוש בידע במדעי המחשב ככלי (Beyond techno centrism (Papert, 1987) ליצירה ולהצגה בתחומי דעת שונים מתנדך היסטוריה ושפה, עד מדעים ומתמטיקה.

#### קוד פלוס של מט"ח

לצורך כך פותחה במטח סביבת הלמידה קוד פלוס להוראת קוד בשפת סקראץ' לכיתות ד-ו. אשר נוסדה בשנת הלימודים תשע"ט ב-13 בתי ספר עם 1000 תלמידים ולוותה בהשתלמות מורים.



בעקבות ההתנסות בבתי הספר היסודיים עם קוד פלוס נמצא כי ניתן להשיג רכישת מיומנויות אלה באמצעות:

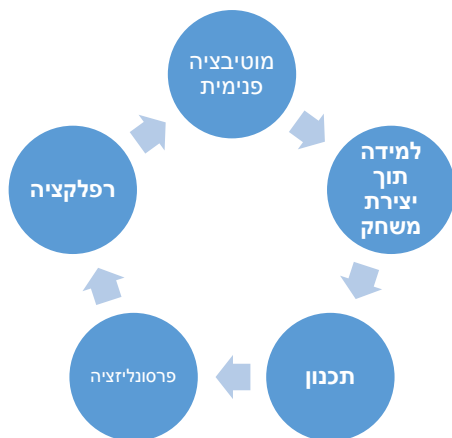
שימוש במודל הוליסטי מבוסס תאוריה קונסטרוקציוניסטית של שילוב למידה-הוראה עם דגש על למידה לבנייה של סביבת למידה לתלמידים תוך מתן מענה לצרכי המורים בהנחיה של התלמידים (Vermunt, & Verloop, 1999; Brennan, 2013).

נציין גם כי מודל הלמידה-הוראה התבסס על תפיסת הרצף בין מבניות ל-agency (Brennan, 2013) ואפשר לשלב בין כלי הוראה קונסטרוקציוניסטים לכלים מובנים. בניית המודל לוותה בגישה אגילית של התנסות ותיקון מתמשכים של חומרי הלמידה-הוראה.

בפיתוח החומרים בתחום הלמידה נבחרו חמישה עקרונות, ראו איור 1 – 1) למידה מתוך מוטיבציה פנימית; 2) למידה פעילה מבוססת יצירה של משחקים, תוך התייחסות לעולם התלמידים ושימוש במשחקים עדכניים, למידה מבוססת פרויקטים עם הקנייה של כלים מתוך צורך בהם; 3) הקנייה של מיומנויות תכנון; 4)



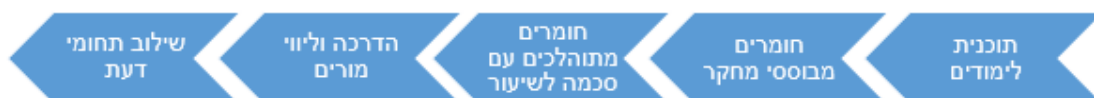
פרסונליזציה; 5) ושימוש ברפלקציה. נציין גם כי בין יתרונותיה הרבים של צורת למידה זו היא שהיא מאפשרת למידה דיפרנציאלית בכיתה: רצפה נמוכה שתאפשר תחושת מסוגלות לכולם, תקרה גבוהה לתלמידים חזקים וקירות רחבים שמאפשרים להביא לידי ביטוי ריבוי אינטליגנציות (Resnick et al. 2009).



איור 1

בפיתוח החומרים בתחום ההוראה נבחרו חמישה עקרונות בהתבסס על המודל להוראת מדעי המחשב בבתי ספר תיכון (Hazzan, Gal-Ezer, & Blum 2008) ראו איור 2 – 1) שימוש בתוכנית לימודים; 2) חומרי למידה מבוססי מחקר; 3) פיתוח והנגשה של חומרים מתוהלכים ונגישים לשנה שלמה יחד עם הצעה לסכמה של מערך שיעור שבו הלומד פעיל; 4) השתלמות מורים מקוונת וסינכרונית מלווה בתמיכה לאורך השנה 5) הצעות לשילוב תחומי דעת.

