



דו"ח חשיבה מחשובית

אתגרים והמלצות בעיצוב עתיד רצוי על בסיס חקר מגמות עתיד

מחקר וכתובה: קרן דביר, ד"ר איריס פינטו

מיקוד תוכן: ריבי ארצי

עריכה: שמוליק לוטטי

מרץ 2020



תוכן עניינים

2	1. מבוא
3	2. חקר מגמות, מהו?
5	2.1 מודל ה- STEEP לסריקת מגמות
7	3. מגמות מעצבות חשיבה מחשובית.....
12	4. "חשיבה חישובית" – מקור ורקע
14	5. הבנת החשיבה המחשובית ופיתוח כלים להקנייתה
14	5.1 סוגי החשיבה המוכלים בחשיבה מחשובית
14	5.2 שלבי הפעולה בחשיבה המחשובית
17	6. יישום חשיבה מחשובית במערכות החינוך
19	7. הדגמת תהליכי יישום חשיבה מחשובית
19	7.1 יישום חשיבה מחשובית במערכות חינוך בעולם
24	7.2 יישום חשיבה מחשובית על פני תחומי הדעת השונים.....
26	7.3 יצירת קורסים רב תחומיים ככלי ללמידת חשיבה מחשובית
31	8. חשיבה מחשובית כגישה לפיתרון בעיות בעולם האמיתי
35	9. כלים וסביבות למידה
35	9.1 כלי תכנות
37	9.2 כלים ללא חיבור למחשב unplugged
41	10. הכשרה ופיתוח מקצועי של מורים ליישום חשיבה מחשובית
41	10.1 אתגרי המורים
41	10.2 הכשרת פרחי הוראה
44	10.3 פיתוח מקצועי של מורים
45	11. דיון וסיכום
56	12. המלצות
58	13. ביבליוגרפיה.....



1. מבוא

האנושות ניצבת כיום מול אינספור אתגרים בכל היבט של החיים¹. התפתחויות של טכנולוגיות מתעוררות מקדמות שינויים מרחיקי לכת בהיבטים חברתיים ודמוגרפיים, כלכליים, סביבתיים ופוליטיים. העולם מתאפיין בתנדטיות, אי ודאות, מורכבות ועמימות (Volatility, - VUCA, Uncertainty, Complexity, Ambiguity), ופרטים וארגונים פועלים במציאות כאוטית, מבלבלת עתירת הפתעות ומתקשים לאסוף נתונים, לצפות, לנתח, לתכנן ולהתנהל באופן מיטבי ויעיל.

ברמה הגלובלית, שינויי אקלים מאיימים להעלות את מפלס הים ולגרום לאירועי מזג אוויר קיצוניים תכופים יותר. הוריקנים, שיטפונות, בצורת ושריפות בר פוגעים באנשים ובעלי חיים ישירות ובעקיפין. גידול בייצור אנרגיה מתחדשת כבר בפתח אך עדיין לא רואים את השפעתו. מאזן הכוחות הכלכליים משתנה לכיוון אסיה, כאשר כלכלות ענק מתהוות בסין ובהודו. והגלובליזציה מביאה אתגרים כמו: צריכה הולכת וגוברת, שימוש גובר במשאבים מתכלים ועבור חלק ניכר מהאוכלוסייה, תחושה של הישארות מאחור. לחינוך תפקיד חשוב בציוד התלמידים בכישורים הדרושים בכדי להצליח בעתיד הגלובלי, אך הוא אינו יכול לפעול לבדו.

ברמה הטכנולוגית, דיגיטציה שינתה את חיינו לחלוטין, כאשר כל שינוי משפיע במספר היבטים לעיתים מנוגדים. אנו חיים בעולם אינדיבידואליסטי יותר, המתאפיין בירידת תחושת השייכות לקהילה, חילוניות או דתית או למקום העבודה. מאידך, עליית הקישוריות הדיגיטלית מציעה תחושת שייכות שונה כך שיתכן שתחושת השייכות משנה פניה אך לא בהכרח נעלמת. שווקים דיגיטליים מקלים על קונים ומוכרים להתכנס בין זמן ומרחב ורשתות חברתיות מספקות מרחבים לביטוי ויצירתיות פרטניים וקולקטיביים תוך מתן אפשרות לתקשר עם העולם הרחב. לצד התפתחות קטגוריות עבודה חדשות, דוגמת ניהול מדיה חברתית, גורמת האוטומציה למשרות אחרות להיות פחות רלבנטיות. ובהיבט חברתי, למרות שדיגיטציה יכולה לסייע בטיפול ברבים מהסיכונים הקשורים לשבריריות ותלות מוגברת בחברות המזדקנות, היא גם פותחת איומים חדשים, כמו הונאות אינטרנט המכוונות במיוחד לקשישים.

ברמה האישית, חלק ניכר מאוכלוסיית העולם נהנית מזה זמן מתרופות יעילות יותר. אולם עמידות גוברת של זיהומים רבים לתרופות נפוצות לצד מגפות, מעלות את האיום על בריאותנו. במקביל, פחות תרופות אנטיביוטיות חדשות מקבלות אישור רגולטורי, מה שמגביל את הסיכויים לטיפולם חדשים והחלפת תרופות קיימות שאינן יעילות. עבור מערכות חינוך זה מעלה שאלות חשובות: איזה תפקיד על בתי ספר למלא בקידום התנהגות בריאה? האם יש לאפשר לילדים ללכת לגן או לבית הספר אם אין להם חיסונים עדכניים? האם יש פתרון בין בחירה אישית לביטחון בריאותי טוב יותר לחברה?

במציאות זו, הצורך לקדם חינוך טוב יותר, עולה ביתר שאת, מאחר וההבנה הגורפת היא שרק **בכוח החינוך ניתן לענות לאתגרים ולגשר על הפערים המתרחבים כדי להפוך את העולם לטוב יותר**. אך בעולם משתנה בקצב מואץ, חינוך אינו יכול להסתמך על תבניות עבר כדי להתכונן

¹ The future of education is now <https://oecdutoday.com/the-future-of-education-is-now/>



לעתיד, אלא עליו לעסוק בחקר מגמות. כדי לזהות השלכות, אתגרים והזדמנויות נגזרות על מנת לעצב עתיד רצוי מיטבי על בסיס מדיניות אחראית, אשר תשכיל לזהות התפתחויות עתידיות ותקדם הזדמנויות בהווה ללמידה, תכנון והכנה לקראתן.

חלקו הראשון של המסמך (פרקים שני ושלישי) יעסוק בחקר מגמות, החל מהסבר כללי, המשך בסקירה וכלה בזיהוי המגמות הרלבנטיות במיוחד לחשיבה מחשובית. פרקים ארבע עד עשר יציגו את ההיגיון של מודל הרכיבים המשמעותיים לפיתוח חשיבה מחשובית במערכות חינוך (איור 1). בהתאם לפירוט הבא: הפרקים הרביעי והחמישי יעסקו במקור החשיבה המחשובית ובהבנת רכיביה, השישי יבחן את נושא פיתוח מדיניות ויישום החשיבה המחשובית במערכות חינוך. הפרק השביעי יסקור בקצרה את דרכי הוראת ולמידת החשיבה המחשובית בתחומי ידע שונים. השמיני והתשיעי יעסקו בדרכי פיתוח כלים להוראה ולמידה (כלי תכנות וכלים ללא חיבור למחשב, unplugged). והפרק העשירי יעסוק במורים, הידע הנדרש, ההכשרה והאתגרים העומדים בפניהם בהטמעת חשיבה מחשובית בכיתות. הפרק האחד-עשר יסכם את הנאמר ויציע המלצות פרקטיות לעיצוב מערכת חינוך, בה חשיבה מחשובית היא הנורמה.

2. חקר מגמות, מהו?

המילה "מגמה" (trend)² משמעה "כיוון כללי של שינויים או התפתחויות" וביתר פירוט כ"התפתחות כללית או שינוי במצב או באופן בו אנשים מתנהגים". העתידן הורקס³ (Horx) מגדיר מגמות כ"גורמי שינוי חברתיים המקננים בקוד המקור של עולמנו ומשנים רצונות, הרגלים, שווקים ומוסדות". לדבריו, כדי שנוכל להסתכל קדימה, יש תחילה להבין את השינויים בהווה באמצעות זיהוי, תיעוד ומתן שם למגמות.

חקר מגמות תופס בשנים האחרונות מקום של כבוד בשיח הציבורי ומהווה חלק משמעותי ממדעי העתיד. הוא עדיין אינו נתפס כתחום מדעי בעולם⁴, אך הגדרת מגמות ושיח עליהן, מקדמים יכולת הכרה בשינוי ומפתחים במוח האנושי חללים סמנטיים (מרחבי משמעות במוח במונחי שפה). חקר מגמות, מאפשר סובייקטיביות וטכניקות נרטיביות, אך הוא גם מוטה בקלות, על ידי אינטרס עצמי, משאלת לב, והטיות קוגניטיביות.

הבעיה המתודולוגית העיקרית של חקר מגמות נובעת מחוסר היכולת למדוד מגמות במונחי השפעה, חשיבות, רלוונטיות ועוד. כדי להתמודד עם מורכבות זו הוגדרו מאפיינים אחדים ל"מגמות על" (Megatrends), ואלו הם:

- **טווח ארוך** – רלבנטיות לפחות למאה שנה וחלקן עשויות להיות נצחיות (מטא מגמות);
- **עמידות וחוסן** – אין להן נקודות שבר משמעותיות, גם אם קיימות נסיגות לפרקים;

² מילון אוקספורד

³ <https://www.horx.com/en/biography/>

⁴ <https://www.horx.com/en/futurism-today/understanding-the-future/>



- **בכל מקום** – אינן מוגבלות לאזור או ענף מסוים אלא משנות כל חלק של התרבות האנושית (מכלכלות לערכים);
- **התפתחות הדרגתית מתונה** - גידול קבוע - אחוז אחד בשנה. לדוגמא: גידול של אחוז אחד בשנה בהכנסת נשים ברחבי העולם (מגמה – פיתוח נשים); גידול באחוז אחד יותר של קילומטרים בטיסות בעולם (מגמה - ניידות).

כדי להבין את הלוגיקה הלא-לינארית של הכללים הבסיסיים בהם העולם משתנה התפתחה **העתידנות ההוליסטית**, שיטה העוזרת להבין את העולם כ**מערכת מורכבת מסתגלת**. זו טכניקה מנטלית המאפשרת "להביט אחורה קדימה ולראות את ההווה בעיניים של העתיד". אין הכוונה שכל אירוע או תוצאה צפויים מראש, אלא הבנה שגם בסביבות מורכבות וכאוטיות לכאורה קיימים כללים, הסתברויות וכיוונים לפיהם המערכת צפויה להתפתח. והמוח המאומן יכול להבין ולפענח אותם.

עתידנות הוליסטית מנסה לצמצם טעויות והטיות של חיזוי באמצעות הפניה לדיסציפלינות חדשות של מדע, כמו: **תאוריית ההסתברות** ומדע הסיכויים והסיכויים. **תורת המערכות**, המבוססת על מערכות קישוריות המפתחות כללים, על פי דפוסים מסוימים. **תורת המשחקים**, מבוססת סימולציות צבאיות במלחמה הקרה אשר יצרה את מערכות הניבוי החזקות ביותר במונחי התנהגות אנושית. **וכלכלה חברתית** המכלילה את הפסיכולוגיה הקוגניטיבית ומאגרי ענק (Big Data) במודלים כלכליים. **תיאוריית האבולוציה**, אשר דפוסיה הם: **שינוי, מוטציה, בחירה** המאפשרת בשילוב חוקים של תיאוריית המערכת זיהוי ומדידה של קשרים סותרים ו/או סימביוטיים בין התרבות האנושית לבין הטכנולוגיה. **והעתידנות החדשה** (Neurofuturism), הנעזרת ביכולות המוח האנושי כ"מכונת חיזוי", מאחר והאבולוציה מבטיחה מוכנות לסכנות כמו לסיכויים.

ויש הטוענים (Church & Burke, 2017) שמגמות הן כלל לא התפתחויות קונקרטיות, אלא **משנות כוחות בעלות השפעה על ההתפתחויות סביבן**. לא פרוגנוזות (מנבאות) אלא אבחנות המשפיעות זו על זו וגדלות באופן אבולוציוני. ארבע המגמות המובילות כיום בעולם העבודה ומשליכות על השינויים באופי העבודה, הנתונים והדינמיקה של כוח העבודה, הן⁵:



תחום החינוך ככל תחום בחיינו מושפע ממגמות עולמיות ישירות ובעקיפין. כדי שהחינוך יהיה רלבנטי בעולם מורכב ועמום, יש להתאימו למציאות המשתנה, בכל היבט: סביבות למידה פורמאליות ובלתי פורמליות, תוכן חינוכי ופרקטיקות הוראה ועוד, ולא רק בכל הקשור לחינוך בסיסי אלא גם בהתייחס ללמידה לאורך החיים.

⁵ Church, A. & Burke, W. (2017). Four Trends Shaping the Future of Organizations and Organization Development. OD Practitioner. 49. 14-22.



2.1 מודל ה-STEER לסריקת מגמות

אנו חיים כיום בעולם תנודתי, אי-וודאי, מורכב ועמום, המכונה VUCA World⁶, (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity). המושג פותח בהקשרים צבאיים בצבא האמריקאי, אך אומץ אל תוך השיח הניהולי לנוכח עליית מורכבות האתגרים הארגוניים בעידן הפוסט מודרני והניסיון לפתח כלים ניהוליים להתמודד עם מורכבות זו. במציאות זו גורמים⁷ חברתיים, טכנולוגיים, כלכליים, סביבתיים ופוליטיים מהווים את הסביבה החיצונית של הארגון ומשפיעים ישירות על יכולת קבלת ההחלטות ומידת החופש של הארגון.

בעתות אלו של חוסר ודאות, עומס מידע וחוסר ארגון, זוהה ה-STEER ככלי בעזרתו ניתן לקבל תובנות מהעבר וההווה לצד תחזיות לגבי העתיד וההתפתחויות בסביבה החיצונית. הכלי מציע גישה ניתוחית-עסקית ברמת המקור⁸, של הגורמים החיצוניים שהם: חברתי (Social), טכנולוגי (Technological), כלכלי (Economic), סביבתי (Environmental), ופוליטי (Political). צירופים מוכרים נוספים, הם: STEEPLE, LEPEST, PEST, PESTEL, PESTLE, STEPJE (כאשר L = Legal ; E = Ethics – E ; Legal =

תהליך הניתוח מאפשר הערכה של המצב וחיזוי העתיד בהתבסס על זיהוי הזדמנויות ו/או סיכונים פוטנציאליים, העשויים בסביבות גבוהה להשליך על עתיד הארגון. באופן מובן שקיימים ממשקים, חפיפה ויחסי גומלין בין הגורמים השונים. מקובל להוסיף לתהליך גם ניתוח SWOT⁹, המספק ניתוח משלים של גורמים פנימיים.

גורמים חברתיים כוללים היבטים תרבותיים ודמוגרפיים של סביבת המאקרו החיצונית, ומשפיעים על צרכי הלקוחות ועל גודל השווקים. לדוגמא: דת, סגנונות חיים, ערכים, תודעה בריאותית, דמוגרפיה וקצב גידול אוכלוסין, גילאים, קריירה, ובטיחות, התנהגות הצרכן ופרסום.

גורמים טכנולוגיים יכולים להסיר או להפחית מחסומים לערך, והם הכוח המשמעותי ביותר התורם לשינויים חיצוניים ופנימיים. ההיבט הטכנולוגי של ניתוח STEER מתמקד מאוד בהתקדמות טכנולוגית, כאשר חלק מהגורמים שבמיקוד הם: פעילות מחקר ופיתוח, אוטומציה, תמריצים טכנולוגיים ושיעור השינוי הטכנולוגי, חדשנות, תקשורת, אנרגיה, תחבורה, תקנות פטנט ומחזור החיים של מוצרים.

גורמים כלכליים קשורים מאוד עם עמדת הקנייה של הצרכנים, ומשפיעים על כוח הקנייה של הלקוחות הפוטנציאליים ועל עלות ההון של החברה. לדוגמא: צמיחה כלכלית, שיעורי ריבית, שערי חליפין, שיעור אינפלציה, סחר בינלאומי, מסים, חסכון, סובסידיות, זמינות מקומות עבודה, יזמות וגורמים חברתיים.

⁶ <https://doalogue.co.il/wiki/VUCA>

⁷ <http://www.businessdictionary.com/definition/STEER.html>

⁸ <https://pestanalysis.com/what-is-steep-analysis/>

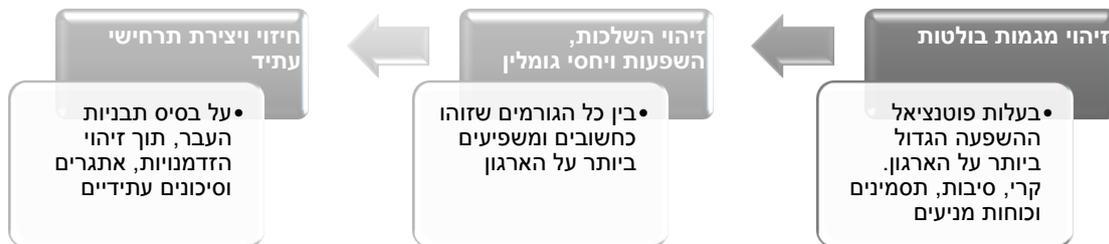
⁹ <https://he.wikipedia.org/wiki/SWOT>



גורמים סביבתיים מעריכים איזה סוג של השפעה יש לחברה על הסביבה, שלילית או חיובית. התפתחויות סביבתיות כרוכות בהכרח בגורמים אקולוגיים שיש לקחת בחשבון, כמו: מים, רוח אדמה, מזון, אנרגיה, זיהום ותקנות סביבתיות.

גורמים פוליטיים כוללים תקנות ממשלתיות ונושאים משפטיים. הם מגדירים את הכללים הפורמליים והאי-פורמליים שעל כל חברה לעמוד בהם ומשפיעים מאוד על יחידים וארגונים. התפתחויות פוליטיות משפיעות ישירות על תחומים חברתיים, כלכליים וסביבתיים באמצעות תקנות לגבי איכות הסביבה, הגבלים עסקיים, שווקים פיננסיים ומסחר. חוקים תורמים ליציבות פוליטית באמצעות תקנות למונופולים, מדיניות מס, תקנות מחיר הגנת הצרכן, השיפוט ואיגודים מקצועיים, בריאות ובטיחות העובדים. גורמים אתיים ביחס לערכים חברתיים, שולטים בהתנהגות עסקית.

ניתוח ה-STEER כולל:



המגמות הבולטות כיום מערבות בתוכן היבטים שונים של ה-STEER, וקיימת חפיפה רבה בין הגורמים השונים. המגמות שבהמשך מוקמו תחת הגורם שנתפס כמשמעותי יותר בכל הקשור להשלכות המגמה, וככאלו אשר הינן בעלות פוטנציאל להשפעה על עולם החינוך.

לחינוך יש תפקיד בהכנת החברות שלנו למציאות המשתנה. קיימים יחסי גומלין מחזוריים בין מגמות עולמיות וחינוך. המגמות משפיעות על עתיד החינוך, והחינוך מצידו משפיע חזרה על המגמות, החל בילדות המוקדמת ועד למידה לאורך החיים.

אך חיבור החינוך למגמות אינו פשוט. העתיד הוא מטבעו אינו צפוי, מאחר והוא בתהליך בלתי פוסק של היווצרות. חשיבה אסטרטגית ארוכת טווח בחינוך צריכה לשקול את מערכת המגמות ואת הדרכים האפשריות שהן עשויות להתפתח בעתיד, כדי לזהות את האתגרים העומדים בפני החינוך. זאת כדי לסייע לחינוך לתמוך באנשים כדי להתפתח כבני אנוש, אזרחים ואנשי מקצוע.

בעולם מורכב ומשתנה במהירות, הדבר עשוי לחייב ארגון מחדש של סביבות למידה פורמאליות ובלתי פורמליות, ועיצוב מחדש של תוכן חינוכי והוראה. כאמור, בעולם מזדקן, שינויים אלה עשויים לחול לא רק על חינוך בסיסי אלא גם על למידה לאורך החיים.



3. מגמות מעצבות חשיבה מחשובית בחינוך

ההתפתחויות הטכנולוגיות הינן בעלות ההשפעה המשמעותית ביותר על עיצוב החשיבה המחשובית. טכנולוגיה מוגדרת¹⁰ כ"פעילות אנושית המשנה את הסביבה הטבעית כדי להתאימה לצרכים האנושיים, תוך שימוש במידע וידע, ומגוון מקורות טבעיים (חומרים, אנרגיה) ותרבותיים (כסף, יחסים חברתיים וכד')". טכנולוגיה שונה בהגדרתה משאר היבטי ה- STEEP, מאחר ומעבר לכך שהיא עומדת בפני עצמה, היא גם נמצאת בבסיס כל שינוי מהותי בחיים בכל שאר היבטי ה- STEEP.

מגמות טכנולוגיות יוצרות את ההפרעות וההזדמנויות הגדולות ביותר עבור האנושות, והן באות לידי ביטוי בשלושה היבטים: תשתיות, יישומים ומגמות נגזרות שאינן בהכרח טכנולוגיות. מגמת השילוב של משאבים אנושיים וטכנולוגיים יוצרת **חיבוריות**¹¹ (Connectivity) **בין אנשים לבין עצמם, בין אנשים ומכונות ובין מכונות לבין עצמן** ומאפשרת קשר ושיתוף ידע בין כולם לכולם ללא תלות בזמן או מקום. החיבוריות התפתחה עם עליית האינטרנט, בנויה על עקרונות Web 2.0, ומקדמת פתיחות ושקיפות באמצעות **העצמות המשתמש**, המעורב בייצור תוכן וזרימת מידע ברשת. חיבוריות ושיתופי פעולה נשענים כיום על תשתיות של מדיה דיגיטלית ורשתות חברתיות כמו טוויטר, יוטיוב, פייסבוק, וויקי, גוגל דוקס ועוד, המזמינות אינטראקציה ושיתופי פעולה בדרכים שלא היו אפשריות בעבר. שיפור מתמיד של ציוד, תוכנה, מהירות וגישה תורם לשיפור מתמשך של התשתיות וכנגזרת להעצמת החיבוריות.