מהמודל המקורי הוסרה הסמכת מורי מדעי המחשב שלא קיימת לבתי ספר יסודיים בישראל, במקומה נוסף פיגום של חומרים מתוהלכים, ואפשרות לשילוב של תחומי דעת ככלי להתפתחות ויצירה של המורים.



איור 2

**מסקנות:** ההתנסות בתהליכי ההוראה והלמידה עם יותר מ-1000 תלמידים ב-13 בתי ספר הראתה שבאמצעות התהליכים המתוארים למעלה ניתן לפתח בהצלחה את המיומנויות והערכים שהוזכרו ואף להשתמש ביכולות החדשות שנרכשו כדי להרחיב את היכולות הפדגוגיות בתחומי דעת נוספים. זאת, תוך יצירת עניין, חוויה חיובית ותחושת מסוגלות בשימוש ויצירה בכלים טכנולוגיים ובכתיבת קוד אצל התלמידים והמורים ולמרות שהמורים הגיעו להתנסות ללא הכשרה מסודרת בהוראת מדעי המחשב. כמו כן, מומלץ להרחיב ולהוסיף מחקר שיטתי שיתקף את כלי הלמידה וההוראה שפותחו.

- Brennan, K. A. (2013). *Best of both worlds: Issues of structure and agency in computational creation, in and out of school* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Eshet, Y. (2004). Digital literacy: A conceptual framework for survival skills in the digital era. *Journal of educational multimedia and hypermedia*, 13(1), 93-106.
- Hazzan, O., Gal-Ezer, J., & Blum, L. (2008). A model for high school computer science education: The four key elements that make it! *ACM SIGCSE Bulletin*, 40(1), 281-285.
- Papert, S. (1987). Information technology and education: Computer criticism vs. technocentric thinking. *Educational researcher*, 16(1), 22-30.
- Resnick, M. (2007, June). All I really need to know (about creative thinking) I learned (by studying how children learn) in kindergarten. In *Proceedings of the 6th ACM SIGCHI conference on Creativity & cognition* (pp. 1-6). ACM.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... & Kafai, Y. B. (2009). Scratch: Programming for all. *Commun. Acm*, 52(11), 60-67.
- Vermunt, J. D., & Verloop, N. (1999). Congruence and friction between learning and teaching. *Learning and instruction*, 9(3), 257-280.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.

## נספח ב

### הדרך להייטק מתחילה בבית הספר

#### יוסי חיות, מנהל תחום חינוך, Wix.com

ישראל מכונה בפי העולם "אומת הסטארט-אפ" אך בדו"ח שפרסם לאחרונה ארגון ה-OECD נכתב כי היא סובלת מאי שוויון חמור בשכר ומשיעורי עוני גבוהים וכי למערכת החינוך תפקיד מרכזי בצמצום פערים אלה לצד העצמת יכולת הצמיחה והתחרות של שוק ההייטק. דברים דומים ניתן למצוא גם בדו"ח "המקפצה להייטק", לפיו התמקדות בטיפוח הון אנושי מגוון המורכב מאוכלוסיות נוספות בחברה הישראלית היא המפתח לגיבוש מדיניות ארוכת טווח שתביא לצמיחה בת קיימא של תעשיית ההייטק. במילים אחרות, הדרך לצמיחתה של ישראל כאומת ההייטק והסטארט-אפ מתחילה בחינוך. זאת ועוד, אין מקום שהטכנולוגיה לא מחוללת בו מהפכה כיום (רפואה, ספורט, חקלאות, בנקאות וכו') - לימודי תכנות בדגש על יצירתיות, חדשנות, יזמות ויכולת פתרון בעיות הן מיומנויות בסיסיות שאם לא נלמד אותן אנחנו עשויים למנוע מבוגרי מערכת החינוך להצליח בעתיד. על כן, יש להכיר במקצוע מדעי המחשב כמקצוע ליבה הנלמד כמקצוע חובה מכיתה א' ועד לבגרות בכיתה י"ב.

בשנה האחרונה, הובלנו את [אירועי שעת הקוד](#) במסגרתם הצטרפו יותר מ-60,000 ילדים וילדות בכל הארץ לכמאה מיליון ילדים מרחבי העולם לשעה אחת של תכנות וכתובת קוד. בנוסף, השקנו שיתוף פעולה חדשני ופורץ דרך בין Wix, Code.org, עיריית תל אביב ומועצה מקומית ירוחם שכולל הכשרת מורים בהתאם לתכנית הלימודים של [קורס תגליות המחשב \(CS Discoveries\)](#) הנלמד על ידי עשרות מיליוני תלמידים בארה"ב. [במסגרת הקורס](#), לומדים התלמידים פיתוח משחקי מחשב, בניית אפליקציות ומשחקי מחשב ומושם דגש על תהליך היצירה הטכנולוגי השלם. בנוסף ללימוד הטכנולוגיה כשפה נוספת מפתח הקורס אצל התלמידים גם את מיומנויות המאה ה-21 תוך שימוש במחשב כמדיום המאפשר יצירתיות, אמפתיה, עבודת צוות, פתרון בעיות, ו... גם כפי! כמו כן, אנו עובדים יחד עם על אחת מהרשויות על בניית תכנית אסטרטגית שמטרתה שיתוף יצירת רצף חינוכי מכיתה א'-י"ב בתחומי הטכנולוגיה והייטק בהתאם לעבודה ש-Code.org, שותפתנו ביוזמה, עושה עם מדינות שונות ברחבי ארה"ב (לדוג' [הוואי](#)).

סטיב ג'ובס אמר פעם שצריך להאמין בטוב, ביצירתיות ובחוכמה האנושית - השילוב שלהן עם טכנולוגיה מאפשר ליצור דברים מופלאים. כחברת הייטק ישראלית צומחת, אנו סבורים שצריך להפסיק להתמקד רק בפיתרונות קצרי טווח שנועדו להתמודד עם המחסור במתכנתים ולהשקיע משאבים בפיתרונות ארוכי טווח, שיתופי פעולה רב-מגזריים בתחום החינוך וזאת כדי לאפשר לדור העתיד שלנו ליצור דברים מופלאים שישנו את המציאות וישפיעו על האנושות כולה.

## נספח ג

### חשיבה טכנולוגית

#### ד"ר אסנת דגן, המכללה האקדמית בית ברל

#### תפיסת החינוך טכנולוגי

למושג חינוך טכנולוגי פרשנויות רבות. הדגש לדעתי צריך להיות על חשיבה טכנולוגית שהיא סוג של אוריינות טכנולוגית לכל הנדרשת מהגן ועד לחטיבה העליונה. על פי השקפה זו, על התלמידים לרכוש במהלך לימודיהם את מיומנויות המאה ה-21, כגון: פתרון בעיות, חשיבה ביקורתית, חשיבה מערכתית, עבודה בצוות ועוד. זאת, בשונה מן הפרשנות כי החינוך הטכנולוגי הוא חינוך מקצועי שבוגריו הם בעלי מקצוע, כמו חרטים, כרסמים ומכונאים, וגם בשונה מחינוך מדעי טכנולוגי למצוינים, שבו עוסקים בביוטכנולוגיה, אלקטרוניקה ורובוטיקה.

#### חינוך טכנולוגי

קיימת הסכמה בין הפילוסופים של הטכנולוגיה שמטרת הטכנולוגיה היא לפתור בעיות קיומיות של האדם. דה-ווריז (De Vries, 1996) טוען כי הטכנולוגיה היא פעילות אנושית המשנה את הסביבה הטבעית כדי להתאים אותה לצרכי האדם תוך שימוש במשאבים: ידע, חומרים, אנרגיה ומקורות תרבותיים. חן (חן, 1996) אף מדגיש שהיא אחד הביטויים של האינטליגנציה האנושית ועוסקת בצרכים של בני אדם. לכן לדעתו, הטכנולוגיה היא תחום דעת הומני הנוצר על ידי האדם, למען האדם, החברה והתרבות.

הפילוסופיה של הטכנולוגיה התפתחה בארבע קטגוריות: (א) טכנולוגיה כמוצרים (artefacts) כאשר למוצר יש טבע דואלי: טבע פיזיקלי וטבע תפקודי; (ב) טכנולוגיה כתחום ידע המובחן משאר סוגי הידע; (ג) טכנולוגיה כפעילות המוגדרת כתהליך התיכון (design process) והאינטראקציות בינו לבין ידע; (ד) טכנולוגיה כהיבט אנושי המכילה את הדרך בה הטכנולוגיה מעוצבת ומעצבת את האנושות התרבות והחברה (Mitchem, 1994). כמובן, שהחינוך הטכנולוגי הנגזר מכל אחת מפרשנויות אלה שונה הן בתפיסה והן בתוכניות הלימודים.