מגמות בחיבוריות ושיתופי פעולה משפיעות ישירות ובעקיפין על המשולש "אדם-טכנולוגיה-מכונה", ויחסי הגומלין המורכבים ומגוון הממשקים בין שלוש הישויות הללו תורמים כמכלול לשינוי תפיסות לגבי למידה והוראה הן בבתי הספר והן במרחבי למידה חדשניים ולא מוכרים. לדוגמא, **"למידה" כבר אינה מייחדת אנשים בלבד**¹² ויותר אנשים מתחרים ו/או נעזרים במכונות כאשר הם נדרשים לתובנות חדשות. **למידת מכונה**¹³ (Machine Learning) המכונה גם **למידה חישובית** (בה המחשב הוא הלומד, בניגוד ללמידה ממוחשבת, בה המחשב משמש כעזר למידה) היא תת-תחום במדעי המחשב ובינה מלאכותית. היא עוסקת בפיתוח אלגוריתמים המאפרים למחשב ללמוד מדוגמאות, ולפעול במגוון משימות חישוביות בהן התכנות הקלאסי אינו אפשרי¹⁴. או ביתר פשטות, **לפתח יכולות למידה והבנה של המכונה**, על מנת שתציע יכולות ניתוח מידע מתקדם ותשחרר את אנשי הטכנולוגיה מהחשיבה הלוקאלית המוגבלת שלהם. מכונות לומדות מציעות תובנות חדשות, סיוע בכל תחום וזיהוי מוקדם של בעיות שנדרש להן פתרון מהיר. אך כדי ליהנות מההתפתחויות הטכנולוגיות הללו, יש לפתח מיומנויות חדשות ובראשן יכולת דיגיטלית.

¹⁰ de Vries, M. J. (1996). *Teaching about technology: An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers*. Dordrecht: Springer.

¹¹ [https://en.wikipedia.org/wiki/Connectivity_\(media\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Connectivity_(media))

¹² European Commission, 10 TRENDS TRANSFORMING EDUCATION AS WE KNOW IT

¹³ ויקיפדיה

https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%9C%D7%9E%D7%99%D7%93%D7%AA_%D7%9E%D7%9B%D7%95%D7%A0%D7%94

¹⁴ <https://machinelearning.co.il/26/101-machine-learning/>



החיבוריות בין אדם למכונה מעצימה את היכולות האנושיות וההערכה הרווחת כיום היא שבינה מלאכותית לדוגמא, אינה מיועדת להחליף עבודה אנושית אלא להעצים אותה. חיבוריות מקדמת מגמות של **רב-התנסות**¹⁵ (multiexperience), כלומר, יכולת לייצר, בו זמנית, מגוון ממשקים רב-חושיים ונקודות מגע בין אדם ומכונה, באמצעות חיישנים לבישים ומתקדמים. ומגמות של **היפר אוטומציה** העושה שימוש בטכנולוגיה לשם העצמת החוויות הקוגניטיביות והפיזיות של האדם. מאידך, העובדה שמכונות לומדות ומקבלות על עצמן משימות מורכבות יותר ויותר, מציבה בני אדם בתחרות מול רובוטים, ולא רק במשימות שגרתיות ועבודות הדורשות מיומנויות נמוכות. לכן, **מערכת החינוך נדרשת לחזור ולהתמקד במיומנויות שהיו מרכזיות בהצלחת המין האנושי מלכתחילה**: יצירתיות, פתרון בעיות, משא ומתן, יכולת הסתגלות, חשיבה ביקורתית, עבודה משותפת, אמפתיה ורגשות, וכישורים בין-תרבותיים.

חשיבה מחשובית או חישובית (Computational Thinking) **מציעה גישה שיטתית לפתרון בעיות** בתחומי ידע רבים ולא רק במדעי המחשב, מיומנות חיונית לכל אדם באשר הוא אדם, לשם פיתוח אישי או מקצועי. פיתוח מיומנות של חשיבה מחשובית הכרחית עבור תלמידים ומחנכים כאחד¹⁶. יותר מ-65% מהתלמידים כיום, עתידים לעבוד בעבודות שעדיין אינן קיימות, לאור זאת תפקידה של מערכת החינוך לפתח בקרבם מיומנויות מובילות אשר יבטיחו את יכולתם לשגשג בכל היבט במציאות המשתנה. מורים מצידם, חייבים לפתח מיומנות זו לא רק על מנת שיוכלו להכין את התלמידים לעתיד שבפתח, אלא גם מאחר והם עצמם נדרשים למיומנות שיטתית לפתרון בעיות, על מנת שלא יוותרו מאחור שעה שתפקיד המורה משנה את פניו¹⁷. התפיסה הרואה במורים טכנאים השואפים להשיג את יעדי החינוך שקבעה תוכנית הלימודים, מפנה מקומה לתפיסה של מורים כמומחים בתחום האמנות והמדע של ההוראה. מבעד לעדשה זו, **חדשנות בהוראה הופכת לתהליך של פתרון בעיות**, העולה מהצורך להתמודד כל העת עם שינויים יומיומיים בכיתות המשתנות ללא הרף. חדשנות בהוראה אינה תוסף המיושם על ידי חלק מהמורים בחלק מבתי הספר, אלא היא תהליך פתרון בעיות המושרש במקצועיותם של המורים.

חשיבה מחשובית מהווה את אחת מששת האשכולות של פדגוגיות חדשניות¹⁸: **למידה מעורבת, חשיבה חישובית, למידה חווייתית, למידה מגולמת, רב אוריינות והוראה מבוססת דיון ומשחוק**. אשכולות אלו מאפשרים למורים התמודדות טובה יותר עם אתגרים חינוכיים עכשוויים ומשפרות את יכולותיהם המקצועיות. תחת ששת האשכולות קובצו יחדיו מאות גישות חדשניות ופרקטיקות חדשות המבטיחות כיום את נוף החדשנות, כאשר כל אשכול מבוסס על תיאוריות למידה שונות. ולהלן ששת האשכולות בקצרה¹⁹:

¹⁵ Gartner's Top 10 Technology Trends For 2020 That Will Shape the Future <https://www.crn.com/slide-shows/virtualization/gartner-s-top-10-technology-trends-for-2020-that-will-shape-the-future>

¹⁶ <https://www.iste.org/learn/iste-u/computational-thinking>

¹⁷ Alejandro Paniagua and David Istance (2018). *Teachers as Designers of Learning Environments*. THE IMPORTANCE OF INNOVATIVE PEDAGOGIES. OECD <https://doi.org/10.1787/9789264085374-en>.

¹⁸ שם

¹⁹ שם



למידה מעורבת (Blended Learning) המחשבת מחדש שגרות שנקבעו כדי להשיג יותר מההוראה. גישה פדגוגית המשלבת את תהליך הלמידה וההוראה כדי לקדם הבנה מותאמת לומד ומבוססת בעיקר על משאבי למידה דיגיטלית. מטרתה לעורר יותר וקוהרנטיות יותר עבור הלומדים ולשחרר מורים מתרגול שגתי לטובת פעילויות כיתתיות אינטראקטיביות ואינטנסיביות. קיימות שלוש צורות עיקריות בתוך אשכול פדגוגיות זה (ההגדרות מ - Teachers as Designers of Learning Environments²⁰)

עירוב 'בכיתה' (In-Class Blending)	מודל מבוסס מעבדה (The lab-based model)	כיתה הפוכה
<ul style="list-style-type: none"> • תלמידים בודדים עוקבים אחר לוח זמנים מותאם אישית הכולל הוראה מקוונת והדרכה פנים אל פנים. 	<ul style="list-style-type: none"> • תלמידים מחלקים זמנם בין מעבדת בית ספר לכיתה עם יישום תוכן באמצעות אינטראקציות פנים אל פנים עם מורים. 	<ul style="list-style-type: none"> • תלמידים לומדים את החומר תחילה ורק בהמשך בעזרת המורה מתרגלים, מבהירים ומעמיקים את ההבנה.

למידה מעורבת דורשת חשיבה מחודשת ביחס לתפקידי מורים ותלמידים ונכונות להתאים את ההוראה לחדשנות, מעורבות מקצועית והסתמכות על משאבים דיגיטליים. ההנחה היא שלמורים יש את הידע הכישורים והמיומנות הנדרשים ללמידה זו.

חשיבה חישובית – מפתחת פתרונות לבעיות בהסתמך על מדעי המחשב, מסתכלת על בעיות בדרכים שמחשבים עושים ואז משתמשת בתהליך כדי לפתור את הבעיות האלה. הטכניקות שלה כוללות פתרונות משוערים, עיבוד מקביל, בדיקת מודלים, איתור באגים ואסטרטגיות חיפוש (בהרחבה בהמשך).

למידה חווייתית - מתרחשת באמצעות התנסות פעילה, בירור והרהור. הגישה מערבת תוכן ותהליך; מצמצמת הדרכה, מקדמת מעורבות, מאפשרת ליצור קשרים בין למידה לסביבה הרחבה יותר; ומייצר תובנות מניסיון. ארבעת המרכיבים העיקריים שלה הם:

<ul style="list-style-type: none"> • ניסויים פעילים 	<ul style="list-style-type: none"> • המשגה מופשטת 	<ul style="list-style-type: none"> • התבוננות רפלקטיבית 	<ul style="list-style-type: none"> • חוויה קונקרטית
<ul style="list-style-type: none"> □ הפעלת הלמידה באופן רלוונטי לתלמיד. 	<ul style="list-style-type: none"> □ הבנת חוויות והרהורים ובניית רעיונות מופשטים. 	<ul style="list-style-type: none"> □ נעה בין השערות וערכים ומתייחסת לרעיונות סותרים. 	<ul style="list-style-type: none"> □ של משימה בעלת פוטנציאל לשבש הבנה קיימת בקרב הלומדים.

אשכול זה כולל למידה מבוססת חקירה ולמידת שירות, חינוך לפיתוח בר-קיימא ולמידה בחוץ.

למידה מגולמת (Embodied learning) - מחברת בין הגופני, האמנותי, הרגשי והחברתי ודורשת שינוי משמעותי במערכות חינוך מסורתיות מבוססות חשיבה מופשטת, רכישת תוכן אינדיבידואלית ופסיבית. פדגוגיות מגולמות מפתחות שתי נטיות טבעיות של צעירים, יצירתיות

²⁰ <https://doi.org/10.1787/9789264085374-en>



וביטוי, ומשתמשות בחוויות יצירתיות ומעורבות אקטיבית של תלמידים לקידום רכישת ידע. קיימות שלוש גישות עיקריות:

תרבות יצרנית	למידה משולבת אומנויות	תרבות גופנית מבוססת בית ספר
<ul style="list-style-type: none"> התעסקות ובניית כלים וחפצים. 	<ul style="list-style-type: none"> קידום מעורבות התלמידים באמצעות חיבור אמנויות לנושאים אחרים. 	<ul style="list-style-type: none"> התמקדות בתפקיד החינוך הגופני כמשאב מקיף לשיפור התכונות האישיות וכישורי החשיבה.

למידה זו מתאימה במיוחד לפיתוח סקרנות, רגישות וריבוי פרספקטיבות, נטילת סיכונים וחשיבה מטפורית וכישורים מט-קוגניטיביים וביצועיים אחרים המטפחים הישגי לומד, כמו כן למידה זו מפתחת מיומנויות חברתיות-רגשיות כמו סוגיות מגדריות ומגוון.

רב אוריינות והוראה מבוססת דיון (Multiliteracies and discussion-based teaching) - נועדו לפתח מרחב תרבותי ויכולות ביקורתיות ומתייחסים למגוון פרקטיקות ועקרונות ולא לגישה פדגוגית אחת. אוריינות היא לב לבה של הלמידה ואוריינות ביקורתית ממקמת ידע בהקשר פוליטי, תרבותי של המבקר, ומפרקת נרטיבים באמצעות דיון ושיתוף פעולה. דיון בכיתה הוא בעל ערך, לא משנה מה הגישה הפדגוגית, אך הוא משמעותי ומרכזי במיוחד בעת חקר רעיונות שהתקבלו תוך נטרול מרכזיותה של השפה הדומיננטית. ארבעת העקרונות העיקריים של אשכול פדגוגי זה הם:

תרגול טרנספורמטיבי	מסגור ביקורתי	התערבויות מורים אקטיביות	תרגול ממוקם (Situating practice)
<ul style="list-style-type: none"> מעודד תלמידים להרחיב למידה למגוון מצבים והקשרים תרבותיים. 	<ul style="list-style-type: none"> מעודד ביקורת בונה ומרחק ממה שנלמד, הניתנת ליישום והרחבה בידי הלומדים. 	<ul style="list-style-type: none"> יוצרות פיגומי למידה באמצעות שיתופי פעולה בין מורים ללומדים במשימות מורכבות. 	<ul style="list-style-type: none"> משתמש בחוויות חיים של לומדים כדי ליצור פעילויות כיתתיות משמעותיות.

גישה פדגוגית זו יעילה כאשר מורים מכירים את חייהם והאינטרסים של התלמידים, קהילותיהם והכוחות הסביבתיים הרחבים המשפיעים עליהם. על מורים לאפשר ללומדים לקבל משוב במהלך משימות מורכבות ולהיות מיומנים בטכניקות דיון.

משחוק (Gamification) - מתבסס על האופן בו משחקים מושכים תלמידים ומקלים על הלמידה. משחוק תופס מקום חשוב בתהליך של לימוד, תומך ברווחה אינטלקטואלית, רגשית וחברתית, ומפתח חוויות למידה פוטנציאליות, מונעות מוטיבציה עצמית ועניין. משחקי חינוך לובשים צורות שונות, קיים גרעין פדגוגי מובהק בליבת המשחוק ויתרונות חשובים לסביבות משחק בהקשר של מעורבות ושלומות. המרכיבים הפדגוגיים העיקריים במשחוק כוללים:



אלמנטים מכניים	אלמנטים רגשיים
<p>• משוב מהיר, תגים ומטרות, השתתפות ואתגר פרוגרסיבי</p>	<p>• נרטיבים וזהויות, שיתוף פעולה ותחרות.</p>

משחוק תומך בלמידה במגוון נושאים, כמו מדע, מתמטיקה, שפות, חינוך גופני, היסטוריה, ואמנות ועיצוב. הוא מטפח למידה, שיתוף פעולה, חקר ויצירתיות בפיקוח עצמי, מלמד את הלומדים כללים מורכבים, מכיר להם עולמות לא מוכרים, ומעסיק אותם במשימות הגיון לא ידועות. האתגר המרכזי הוא לנצל את המבנה הפדגוגי תוך שמירה על אלמנט המשחק.

התפתחות החשיבה המחשובית נתמכת גם בהיבטים נוספים פרט להיבט הטכנולוגי:

ההיבט חברתי - הגבולות המטשטשים בין ווירטואלי למציאות תומכים בחשיבה חישובית. האינטרנט הפך פעילויות נפוצות שבעבר דרשו קשר גופני או אינטראקציה חברתית לקשר מקוון, החל משיחה עם משפחה וחברים וכלה בהתייעצות עם רופא. הדיגיטלי הופך לחלק בלתי נפרד מהמציאות הפיזית שלנו ופעילות מקוונת מתורגמת לרוב לתוצאות לא מקוונות, כמו הזמנת מונית, אוכל לקחת או לינה. בנוסף, פעילות מקוונת גם מאפשרת ליצור ערך חדש לנכסים (דוגמת Airbnb).

ההיבט הכלכלי – הרחבת חלקן של המכונות בביצוע משימות העבודה יוצר ביקוש למיומנויות חדשות. חלוקת העבודה בין בני אדם, אלגוריתמים ומכונות משתנה במהירות. כיום, במשרות קיימות רוב שעות המשימה, מבוצעות על ידי בני אדם. בקרוב צפוי הממוצע להשתנות ושעות משימת אדם יצטמצמו ויעברו למכונות או אלגוריתמים. הדבר משליך ישירות על ביקוש למיומנויות כמו: חשיבה אנליטית, למידה אקטיבית וכשירות טכנולוגית כלשהי. מאידך, כישורי "אנוש" כמו יצירתיות, מקוריות ויוזמה, חשיבה ביקורתית, שכנוע ומשא ומתן, כמו גם תשומת לב לפרטים, עמידות, גמישות ופתרון בעיות מורכב, אינטליגנציה רגשית, מנהיגות והשפעה חברתית, ישמרו או יגדילו את ערכם. בנוסף, נתונים חדשים²¹, מורים כי המיומנות הדרושות למקצועות העתיד משלבים גורמים "דיגיטליים" ו"אנושיים" לצד יכולת לאמץ טכנולוגיות חדשות. **מקצועות מתעוררים, מספקים הזדמנויות חדשות לתעסוקה** וכדי להכין את הלומדים לעבוד במקצועות המתעוררים נדרשת מערכת החינוך להתמקד ביתר שאת במיומנויות, גישות וערכים וללמוד בעצמה כיצד מכשירים את הלומדים למקצועות שעדיין לא קיימים.

חשיבה מחשובית כתומכת פתרונות מעצבי עתיד רצוי:

ההיבט הסביבתי – קיימות מגמות סביבתיות המציעות פתרונות להתמודדות עם אתגרים סביבתיים. חשיבה מחשובית עשויה לתרום רבות לתהליך פתרון הבעיות בתחומים שעדיין לא נמצא להם פתרון הולם, כמו: **התחממות גלובלית, צמצום המגוון הביולוגי, התגברות זיהום האוויר, עלייה בזיהום המים ועלייה בצריכה של משקי הבית הפרטיים** התורמת לעלייה בזיהום העולמי.

²¹ Jobs of Tomorrow Mapping Opportunity in the New Economy
http://www3.weforum.org/docs/WEF_Jobs_of_Tomorrow_2020.pdf



בהיבט הפוליטי – חשיבת מחשובית עשויה לתרום לפיתוח פתרונות להתמודדות עם בעיות דוגמת, עליית כוחה של המדיה המזויפת והשפעתה הגוברת של המדיה החברתית על החלטות פוליטיות.

לאור הנאמר, ניתן לזהות שפיתוח חשיבה מחשובית כחלק מתפיסה כוללת של קידום פדגוגיות חדשניות, נתמכת במגמות עולמיות מובהקות מחד, ומאידך עשויה לתרום לפיתוח עתיד רצוי באמצעות מתן מענים ופתרונות איכותיים בעל בסיס חשיבה שונה וחדשנית.

4. "חשיבה חישובית" – מקור ורקע

"חשיבה מחשובית" (או חישובית) הוא מושג שהוכנס לעולם לימודי המחשב כבר בשנות התשעים של המאה הקודמת, אך מקור הדיון הנוכחי בהמשגה של ווינג (Wing 2006) שאפיינה את החשיבה המחשובית בכך שהיא "כרוכה בפתרון בעיות, תכנון מערכות והבנת התנהגות אנושית, על ידי שימוש במושגים היסודיים למדעי המחשב". היא הדגישה כי חשיבה מחשובית אינה מתייחסת לאפשרות לחשוב כמו מחשב אלא לאופן בו בני אדם פותרים בעיות באופן שניתן להפעיל עם מחשבים ומחוצה להם.

מאותה נקודה ואילך חוקרים ואנשי חינוך הצהירו כי המדעים המדויקים ומדעי הרוח והחברה מושפעים גם הם מהחשיבה המחשובית מאחר שמושגי המחשובית מספקים שפה חדשה לתיאור השערות ותאוריות בתחומי עניין אלה. ווינג עצמה חיזקה טענה זו באמירתה כי המהות והמפתח של חשיבה מחשובית הוא הפשטה באופן מורכב יותר מאשר במתמטיקה. וכי כאשר מעוניינים לבנות מודל חישובי המכיל את כל המאפיינים הנראים בסביבה האמיתית, לא ניתן ליהנות מ"התכונות האלגבריות הנקיות, האלגנטיות או הקלות המוגדרות של הפשטה מתמטית" ולכן יש להשתמש בשפה המחוברת יותר למציאות היומיומית, כאשר היא מציעה את שפת החשיבה המחשובית (Wing, 2008).

החשיבה החישובית כמיומנות / כשירות משמעותית למאה ה-21

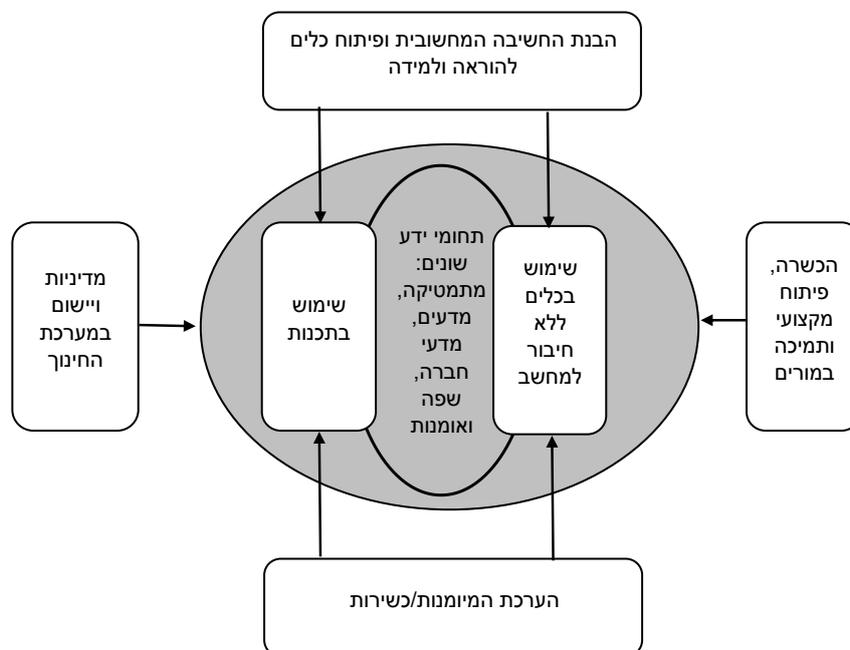
כמו מונחים וביטויים מדעיים רבים, חשיבה חישובית כמונח ידועה למדי, אולם הגדרה ברורה, מה כרוך בה בתחומים בהם היא מיושמת או אמורה להיות מיושמת לא תמיד קיימת. עם זאת חוקרים, אנשי מדע ואנשי חינוך רבים מסכימים כי חשיבה חישובית היא המיומנות של המאה ה-21. כיוון שכך, מספר גדל והולך של אנשים באקדמיה מתחילים להבין את החשיבות של הבאת חשיבה חישובית לליבת תחומי לימוד רבים כמו עסקים ומסחר, ביולוגיה והנדסה ביו-רפואית.