#### אוריינות טכנולוגית

העיסוק בחינוך הטכנולוגי במובן של אוריינות טכנולוגית החל בתחילת שנות ה-90 של המאה העשרים. המסגרת הקונספטואלית שלו פותחה בשלב זה והתבססה על שני צירים עיקריים: (א) תהליך פתרון בעיות הנקרא גם תהליך התיכון (The design process) (ב) חשיבה מערכתית (Mioduser, 1998, De Vries, 1996). מיודוסר (Mioduser, 1998), מגדיר את מרחב הלמידה של פתרון בעיות טכנולוגיות על פי הקטגוריות הבאות: המטרה התפקודית (משתמש בעל ידע, פותר בעיות, בעל מקצוע, אומן ומומחה), המטרה הקוגניטיבית, הידע והייצוגים הפנימיים. לדוגמה: כאשר המטרה התפקודית היא מומחה (הרמה הגבוהה ביותר), המטרה הקוגניטיבית היא לתכן, והידע הנדרש הוא: מתודולוגיה שיטתית של תיכון, ייצוגים פורמליים, ידע מולטי-דיסציפלינרי פורמלי והיוריסטיקות המתבססות על ידע. אפשר לנתח את החינוך הטכנולוגי על גווניו השונים על פי קטגוריות אלה.

## חשיבה טכנולוגית (תיכון - design) וחשיבה חינוכית

בחקר ספרות שנערך על ידי סיניקה וקארי (Sinikka & Kari, 2019) על הקשר שבין תיכון (design) וחשיבה חינוכית, נמצא כי כאשר נעשה שימוש בתיכון בשילוב עם עיסוק במלאכה (craft), נוצרת הזדמנות ליצור צורות שונות של טכנולוגיה והדבר סייע ללומדים לפתח חשיבה חינוכית. תחילתו של תהליך פיתוח החשיבה החינוכית הוא בתיכון של בעיות פרקטיות והמשכו לטכנולוגיה מתווכת מיומנויות תכנות.

### חשיבה טכנולוגית בגן

בשנת 2005 פורסם סילבוס לשילוב מדעים וטכנולוגיה בתרבות הגן בישראל, אך הוא לא יושם, ובגנים אין חינוך מדעי טכנולוגי אלא במקומות בודדים. למשל: עיריית חיפה בהובלת פרופ' דן שכטמן, חתן פרס נובל, שילבה את התחום בכל הגנים בחיפה; עיריית רמת גן שילבה את התחום בחוגים מדעיים טכנולוגיים ובמספר פרויקטים מקומיים נוספים; ובקריית ים ובעוד מספר עיריות בוצעו פעילויות המבוססות על תכניתו של מיודוסר (Mioduser, 2009). המודל שיושם בגנים אלה מבוסס על שני הצירים המרכזיים של האוריינות הטכנולוגית: תיכון ומערכות. מיודוסר ועמיתיו (Mioduser et al., 2008) מחלק זאת לששה ערוצים המשולבים בתכנית היומיומית בגן: 1) העולם המלאכותי שבו קיימת התייחסות לארטיפקט/למוצר הטכנולוגי בהקשר המתאים; 2) פתרון בעיות - מהתכנון המקרי לשיטתי וליישום הפתרונות; 3) תיכון ועשייה - מבנייה חופשית לבנייה על פי שרטוט ובניה רפלקטיבית; 4) מסימנים שגרתיים ומוסכמים לתוכניות ממוחשבות (notation); 5) מוצרים חכמים - מהבנת פעולתם של יצורים חכמים לתכנות ההתנהגות המסתגלת שלהם; 6) פרויקט משלב של כל הגן – הכולל פתרון בעיות, תיכון ומערכות. סעיפים 4 ו 5 מתייחסים ל- coding וחשיבה חינוכית תוך כדי תכנון פעולתם של הרובוטים.