קשה אומנם להגיע להגדרה תמציתית של חשיבה חישובית המוסכמת על כל הגורמים הרלוונטיים, אך עם זאת, ניתן לומר באופן כללי כי רוב העוסקים בתחום מסכימים כי חשיבה חישובית היא אוסף של מיומנויות רבות של פתרונות לבעיות המבוססות על עקרונות יסוד במדעי המחשב (Curzon, Black et al., 2009). ניתן לתאר חשיבה מחשובית כתהליך מחשבה שבאמצעותו מיוצגות בעיות באופן שניתן יהיה להעריך את הפתרונות שלהן באמצעות טכניקות עיבוד וניתוח מידע. פיתרון בעיה מחשובית כרוך בגישות חשיבה לוגיות ואלגוריתמיות. מיומנות



המפתח היא בפירוק לוגי של בעיה ובמציאה שיטתית של אלגוריתם שמתאים לפתרונה (Grover, 2013). אסטרטגיית חשיבה מחשובית ופתרון בעיות מאפשרת למי שמיישם אותה למדל בעיות ומצבים שעשויים להגיב פיתרון חישובי. במקום להפריד בין בעיות ופתרונותיהן, חשיבה מחשובית מקדמת את פירוק הבעיות, ושימוש בלוגיקה, באלגוריתמים ולעיתים קרובות בחדשנות כדי לפתור אותן. זהו שילוב של חשיבה הגיונית, חשבון, יעילות, מדעית וחדשנית, יחד עם איכויות כמו יצירתיות ואינטואיציה (Curzon, Black et al., 2009). חשיבה חישובית כוללת מיומנויות או טכניקות הכוללות לעתים קרובות פירוק של משימה או בעיה, זיהוי דפוסים והפשטה וגיבוש אלגוריתמים לפיתרון בעיות או סיטואציות דומות (Exploring CT, 2015).

חשיבה מחשובית תוגה בתור אוריינות המאה ה-21, מכיוון שהיא מאפשרת למדענים שאינם אנשי מחשבים ליהנות מגישה מחשובית לפיתרון בעיות (Cuny et al., 2010). חשיבה מחשובית מסייעת לנו להבין בעיות ובעיות משנה הניתנות לחישוב, מסייעת להוגים לקבוע את הכלים והשיטות הנכונים לפתרון בעיות מסוימות, כמו גם לסייע בחקירת מגבלות השיטה. ישנן דוגמאות רבות להשפעת החשיבה המחשובית בתחומים רבים - למידת מכונה השפיעה על יישום מודלים גרפיים הסתברותיים בסטטיסטיקה, ובכך שיפרה מאוד את זיהוי התבניות עבור מערכי נתונים מורחבים בביולוגיה, חשיבה חישובית קידמה רצף של גנום אנושי, אפילו בתחומים כמו כלכלה, לחשיבה חישובית הייתה השפעה: מכירה פומבית מקוונת, מיקום מודעות ובנקאות. עוד נטען כי חשיבה מחשובית עשויה להתפתח עד כדי יכולת להתמודד עם בעיות ומצבים מורכבים עוד יותר, ובסופו של דבר להעלות את רמת החדשנות שלנו מאי פעם (Mohaghegh et al, 2016).



איור מספר 1: מודל הרכיבים המשמעותיים ליישום חשיבה מחשובית במערכת החינוך (בהשראת Kong et al, 2019).



5. הבנת החשיבה המחשובית ופיתוח כלים להקנייתה

5.1 סוגי החשיבה המוכלים בחשיבה מחשובית

ניתן לחלק את החשיבה המחשובית להיבטים שונים של מחשבה, כאשר לכל אחד מהם יש נקודות חוזק ויישומים ספציפיים (Mohaghegh et al, 2016). הסעיפים הבאים מתארים היבטי חשיבה מחשובית ביתר פירוט:

- **חשיבה לוגית** - חשיבה לוגית היא אולי החלק החשוב ביותר בחשיבה מחשובית - ההיבט הלוגי הוא בגיבוש מסקנות ריאליות, ולא בהנחות שהן נכונות במקרה. דוגמה לחשיבה הגיונית בפעולה היא משחק הפאזל סודוקו: יש להסיק נכונה תשובות לכל תא ברשת על סמך "מידע קיים" בתאים שהושלמו. ניתן להשתמש בתהליך של ביטול אפשרויות (אלימינציה) לקביעת בחירות נכונות.
- **חשיבה אלגוריתמית** - האלגוריתמים ממלאים תפקיד מרכזי בפתרון בעיות במדעי המחשב, ובעיקר בבעיות חוזרות. היבט זה של חשיבה מחשובית הוא אולי המתאם ביותר למדעי המחשב עצמו. ניתן גם לחשוב על חשיבה אלגוריתמית כחשיבה אסטרטגית, או כעיבוד של שלב אחר שלב. חשיבה אלגוריתמית בפתרון בעיות כלליות יכולה לשפר מאוד את היעילות, במיוחד כאשר מתמודדים עם בעיות בעלות אופי דומה.
- **חשיבה חדשנית** - חדשנות היא מאפיין מרכזי בחשיבה חישובית, ומוכיחה היטב העובדה שמדעי המחשב נמצאת בחזית החידוש המודרני. חשיבה חדשנית מכשירה את המוח לשאול לגבי דברים שכבר קיימים, לאתגר הנחות ובסופו של דבר לחשוב "מחוץ לקופסה" היבט זה נותן לחושבים "מחשבית" יתרון משמעותי בפתרון בעיות.

5.2 שלבי הפעולה בחשיבה המחשובית

חשיבה מחשובית מעוררת תהליך חשיבה בו מורגשת ריבוי הבעיה ומפרקת אותה למרכיבי הליבה והפריפריה שלה, כך שפיתוח פתרונות מניע תהליך יישום יעיל. בהתחשב במושגי היסוד של המחשוב, קיימים ארבעה שלבי ליבה: הפשטה, פירוק, פיתוח פתרונות ואימות, אותם ניתן לפרט בצורה הבאה (Rabiee & Tjoa, 2017):

הפשטה

תהליך ההפשטה מתמקד בפרטים הרלוונטיים הנדרשים לפיתרון בעיה. שני מאפיינים חיוניים להפשטה: פישוט, על ידי הסרת פרטים והכללה, לזיהוי הגרעין המשותף, לכן המוקד המרכזי להפשטה הוא תהליך חילוץ מושגים יסודיים של בעיה מורכבת המשפיעים על תוצאת הפיתרון. את שלב ההפשטה ניתן לפרק לרכיבי פעולה מדויקים יותר:



- **הסבר והבהרה** - זהו רובד ההפשטה הראשון המספק הגדרה ברורה של ליבת הבעיה. שלב זה לוקח על עצמו משימה חשובה מכיוון שהיא הכללת הגדרת הבעיה במידה שהיא ברורה ורלוונטית.
- **זיהוי ההקשר** - הדגשת הפרטים הרלוונטיים הקשורים לבעיה היא חלק מהליך ההפשטה. מטרת שלב זה היא לבטל פרטים כללים שאינם חלים על אותה הגדרה מסוימת ולפשט את הבנתנו את המצב המורכב על ידי הדגשת פרשנויות מקומיות ורלוונטיות לבעיה. היעדר מידע קונטקסטואלי יביא לפרשנות שגויה של אותה בעיה ויוביל למאמצים שאינם מועילים לתהליך פיתוח הפתרונות.
- **תיאור הנסיבות** – רכיב זה של פעולה עוסק בשאלות: מי מעורב בבעיה, היכן הבעיה מתרחשת ומתי הבעיה מתרחשת. כל אחד מהגורמים הנסיבתיים משפיע על הרכב הבעיה ועל רגישותה לשינוי.

פירוק

פירוק בעיות הוא מרכיב חשוב בחשיבה חישובית, בשלב זה מערך הבעיות המורכב מחולק לצורות פשוטות יותר שקל יותר לפתור כך שפתרון כל אחת מבעיות המשנה ירכיב פתרון לבעיה המקורית שפורקה. המטרה היא למצוא דרך לפתור בעיות מורכבות, הדורשות פתרון של בעיות במקביל זו לזו, מכיוון שיש בהן חיבורים בין רכיבים.

- **זיהוי וחילוץ הגורמים המשמעותיים (שורשי הבעיה)** - בשלב הראשון של תהליך הפירוק יש לזהות את הגורמים המשמעותיים ביותר (גורמי השורש), כאשר כל גורם הופך לבעיית משנה שצריך לפתור. זיהוי גורמי השורש ינתח את האילוצים ההקשריים הקיימים בכל מיקום ויכיר את הקשר בין כל אחת מבעיות המשנה.
- **חילוץ הקשרים שבין הגורמים השונים** - הבנת הקשר בין רבדים שונים היא אחד המרכיבים החיוניים בחשיבה חישובית. השלב השני של הפירוק עונה על השאלה: כיצד הגורמים המשמעותיים (גורמי השורש) קשורים זה לזה? קישוריות בין תת-בעיות מחייבת הבנה של קישורים בתוך ובין בעיות.

פיתוח פתרונות

המטרה הסופית של חשיבה חישובית היא למצוא פתרון לבעיות מורכבות. בשלבים הקודמים אומנם אוספים נתונים ראשוניים בתהליך הגדרת הבעיה, הקשרים ופירוק הבעיה. בשלב הבא של התהליך, נתונים הנוגעים לבעיות ופתרונות נאספים, מעובדים ומתורגמים לאסטרטגיות פתרונות.

- **איסוף עובדות (נתונים)** - בשלב זה נערך תהליך שיטתי של הגדרת העובדות (נתונים) שיש לאסוף והיכן הן נמצאות ולאחר מכן בניית מערך שיטתי של איסוף העובדות (נתונים).



- **ניתוח הנתונים** - ניתוח כמויות גדולות של נתונים הוא מרכיב של חשיבה חישובית, תהליך זה מטרתו מציאת הידע המוטמע בנתונים שנאספו. בשלב זה מנתחים את הנתונים שנאספו במטרה להמליץ על פתרונות פוטנציאליים לבעיה. שלב זה של ניתוח נתונים יקבע: (i) היבטים של בעיות המשנה, של הבעיה המקורית, שהם פתירים; (ii) המגבלה והחסמים לפתרון הבעיות; ו- (iii) כיצד למנוע את הופעת הבעיה בעתיד.
- **גיבוש פתרונות** - המטרה הסופית של חשיבה חישובית היא לתכנן פתרון להתגברות על הבעיה המתוארת. בשלב זה המטרה היא לנסות לחשוב על כמה פתרונות אפשריים ואז בדרך של בחירה בין חלופות להחליט על הפתרון היעיל ביותר.

אימות

- שלב זה של התהליך מתמקד ביישום פתרונות בהקשר המתאים; הפתרונות מיושמים על אוכלוסיית היעד או המיקום, מנוטרים ומשתנים כדי להצליח ולבצע אותם בעילות מרבית. שלב זה מושלם בשלושה שלבים של: יישום, מעקב אחר התקדמות ותיקון שגיאות.
- **יישום** - מהלך ביצועי בו נערך נסיון ליישום הפתרון שנבחר. עם זאת, זה לא השלב האחרון בתהליך, שכן הפתרונות כפופים להשתנות של מצבים אנושיים המשפיעים על הבעיה.
 - **מעקב אחר התקדמות** - פתרונות המיועדים לבעיות בעולם האמיתי לא נועדו רק לפתור את הבעיה, אלא להביא לתוצאות יצרניות. מעקב אחר התקדמות פתרון מיושם יגלה את השגיאות והחסרונות שהפתרונות עשויים להוות ויאפשרו שיפור אמצעי היישום בכל סיטואציה.
 - **תיקון שגיאה** - בחשיבה מחשובית תיקון שגיאות הוא חלק אינהרנטי מכל תהליך פתרון בעיות, כאשר בשלב זה מנסים למצוא אפשרויות תיקון לאותן שגיאות שזוהו בשלב המעקב אחר התקדמות יישום הפתרון.



6. יישום חשיבה מחשובית במערכות החינוך

חשיבות החשיבה המחשובית כמיומנות הנלמדת בבתי ספר ולא רק בהשכלה הגבוהה, הוכרה כבר במדינות רבות וזאת בעקבות מאמרה של ווינג (2006) בו קבעה כי יש ללמד וללמוד חשיבה מחשובית בכל תחומי הדעת ובכל שכבות הגיל ולא לתחום אותה לתחומים אקדמיים ברמת האוניברסיטה. ווינג במאמרה מקדמת חשיבה מחשובית כמיומנות חיונית להיום ולעתיד, ומשווה את חשיבותה לזו של קריאה, כתיבה וחשבון בסיסי. חינוך על-תיכוני הוא כבר לא המקום הנכון להכניס מושגים מחשוביים, אף על פי שרוב התלמידים ברמה זו בוחרים בקריירה עתידית. הסיבה לכך היא העובדה הפשוטה כי הדור הבא של הסטודנטים, ללא קשר לאיזה מסלול קריירה הם בוחרים, נמצאים כבר בעולם המופעל על ידי טכנולוגיה הולך וגדל, מלא במחשבים ופתרונות בהובלת מחשב ולכן כיום נעשית עבודה משמעותית להבאת היסודות הללו לבתי ספר יסודיים ותיכוניים (אם כי ברמת מורכבות מתאימה).

חשיבותו של מהלך זה ניכרת לרבים, כולל ענקיות תקשוב בינלאומיות כמו גוגל ומיקרוסופט שבמהלך השנים השיקו סביבות למידה רבות ומגוונות וטכנולוגיות חדשות להקניית חשיבה מחשובית. תוכניות נוספות פותחו כלי הקניית חשיבה מחשובית ללא חיבור למחשב (Unplugged), וזאת תחת ההנחות כי מונחים חישוביים עשויים להיות מובנים בצורה יעילה יותר אם התלמידים מסוגלים לראות אותם מופגנים בצורה יעילה באזורים שהם כבר מכירים, המורים צריכים להעריך כל העת תחומים שבהם הם יכולים להדגים את השימוש במונחים חישוביים ואנלוגיה. התלמידים צריכים לראות במדעי המחשב יותר מסתם תכנות, אלא במקום זאת תחום רחב במיוחד והתחלת ענף חשיבה שעשוי לשמש לפיתרון בעיות רבות בתחומים רבים. (Bell et al., 2009).

חשיבה מחשובית היא מיומנות שצריך לפתח בדור הבא. על פי האנט (Hunt, 2012), הבנה ברורה של מהי חשיבה מחשובית, יחד עם איך ואיפה ניתן ליישם אותה היא בעלת חשיבות עליונה בהכנת הדור הבא שלנו לעולם מלא בטכנולוגיה והתקדמות טכנולוגית מתמדת. חשיבה מחשובית היא מיומנות בעלת תועלת משמעותית לדיסציפלינות מרובות, ואינה מוגבלת רק למדעי המחשב ותחומי טכנולוגיה. הסיבה לכך היא שהיא עוזרת לתלמידים להגדיר מה ניתן ולא ניתן לפתור, ומנחה אותם לחקור מודלים חישוביים למצבים שאינם קשורים באופן מסורתי למדעי המחשב. גם אם סטודנט יבחר בקריירה שאינה מחשוב, הכישורים שנלמדו ופותחו באמצעות חשיבה מחשובית יועילו להם בכל תחום שהוא יגיע.

שינויים בתכנית הלימודים והפדגוגיה הנוכחית הכרחיים על מנת לבנות אווירה שתורמת יותר לחשיפת הכיתות לטכנולוגיה מתפתחת. פתרון בעיות לוגיות, הבנה כיצד לתפעל פתרון בעיות והפשטה של אלגוריתמים, יחד עם מיומנויות חשיבה מחשוביות אחרות, נדרשות כעת הן ברמת בית הספר היסודי והן ברמת חטיבות הביניים והחטיבות העליונות.

ישנה מורכבות אנושית ואינטרסנטית משמעותית בהחדרת החשיבה המחשובית לתכנית הלימודים בכל שלבי החינוך. על כמה קבוצות שונות מהותית להיות שותפות לחזון ולאמונה בנחיצות התהליך:



- על קובעי המדיניות להסכים לחשיבות התהליך ולצורך במשאבים עבורו.
- על המחנכים להיות מודעים לצורך ברמת התלמיד וברמת הכלל, ולפתח מוכנות ללמוד את הנושא בעצמם
- חוקרי חינוך למחשוב חייבים לתקשר עם חוקרי מדעי המחשב כדי לחקור דרכים אופטימליות לשלב את הנושא בתוכנית הלימודים.

שינוי והתקדמות זו בחינוך מחייבים שני כיווני מאמץ עיקריים: מדיניות חינוך ומשאבים (Bar and Stephenson, 2011). האתגר הגדול ביותר במדיניות החינוך הוא אולי העובדה שחשיבה מחשובית כמונח חדשה יחסית, ועדיין מתקיימים דיונים במשמעות המושג, דבר שיכול להוביל לקשיים בשינוי תשתיות, ובהצגת אסטרטגיה כוללת לשינוי, אשר בתורם מאתגרים את הכיוון המתאים ביותר לנקוט בהכנת משאבים מתאימים.

ההיכרות של הדור הצעיר עם הטכנולוגיה מסייעת להיווצר רקע חזק להבנת מושגי חישוב בסיסיים. שילוב חשיבה מחשובית בתכנית הלימודים בחינוך סטנדרטי חשוב במיוחד עבור קבוצות אנשים שאינן מיוצגות באופן מסורתי במדעי המחשב והטכנולוגיה, מכיוון שקבוצות אלה יכולות להפיק תועלת רבה מהיחשפות לשיטות, תהליכי מחשבה ואסטרטגיות לפתרון בעיות אשר עוסקים בחשיבה מחשובית. ללא קשר לייצוגם, מדובר בצרכני טכנולוגיה כולם באותה מידה ובאותה מידה כמו אחרים. נוסף על כך, ניתן לשלב עיבוד מחדש של תכני הלימודים הכולל תשומת לב ממוקדת בחשיבה מחשובית עם השאיפה להתמקדות מוגברת בפיתוח קבוצות אלה.



7. הדגמת תהליכי יישום חשיבה מחשובית

7.1 יישום חשיבה מחשובית במערכות חינוך בעולם

ידב ושותפיו למחקר (Yadav et al, 2017) סקרו את האופן בו נתפסה חשיבה מחשובית כנושא תכניות לימודים באנגליה, הולנד וארצות הברית, מהסקירה עולה שלעיתים קרובות נתפסת החשיבה המחשובית כחלק מהתחום הרחב יותר של אוריינות דיגיטלית. בשלוש דוגמאות אלה, אוריינות דיגיטלית מוכרת כתחום מיומנויות חשוב של המאה העשרים ואחת, כפי שהודגש גם על ידי האיחוד האירופי (2007) וה-OECD (2005). אוריינות דיגיטלית לא משלבת רק חשיבה מחשובית אלא גם מיומנויות אוריינות מידע ואוריינות מחשב והשלוש מקבלות משקלים שונים בכל אחת מהתכניות.

חשיבה מחשובית בתכנית הלימודים הלאומית באנגליה

עד שנת 2012 מחשוב כמקצוע לימודים חובה התרכז בעיקר ברכישת אוריינות דיגיטלית, היכולת הכללית להשתמש במחשבים. המחשוב היה קשור לכישורים ברמה נמוכה, מכיוון הדגש היה על אוריינות דיגיטלית בלבד. כתוצאה מכך, לא הייתה לסטודנטים הזדמנות להתעניין בטכנולוגיית מידע או במדעי המחשב כתחום אפשרי לעניין המשך לימודים, ורק סטודנטים מעטים המשיכו את לימודיהם בחוגים אלה. מקבלי החלטות הבינו בצורך להכרה בטכנולוגיית המידע ומדעי המחשב כנושאים חשובים ויסודיים בחינוך חובה. ההגדרה של חשיבה מחשובית מקפידה להדגיש את חשיבות הגישות, הכלים והטכניקות ממדעי המחשב להבנה ולהיגיון הן של מערכות ותהליכים טבעיים והן של תהליכים בעולם הסובב אותנו. מנקודת מבט חינוכית, הטיעונים הבאים תומכים בצורך למצב את מדעי המחשב כנושא ליבה בתכנית הלימודים:

- מדעי המחשב מפתחים מיומנויות חשיבה מרכזיות אצל ילדים: הנמקה לוגית, דוגמנות, הפשטה ופתרון בעיות. היבטים חשובים במדעי המחשב הם היכולת לדייק (חוסר דיוק גורם לתוכנת מחשב להיכשל ודורש ניפוי באגים) והיכולת לפרק בעיה לתתי בעיות ולפתח פתרונות לבעיות משנה ואינטראקציות בין אלה
- המטרה הסופית של מדעי המחשב היא ליצור פתרונות לבעיות. זה דורש מהתלמידים להיות יצירתיים, לעיתים קרובות בצוותים, והם צריכים ליישם עקרונות של איכות ושיקולים של ניהול פרויקטים כדי להיות מסוגלים לפתור בעיות חשובות מורכבות.
- המחשוב הוא חלק מהותי בעולם הדיגיטלי של ימינו. כך שילדים יהפכו למשתתפים פעילים בחברה שלנו, הם צריכים להבין מושגי מחשוב בכדי שיוכלו לתרום לנושאים חברתיים רגישים ביותר הקשורים למחשוב, כמו פרטיות ופשעי רשת.

בהתבסס על אותו תהליך קבלת החלטות, אנגליה החלה ביישום תוכנית לימודים חובה חדשה למחשוב החל משנת 2014. למרות שתכנית הלימודים המחשוב החדשה כוללת שלושה תת-תחומי משנה - מדעי המחשב, טכנולוגיית מידע ואוריינות דיגיטלית - ברור שמדעי המחשב מהווים חלק



מרכזי מתכנית הלימודים. לתכנית הלימודים ארבע מטרות עיקריות שכל התלמידים צריכים להיות מסוגלים להגיע אליהן:

- להבין וליישם את העקרונות והמושגים הבסיסיים של מדעי המחשב, כולל הפשטה, לוגיקה, אלגוריתמים וייצוג נתונים.
- לנתח בעיות במונחים חישוביים וניסיון חוזר ומעשי בכתבת תוכנות מחשב על מנת לפתור בעיות מסוג זה
- להעריך וליישם טכנולוגיית מידע, כולל טכנולוגיות חדשות או לא מוכרות, באופן אנליטי כדי לפתור בעיות
- לנהוג כמשתמשים אחראיים, מוכשרים, מוכנים ויצירתיים בטכנולוגיית מידע ותקשור

התוכנית פועלת לפי ארבעה שלבי יישום התואמים במידה רבה את שלבי החינוך במערכת החינוך הישראלית:

בשלב הראשון (גן וחיבה צעירה) התלמידים מתוודעים לאלגוריתמים פשוטים (למשל מתכונים, מתארים את הדרך הביתה) ומשתמשים בכלי תכנות פשוטים כדי לפתח מושג אלגוריתמי (למשל באמצעות LOGO או תוכניות דומות). התלמידים צריכים להבין את היתרון בשימוש באלגוריתמים טובים. יש לעודד את התלמידים ליישם הנמקה לוגית (מבחינת הסיבה / התוצאה) במקום פשוט לנחש ולהיות מסוגלים ליצור ולתמרן תוכן דיגיטלי מתוך הרעיון שלתלמידים יש שליטה על המוצר הדיגיטלי שלהם.

בשלב השני (תלמידי בתי ספר יסודיים) התלמידים לומדים לתכנן, לכתוב ולבחור תוכניות להקשרים מגוונים תוך שימוש בסביבות חזותיות או גרפיות ולהבין מבנים בסיסיים של תוכנות מחשב (רצף, בחירה וחזרה) בעזרת דיאגרמות. הם גם צריכים להבין מהן התשומות ומהם הפלטים וכיצד ניתן להשתמש בהם בבקרה או הדמיה של מערכות פיזיות, כמו צעצועים הניתנים לתכנות. תלמידים בגיל זה צריכים להבין מהו משתנה ומה ההשפעה בעת שינוי משתנה בתוכנית או בסימולציה. התלמידים צריכים להיות מסוגלים להסביר כיצד האלגוריתמים הפשוטים עובדים, ללא קשר למצב ההתחלתי. הם גם צריכים לפתח הבנה בסיסית של רשתות מחשבים.

בשלב השלישי (תלמידי חטיבות ביניים) התלמידים צריכים לתכנן, להשתמש ולהעריך הפשטות חישוביות המדגימות את מצבן ואת התנהגותן של בעיות בעולם האמיתי, הם צריכים להמשיך ולהבין כי לעיתים קרובות ישנם מספר אלגוריתמים שיכולים לפתור את אותה הבעיה וצריכים להיות מסוגלים להשוות בין אלגוריתמים שונים על פני מגוון אינדיקטורים שונים (למשל, יעילות, הכללה וכו'). התלמידים צריכים להכיר לפחות שתי שפות תכנות (אחת מהן טקסטואלית) וללמוד להשתמש במבני נתונים ונהלים כנדרש.

בשלב הרביעי (תלמידי חטיבות עליונות) הרציונל הוא שתלמידים צריכים להיות מסוגלים לבחור בחירה מושכלת להתמחות נוספת בהיבטים שונים של מחשב. התלמידים יכולים לבחור להתכונן



למסלולי אקדמיה או להמשך חינוך מקצועי. המטרה הסופית היא לספק לסטודנטים הזדמנויות להמשיך בלימודים בתחום מדעי המחשב או להמשיך במחקר.

יישום חשיבה מחשובית במערכת החינוך בהולנד

הגורמים הרלוונטיים באקדמיה בהולנד מתייחסים לחשיבה מחשובית כחלק מכישורי האוריינות הדיגיטלית יחד עם כישורי חשיבה ביקורתיים בעת השימוש בטכנולוגיות מידע ותקשורת, כאשר את האוריינות דיגיטלית מגדירים כיכולת לעשות שימוש מושכל במידע ותקשורת דיגיטלית ולהעריך את התוצאות של אותו שימוש באופן ביקורתי.

אותם גורמים הגישו בשנת 2013 ארבע המלצות לשר החינוך, התרבות והמדע:

- יש להציג מידע ותקשורת בנושא חובה חדש עבור הגילאים הצעירים, יש להתייחס אליו בנושא מבוא רחב, המכסה את ההיבטים החינוכיים של אוריינות דיגיטלית.
- יש לעצב מחדש לחלוטין את הנושא האופציונאלי של אינפורמטיקה עבור הגילאים הבוגרים יותר.
- יש לעודד אינטראקציה בין תחומי ידע אלו לבין תחומי הידע האחרים הנלמדים בבית הספר.
- יש לתת עדיפות משמעותית להכשרת דור חדש של מורים עם כישורים וגישות חדשים.

למרות שעד לכתובת המאמר, לחשיבה מחשובית לא הייתה עמדה מפורשת בתכנית הלימודים ההולנדית, הדוחות והמחקרים שבאו לאחריהם עזרו לעצב את הדיון בנושא זה, כאשר השאלות העיקריות במהלך דיון זה היא: "איזה ידע הכי חשוב ללמוד בחינוך בסיסי, ומדוע / לאיזו מטרה?" ההערכה היא כי חשיבה מחשובית ואוריינות דיגיטלית יהיו חלק חשוב בדיון זה.

יישום חשיבה מחשובית במערכת החינוך בארצות הברית

דוחות מייעצים למערכת החינוך האמריקאית הדגישו את החשיבות של מודלים של חישוב²² כחלק מתהליך פתרון הבעיות. גישות כלליות למידול חישובי ניתנות ליישום בקלות בדרך כלל על ידי שפות תכנות. עם זאת, נראה כי יצירת מודלים חישוביים או פורמליים הקשורים לבעיות נתונות יכולה להיעשות באמצעות שימוש בכלים מופשטים אחרים. כחלק מאותם דוחות, נטען כי יש לחבר בין פתרונות בעיות חשיבה מחשובית ליישומים ואתגרים מציאותיים במדעים ומדעי הרוח. דבר שיקשר בין חוויית הלמידה לבעיות רלוונטיות בעולם האמיתי.

כדי ליישם את נושא החשיבה המחשובית בבתי ספר בכל שכבות הגיל הוקמה בשנת 2010 ועדת היגוי שעסקה בפיתוח לא רק של הגדרה לחשיבה מחשובית המתאימה לכל שכבות הגיל בבתי

²² "מודלים של חישוב" הם הרקע והפלטפורמות הרעיוניות של חפצים חישוביים; הם תואמים "מנועים מופשטים" (כמו מכונת טיורינג לדוגמה). מודלים אלה מגדירים את המנגנונים הבסיסיים לפרשנות של חפצים חישוביים.



הספר אלא גם בשאלה כיצד תבוא לידי ביטוי החשיבה מחשובית בתכנית הלימודים בכל שכבות הגיל (Bar and Stephenson 2011). ועדת ההיגוי פיתחה דרכי אימון בכיתה למגוון תחומי דעת על פני כל המושגים והיכולות הרלוונטיים לחשיבה מחשובית.

בעוד שמסגרות ועדת ההיגוי סיפקו בסיס נרחב ליישום ממשי של החשיבה המחשובית בכיתה החל דיון אקדמי בשאלת הכלים בשימוש החשיבה המחשובית כאשר גרובר ופי (Pea, 2013) וטענו כי תכנות היא כלי מפתח לתמיכה במשימות קוגניטיביות הקשורות לכישורי חשיבה מחשובית, דבר שהוביל לתהליך מואץ של פיתוח סביבות למידה תומכות תכנות.

ועדת ההיגוי זיהתה קבוצה של מחנכים ומנהלים שהפגינו בבירור עניין בחשיבה חישובית או מומחיות בפיתוח ויישום תוכניות לימודים שהם ייצגו את השטח אליהם הצטרפו כגיבוי וייעוץ אנשי סגל השכלה גבוהה וחוקרים, אנשי עמותות מקצועיות, בתי ספר מנהיגים, מורים, ונציגי הקהילה התאגידית.

המשתתפים זיהו רעיונות רבים לגבי מהי חשיבה חישובית וכיצד היא יכולה לבוא לידי ביטוי בכיתות הלימוד, כאשר האתגר במשימה היה נעוץ בתיאור מה שמייחד את החשיבה החישובית מסוגים אחרים של חשיבה, המשתתפים דנו גם במושגי הליבה בהקשר של יכולות, אקלים כיתה וכו'.

בניסיון להגדיר אקלים כיתתי שיועיל ליישום חשיבה מחשובית, המשתתפים זיהו אסטרטגיות או מאפיינים שיכולים להיחשב לטובים באופן נרחב לכל חווית למידה. אלה כללו:

שימוש מוגבר על ידי מורים ותלמידים כאחד, באוצר מילים חישובי במידת הצורך לתיאור בעיות ופתרונות;

קבלה של מורים ותלמידים כאחד מצבים בהם ניסיונות פתרון כושלים, הכרה בכך שכישלון מוקדם יכול לעתים קרובות להוביל לתוצאה מוצלחת;

עבודת צוות של סטודנטים, תוך שימוש מפורש ב:

- פירוק בעיות לחלקים קטנים יותר שעלולים להיפתר בקלות רבה יותר, הפשטה
- ניהול משא ומתן אודות פתרונות אפשריים
- קבוצות בצוות העובדות יחד למיזוג חלקים מהפתרון לכלל,
- בניית קונצנזוס - עבודה לבניית סולידריות קבוצתית מאחורי רעיון או פיתרון אחד.



אסטרטגיות להשגת שינוי מערכתי

מתוך המהלך המתואר לעיל חולצו תובנות לאסטרטגיות להשגת שינוי מערכתי ביישום חשיבה מחשובית בבתי ספר (Bar and Stephenson 2011), השינוי החינוכי המערכתי המתמשך מחייב שני מערכי משאבים שונים:

המערך הראשון של המשאבים כולל את אלו שיסייעו ליידע את קובעי המדיניות החינוכית על אופי וחשיבות החשיבה החשובית, הקשר שלה ליעדי למידה שאולי כבר נקבעו לתלמידים (למשל תקנים לאומיים ומדיניים), ודרכים בהן ניתן לשלב בצורה הטובה ביותר בתוך המסגרת הרחבה יותר ללמידה והצלחה של התלמידים.

המערך המשאבים השני מכיל את המשאבים שהמורים צריכים כדי לשלב בצורה הטובה ביותר ובאופן אפקטיבי את המושגים החדשים, קודם לתחום התוכן והידע הפדגוגי שלהם, ואז לתכנים ולפרקטיקה שלהם בכיתה.

על מנת לנסח ולהרחיב על שני מערכות המשאבים הללו, מנהיגי המחשבה תיארו כמה תחומים אסטרטגיים שיש להתייחס אליהם בכדי להטמיע בהצלחה חשיבה חשובית במסגרת בתי הספר. עבור כל תחום אסטרטגי הם פיתחו מערכת של דרישות והצעות שיתמכו באותו מרכיב של שינוי מערכתי ומתמשך.

תחום אסטרטגי של מדיניות חזון ושפה משותפת

מדיניות חינוכית הכוללת חשיבה חשובית כחלק מכל החינוך של כל תלמיד כוללים את הפעילויות הבאות:

- נסח מסר ברור ואחיד ברמה הממלכתית והמקומית על חשיבות החשיבה המחשובית בכל שכבות הגיל.
- עודד ארגונים אקדמיים ומקצועיים הקשורים למדעי המחשב להתמודד להשתתף בקביעת המדיניות
- שלב חשיבה מחשובית לאורך כל חוויית בית הספר, אסוף תוצאות המדגימות צעדים מצטברים בין שכבות גיל ושלבי חינוך.
- נסה לשלב חשיבה מחשובית, במידת האפשר, בפרקטיקות המדיניות הקיימת. לדוגמה, ניתן לכלול אותה כתוצאה מפורשת של מבחני טכנולוגיה ברמת המדינה.
- כלול בכל תכניות ההכשרה להוראה שיעור בנושא חשיבה מחשובית על פני כל תחומי הידע.
- שפר את מערכות היחסים והתקשורת בין צוותי החינוך בבתי הספר (סגל ומנהלים), אנשי חינוך באקדמיה, סגל מדעי המחשב באקדמיה, אנשי מדעי המחשב ואחרים בתעשייה.
- צור הצהרה ברורה של החשיבה החשובית ככישורי ליבה בבתי הספר, תן דוגמאות ברורות לדרכים בהן היא חלה ויכולה להשתלב במגוון תחומי לימודים.



תחום אסטרטגי של מנהיגות והשפעה

פעילות ייחודית למנהיגות ברמת בית הספר והמחוז מעוררת השראה לשינוי, יש לכן לספק חומרים שיעזרו למנהלי בתי הספר להבין מהי חשיבה מחשובית ולראות מדוע הידע והמיומנויות הקשורים אליה חשובים לתלמידים של ימינו. קהילת אנשי מדעי המחשב הגדולה יותר יכולה לעזור על ידי אספקת חומרים מתאימים וניצול ההזדמנויות לעבוד עם מנהלי בתי הספר

- התפתחות מקצועית היא קריטית לשינוי חינוכי מוצלח. הפקולטה למדעי המחשב יכולה לעזור על ידי מתן קורסי קיץ, הדגמת תפקידה של חשיבה מחשובית בתחומים שאינם מדעי המחשב, ומתן חומרים לימודיים רלוונטיים.
- עודדו את מנהלי בתי הספר לספק תמריצים למורי בתי הספר לשנות קורסים ותכניות לימודים.
- יש לספק למורים משאבים לתמיכה בשינוי, כולל חומרי לימודים, מודלים והדמיות, דוגמאות של פעילויות ואתרי אינטרנט לפעילויות תלמידים עצמאיות.
- יש לספק למורים פיתוח מקצועי ותמיכה בצורה של קהילות למידה, קורסי קיץ, למידת עמיתים שמשתתפים בה גם מורים עם ניסיון בחשיבה מחשובית, חשיפה ליישומים בתעשייה בהם מיושמים מיומנויות חשיבה מחשובית ועוזרים בזיהוי היכן שהחשיבה המחשובית כלולה כבר בהוראה.
- יש להנגיש למחוזות בתי הספר כלי קוד פתוח (בלוגים, וויקי, פורומים), רשתות חברתיות מבוססות-רשת ומערכות אספקת תוכן לשימוש של מורים ותלמידים.
- עודדו גופי מגזר שלישי ממוקדי חינוך לכלול דגש על חשיבה מחשובית בכנסים, בסדנאות ובאירועי פיתוח מקצועי. אלה מייצגים תחומים אסטרטגיים שתומכים ביעד לטווח הארוך של הטמעת חשיבה מחשובית בבתי הספר. הם מדגימים בבירור את שלל הסוגיות והמכשולים הכרוכים בעת ניסיון להשיג שינוי חינוכי בבתי הספר.

7.2 יישום חשיבה מחשובית על פני תחומי הדעת השונים

מבחינת הספרות עולה כי קיימות שלוש דרכים עיקריות ליישם או לשלב חשיבה מחשובית בתחומי הדעת השונים:

- שימוש בפרקטיקות חשיבה מחשובית בהתאמה לתחום דעת דיסיפלינרי
- יצירת מענים לימודיים הנעזרים בפרקטיקות חשיבה מחשובית בסביבה רב תחומית
- שימוש בחשיבה מחשובית כגישה לפתרון בעיות בעולם האמיתי

בהמשך נדגים כל אחת מהדרכים.

שימוש בפרקטיקות חשיבה מחשובית בהתאמה לתחום דעת דיסיפלינרי

בשנת 2010 הוקמה בארה"ב ועדת היגוי שעסקה בפיתוח לא רק של הגדרה לחשיבה מחשובית המתאימה לכל שכבות הגיל בבתי הספר אלא גם בשאלה כיצד תבוא לידי ביטוי החשיבה



מחשובית בתכנית הלימודים בכל שכבות הגיל (Bar and Stephenson 2011). ועדת ההיגוי פיתחה דרכי אימון בכיתה למגוון תחומי דעת על פני כל המושגים והיכולות הרלוונטיים לחשיבה מחשובית. טבלה 1 משרטטת את דרכי השימוש ברכיבי החשיבה המחשובית על פני תחומי הדעת השונים.

טבלה 1 : רכיבי החשיבה המחשובית על פני תחומי הידע השונים (Bar and Stephenson 2011)

תחומי ידע:	מדעי המחשב	מתמטיקה	מדעים	מדעי החברה	שפה ואומנויות
מושגי חשיבה מחשובית :					
הפשטה	שימוש בפרוצדורות כדי להכיל קבוצה של פקודות שחוזרות על עצמן לעתים קרובות המבצעות פונקציה	שימוש במשתנים באלגברה; זיהוי עובדות חיוניות בבעיית מילים	בניית מודל של תופעה / יישות מתוך תחום הידע	סיכום עובדות; מסקנות בולטות מעובדות	שימוש בדימויים ומטאפורות
פירוק בעיות	הגדרת עצמים ושיטות; הגדירו עיקרי ופונקציות	החלת סדר פעולות בביטויים מתמטיים	יצירת סיווגים וחלוקה למינים		כתיבת מתווה ליצירה ספרותית או אומנותית
איסוף נתונים	מציאת מקור נתונים עבור בעיה מוגדרת	איסוף נתונים מניסויי הסתברות (זריקת קוביות, השלכת מטבעות וכו')	איסוף נתונים מניסוי	עיסוק בנתונים דמוגרפיים	איסוף נתונים באמצעות ביצוע ניתוח לשוני למשפטים, או ניתוח יצירות
עיבוד נתונים	כתיבת תכנית לביצוע חישובים סטטיסטיים בסיסיים על סט נתונים	ספירת התרחשויות הקשורות לפעולות חזרתיות וניתוח התוצאות	ניתוח נתוני ניסוי	זיהוי מגמות בנתונים הדמוגרפיים	זיהוי דפוסים בסוגי משפט שונים או בסוגי יצירות אומנות שונות
ייצוג וניתוח ממצאים	שימוש במבני נתונים כמו מערך, רשימה מקושרת, טבלאות וכו'	שימוש בסוגי תרשימים שונים דוגמת היסטוגרמה, תרשים עוגה, תרשים עמודות וכו' כדי לייצג נתונים; השתמש בטבלאות כדי להכיל נתונים	הצגת מודל המסכם את נתוני הניסוי	סיכום הממצאים דרך מגמות (אמצעים ויזואלים של מודלים ותרשימים)	ארגון ממצאי הדפוסים שנמצאו בטבלאות או מודלים
אלגוריתמים ופרוצדורות	חקר אלגוריתמים קלאסיים;	ביצוע חילוק ארוך, יצירת פקטורים,	ביצוע הליך ניסויי		כתיבת הוראות



שפה ואומנויות	מדעי החברה	מדעים	מתמטיקה	מדעי המחשב	תחומי ידע:
מושגי חשיבה מחשובית :					
			חיבור וחיסור	ליישום אלגוריתם לאזור הבעיה	
שימוש בבודק איות	שימוש באקסל	שימוש ב-probeware	שימוש בתוכנות scratch logo שימוש בשפת תכנות דוגמת פייתון		אוטומציה
		ביצוע בו זמנית של ניסויים עם פרמטרים שונים	פתרון מערכות לינאריות	חלוקת נתונים או משימה בצורה מעובדת באופן מקביל	עבודה במקביל
יצירת הדמייה אומנותית מתוך טקסט		הדמיית תופעות פיסיקליות, ביולוגיות וכימיות	תרשים פונקציה אינטראקטיבי – שינוי ערכי המשתנים	יצירת אנימציות אלגוריתמים	סימולציות

7.3 יצירת קורסים רב תחומיים ככלי ללמידת חשיבה מחשובית

סטל ושותפיו הציעו במאמרם (Settle et al, 2010) מסגרת לשימוש בקורסים בתכנית הלימודים בחינוך הכללי (כלומר לימודים בתחומים הומניים) ככלי להוראת חשיבה מחשובית. חשיבה מחשובית תצטרף אפוא למיומנויות ליבה אחרות - כמו הנמקה ביקורתית, כתיבה ואתיקה - הנלמדות בתכנית הלימודים בחינוך הכללי. בדיוק כמו מיומנויות אחרות אלה, היא תלמד בהקשר, כלומר בתחום היישום שאינו קשור ישירות למחשוב.

התוכנית מורכבת משני חלקים. החלק הראשון הוא ליבה נפוצה הכוללת, בין היתר, רצף דו-קורסי בשנה א, שנועד ללמד "כיצד ליישם הנמקה כמותית ומידע כמותי, ולהעריך ביקורתית סוגיות של העולם האמיתי ובעיות בשימוש בטכנולוגיות מידע מודרניות (למשל, גיליונות אלקטרוניים, מאגרי מידע, תוכנת ניתוח סטטיסטי, מנועי חיפוש, אלגוריתמים לתכנות)". רצף זה הוא הבסיס של הוראת החשיבה המחשובית. המרכיב השני בתכנית מורכב משיעורים בשש תחומי למידה שונים:

- אמנות וספרות,
- חקירה פילוסופית,
- ממדים דתיים,
- חקירה מדעית,
- עצמי, חברה והעולם המודרני,
- הבנת העבר.



התלמידים נדרשים לקחת 2-3 קורסים בכל תחום, אך הם יכולים לבחור בין כמה עשרות קורסים לכל תחום. הפרויקט שנערך באוניברסיטת DePaul אמנם הותאם עבור סטודנטים בהשכלה הגבוהה, אך ניתן בהחלט לשאוב השראה מהדוגמאות המפורטות, בוודאי עבור שכבות הגיל בחטיבות העליונות. בחרנו להדגים כמה מהקורסים המעניינים יותר שנמצאו במאמר והם מסודרים לפי תחומי ידע כלליים.