### רובוטים בגן

במחקרים נמצא כי כאשר ילדים בגיל טרום בית ספר פועלים עם רובוטים, הם מסוגלים להבחין בין התנהגות אנושית להתנהגות מלאכותית (artifactual) (Epley, Waytz, & Cacciopo, 2007). כן נמצא במחקר זה שככל שהמשימות מורכבות יותר, התפישות של הילדים את תנועות הרובוט מתפתחות משפה של האנשה לשפה טכנולוגית. העיסוק במשימות מורכבות דורשות את השימוש במיומנויות אנאליזה ופרשנות, וכן מיומנויות של תכנון והצגה תוך כדי התמקדות ברכיבים המבניים והתפקודיים של הרובוט. תפישת האנשה מתמקדת יותר בתצפית על ההתנהגות של הרובוט והתפישת הטכנולוגית מתמקדת בסיבות ההתנהגות. ביחס לסביבת העבודה - הממשק עם המחשב ומשימות הלמידה – נמצא כי לסביבה יש חשיבות רבה בתמיכה בהבניית הידע של הילדים (Kuperman, & Mioduser, 2012). סביבת העבודה מאפשרת ואף דורשת את המעבר בין העולם הפיסי לעולם הסמבולי, בין הקונקרטי למופשט. מחקר זה אף מדגיש את החשיבות בתכנון ובעיצוב של אוסף משימות לימודיות.

### סיכום

לדעתי יש להקנות לילדי ישראל K-12 את התפיסות, הידע והמיומנויות שתוארו לעיל – תיכון מערכות טכנולוגיות ואנאליזה וסינתזה של העולם המלאכותי – במגוון אמצעים טכנולוגיים וגם תוך כדי יישום בתכנות מערכות המאפשר מעבר ממופשט למוחשי. הרובוטים, שלהם התנהגות מסתגלת והם ניתנים לתכנות, מהווים דוגמה לכל אלה (דגן, 2014).

- דגן, א' (2014). אוריינות טכנולוגית לכל. הד החינוך, חינוך מקצועי וטכנולוגי בישראל – תמונת מצב. גליון 4 עמ' 50 – 53.
- חן, ד' (1996). מדע וטכנולוגיה בראי החינוך והחברה, עיונים בטכנולוגיה, גיליון 21 ע' 8-12.
- De Vries, M. J. (1996). Technology Education: Beyond the. *Journal of technology Education*, 8(1), 7-15.
- Epley, N., Waytz, A., & Cacciopo, J. (2007). On seeing human: A three-factor theory of anthropomorphism. *Psychological Review*, 114(4), 864-886.
- Mioduser, D. (2009). Design and Learning (D&L) by Kindergarten Children. *Educational Research and Review*, 3, 9-13.
- Mioduser, D. (1998). Framework for the study of cognitive and curricular issues of technological problem solving. *International Journal of Technology and Design Education*, 8(2), 167-184.
- Mitcham, C. (1994). *Thinking through technology. The Path between engineering and philosophy*. Chicago. Chicago University.
- Kuperman, A., & Mioduser, D. (2012). [Chais] Kindergarten Children's Perceptions of "Anthropomorphic Artifacts" with Adaptive Behavior. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, 8(1), 137-147.
- Sinikka, H., & Kari, M. (2019). Beyond Programming and Crafts: Towards Computational Thinking in Basic Education. *Design and Technology Education: an International Journal*, V. 24, N. 1, p. 13-32. ISSN 1360-1431. Available at: <<https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/2566>>.