תחום המחקר המדעי

דוגמת קורס - קודים צפנים

תיאור: קורס זה הוא מבוא למדע וההיסטוריה של הכתיבה הסודית (קריפטוגרפיה) וכיצד ניתן לשבור קודים וצפנים (קריפטאנליזה). במסגרת הסיפור ההיסטורי ניתקל ברעיונות ובשיטות העיקריים שתוכננו לאבטחת ערוצי תקשורת. נושאים אפשריים כוללים: ציפנים להחלפה, צופי טרנספוזיציה, צופן Vigenere, שיטות סטטיסטיות בקריפטאנליזה, קריפטוגרפיה של מפתח ציבורי וקריפטוגרפיה קוונטית.

תיאור מקוצר של חלק מהנושאים הנלמדים:

קריפטוגרפיה של מפתח ציבורי - כל מערכות הקריפטו המודרניות מבוססות על ההנחה שבעיות מתמטיות מסוימות אינן ניתנות לביצוע, כלומר קשה לפתור אותן על ידי מחשב. בחישוב הקריפטוגרפיה המודרנית הוא יותר מכלי, הוא הפך לכלי מטא: עצם העובדה שמשימה כלשהי קשה מבחינה חישובית, ניתן לנצל אותה כדי לבנות דרך לפתרון בר-ביצוע לבעיה אחרת (קריפטוגרפיה של מפתח ציבורי).

תפקיד החשיבה המחשובית: להבין את התפקיד של חישוב, חשבון מודולרי, אקראיות ופרוטוקולים קריפטוגרפיים מעוצבים היטב בקריפטוגרפיה המודרנית. (קטגוריית CT: חישוב).

צופן ההחלפה - בצופן החלפה כל אות מוחלפת על ידי אות אחרת (ייחודית) של האלף-בית. ככזה, צופן החלפה אינו משנה את התפלגות התדרים של האותיות, הוא פשוט מסווה אותו על ידי שינוי שם האותיות. התבוננות זו, עם קצת סטטיסטיקות ומתמטיקה, יכולה לשמש לאוטומציה של קידוד ופענוח צופן, כלומר, התהליך יכול להיעשות על ידי מחשב (או מדמה ביד) ללא כל מעורבות אנושית.

תפקיד החשיבה המחשובית: השתמש בניתוח סטטיסטי ובניסוי וטעייה כדי לשבור צופן חילופי מונו-אלפבית.

דוגמת קורס - פתרון בעיות

תיאור: כיצד אתה פותר בעיה? בקורס זה אנו דנים בטכניקות ואסטרטגיות שונות לפתרון בעיות, כמו יצירת מודלים פירוק לבעיות משנה וחיפוש-גיזום (אופטימיזציה). הטכניקות יוצגו כחלק ממסגרת תיאורטית, אך יהיה דגש משמעותי על פתרון בעיות בתחומים מוכרים כמו משחקים, מאמרים בעיתונים, פילוסופיה, וגיאומטריה. בסיום הקורס התלמידים יבנו רפרטואר של כלים לפתרון בעיות שיאפשרו להם ליצור בחירה מושכלת של גישה כלפי בעיות חדשות.



תיאור מקוצר של חלק מהנושאים הנלמדים :

הגדרת בעיות משנה (תתי בעיות) - הגדרת תתי-משנה היא טכניקת פתרון בעיות המפרקת בעיה לבעיה אחת או יותר, שהפתרון שלה מוביל לפיתרון לבעיה המקורית.

תפקיד החשיבה המחשובית: התלמידים צריכים להבין את טכניקת התת-תחומים המגדירים, והם צריכים להיות מסוגלים ליישם אותה. בפרט, בהינתן בעיה מתאימה, עליהם להיות מסוגלים לזהות את תת-הבעיה שבתוכה, כאשר הפיתרון שלה מוביל לפיתרון של בעיית המקור. הם גם צריכים להמחיש את התהליך של מעבר מפיתרון של תת-הבעיה לפיתרון לבעיה המקורית.

חיפוש וגיזום - טכניקת "החיפוש והגיזום" משתמשת בהיוריסטיקות ובשיטות חיפוש ממצות כדי להגיע לפיתרון. זה משמש בדרך כלל כדי לפתור בעיות שאינן בעלות מבנה ו"פתרונות קלים". לבעיות מסוג זה, ייתכן שיהיה צורך לבצע חיפוש שיטתי כדי לבדוק את כל האפשרויות העשויות להוביל לפיתרון.

תפקיד החשיבה המחשובית: על התלמיד ללמוד כיצד ליישם נהלי חיפוש שיטתיים ולהבין כיצד ניתן להפוך אותם אוטומטיים. בהינתן בעיה מתאימה, התלמידים צריכים להיות מסוגלים להמחיש כיצד ליישם את תהליך החיפוש והגיזום כדי להגיע לפיתרון.

תחום מדעי החברה

הדגמת קורס: מחשוב מותאם אישית

תיאור: התלמידים ילמדו כיצד לפתח חוברות עבודה של Excel לחישוב סטטיסטיקות אלמנטריות ולחישוב מסקנות סטטיסטיות פשוטות (מרווחי ביטחון, בדיקת השערה ומודלי גרסיה לינארית) בעזרת ערכת הכלים לניתוח נתונים. יוצגו מגוון פונקציות סטטיסטיות, מתמטיות, לוגיות וטקסט ב-Excel כמו גם תכונות תרשים ו-Data של Excel. יתרה מכך, הסטודנטים יזכו בפרסום באינטרנט, מכיוון שהאינטרנט העולמי מציע גישה מהירה לקהל עצום לצורך הצגת תוצאות מחקר.

תיאור מקוצר של חלק מהנושאים הנלמדים :

בניית היסטוגרמה - בניית היסטוגרמה היא צעד ראשון חשוב בכל ניתוח סטטיסטי. ניתן להשתמש במראה החזותי של ההיסטוגרמה כדי לקבוע ה סטטיסטיקה המתאימה למדדי הפיזור. לניתוח סטטיסטי מורכב יותר ניתן להשתמש בצורת ההיסטוגרמה כדי לקבוע אילו ניתוחים מתאימים ואילו לא. עם זאת, יצירת היסטוגרמה אינה תהליך פשוט; זהו תהליך איטרטיבי ומפיק תועלת רבה מאוטומציה.

תפקיד החשיבה המחשובית: התלמידים יכולים להשתמש בחבילת סטטיסטיקה כדי ליצור היסטוגרמות מרובות מערך נתונים בודד ולבחור את ההדמיה המשמעותית ביותר של הסימטריה או השינוי של הנתונים.

תחום מדעי המחשב



הדגמת קורס : אינטרנט, מסחר וחברה

תיאור: הצגת טכנולוגיית אינטרנט, יישומה למסחר והשפעתם החברתית. קורס זה סוקר טכנולוגיות אינטרנט, שיתופי פעולה ופעילויות מסחר, הפצת מדיה דיגיטלית, קהילות מקוונות ורשתות חברתיות בסביבת האינטרנט.

תחום מדעי הסביבה

הדגמת קורס : מבוא למדע כדור הארץ

תיאור: קורס זה משתמש בגישה מערכתית, כדי לחקור את המבנה הבסיסי של פונקציות, תהליכים, שינויים ואינטראקציות דינמיות בין מערכות החיים והאי-חיים של כדור הארץ. קורס זה מיועד לתלמידים בעלי יסוד בסיסי בביוגיה, כימיה, אקולוגיה ומתמטיקה.

תיאור מקוצר של חלק מהנושאים הנלמדים :

דגמי אקלים עולמיים - מדע מערכות כדור הארץ הוא המחקר המשולב של מערכות חיות ושאין חיות ואיך מערכות אלו יוצרות סביבה מטה-יציבה שתורמת להמשך החיים בכוכב הלכת שלנו. בדרך כלל, מדע מערכות כדור הארץ מתמקד בחילופי חומר ואנרגיה בין ארבע תחומי כדור הארץ הגדולים: הביוספירה, האטמוספירה, ההידרוספירה והליטוספירה. מדע מערכות כדור הארץ פורח בעידן המחשבים, שכן הוא מונע לעיתים קרובות על ידי צורך להבין את ההשפעות האנושיות על הסביבה, ומודלים אקלימיים גלובליים (GCM) הם הכלים בשיכולתם לשלב הבנה מפורטת של תהליכים מסוימים.

תפקיד החשיבה המחשובית: התלמידים יעריכו את אופן השימוש בחשיבה מחשובית כדי להנחות את תהליך בניית מודל מערכת האקלים של כדור הארץ ובמיוחד כיצד מידול והפשטה הם כלים קריטיים למאמץ זה. התלמידים יבינו כיצד GCMs בנויים מההבנה שנאספה ממחקרים פרטניים (תיאורטיים ואמפיריים). אך הם יצטרכו לאזן בין הצורך לתפוס תהליכים חשובים עם המציאות שמודלים יכולים להפוך גדולים מדי, מורכבים מדי ולכן אינם שמישים. התלמידים גם יבדקו כיצד מודלים אלה חושפים מורכבות (למשל, תכונות מתהוות) המתעוררות כאשר מצמידים מערכות לא-ליניאריות. תוך שמירה על הדיון ברמה רחבה והימנעות מטכניקות הקשורות ליישום, התלמידים יעריכו ש-GCM הם תוצאה של החלטות קריטיות המתבססות על עקרונות החשיבה מחשובית.

שינוי האקלים הגלובלי – התלמיד יכיר את העקרונות הכלליים של שינויי אקלים וכיצד הוא משפיע על מזג האוויר, החקלאות, מפלס האוקיאנוס וכו'. בשנים האחרונות הבעיה של שינוי האקלים העולמי הפכה לאחד הנושאים החשובים ביותר במדע ובפוליטיקה. קורס זה יעסוק בנושאים כמו שינויי אקלים טבעיים ואנושיים, טיפול בנתונים והתנהגות חברתית.

חיזוי שינויי אקלים מפעילויות אנושיות - בדיון ההתחממות הגלובלית, מודלים אקלימיים גלובליים (GCM) מילאו תפקיד מרכזי, במשך 20 השנים האחרונות מדענים השתמשו בהדמיות מחשב מתוחכמות יותר ויותר. המדע הבסיסי שמאחורי ה-GCM נותר ללא שינוי, אך העליה



המשמעותית בכוח המחשוב מאפשרת רזולוציה זמנית ומרחבית עדינה יותר, אלגוריתמים מקיפים יותר המתארים תהליכים פיזיים קיימים ותוספת אלגוריתמים המתאימים לתהליכים חדשים.

תפקיד החשיבה המחשובית: בנוסף למגבלות שהוטלו על ידי מודלים לא מושלמים, תחזיות האקלים העתידי מוגבלות על ידי מקורות נתונים לא מספיקים לאתחול הפעלת מודלים וחוסר וודאות של התנהגות עתידית.

תפקיד החשיבה המחשובית יהיה להבין כיצד אי הוודאות בתשומות מייצרת אי וודאות בתוצאות ואיך ממוצע ההרכבים של תרחישי קלט מציאותיים שונים יכול להפחית את חוסר הוודאות הזה. התלמידים יעריכו כיצד GCMs יכולים לחזות באופן אמין את תנאי האקלים העתידיים מהנחות שונות לגבי האופן בו פחמן דו חמצני וגזי חממה אחרים ישתנו.

הדגמת קורס: אקולוגיה עירונית

תיאור: כיום יש מודעות הולכת וגוברת לחשיבותם התפקודית של עצים התורמים לשיפור איכות האוויר, למזעור זיהום הרעש, הגנה על נהרות מפני נגר מזהמים מזינים, ושמירה על המגוון הביולוגי. הקורס יעסוק בקשת הרעיונות הנוגעת ליערות עירוניים.

תיאור מקוצר של חלק מהנושאים הנלמדים:

DeepMapping לינקולן פארק - לתכניות העירוניות חסרות כמה נתונים סטטיסטיים חיוניים על בריאות היער העירוני - למשל, אילו עצים מצליחים ובאילו נסיבות סביבתיות? קבלת מידע מדויק וספציפי לאתר העוסק בשאלות מסוג זה עשוי לסייע בתכנון נטיעות, לחסוך משאבים רבים ולהבטיח תשואה מקסימאלית על ההשקעה העירונית ביער העירוני. שיעור זה יתרום לעיצוב תוכנית הערכה להפצה, בריאות וניתוח מגוון העצים בפארק עירוני גדול. בנוסף, נעבוד גם על תהליך מקביל של איסוף נרטיבים מהקהילה על תפיסתם, זיכרונותיהם והאסוציאציות שלהם לפארק. המידע המצטבר יוצג חזותית באמצעות תוכנת מיפוי. התלמידים ילמדו כיצד לאחסן, לאחזר, לנתח, לפרש ולתקשר ביעילות את תוצאות הפרויקט המורכב.

תפקיד החשיבה המחשובית: הנתונים שנאספו יאוחסנו בצורה מסוימת ואז ינותחו באמצעות כלים כמו Excel או SAS. הסטודנט לומד כיצד לאחסן את הנתונים הוא דרך מובנית המאפשרת גישה קלה ויעילה לנתונים באמצעות כלי הניתוח. התלמידים לומדים כיצד ניתן לחלץ משמעות ממערך נתונים גדול באמצעות סטטיסטיקות, כלים סטטיסטיים ו / או כריית נתונים. התלמידים מבינים שהמשמעויות / המידע המצטבר מערך נתונים ניתן לייצג בצורה הטובה ביותר באמצעות הדמיה; התלמידים לומדים לייצג נתונים מצטברים חזותית באמצעות תוכנת מיפוי.



תחום האומנויות

הדגמת קורס : עקרונות האמנות האירופית

תיאור : מבוא לשיטות בחינה ההיסטוריות של האמנות ויישומן לסקר כרונולוגי נרחב ונבחר של העולם האירופי. טיולי שטח במוסדות אמנות בשיקגו מרחיבים את המסורות החזותיות וביקורתיות

תיאור מקוצר של חלק מהנושאים הנלמדים :

סיווג נושאי האמנות - הרשויות הדתיות והעולמיות היו לעתים קרובות הנושא העיקרי של האמנות לאורך זמן ובכל תרבויות אירופאיות. על ידי לימוד מדגם של חפצי אמנות מתרבות מסוימת, ניתוח נושא המדגם האמנותי, וסווג את חפצי האמנות לפי סוג סמכות שהם מייצגים, אם בכלל, אפשר ללמוד את התפקיד שהיה לאמנות בתרבות, וגם על התרבות עצמה.

תפקיד החשיבה המחשובית : להשתמש באיסוף נתונים וניתוח נתונים פשוט כדי למצוא את התפלגות הנתונים למספר קטגוריות.

סמלי סמכות - באמנות שהנושא שלה הוא סמכות עולמית או דתית, ישנם רמזים / סממנים איקונוגרפיים המעבירים את אותה סמכות. לפעמים אותם רמזי סמכות מופיעים לאורך זמן או תרבויות.

תפקיד החשיבה המחשובית : התלמידים לומדים לפשט סמלי סמכות המשמשים לאורך זמן ותרבויות.

תחום ההיסטוריה

הדגמת קורס : מקורות מלחמת העולם השנייה

תיאור : הקורס בוחן את מערכת המדינה האירופית (והעולמית) בעקבות מלחמת העולם הראשונה והמהפכה הרוסית; הניסיונות ליצור איזון בינלאומי חדש בוועידת השלום בפריס ואחריו; עליית היטלר והנאציזם; צמיחה תעשייתית יחסית ומוחלטת בגרמניה, צרפת ובריטניה, מקורה המיידי של מלחמת העולם השנייה באירופה; ועליית המיליטריזם והופעת המלחמה במזרח אסיה.

תפקיד החשיבה המחשובית : להבין את הדרכים בהן ניתן לפרש את הנתונים באמצעות ניתוחים מוחלטים ויחסיים; להבין את סוגי השאלות שיש לשאול לגבי הנתונים ואת גבולות התשובות שניתנו; לפתח טכניקות הדמיה להציג את הנתונים על מנת להעריך משתנים ספציפיים.

8. חשיבה מחשובית כגישה לפיתרון בעיות בעולם האמיתי

רבי וגיויה מציעים במאמרם (Rabiee & Tjoa, 2017) פרדיגמה לפיתרון בעיות מורכבות בעולם האמיתי, באמצעות רכיבי החשיבה המחשובית. לטענתם חשוב לחקור את תחולתן של חשיבה חישובית כמושג אוניברסלי וככלי לפיתרון בעיות בעולם האמיתי בפועל שכן מחקרי מקרה עתידיים יכולים לזהות את הגורמים המשותפים והמקומיים הספציפיים של תהליכי החשיבה,



לחקור את האוניברסאליות של חשיבה המחשובית בין תרבויות ודיסציפלינות ולפתח גישה שלא רק מספקת פתרונות אלא גם תואמת להתפתחויות עתידיות.

בפועל, חשיבה חישובית מעוררת תהליך חשיבה בו מודגשת חשיבות הגדרת הבעיה ופרוקה למרכיבי הליבה והפריפריה שלה, כך שפיתוח פתרונות מייצר תהליך יישום יעיל. בהתחשב במושגי היסוד של המחשוב, השיטה המוצעת של רבי וגויה ניגשת לבעיות בעולם האמיתי עם ארבעה שלבי ליבה של הפשטה, פירוק, פיתוח פתרונות ואימות.

הבעיה המודגמת - בשנת 2015 אימצו 193 חברי האסיפה הכללית של האו"ם 17 יעדי SDGs, שמטרתם להשיג פיתוח כלכלי, הכלה חברתית והגנה על הסביבה עד שנת 2030. העמדה המרכזית של SDG היא להבטיח שאיש לא יישאר מאחור. האג'נדה האוניברסלית המוצגת ב-SDGs מונעת על ידי בעיות המשותפות ברחבי העולם, עם זאת, כל אחת מהבעיות המתוארות נגרמות בנסיבות שונות בכל אחת מאוכלוסיות היעד. יישום יעדים כאלה מחייב מסגרת מקומית גלובלית שתספק תכנית פעולה גלובלית אך ניתנת להתאמה. במוקד הדגמת המאמר עומד יעד 4 של SDG, שהוא: "להבטיח חינוך כוללני ואיכותי וקידום הזדמנויות למידה לכל החיים לכל החיים". המאמר המדובר מציע כי האלמנטים הרעיוניים של חשיבה חישובית יכולים לתרום להקמת מסגרת אוניברסלית ומבנה קולקטיבי לתהליכי חשיבה לפתרון בעיות המתאימים לכל אוכלוסייה מקומית.

הפשטה - המוקד המרכזי להפשטה הוא תהליך חילוץ מושגים יסודיים של בעיה מורכבת המשפיעים על תוצאת הפיתרון. בסביבת בעיות אמיתיות, הכללות אינן מבטלות את הגורמים ההקשריים המכתיבים את הנסיבות המקומיות. נהפוך הוא, תהליך ההכללה מזהה בעיות המשותפות בהקשרים מקומיים ומביא בחשבון את "התמונה הגדולה". ה-SDGs הם דוגמה נהדרת לאופן שבו נושאים כמו פגיעות כלכלית, אי שוויון בין המינים, שינויי אקלים וכו' הם בעיות כללה לכל החברות שצריכות להתפרש באופן מקומי. תהליך ההפשטה עובר שלושה שלבים של הסבר, זיהוי הקשר ותיאור נסיבתי.

- **הסבר והבהרה -** על מנת לזהות את הבעיות הבסיסיות המוצהרות ב-SDGs יש לספק הגדרה ברורה של כל היעדים. למרות השפה המעורפלת של SDG, ניסוח מחודש של המטרות יספק הגדרה מפורטת יותר, יקשר אותם באופן כזה שיכול לחול על מגוון רחב יותר של מבנים חברתיים, ויזהה את הבעיה העומדת בבסיסה של כל מטרה. יעד 4 של SDG, לדוגמה הוא: "להבטיח חינוך כוללני ואיכותי וקידום הזדמנויות למידה לכל החיים לכל החיים". הניסוח המחודש של יעד 4 מספק הבנה כוללת ומגובשת יותר של מטרתו ותפקודו בתיאור הבא: יש להקל על כל האמצעים - כולל חומר לימודי, מתקנים ומחנכים - שיבנו בסיס מגוון של חינוך איכותי שיונגש לכל הרבדים החברתיים. תהליך ההבהרה מאפשר לנו לזהות את ההיקף הכללי של המטרה לבעיית הליבה שלה אי נגישות החינוך, באופן שרלוונטי לכל שכבות הבעיה.

- **זיהוי הקשר -** בהתחשב במורכבות ובריבוי הגורמים החברתיים-תרבותיים הקיימים בבעיות העולם, עיצוב מודל המותאם לכולם הוא שאפתני כמו ה-SDG עצמו. עם זאת, כלל גורמים



תרבותיים בהגדרת הבעיה יספקו את האמצעים לעיצוב פתרונות שיגיעו למגוון רחב יותר של אוכלוסיות. כעת, לאחר שהוגדרה הבעיה העיקרית העומדת בבסיס, השלב הבא הוא להגדיר כל בעיה בסביבה המקומית והתרבותית שלה: האם האוכלוסייה המקומית תופסת את יעד 4 כבעיה בקהילה שלהם? כיצד מגדירה האוכלוסייה המקומית את הבעיות הנגזרות מיעד 4? כיצד מגדירה האוכלוסייה המקומית את הקשר בין גורמים מקומיים לעולמיים של הבעיה?

- **תיאור הנסיבות** - כל אחד מהגורמים הנסיבתיים משפיע על הרכב הבעיה ועל רגישותו לשינוי. במקרה של SDGs, השחקנים, המיקום וציר הזמן משתנים ויש לזהות אותם באופן מקומי: מי: השחקנים המעורבים ב-SDG הם רשתות של יצרני עיזובים, תורמים, נמענים ומיישמים. רשתות קשורות זו לזו של אנשים אשר יתכננו פתרונות, יישמו פתרונות וישתתפו באופן קולקטיבי בתהליך הפיתוח הם: מערכת האו"ם ובעלי עניין, ממשלות מקומיות, מגזר פרטי, מוסדות חינוך, אזרחים ומארגני קהילה, מומחים מקומיים. איפה: רשת פתרונות קיימת לפיתוח בר קיימא פרסמה בדו"ח כי SDGs יהיו תלויים בגישה מלמטה למעלה שתקשר בין רשויות מקומיות וקהילות לקבלת החלטות ברמה הלאומית. לפיכך, SDGs דורשים גישה מקומית לגלובלית. הבטחת הכללת אוכלוסיות ברמה מקומית תוביל להקמת שותפויות לאומיות, אזוריות וגלובליות. ליעד 4, הגישה המקומית לגלובלית תתחיל בבתי ספר ומרכזי חינוך מקומיים כדי ליצור קהילה מגובשת שלוקחת את חששות החינוך לרמה לאומית וגלובלית. מתי: יש מסגרת זמן של 15 שנה עד 2030 כמועד האחרון. מסגרת הזמן משתנה לכל בעיה ומיקום. השגת חינוך הוגן ואיכותי היא יעד לטווח הארוך, עם זאת, ניתן להאמין כי היסודות של יעד 4 ניתנים להשגה בשנות הנותרות של ציר הזמן של SDG. תיאור ההגדרות הנסיבתיים של הבעיה יספק תובנה בשאלות הבאות: מיהם הרשויות המקומיות המשפיעות? את מי יקבלו האוכלוסיות המקומיות כממשות הפתרונות? באיזו זמן ניתן לפתור את הבעיות? מה אזרחים יכולים לעשות כדי לפתור את הבעיה?

פירוק - פירוק בעיות על ידי פונקציונליות הוא מרכיב חשוב בחשיבה חישובית הפשטת הבעיה משמשת לפשט את האמצעים ליישום הפתרונות. פיתרון כל אחת מבעיות המשנה ירכיב פתרון לבעיה המקורית שפורקה.

- **זיהוי וחילוץ הגורמים המשמעותיים (שורשי הבעיה)** - הגישה המקומית לגלובלית תזהה את גורמי השורש לבעיה בהשגת יעד 4 בהקשרם המקומי והעולמי. היעדר תשתיות חינוך, עלות השכלה גבוהה, מספר לא מספיק של אנשי חינוך, מרחקים רחוקים למתקני החינוך הקרובים, נורמות מגדריות תרבותיות, קונפליקט ומלחמה והיעדר שירותים הזמינים לתלמידים עם צרכים מיוחדים הם רק חסמים מעטים לחינוך הנוגעים בדבר. השאלות הבאות עוזרות לזהות מדוע הבעיה מתרחשת בנסיבותיה הנוכחיות: מה מזהים מומחים כגורמים להנגשה לחינוך כוללני ואיכותי? מה האוכלוסייה המקומית מזהה כגורמים לאי נגישות לחינוך כוללני ואיכותי? אילו מאמצים נעשו למיגור מקרי השורש? מדוע הם לא הצליחו להתגבר על מכשולים הקשורים לחינוך בעבר? אילו מהגורמים הבסיסיים ניתנים לשינוי או ביטול?



- **חילוץ הקשרים שבין הגורמים השונים - SDGs** יצאו מרשת של בעיות תלויות זה בזה; לא רק שהיעדים מטפלים בהיקף נרחב של סוגיות, אלא שרבים מהם חופפים ומייצרים את הסיבתיות זה לזה. לאחר שמזהים את הקישורים בין גורמי השורש בכל הקשר, מערכת הבעיות תצטמצם לתת-בעיות הניתנות לניהול. הערכת הקשרים בין כל אחת מהבעיות הבסיסיות של SDGs מחייבת מידע מקומי לקבלת תוצאה בהקשר.
- **פיתוח פתרונות** - המטרה הסופית של חשיבה חישובית היא למצוא פיתרון לבעיות מורכבות. השלבים הקודמים של הפרדיגמה אוספים נתונים ראשוניים בתהליך הגדרת הבעיה, הקשרם ופירוק הבעיה. בשלב הבא של התהליך, נתונים הנוגעים לבעיות ולפתרונות האפשריים נאספים, מעובדים ומתורגמים לאסטרטגיות פתרונות.
- **איסוף עובדות (נתונים)** - צעד זה אוסף את כל הנתונים שנאספו ומשלב אותם עם נתונים שנאספים על ידי שתי קבוצות; הראשונה הרשויות, המדענים, האקדמאים והמומחים; והשנייה אזרחים וחברי קהילות שונות.
- **ניתוח הנתונים** - באשר למטרה 4 של SDGs, הניתוח יספק תובנה לגבי הנקודות שהוזכרו לעיל במישור החברתי, המוסדי והפדגוגי על ידי איסוף נתונים על חשיבותו של חינוך בקהילות שונות, מבני פרקטיקה ושיטות למידה, אופי הקורסים ו נושאים המשולבים בתכניות הלימודים, תחומי העניין של הסטודנטים ומקורות פיננסיים.
- **פיתוח וגיבוש פתרונות** - נראה כי לכל אחת מהבעיות ידרש פיתרון שניתן להפעיל על כל אוכלוסיה. לדוגמה, קורסים מקוונים מאסיביים פתוחים (MOOC) הם כלים שיכולים לתת מענה לצרכים חינוכיים ספציפיים ברחבי העולם ולא רק לשמש פיתרון ליעד 4 של SDGs.
- **אימות** - שלב זה של התהליך מתמקד ביישום פתרונות; הפתרונות מיושמים על אוכלוסיית היעד או המיקום, מנוטרים ומשתנים כדי לבצע יישום בהמשך ביעילות מירבית. שלב זה מושלם בשלושה שלבים של: יישום, מעקב אחר התקדמות ותיקון שגיאות.
- **יישום** – יש לייצר פתרונות מקומיים הניתנים ליישום ראשוני – יש צורך בזיהוי שחקנים מקומיים – ובזיהוי התפאורה הנסיבתית של כל תת-בעיה וכך באמצעות יישום פתרונות לתתי הבעיות בהמשך להגיע לפתרון הבעיה במלואה. עם זאת, זה לא השלב האחרון בתהליך, שכן הפתרונות כפופים להשתנות של מצבים אנושיים המשפיעים על הבעיה.
- **מעקב אחר התקדמות** - פתרונות המיועדים לבעיות בעולם האמיתי לא נועדו רק לפתור את הבעיה, אלא להביא לתוצאות יצרניות. מעקב אחר התקדמות פיתרון מיושם יגלה את השגיאות והחסרונות שהפתרונות עשויים להוות ויאפשרו שיפור אמצעי היישום בכל סיטואציה. במקרה של SDG, ממשלות מקומיות, האו"ם ושותפיהם, חינוך משרדים ומוסדות ומחנכים ממלאים תפקיד חשוב במעקב אחר ההתקדמות המקומית והעולמית של כל אחת מהיעדים והיעדים.



- תיקון שגיאות - בהקשר של בעיות בעולם האמיתי, הדרך בה מתקבלים הפתרונות באוכלוסיות שונות אינה ניתנת לחיזוי וצריך לכן להיות מכוונים לצרכים ולאינטרסים של האוכלוסייה. לכן בשלב ניתן לשנות ולתקן את כל השגיאות המתעוררות בשלב הקודם.

9. כלים וסביבות למידה

9.1 כלי תכנות

תכנות היא הדרך הפופולרית ביותר ליישום מיומנויות חשיבה מחשבתית כמו גם כלי נהדר להראות לתלמידים כיצד ניתן ליישם חשיבה מחשבתית על בעיות בעולם האמיתי. מושגי תכנות כמו תנאי שימוש וטיפול במידע / מידע מועברים לעיתים קרובות ויכולים להיות הרחבות לחשיבה מחשבתית או אפילו חלקים מרכזיים ממנו. לוקווד ומוני סוקרים במאמרם (Lockwood & Mooney 2018) כלי תכנות שונים להקניית חשיבה מחשבתית:

תכנות בתי ספר תיכוניים נלמדו בטכנולוגיות שונות הכוללות Scratch, מערכת Alice גיליונות אלקטרוניים Python BASIC Java ו-VB. הוכח כי שימוש בשפת תכנות גרפית (Scratch למשל) או ביצוע סימולציות פשוטות עשוי לאפשר לימוד מיומנויות אלגוריתמיות החיוניות לחשיבה מחשבתית באופן שאינו מאיים לתלמידים כמו שפה פורמלית (Java, Python וכו').

מיומנויות חשיבה מחשבתית נלמדו גם באמצעות "טכנולוגיות" אחרות כמו באפליקציית App Inventor כשהשימוש בה הדגיש באופן ספציפי את חשיבת האינטראקציה בעת לימוד חשיבה מחשבתית. במהלך הקורס הם כללו דיונים ושאלות מהכיתה כולה, כמו גם עבודה בזוגות לפיתוח אפליקציות. דבר אחד שצוין באפליקציית ה-Inventor הוא שנמצא כי הוא משתווה לטובה עם Scratch, אך מציעה את היתרונות של הצגת משהו מוחשי מאוד. המטרה בשימוש באפליקציה כזו היא להשתמש בסקרנותם של התלמידים לפיתוח אפליקציות סלולריות כדי להציג וללמד חשיבה מחשבתית באמצעות תכנות אפליקציות סלולריות. נמצא כי התלמידים נהנו מעיצוב אפליקציות.

שיטה נוספת לפיתוח חשיבה מחשבתית היא באמצעות עיצוב משחק. דוגמת Scalable Game Design (SGD) הנמצאים באוניברסיטת קולורדו, הם יצרו חברת ספין אוף בשם AgentSheets Inc. שפיתחה את AgentSheets ו-AgentCube. אלו כלים המאפשרים לאנשים ליצור משחקים וסימולציות מבוססי סוכנים משלהם ולפרסם אותם באינטרנט באמצעות ממשק גרירה ושחרור ידידותי למשתמש. הם קובעים כי בניית משחקים מלמדת את התלמידים מושגי מדעי המחשב, הגיון וחשיבה אלגוריתמית. במחקרים הבוחנים היבטים מוטיבציוניים וחינוכיים של הצגת מדעי המחשב ברמת חטיבת הביניים נמצאו תוצאות חיוביות מבחינת רמות מוטיבציה, מספר המשתתפים והשתתפותן של נשים וקהילות בתת ייצוג. ההשתתפות גבוהה במיוחד מכיוון שרוב בתי הספר התיכוניים המשתתפים במחקר הפכו את Scalable Game Design למודולה שהוא



חלק מהקורסים הנדרשים הקיימים רבים מבתי הספר התיכוניים מדריכים את כל תלמידיהם בעיצוב משחקי מדרג המגיעים בכמה בתי ספר ליותר מ- 900 תלמידים בשנה, בכל בית ספר. מבין למעלה מ- 1000 סטודנטים שהשתתפו בפרויקט בסמסטר הראשון מעל 52% היו בנות. מבין הבנות 85% נהנו מקורס עיצוב משחקי מדרג ו 78% מעוניינים לעבור קורס נוסף לעיצוב משחקים.

במחקרם יצרו רפנינג ושות' (Repenning et al., 2010) רשימת בדיקה של "כלי חשיבה חישוביים", לטענתם, כדי להשפיע, כלי חשיבה מחשובית בו משתמשים אל מול תלמידים צריך למלא את התנאים הבאים:

- הכלי אמור להיות קל להיכרות ולמידה
- הכלי אמור לאפשר תחכום
- התקדמות התחכום צריכה להיות כמה שיותר לינארית וברורה
- הכלי אמור לאפשר העברה כלומר התלמידים יכולים יוכלו ליישם את מה שהם לומדים בתרחישים אחרים
- הכלי אמור להיות מעניין ומרתק
- הכלי אמור להיות שיטתי ובר-קיימא, כלומר מגלם בתוכו צורך שימושי אמיתי

חסרונות בשימוש בכלי התכנות

במאמרה מזהירה ווינג (Wing, 2008) מפני מתן אפשרות ל"כלי" כלומר, המחשב או שפת התכנות וכו' להפריע להבנה מוצקה של המושג. כשם שלימוד פעולות חשבון לילדים בלבד על ידי מחשבון יפגע בהבנתם את הכישורים המתמטיים הבסיסיים, כך שלימוד התלמיד לקודד, ליצור תוכניות ולגבש פתרונות מבלי ללמוד אותם את הצעדים הנכונים בפירוק בעיה, יצירת הפשטות ועיצוב אלגוריתמים יפריעו הבנתם את עקרונות הליבה. זה אולי נראה קיצוני, אך המצב בו תלמידים הלומדים לקודד, מניחים (או גרוע מכך, הסביבה החינוכית מניחה) שהם מבינים את המושגים של מדעי המחשב, נפוץ ביותר. מה שנחוץ לכן הוא שילוב יעיל של "הכלי" עם המושגים.

על הכלים וסביבות הלמידה שהוזכרו בפרק זה:

Alice היא שפת תכנות חינוכית מבוססת אובייקטים עם סביבת פיתוח משולבת (IDE). Alice משתמשת בסביבת גרירה ושחרור כדי ליצור אנימציות מחשב באמצעות דגמי תלת מימד. התוכנה פותחה תחילה באוניברסיטת וירג'יניה בשנת 1994, אחר כך קרנגי מלון (משנת 1997), על ידי קבוצת מחקר בראשות רנדי פאוש. אתר האינטרנט של המערכת מוקדש להפוך את Alice לכלי נגיש נרחב ברחבי העולם לצורך הגדלת המגוון והגישה לחינוך מוקדם במדעי המחשב. Alice משמשת מורים בכל הרמות מחטיבות ביניים וחטיבות עליונות (ולעתים אפילו צעירים יותר) לאוניברסיטאות, בכיתות בית הספר ואחרי הלימודים והנושאים שניתן לעסוק בה נעים בין אומנות חזותית ואמנויות שפה וכלה ביסודות התכנות והמבוא לקורסי Java. אתר

<https://www.alice.org/>



AgentSheets הוא כלי Cyberlearning שמלמד את התלמידים מיומנויות תכנות וטכנולוגיות מידע קשורות באמצעות עיצוב משחק. AgentSheets נתמך על ידי תכנית לימודים בחטיבת הביניים ובחטיבה העליונה בשם Scalable Game Design התואמת את תקני טכנולוגיית החינוך הלאומית של (ISTE (NET). המשימה של פרויקט זה היא להמציא מחדש את מדעי המחשב בבתי ספר ציבוריים על ידי הנעה וחינוך של כל התלמידים, כולל נשים וקהילות תחת ייצוג, ללמוד על מדעי המחשב דרך עיצוב משחק החל משלב חטיבת הביניים. באמצעות תכנית לימודים זו בונים התלמידים משחקים מתוחכמים יותר ויותר, וכחלק מתהליך זה הם לומדים על מושגי חישוב ברמה של חשיבה חישובית הרלוונטית לעיצוב המשחקים כמו גם למדעי החישוב. אתר:

<https://www.agentsheets.com/store>

MIT App Inventor הוא סביבת פיתוח משולבת של יישומי אינטרנט המסופקת במקור על ידי גוגל, ומתחזקת כעת על ידי מכון הטכנולוגיה של מסצ'וסטס (MIT). סביבה זו מאפשרת למתחילים בתכנות מחשבים ליצור תוכנות יישומים (אפליקציות) לשתי מערכות הפעלה אנדרואיד ו-iOS. זוהי תוכנה חופשית וקוד פתוח המשוחררת תחת רישיון. התוכנה משתמשת בממשק משתמש גרפי (GUI) הדומה מאוד לשפות התכנות Scratch (שפת תכנות) ול-StarLogo, המאפשרת למשתמשים לגרור ולשחרר אובייקטים חזותיים כדי ליצור יישום שיכול לפעול במכשירים ניידים. ביצירת ה-App Inventor, גוגל השקיעה מחקר מקדים משמעותי בתחום המחשוב החינוכי, ועבודה שנעשתה ב-Google בסביבות פיתוח מקוון. אתר:

<https://appinventor.mit.edu/>

9.2 כלים ללא חיבור למחשב unplugged

ניתן ללמוד נושאים חשובים רבים באינפורמטיקה או בתחומים אחרים של מדע, חברה וטכנולוגיה הקשורים למדעי המחשב ללא שימוש במחשבים. הפעילות המנותקת ממחשב בתחום מדעי המחשב מספקת פיגומים לגישה קונסטרוקטיביסטית להכנסת נושאים במדעי המחשב, ללא צורך ללמוד תחילה תכנות. לרוב קל יותר להסביר את ההקשרים הרעיונות ותהליכי עבודה בעזרת פעילויות פשוטות יותר מתכנות.

פעילות ללא חיבור למחשב הקשורות למאפייני המחשב תומכות בחשיבה חישובית, אם כי בכדי שזה יהיה אפקטיבי רצוי להשתמש בהן בהקשר ליישום במכשיר דיגיטלי (Bell, 2018). על ידי שימוש במשימות אלה, ניתן לפענח את "המיתוס" של המחשב בעיני ילדים הנתפש כ"תיבת קסמים שיודעת ועושה המון ואנחנו לא מבינים איך".

יתרונות השימוש בפעילויות ללא חיבור למחשב בכיתה

שימוש בפעילויות ללא חיבור למחשב מסייע לחשוב לא רק על מחשבים ומדעי המחשב, אלא על פעילויות בין תחומיות ללא גבולות מקצועיים בבית הספר. התלמידים יכולים לראות טוב יותר



את הקשרים בין נושאים ותחומים שונים. רצוי להשתמש בפעילויות משולבות בתנועות גופניות וכך אנו מקבלים למידה על ידי עשייה ולמידה על ידי תנועה המקדמות את פריצת השגרה היומיומית מחיי בית הספר.

פעילויות מסוג זה נותנות בסיס לשיתופי פעולה ועבודת צוות. ביכולתן לתמוך בהתפתחות התקשורת כמיומנות. התלמידים צריכים לדבר על הבעיה: הם צריכים לנסח את הבעיה, את אסטרטגיית הפיתרון, לנסח וליישם את הפיתרון עצמו. בפעילויות מסוימות הם צריכים להציג את תוצרי הפעילות בפני קהל ולדעת להתייחס לתגובות.

חסרונות (בעיות, אתגרים) של שימוש בפעילויות ללא חיבור למחשב

פעילויות ללא חיבור למחשב לא קשורות רק ל"משחק". נדרש עבורן בסיס חזק של תכנון ויישום. לרוב לכן הן מהוות עבודה רבה למורים וזאת לא רק בתהליכי הכנה (יוזמה), אלא יכולות להוות מכשול עבור המורה מבחינת התפיסה המקצועית שלו: מורי מחשבים או תחומים מדעיים נדרשים לשנות את דרכי העבודה מאותם עולמות תוכן "מדויקים" לסיטואציות פתוחות שאינן מדויקות, מורים המגיעים מהתחומים ההומניסטים והאומנויות צריכים להחיל בפרקטיקות שלהם את הדיוק והשיטתיות של עולם המחשב מה שמחייב אותם לשנות את סגנון ההוראה שלהם. שימוש בכלים ופעילויות כאלו מתברר כעבודה קשה בשמירה על מיקוד וניהול זמן, בנוסף מעורבות התלמידים אינה מובטחת - "משחק" הוא לא תמיד אמצעי למוטיבציה.

פעילויות מעוצבות הן מרכיבים חשובים בחינוך הכיתתי בחשיבה מחשובית. הם מורכבים ממשימה וכמה חומרים המשמשים לפתרון המשימה. פעילויות "ללא חיבור למחשב" משתמשים בחומרים מוחשיים כמו בלוקים או כל חומרים זמינים אד הוק, עיפרון ונייר, בגופו של התלמיד, אך לא במחשבים. הקסם של פעילויות "ללא חיבור למחשב" הוא לרוב הניגוד בין החומרים לתפיסות הקשורות לעולם המחשב.

בספרות מחקר ותוכניות חינוכיות ניתן למצוא עצות רבות כיצד לעודד ולטפח יצירתיות. כדי לקשר בין עצות אלה לפעילויות יצירתיות ללא חיבור למחשב, יש להתחשב במאפיינים הבאים (Weigend, 2019):

- תכנון פעילויות, כולל הגדרת המשימה והחומרים בהם נעשה שימוש - ניתן לעודד יצירתיות על ידי הגדלת מגוון המושגים הנלמדים - ככל שהתלמיד מכיר מושגים רבים יותר, הוא יכול למצוא יותר "שילובים יוצאי דופן" ויכול להתאמן במציאת קשרים חדשים בין מושגים וללמוד לשפוט את הערך והחידוש של רעיונות.
- פיגומים במהלך ביצוע הפעילות - יש לשמור על אווירה של העצמה ושמחה במהלך ביצוע פעילות יצירה. סביבת הלמידה צריכה להקל על המיקוד ולמנוע הסחות דעת. חצר בית ספר ריקה עשויה להיות סביבה טובה לפעילויות יצירה מסוימות. יש לתכנן כיתות לתמיכה בתהליך היצירה. על פיגומים במהלך התהליך צריכים לתמוך ולעודד את הפעולות הבאות:
 - הבהירו, נתחו והגדירו מחדש את הבעיה או השאלה בכדי לחשוף דרכים חדשות להסתכל עליה.



- נסו למצוא קשרים בין נושאים שלכאורה אינם קשורים.
 - נסו לשאול כל הזמן – כיצד ניתן לשפר את מה שאנחנו עושים?
 - הכירו אפשרויות חלופיות.
 - התבוננו בדברים מנקודות מבט שונות.
- הצגת התוצאות הכוללת כללי משוב- אין להתייחס מהתלמידים על ידי ביטול רעיונות חדשים ומפתיעים כטעויות. אנשים יצירתיים זקוקים לביטחון עצמי. התוצאה ההגיונית היא שעידוד משימה יצירתית אמור תמיד להוביל להצלחה. הצגת תוצרים בסביבה מצמיחה היא הזדמנות טובה לדון מהם רעיונות טובים שיש להמשיך איתם ומהם אלו שכדאי לזנוח, מהם החידושים שהצלחנו להביא ואלו ערכים נמצאים בבסיס הרעיונות שלנו.