## חינוך למדעי הנתונים (Data Science Education)

קובי מייק, דוקטורנט בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון

### מדעי הנתונים

מדעי הנתונים הינם תחום מדעי חדש העוסק בהפקת תובנות מנתונים (Skiena, 2017). תחום מדעי הנתונים התפתח בשנים האחרונות כתחום אינטרדיסציפלינרי המאגד תיאוריה, ידע, כלים ושיטות עבודה ממדעי המחשב, מתמטיקה וסטטיסטיקה ותחומים מדעיים נוספים המייצגים את הנתונים (Berman et al., 2018). תחום מדעי הנתונים עוסק במידול של נתונים הן בשיטות הקלאסיות של מודלים סטטיסטיים והן בגישות של למידת מכונה, בהן המכונה לומדת את המודל מתוך הנתונים עצמם וללא הנחות מקדימות על אופי המודל (Cao, 2017). ההתפתחות המהירה של תחום מדעי הנתונים בשנים האחרונות נובעת מעלייה בכמות הנתונים הנוצרת והמיוצרת בעולם, מעלייה ביכולת האגירה וכוח המחשוב הנדרש לצורך עיבוד נתוני עתק (big data) ומשיפורים אלגוריתמיים בתחום למידת המכונה (machine learning). תחום מדעי הנתונים הפך לתחום תעסוקתי מבוקש מאוד בשנים האחרונות ובעקבות הביקוש נפתחו ברחבי העולם מאות תוכניות לימוד למדעי הנתונים (Danyluk et al., 2019). בישראל אישרה המליג' עשר תוכניות לימוד חדשות לתואר ראשון ותשע תוכניות לתואר שני ("מדעי הנתונים – התואר המבוקש ביותר בקרב המוסדות האקדמיים | המועצה להשכלה גבוהה, 2019").

### מדעי הנתונים ומדעי המחשב

מדעי הנתונים הינם מדע אינטרדיסציפלינרי ומדעי המחשב הינו אחד המדעים עליו מבוססים מדעי הנתונים. היות שכך נדרש לבחון מהם מיומנויות היסוד מתוך מדעי המחשב שנדרש ללמד כחלק מתכניות במדעי הנתונים (Danyluk et al., 2019).

### חינוך למדעי הנתונים

התפתחות תחום מדעי הנתונים מחייבת את פיתוח תחום החינוך למדעי הנתונים. בכלל זה נדרש לפתח קוריקולום, פדגוגיה ושיטות הערכה למדעי הנתונים. להלן סקירה של מספר עבודות עיקריות העוסקות בהיבטים קוריקולריים ופדגוגיים של מדעי הנתונים.

הקרן הלאומית למדעים של ארה"ב (National Science Foundation - NSF) הקימה ועדה שדנה בדרכים לקידום תחום מדעי הנתונים (Berman et al., 2016). [דוח הועדה](#) פורסם בדצמבר 2016 וכולל המלצות בתחום המחקר, החינוך, התשתיות וחדשנות. בתחום החינוך הועדה ממליצה לקרן לתמוך בפיתוח קוריקולום ופדגוגיה לתחום מדעי הנתונים ולפתח תוכניות לימוד וקורסים בהם שנתונים הם מרכז הלמידה. הועדה ממליצה לפתח קורסים הן עבור תלמידים הלומדים תואר מלא במדעי הנתונים והן עבור תלמידים אחרים, בין שאלו תלמידי Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) ובין שאלו תלמידים במקצועות אחרים.

הועדה ללימודי סמכה של המכון למתמטיקה של העיר פארק (Park City Mathematics Institute Undergraduate Faculty Group) התכנסה בקיץ 2016 על מנת לגבש הנחיות לתוכנית לימודים לתואר ראשון במדעי הנתונים (De Veaux et al., 2017). הועדה מדגישה את הקיום המנחים הבאים לבניית תוכנית במדעי

הנתונים: הכרה בכך שמדעי הנתונים הם אינטרדיסציפלינריים ושילוב נכון של תכנים מכלל הדיסציפלינות בקורסים בתוכנית; הכרה בכך שנתונים הם הליבה של התוכנית; שילוב חשיבה אנליטית סטטיסטית (מודלים) וחשובית (למידת מכונה); בניית בסיס ידע מתמטי מתאים; **גמישות מחשבתית** שתאפשר ללומדים להתמודד בעתיד עם סוגי בעיות חדשות שלא היו ידועות בזמן שלמדו. הועדה מונה את הנושאים הבאים הנדרשים בתוכנית הלימודים: **חשיבה חשובית; חשיבה סטטיסטית; חשיבה משולבת, חשובית וסטטיסטית; בסיס מתמטי; בניית מודלים והערכתם; יסודות תוכנה ואלגוריתמיקה; ניהול מידע; יכולת הצגת מידע ותובנות; אתיקה.**

הארגון Association of Computing Machinery (ACM) הקים כוח משימה שימליץ על קוריקולום במדעי המחשב לתלמידי מדעי הנתונים (Danyluk et al., 2019). **טיוטת הדוח** שפרסם כוח המשימה בינואר 2019 כולל המלצות על הידע, המיומנויות ואופי הנדרש ממדעני נתונים, בהקשר של מדעי המחשב. הרשימה כוללת את הנושאים הבאים: יסודות מדעי המחשב כולל תכנות, מבני נתונים, אלגוריתמים והנדסת תוכנה; ניהול מידע כולל איסוף, אכסון, אחזור; פרטיות, הגנה על מידה; למידת מכונה; הפקת תובנות ממידע; נתוני עתק; הצגת נתונים ותובנות.

### **בתיכון בישראל**

כיום מתקיימות בישראל מספר תוכניות פיילוט להוראת מדעי הנתונים בתיכון. המחבר שותף לתוכנית ניסיונית להוראת מדעי הנתונים לכיתה י' כחלופה ליחידת המעבדה. תוכנית זאת מתרכזת ביסודות למידת מכונה בכלל ואלגוריתמים לקלסיפיקציה בפרט. במסגרת התוכנית נלמדים לאורך השנה מספר אלגוריתמים ללמידת מכונה ופעולתם מודגמת על ידי אפליקציה של סיווג תמונות. התלמידים מבצעים פרויקט גמר הכולל יישומים שונים של סיווג תמונה כגון אבחנה בין תמרורים וכד'.

בנוסף לתוכנית זו, תפתח בשנה הבאה תוכנית נוספת המיועדת לכיתות י"א-י"ב. תוכנית זאת תמוקד בלמידה עמוקה ותדרוש רקע מתמטי נרחב יותר מהתלמידים.

יש לציין כי יוזמות אלו "מלמטה" מקבלות רוח גבית חיובית מאוד מצד הפיקוח על הוראת מדעי המחשב, המעוניין לבחון את ההצלחה של ניסויים אלו כבסיס לתוכנית תיכונית רחבה בתחום.

### **גישה כללית**

חוקרים ומדענים מציינים שיש צורך ללמד את תחום מדעי הנתונים לאוכלוסייות מגוונות, גם כאלו שלא מתמחות בו. עם זאת, אין עדיין פירוט איך לעשות זאת ומה הידע והמיומנויות הנדרשים.

התחום הדיסציפלינארי צעיר וכך גם מערכות החינוך. כיום בעולם ובארץ המיקוד הוא בתכניות תואר ראשון ותואר שני. בישראל קיים הנסיון המוזכר לעייל לפיתוח תכנית לימודים לתיכון. אין עד כה התייחסויות ממוקדות במדעי הנתונים לחינוך בגיל הצעיר.



- Berman, F., Rutenbar, R., Christensen, H., Davidson, S., Estrin, D., Franklin, M., ... Szalay, A. (2016). Final Report from the National Science Foundation Computer and. <https://doi.org/10.1126/science.1167742>
- Berman, F., Stodden, V., Szalay, A. S., Rutenbar, R., Hailpern, B., Christensen, H., ... Raghavan, P. (2018). Realizing the potential of data science. *Communications of the ACM*, 61(4), 67–72. <https://doi.org/10.1145/3188721>
- Cao, L. (2017). *Data Science : A Comprehensive Overview*, 50.(3)
- Danyluk, A., Leidig, P., Buck, S., Cassel, L., McGettrick, A., Qian, W., ... Wang, H. (2019). Computing Competencies for Undergraduate Data Science Curricula.
- De Veaux, R. D., Agarwal, M., Averett, M., Baumer, B., Bray, A., Bressoud, T., ... Ye, P. (2017). Curriculum Guidelines for Undergraduate Programs in Data Science. *Ssrn*, 1–26. <https://doi.org/10.1146/annurev-statistics-060116-053930>
- Skiena, S. S. (2017). *The Data Science Design Manual*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-55444-0>
- מדעי הנתונים – התואר המבוקש ביותר בקרב המוסדות האקדמיים | המועצה להשכלה גבוהה (2019). אוחזר מ : <https://che.org.il/מדעי-הנתונים-התואר-המבוקש-ביותר-בקר/>