ניתן לקבץ את קשת פעילויות החשיבה המחשובית ללא חיבור למחשב לארבעה סוגים (Weigend, 2019):

- 1) צור אלגוריתם – האתגר הוא להמציא אלגוריתם הפותר משימה נתונה ולהציג אותה ללא מחשב. כאן האתגר היצירתי טמון בתכנון וגיבוש אלגוריתם עם פקודות וייצוגי נתונים מתאימים.
- 2) מצא יישום יצירתי - האתגר הוא למצוא מצב חדש בו ניתן ליישם אלגוריתם או מושג נתון . כאן האתגר היצירתי נעוץ בעיצוב סיפור, מכיוון שהאלגוריתם או המושג נתונים יש לבדוק אם הסיפור מתאים כהקשר של היישום.
- 3) מצא דוגמה – האתגר הוא למצוא דפוס או אלגוריתם שיש לו תכונות מבניות מסוימות (למשל לולאות, רקורסיביות, וכו') וייצג אותו בדרך כלשהי. כאן האתגר היצירתי טמון במציאת המשימה ובמציאת האלגוריתם המתאים. משימות יצירתיות מסוג זה פותרות מורים, מהצורך לחפש הרבה דוגמאות להמחשה
- 4) מצא הדמיה ויזואלית- האתגר הוא להמציא הדמיה ויזואלית לאלגוריתם או מושג. כאן טמון האתגר היצירתי במציאת ייצוג המובן לכלל האוכלוסייה הרלוונטית. ניתן להשתמש בחומרים שונים, למשל עפרונות צבעוניים ונייר, משחקי תפקידים עם אבזרים, פנטומימה, אבני בניין לגו.

אנשי חינוך משתמשים בפעילויות יצירתיות ללא חיבור ממספר סיבות, במיוחד כהפעלת מבוא לנושא חדש וכדי לעודד את התלמידים לחשוב על מושגי החשיבה המחשובית. באופן כללי הם רואים פוטנציאל חינוכי בכל סוגי הפעילויות. עם זאת, מרבית המחנכים כמעט ולא משתמשים בפעילויות אלה (כמה פעמים בשנה).

דבר זה עשוי להעיד כי הרפרטואר של פעילויות שימושיות ללא חיבור למחשב הוא עדיין קטן וצריך להרחיב אותו על ידי קהילת המחנכים המקצועיים. מורים המפתחים רעיונות חדשים לפעילויות יצירה בכיתה עשויים לשקול את הנקודות הללו:



- ישנם סוגים שונים של פעילויות, שמשמעותם דרכים שונות ליצירתיות. להיות יצירתי זה משמח. הצעה של מגוון משימות מקלה על התלמיד הבודד למצוא פעילות שהיא או היא מסוגלים לתרום.
- ישנן דרכים רבות להביע רעיונות (כתיבה, רישום, בנייה, משחק, ...). תלמיד יכול לבחור שיטה שהיא או היא טובים ליצור.
- התוצאה של תהליך יצירתי היא מוצר חדש (סיפור חדש, תמונה חדשה, פסל חדש, מחזה חדש וכו') המרחיב את "התחום המקומי" של ידע רלוונטי במדעי המחשב בתוך כיתה מסוימת בבית ספר מסוים. ניתן להציג ולהציג מוצר זה ובעל ערך ללמידה.
- יש רפרטואר של פעילויות יצירה מוצלחות בחינוך בית הספר. ניתן לאמץ פעילויות יצירה ידועות לנושאי מדעי המחשב.
- ישנן פעילויות רבות וחשובות - אך אינן יצירתיות - כולל גרסאות נייר של משימות Bebras ותרגילים מתוך הספר "CS unplugged". מפתחים של חומרים חינוכיים יכולים לקחת שפע רעיונות אלו כהשראה ולהפוך משימות סגורות ואנליטיות ליצירתיות יותר.

על הכלים וסביבות הלמידה שהוזכרו בפרק זה:

CS Unplugged הוא אוסף של פעילויות למידה בחינם המלמדות מדעי המחשב באמצעות משחקי פאזלים מרתקים המשתמשים בקלפים, מחרוזות, עפרונות צבעוניים והמון התרוצצויות. במקור פיתחנו את זה כך שתלמידים צעירים יוכלו לצלול ראשית במדעי המחשב, תוך התנסות בסוגי השאלות והאתגרים שחווים מדעני מחשבים, אך מבלי שיצטרכו ללמוד קודם תכנות. עם אימוץ מחשוב וחישיבה חשובית לכיתות לימוד רבות ברחבי העולם, האוסף משמש כיום לרבים להוראה. החומר שימש בהקשרים רבים גם מחוץ לכיתה, כולל מופעי מדע, שיחות לאזרחים ותיקים ואירועים מיוחדים. אתרים: <https://csunplugged.org/en/>

ספר להורדה: https://classic.csunplugged.org/content/uploads/2015/03/CSUnplugged_OS_2015_v3.1.pdf

Bebras היא יוזמה בינלאומית שמטרתה לקדם אינפורמטיקה (מדעי המחשב, או מחשוב) וחישיבה חשובית בקרב תלמידי בתי הספר בכל הגילאים. בדרך כלל המשתתפים באתגרים מפוקחים על ידי מורים שעשויים לשלב את אתגרי Bebras בפעילות ההוראה שלהם. האתגר מתבצע בבתי ספר באמצעות מחשבים או מכשירים ניידים. אתר: <https://www.bebas.org/>

אתר ההשתתפות הישראלית: <https://averbuchhaim.wixsite.com/beaver>



10. הכשרה ופיתוח מקצועי של מורים ליישום חשיבה מחשובית

המאה ה-21 מושפעת מאוד מהמחשוב, מה שהופך אותה חובה שאנשי חינוך המורים יכלו חשיבה מחשובית בחינוך היסודי והתיכוני. המשמעות היא שעליהם להכין את המורים לחשיבה מחשובית, ולהעצים אותם ללמד את התלמידים את מיומנויות החשיבה הגבוהות הללו.

10.1 אתגרי המורים

מכשול מרכזי בהטמעת חשיבה מחשובית בסטנדרטים ותוכניות לימודים בתי הספר הוא היכרות והבנת המורים את הנושא. בעבודת דוקטורט עכשוית (Stokke, 2019) נמצא כי מורים (במיוחד עבור הגילאים הצעירים) אינם בעלי הבנה אופרטיבית טובה של מהי חשיבה מחשובית וכיצד ניתן ליישם את רכיביה בכיתה, במחקר נמצא בלבול גדול בקרב המורים לגבי ההבחנה שבין חשיבה מחשובית למדעי המחשב. למרות שחשיבה מחשובית אינה בדיוק מדעי המחשב, שימוש במחשב ברמה זו או אחרת, הוא האמצעי השכיח והיעיל ביותר ללמידת חשיבה מחשובית ועל כן מורים צריכים להרגיש נוח עם שימוש במחשב. מורים שהשתתפו במחקר דיווחו על נינוחות בעבודה עם מחשב, אך הביעו הסתייגות מסוימת מלמידת מושגי מחשב. מורים הביעו גם אמונה כי רכיבת הבנת ומיומנויות תקשוב תועיל להם במהלך הקריירה שלהם, עם זאת הם לא הביעו רצון ממשי להזדקק למיומנויות אלו בעתיד המקצועי שלהם. Bowers ו-Falkner (2015), שהתמקדו במיוחד בפרחי הוראה באוסטרליה, מצאו כי מרבית המשתתפים לא היו מודעים למונח חשיבה מחשובית ובטעות חשבו ב- חשיבה מחשובית כשימוש בסיסי בטכנולוגיה. כשנשאלו לזהות אסטרטגיות פדגוגיות לסייע לתלמידים לפתח חשיבה מחשובית, למשתתפים לא היו רעיונות ספציפיים או ברורים ופשוט ציינו את הצורך בתלמידים להשתמש בטכנולוגיה. יתר על כן, רבים מהמשתתפים סיפקו אסטרטגיות פדגוגיות כלליות שלא היו ספציפיות ל- חשיבה מחשובית כמו עבודה קבוצתית והדרכה ישירה. כשנשאלו לזהות כלי מחשב שיכולים לתמוך בלימוד ה- חשיבה מחשובית, מרבית המשתתפים הציעו כלים שלא היה להם שום קשר ספציפי ל- חשיבה מחשובית (למשל, iBooks) בעוד שחלקם התמקדו בכלי תכנות ורובוטיקה בלבד. לבסוף, רוב המשתתפים לא היו בטוחים שהם יכולים להטמיע חשיבה מחשובית בהוראתם. המשתתפים המעטים שנראו בטוחים הבינו במידה רבה את משמעותם של חשיבה מחשובית. כפי שמציינים Bowers ו-Falkner (2015), אותם משתתפים הציגו מה שנקרא בורות מסדר שלישי, שם הם לא היו מודעים למה שהם לא ידעו.

10.2 הכשרות פרחי הוראה

מרבית התכניות להכשרת מורים ליישום חשיבה מחשובית מתמקדות בתרגול מורים בעלי רקע משמעותי חזק במדעי המחשב. אף כי חשיבה מחשובית ומדעי המחשב שזורים זה בזה, הם אינם שווים; למעשה, חשיבה מחשובית לא תמיד מצריכה אוטומציה, שהיא היבט מרכזי במדעי המחשב. יתר על כן, ניתן ליישם מושגי חשיבה מחשובית במגוון תחומי תוכן מעבר למדעי המחשב.



כדי לענות על הצורך בהכנת המורים תכננו ויישמו ידב ושותפיו (2017) מודולי חשיבה מחשובית בקורס פסיכולוגיה חינוכית שמטרתו להקנות ידע בתיאוריות בסיסיות של למידה, מוטיבציה, ניהול כיתה והערכה, לפרחי הוראה. החוקרים בחנו את ההשפעה של מודולי חשיבה מחשובית על הבנת מורים החשיבה המחשובית ואת עמדותיהם למחשוב. הממצאים הצביעו על כך כי הכנסת מודולי חשיבה מחשובית לקורס העלתה את ההבנה של מורים לרכיבי החשיבה מחשובית וכן את חשיבתם על שילוב החשיבה המחשובית בכיתות שלהם. באופן מפורט, תגובות המשתתפים בקורס השתכללו והכירו בכך שחשיבה מחשובית היא יותר מאשר שימוש בטכנולוגיה. יתר על כן, המשתתפים בקורס הראו הבנה טובה יותר כיצד ניתן לשלב חשיבה מחשובית בהוראתם העתידית לקידום חשיבה אלגוריתמית, הפשטה ופתרון בעיות. לעומת זאת, המשתתפים בקבוצת הביקורת היו בעלי סיכוי גבוה יותר לציין כי חשיבה מחשובית כרוכה בשימוש במחשבים באופן נרחב. לבסוף, המשתתפים בקורס היו בעלי סיכוי גבוה יותר לדווח כי חשיבה מחשובית הוא דבר שהוא מרכזי בתחומים אחרים ולא מוגבל למדעי המחשב. עם זאת, התוצאות היו מעורבות ביחס לגישות המורים למחשוב.

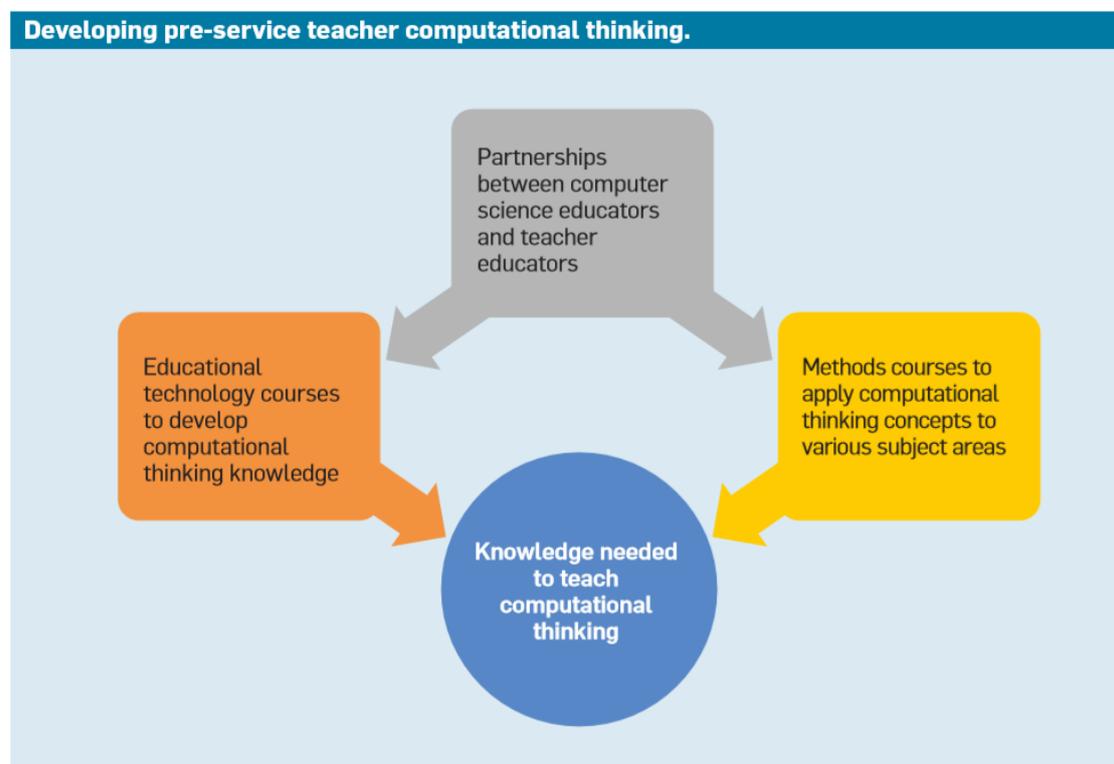
מכיוון שידוע שהכשרות משפרות את ההבנה והמיומנויות של המורים, נשאלת השאלה כיצד ניתן לפתח מנגנונים לחשיפת מורים לחשיבה חינוכית בונה והבנה במסגרת תחומי הנושא שלהם? כיצד ניתן לפתח את בסיס הידע של מורים כדי שיוכלו לספק חוויות חשיבה חינוכיות רלוונטיות, מעוררות ומשמעותיות עבור התלמידים שלהם? דארלינג-האמונד וברנספורד הציעו מסגרת שניתן יהיה להתאים אותה כדי להכין את המורים לשילוב חשיבה חינוכית, ניסוח הידע והמיומנויות הנדרשות בכיתותיהם (איור 2) מסגרת זו נשענת על מערכים פדגוגיים – הקורסים החינוכיים טכנולוגיים וקורסי שיטות הייעודיים לתחומי הידע השונים:

- מורי המורים צריכים לפתח תחילה את הידע והכישורים של מורים כיצד לחשוב חשיבה מחשובית ורק אז יוכלו ללמוד כיצד ללמד את התלמידים שלהם לחשוב חשיבה מחשובית.
- קורסים חינוכיים-טכנולוגיים ישמשו בסיס לפיתוח ידע תוכן לחשיבה מחשובית. ידע זה יאפשר למורים לחקור רעיונות חשיבה חינוכיים מרכזיים, מדוע רעיונות אלה הם מרכזיים וכיצד מבני חשיבה חינוכיים דומים או נבדלים ממושגים מקבילים אחרים (כגון חשיבה מתמטית).
- לפיכך חובה שמורים יבינו חשיבה מחשובית בהקשר של תחום הנושא בו הם ילמדו. הדבר דורש מהם הבנה מעמיקה של תחום הידע שלהם וידע כיצד קשורים מושגי חשיבה מחשובית לתלמידים שלומדים בכיתה.
- לכן חשוב שמורי המורים יתבססו על מה שמורים יודעים ומרגישים בנוח לעשותם.
- על המורים לפתח ידע חשיבה מחשובית במסגרת תחום הידע והידע הפדגוגי שלהם. קורסי שיטות מאפשרים להם לרכוש דרכים חדשות לחשוב על הוראה ולמידה בתחום נושא מסוים ומספקים הזדמנויות לפיתוח דרכים פדגוגיות לעשייה, להנחייה ולהוראה
- יש לפתח קורסים ייעודיים בתחומי ידע בהם מורים חוקרים רעיונות לחשיבה חינוכית בתוך ההקשר של ההתמחות הספציפית שלהם בתחום. לדוגמה, בקורס שיטות להוראת אנגלית, מורים פוטנציאליים יכלו ללמוד להטמיע אלגוריתמים בפעילות כתיבה על ידי בקשה



מהתלמידים לכתוב מתכון מפורט - סדרת הוראות שלב אחר שלב - לאוכל מועדף. באופן דומה, מורים בקורס שיטות למחקרים חברתיים יכלו ללמוד לשלב ניתוח נתונים וזיהוי תבניות על ידי כך שתלמידים יאספו ונתחו נתונים סטטיסטיים על אוכלוסייה וישתמשו בהם כדי לזהות ולייצג מגמות.

- במסגרת חינוך יסודי, לדוגמה, מורים יוכלו לחקור כיצד לכלול הפשטה לניתוח נושאים בתוך פרוזה או שירים תוך שימוש בפרטים טקסטואליים או בסיכום טקסט. הם יכולים גם לבנות תוכנית שיעורים הכוללת ניתוח נתונים וייצוג נתונים באמצעות התלמידים. המורים יכולים לבקש מהתלמידים לזהות מילים המתארות רגשות ולהשוות כיצד הם מיוצגים על-פי גרסאות שונות לאותו סיפור. באופן דומה, מורים יוכלו להטמיע חשיבה מחשבתית בשיעורים לאומנויות על ידי מתן אפשרות לתלמידים לאסוף ולשלב נתונים / מידע ממספר מקורות כדי לייצג חזותית נושאים משותפים.
- מורים למדעים בחטיבות הביניים ובחטיבות העליונות יכולים לכלול איסוף נתונים, ניתוח וייצוג לכל פעילות בה התלמידים אוספים נתונים ומזהים ומייצגים דפוסים על ידי מידע זה. מורים העוסקים בתחומי מדעי החברה יכולים להוביל למחקר חברתי דרכו יוכלו לחקור כיצד להשתמש במערכי נתונים גדולים (כגון נתוני מפקד) כדי לאפשר לתלמידים לחקור ולזהות דפוסים ולדון בהשלכות הממצאים.



איור מספר 2 – הידע הנדרש למורים כדי שיוכלו ללמד חשיבה מחשבתית

**Recommendations for computational thinking in teacher preparation.**

Curriculum. Develop a pre-service teacher education curriculum to prepare teachers to embed computational thinking in their classrooms.

Core ideas. Introduce pre-service teachers to core ideas of computational thinking by redesigning educational technology courses.

Methods courses. Use elementary and secondary methods courses to develop pre-service teachers' understanding of computational thinking in the context of the discipline.

Collaboration. Computer science educators and teacher educators collaborate on developing computational thinking curricula that goes beyond programming.

Teacher education. Use existing resources and curriculum standards to assimilate computational thinking into pre-service teacher education.

10.3 פיתוח מקצועי של מורים

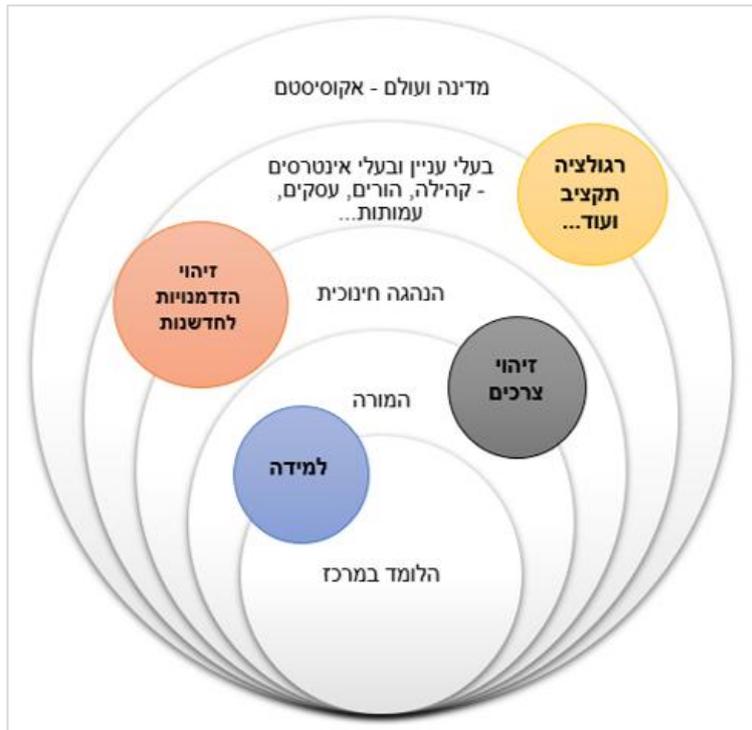
הספרות המחקרית מתמקדת כמעט כולה בהכשרת פרחי הוראה לחשיבה מחשובית ואינה מתארת כמעט את מאפייני הפיתוח המקצועי של מורים בתחום זה למעט אזכור מערכי קורסים מקוונים דוגמת אתרי הלמידה שמפתחת גוגל. מחקר עתידי צריך להמשיך ולחקור אסטרטגיות פדגוגיות להחדיר ידע ומיומנויות חשיבה מחשובית בתכניות לימודים לפיתוח מקצועי של מורים, וזיקוק סוג הידע הדרוש כדי להפוך כלים חדשים המעורבים בחשיבה מחשובית לחוויות חינוכיות משמעותיות עבור תלמידי בתי הספר. מחקר עתידי יכול גם לבחון את דרכי שילוב החשיבה המחשובית בתחומי תוכן ספציפיים.



11. דיון וסיכום

החינוך הוא אבן הפינה של כל חברה החולמת להתפתח, והשכלה, היא ההשקעה של חברות בנכס החשוב ביותר שלה – ההון האנושי²³. הון אנושי משכיל הוא הבסיס להצלחת כל מדינה והאחריות לפיתוחו, קרי הלומדים, הוא בליבת המערכת החינוכית, על מכלול מרכיביה: מורים, עמיתים והנהגה חינוכית. כאשר במעגל הרחב יותר יש לקחת בחשבון גם הורים, משפחה וקהילה.

התפתחות אשכולות פדגוגיות חדשניות בכלל וחשיבה מחשובית בפרט, דורשת שינוי תפיסתי לגבי מקומם ומהותם של התלמיד, המורה וסביבות הלמידה. רק סביבה מותאמת תאפשר הכשרת לומדים למציאות המשתנה ויכולת לספק להם כלים לעיצוב עתיד רצוי להם ושגשוג עתידי. המגמות המתפתחות מאפשרות



לזהות השלכות, אתגרים והזדמנויות הקשורים במיוחד לשלושת הרכיבים הבסיסיים, כאמור: תלמיד, מורה וסביבות למידה ומהם ניתן להתחיל, כאשר במציאות הקיימת, הלומד הוא המרכז.

התלמיד

הלומד במרכז – למידה ממוקדת לומד²⁴ מעבירה את המוקד מהמורה לתלמיד. היא עוסקת במיומנויות ופרקטיקות המאפשרות למידה לכל החיים ופתרון בעיות עצמאי ומדגישה את תפקידו הקריטי של הלומד בבניית משמעות ממידע חדש וניסיון קודם. המיקוד בלומד מתייחס לכלל חוויית הלמידה, הוא בוחר מה ילמד, כיצד ילמד ואיך יעריך את הלמידה שלו בעצמו. זאת בניגוד לחינוך המסורתי, הממצבת את המורה בתפקיד "פעיל" ואת התלמיד בתפקיד "סביל". גישת ה"לומד במרכז" מחייבת את התלמידים להשתתפות פעילה וקבלת אחריות על אופן הלמידה והקצב.

²³ Educational Planning: Approaches, Trends, and Learnings A Case Study of the Kurdistan Region of Iraq (KRI) (2018) DOI: 10.14445/23939125/IJEMS-V5I6P101

²⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Student-centred_learning



ה – OECD הרחיבו את התפיסה אל מעבר למרחב הלמידה וטבעו את המונח **“פעלנות לומד”**²⁵. המונח עדיין נמצא בהתהוות אך הוא בבירור מתייחס **ליכולת התלמידים למלא תפקיד פעיל בחינוך שלהם עצמם**, אך מעבר לכך מתייחס המונח לתחושת אחריות של תלמידים מעורבים בחברה, הפועלים במטרה להשפיע על אנשים, אירועים ונסיבות לטובה. פעלנות דורשת יכולת להציב יעדים ולזהות פעולות להשגת המטרה, תוך הפגנת יוזמה אקטיבית, יכולת קבלת החלטות וביצוע בחירות אחראיות, במקום לקבל את ההחלטות שנקבעו על ידי אחרים. פעלנות אינה תכונה אישיותית או מילה נרדפת ל”אוטונומיה של התלמידים” “קול הלומדים” או “בחירת הלומדים”. והיא אינה יכולה להתבטא בבידוד חברתי, פעילות מתוך אינטרס עצמי ובחירה רק בנוח וברצון להם.

פעלנות משותפת - על מנת לממש פעלנות ואת הפוטנציאל האישי, לומדים זקוקים לתמיכה של מבוגרים. **פעלנות משותפת מתייחסת למערכות יחסים עם אחרים: הורים, עמיתים, מורים והקהילה**. אלו משפיעים על תחושת הפעלנות של התלמיד, והתלמיד בתורו משפיע על תחושת הפעלנות של מוריו, בני גילם והוריו. זהו מעגל וירטואלי המשפיע לטובה על התפתחותם ורווחתם של הלומדים. לפיכך, “פעלנות משותפת”, המכונה לעתים קרובות “פעלנות שיתופית”, מרמזת על השפעת הסביבה על תחושת הפעלנות של הפרט.

עמיתים משפיעים זה על הפעלנות של זה ופעלנות משותפת מתרחשת גם ברמה של לומד ללומד. כאשר תלמידים ממלאים תפקיד פעיל בעיצוב הלמידה שלהם, הם נוטים יותר להשתתף, לשאול שאלות, לקיים דיונים פתוחים וגלויים, להביע דעות מנוגדות ולהביע הצהרות מאתגרות. הם משיגים רמה גבוהה יותר של כישורי ניתוח ותקשורת ויצירתיות בפתרון בעיות. לומדים מפגינים תחושת אוטונומיה חזקה יותר ובטחון רב יותר בעבודה. **כל אלו תורמים לתוצאות טובות יותר של הישגי התלמידים, העמדות ההתמדה, לצד תחושת העצמה רבה יותר ושיפור יכולת אנליזה ופתרון בעיות.**

הורים ממלאים תפקיד מפתח כסוכני הלמידה של התלמידים, ותלמידים לומדים גם מהוריהם ואיתם. מעורבות משפחתית אחראית וחיובית בבתי ספר משפרת את הישגי התלמידים, מפחיתה את היעדרות ומחזקת את אמון ההורים בחינוך ילדיהם. תלמידים עם הורים מעורבים מקבלים ציונים גבוהים יותר, הם בעלי כישורים חברתיים טובים יותר ומתנהגים טוב יותר בבית הספר. עם זאת, במקרים מסוימים בתי הספר נדרשים לפצות על היעדר משאבים או גירוי קוגניטיבי בבית, בקהילות מוחלשות, בהן ההורים יכולת או כישורים פחותים ואינם יכולים לעזור לילדיהם למול דרישות בית הספר.

המורה

הכרה בתפקידה העיקרי של הפדגוגיה אינה קשורה למדיניות המכתיבה את דרכי ההוראה הטובות ביותר, אלא מדובר בהרחבת כישוריהם של המורים לקידום מערכות יחסים

²⁵ OECD Future of Education and Skills 2030 Conceptual learning framework
https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/skills/Skills_for_2030.pdf



אינטראקטיביות, אופקיות ואכפתיות יותר עם התלמידים. בהתמקדות בתפקיד המורים כאנשי מקצוע יצירתיים, כולל הוראה ממוקדת בתכנון שיעורים המקדמת ריכוז תלמידים והשתתפות פעילה²⁶.

פיתוח מקצועי של מורים - מבט על שיטות חדשות לפיתוח מקצועי של מורים באוסטרליה, קנדה, פינלנד, סינגפור וארה"ב, מבהיר כי התהליך כולל מכלול מרכיבים: **גיוס, הכשרה, קליטה, התפתחות מקצועית מתמשכת ושיפור קולקטיבי של המעשה**. לעומת ריבוי גלי הביקורת על מורים תקשורת ובמחקר, מדינות בעלות חזון מקצועי חזק מעודדות מורים ומתייחסות להוראה כמקצוע חשוב בעל בסיס ידע שיש לשלוט בו, אם רוצים שיתקיים שוויון הזדמנויות לכל התלמידים.

- **בפינלנד** מתקיימת מערכת חינוך שוויונית איכותית הנשענת על תפיסת ההוראה כמקצוע מתוחכם וקריירה לאורך זמן וההוראה הפכה למקצוע המבוקש ביותר אחרי רפואה. כל המורים הם בעלי תואר שני הכולל ידע דיסציפלינרי וידע פדגוגי והמשלב מחקר ומעשה, ורבים שואפים לתואר שלישי.
- **בסינגפור** הועלו קריטריוני הכניסה להכשרת מורים והם כוללים יכולת אקדמית גבוהה ורצון לעסוק במקצוע. הכשרת המועמדים, ברמת תואר שני, ממומנת במלואה ע"י הממשלה כולל משכורת במהלך ההכשרה. קיימת מחויבות להעסקה בתום ההכשרה ולאחריה מתקיים שלב קליטה והתפתחות מקצועית מתמשכת.
- **בקנדה** יש מחוזות בהם קיימת תמיכה כספית מסוימת, במורים במהלך ההכשרה לרוב ברמת תואר שני. בדרך כלל ההכשרה טובה ויש הזדמנויות רבות ללמידה במהלך העבודה. מקצוע ההוראה במחוזות אלה מוערך ביותר וקיימת תחושה של גאווה בקרב העוסקים בו.
- **באוסטרליה**, הכשרת מורים נתמכת בצורה נדיבה מבחינה כספית ורוב המורים נכנסים לעבודה כשהם מוכנים ומקבלים תמיכה מתמשכת.
- **בארה"ב** מאז שנות ה-80 של המאה ה-20 חלק מהמנהלים הפדרליים אתגרו את הרעיון שיש בסיס ידע להוראה, הציבו סימני שאלה לגבי תפקיד האוניברסיטאות בהכשרת מורים ואפיינו את האנשים הנכנסים למקצוע כפחות אינטליגנטיים ומוכשרים מאחרים. כתוצאה מכך ניתנו תמיכות נדיבות יותר לבוגרים של נתיבי הכשרה חלופיים הנכנסים להוראה ללא הכשרה מוקדמת בהשוואה למתכשרים בתוכניות הכשרה מסודרות. התוצאה היא הנמכת הסטנדרטים למורים הנכנסים לקהילות המציעות תמריצים קטנים יותר המורכבות שהן אוכלוסיות נצרכות, במצב סוציאקונומי נמוך ובתנאי עבודה דלים. **מצב זה שבו יש פער בין מורים באזורים נחשלים במונחים של הנגשת התפתחות מקצועית מסודרת, מחזק אי-שוויון חברתי ואינו תורם לשיפור ההוראה.**

ניתן לראות כי למרות שהגדרת "פיתוח מורה" שונה משמעותיות בכל מדינה, קיים מכנה משותף בכולן, המתבסס על הצורך לגייס מועמדים איכותיים למקצוע, ולוודא תהליכי הכשרה, קליטה,

²⁶ Darling-Hammond, L. (2017). Teacher Education around the world: What can we learn from international practice? *European Journal of Teacher Education*, 4 (3), 291-309
<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02619768.2017.1315399?scroll=top&needAccess=true>



התפתחות מקצועית, הערכה ושמירה מפני נשירה מהמערכת. ניתן גם לזהות שכל מדינה בחרה להתמקד בהיבטים ייחודיים לה. בפינלנד יש השקעות רבות בשלב ההכשרה. באונטריו, קנדה מתקיים מיסוד של הכניסה להוראה למורים מתחילים הכולל חונכות אינטנסיבית ופיתוח מקצועי ותמריצים שונים נוספים. בסינגפור מושם דגש על הכשרה וקליטת מורים חדשים במסגרת מערכת ניהול מפותחת ביותר, המציגה את הידע, הכישורים והעמדות המצופים בכל שלב ומצביעה על מגוון ערוצי קידום שונים למורים. ובאוסטרליה נמצא כי-97% מהמורים עברו סוג כלשהו של התפתחות מקצועית ב-2014 שבה נערך סקר בעניין.

הגדרת סטנדרטים להוראה כאסטרטגיה לבניית פרופסיה – אחת האסטרטגיות העולות במדינות שונות היא הצבת סטנדרטים לגבי מה שמורים צריכים ללמוד ולהיות מסוגלים לעשות. ההנחה היא שסטנדרטים מסוג זה עשויים להנחות למידת מורים ולהשפיע על הכניסה למקצוע ועל ההתמדה בו. ארה"ב מובילה בהיבט זה ונמצא שמורים ותיקים העומדים בסטנדרטים הנדרשים אפקטיביים יותר מאלה שאינם עומדים בהם, ושהתהליך של קבלת רישוי בעקבות זאת מסייע למורים לשפר את ההוראה. בשנים האחרונות נבנתה תוכנית להערכות-בצוע של מורים מתחילים (INTASC)²⁷ שבה סטנדרטים המוצגים במונחים של ידע, כישורים והלכי רוח (דיספוזיציות) והיא משמשת בסיס למתן רישוי הוראה. בסינגפור אומצה התפיסה האמריקאית בדגם של ערכים, כישורים וידע, המדגיש חדשנות, למידה עצמאית, חשיבה ביקורתית, מחויבות ושרות. בקנדה הכשרת מורים, תעודה והתנסות מונחים אף הם ע"י סטנדרטים בהדגשים דומים לאלה של סינגפור. באוסטרליה החל לאחרונה פיתוח מסגרת חדשה של סטנדרטים מקצועיים למורים המתארת מה מורים, בכל רמות האחריות, יודעים ועושים בתחומים הבאים: ידע מקצועי, פרקטיקה מקצועית ומעורבות מקצועית. התוכנית הורחבה גם למנהיגות חינוכית והסטנדרטים הנוספים מתייחסים לציפיות מההכשרה, להרשמה ולהתפתחות מקצועית. בפינלנד הסטנדרטים להוראה פועלים בשתי דרכים: האחת, מסגרת משותפת לכל המסגרות להכשרת מורים באוניברסיטאות, והשנייה, באמצעות בחינות כניסה למועמדים להכשרה להוראה בבתי-ספר יסודיים. תוכנית ההכשרה מכוונת להכשיר מורים כחוקרים וכמשתמשים במחקרים כמו גם כאנשי מעשה מיומנים המתייחסים לצרכים של כל ילד, המבינים לעומקן התפתחות ולמידה של ילדים, בעלי רפרטואר עשיר של אסטרטגיות הוראה ויכולת להבחין בין תמיכה לבין הוראה. **שאלה מרכזית בעניין הסטנדרטים: איזה שימוש נעשה בסטנדרטים? כיצד ניתן להחילם אוניברסלית? וכיצד ניתן למנפם לקידום ידע, כישורים ומחויבות של מורים?**

גיוס והכשרה להוראה – חיזוק מקצוע ההוראה מחייב הדדיות בין סטנדרטים, הכשרה ותמיכה. בעוד שבארה"ב על מורים לממן בעצמם את החינוך (אלא אם יש ערוץ הכשרה חלופי שיש בו מימון), במדינות האחרות יש תמיכה כספית משמעותית בשלב בחירת המועמדים ובדרישה שכולם יסיימו תוכנית הכשרה כוללת ואינטנסיבית. בפינלנד כל ההכשרה ממומנת ע"י הממשלה והמועמדים צוברים תמיכות קיום או משכורות תוך כדי ההכשרה. כולם מקבלים אותה תוכנית הכשרה איכותית. הוראה נחשבת למקצוע יוקרתי ורק רבע מהפונים נקלטים ללמידה. בסינגפור המצב דומה, יש תמיכה נדיבה בדמות משכורת, הדרכה, ספרים ומחשבים נישאים. קיימת

²⁷ <https://ccsso.org/resource-library/intasc-model-core-teaching-standards-and-learning-progressions-teachers-10>



ההתחייבות היא ללמד מספר שנים בהתאם לסוג התוכנית. אי מילוי המחויבות מחייב החזרת המימון. מבנה זה, בצירוף תוכנית קליטה תומכת, מקדם התמדה במקצוע וגיוס סטודנטים חדשים. בנוסף לתהליך הכשרה מקצועי נתמך המשכורות הן בנות תחרות בהשוואה למקצועות אחרים. כמו כן נמצא שדווקא במדינות שבהן שכר המורים גבוה, התמיכה הכספית בתקופת ההכשרה גבוהה אף היא. **הביקוש הגבוה להתקבל להכשרת מורים מאפשר למוסדות לשמר דרישות כניסה גבוהות, הפחיתה דרמטית נשירה מהוראה, ומאפשרת למשך מועמדים ממגוון אוכלוסיות בעלות ייצוג נמוך ומקצועות מיעוטים.**

בכל המדינות הנזכרות יש תוכניות המציעות הכשרה איכותית בדרכים חדשניות ומעניינות שהמשותף להן הוא חיזוק הקשר בין תיאוריה למעשה ופיתוח יכולות המורים ללמד אוכלוסייה המאופיינת בשונות, גם לאור התרחבות אוכלוסיות פליטים ומהגרים בהן.

קליטה - סינגפור מתאפיינת בתמיכה הכוללת והמקיפה ביותר במורים חדשים, שבה חונכים שקיבלו הכשרה במוסד ההכשרה מוכרים ומתוגמלים בסולם קידום, ויש להם יעוד ברור לתמוך במורים המתחילים בשנתיים הראשונות לעבודה. המורים המתחילים מקבלים חבילת תמיכות ובה: חונכות, קורסים שונים ותמיכת עמיתים. הם מלמדים פחות שעות ומשתתפים בקורסים על ניהול כיתה, יעוץ, הוראה רפלקטיבית והערכה. בנוסף החונכים והמתחילים מלווים ע"י מורה עמית המלמד אותו תחום דעת ומורה שהוא ראש מחלקה. באונטריו, קנדה – מופעלת תוכנית קליטה חדשה המספקת מגוון תמיכות ובהן: אוריינטציה, חונכות והתפתחות מקצועית בתחומים מרכזיים כפי שזוהו ע"י המורים המתחילים (למשל, ניהול כיתה, קשר עם הורים, ועוד). פותחה תוכנית ארבע שנתית הכוללת: למידה במקום העבודה למורי שנה ראשונה ושניה, חונכות בית-ספרית למורי שנה שלישית ורביעית, כיתות הדגמה בדגש על תצפיות, תחקיר, תכנון והוראה-בשיתוף בכיתות ובמקצועות שונים, ימי אוריינטציה בקיץ למורים חדשים, הכשרת חונכים. בפיןלנד – הקליטה היא באחריות בתי-הספר והשלטון המקומי; שיטות ושיעור התמיכה משתנים.

התפתחות מקצועית

- **פיןלנד** - מורים מפתחים יחד את הקוריקולום ואת דרכי ההערכה כחלק מתפקידם המקצועי שעה שהקוריקולום הארצי מצומצם לקווים מנחים כלליים. ההתפתחות המקצועית מובנית כלמידה שיטתית ותחומי אחריות מגוונים משולבים בתפקיד המורה. קיים אופק התפתחות, אפשרות להשתבץ בתפקידים גבוהים יותר מבחינת ההיררכיה וגמול ועידוד להמשך לימודים אקדמיים.
- **סינגפור** - קיימת תוכנית למידה במקום העבודה, וניתנת תמיכה למורים שלומדים ומתנסים במחקרי פעולה. קיים גם סולם קידום מוגדר המאפשר הזדמנויות קידום בתפקידי מנהיגות בכיתה ומחוצה לה.
- **אונטריו, קנדה** – שיתוף פעולה בין הממשלה לבין איגודי מורים מציע מימון להתפתחות מקצועית כדרך לחיזוק איכות ההוראה. קיימת העדפה של למידה במקום העבודה על פני סדנאות מקריות וחד-פעמיות באמצעות אימון, חונכות ואסטרטגיות אחרות.



- **ויקטוריה, אוסטרליה** – התפתחות מקצועית מעוגנת בעבודה היומיומית של המורה וקשורה לתוצרי תלמידים. מורים מעריכים מגוון של עבודות תלמידים, מקיימים למידה מבוססת - עדויות, מאתרים צרכי תלמידים ומכוונים את הלמידה המקצועית שלהם כך שיוכלו להיענות לצרכים אלה. התוכן ופעילויות הלמידה של המורים משתנים על פי מטרות וצרכי בתי הספר ותוכניות ההתפתחות שלהם, ועל פי מאפייני אוכלוסיית התלמידים וצרכיה. התפתחות מקצועית כוללת תצפיות עמיתים ואימון, ודיונים בעקבות תצפיות לזיהוי בעיות ולשיפור.

גישה מקצועית-רחבה לשיפור עשייה/למידה קולקטיבית - האופק העולה של למידת מורים ומנהיגים חינוכיים, מסתמן כהתפתחות מקצועית מתמשכת מבוססת מאמץ משותף. במדינות שנמנו כאן מורים ומנהיגים חינוכיים מקבלים עידוד לבקר אלה את אלה ולחלוק ולשתף בדרכי עבודה. מערכות חינוכיות תומכות בהתפתחות מקצועית רחבה באמצעות השקעה נמרצת המעלה את תהליכי ההתמקצעות לרמה מערכתית ומקדמת הפצת ידע בין כיתות, בתי-ספר וכלל המערכת. ההנחה היא שכל דבר הנדרש בבתי הספר נעשה באיזשהו מקום במדינה. מציאה ושיתוף בפרקטיקות הטובות עשוי לתרום לקיומו של תהליך אורגני של שיפור המובל ע"י מחנכים, דבר שהוא חיוני לשימור ההתקדמות. כדי להימנע מתמיכה בניסויים בלתי נגמרים המתבצעים ונעלמים במהירות, ניתן תקצוב למיזמי למידה במגוון רחב של בתי ספר לצורך ניסויים, מספר המיזמים החדשים יורד לטובת יישומים רחבים של אלה שהיו האפקטיביים ביותר, והם מופצים בכלל המערכת.

סביבות למידה חדשניות תומכות

סביבת למידה אפקטיבית בנויה על "פעלנות משותפת"²⁸, כאשר תלמידים, מורים, הורים והקהילה עובדים יחד. אחת ממטרות החינוך היא לספק לתלמידים את הכלים הדרושים בכדי לממש את הפוטנציאל שלהם, בתוך המערכת האקולוגית החינוכית הרחבה. המטרה משותפת גם להורים ולקהילה הרחבה ולכן תלמידים יכולים למצוא את "הכלים" שהם צריכים כדי לשגשג לא רק בבית הספר, אלא גם בבית ובקהילה. **הקהילה הרחבה גם היא חלק מסביבת הלמידה של התלמידים**, ובית הספר הוא לא המקום היחיד בו ילדים לומדים. השגת תחושת פעילות קשה ללומדים, וכדי לפתח אותה הם זקוקים לשיתוף פעולה של מבוגרים. קהילה מעורבת יכולה מחד ללמד את הצעירים על הזדמנויות לעתיד, כיצד להיות מעורבים, אזרחות אחראית. ובמקביל ללמוד על הצרכים, הדאגות וההשקפות של חבריה הצעירים.

סביבות הלמידה - במציאות בה הגבולות בין תשתיות פיסיות ווירטואליות מטשטשים וממשקים ואזורי החפיפה ביניהן מתרבים, משתנה גם כיתת הלימוד המסורתית²⁹. בכיתה המסורתית נדרשו התלמידים לנוכחות פיסית באותו מקום ובאותה עת, למעורבות בפעילות אחידה והמורה היה מקור המידע העיקרי לכל. מודל זה היה מקובל במשך עשורים רבים, אך עם הזמן התחזק הצורך לחשוף תלמידים לתרחישי למידה מהעולם האמיתי, מעצם ההבנה **שרק למידה ותרגול בסביבות**

²⁸ OECD Future of Education and Skills 2030 Conceptual learning framework
https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/skills/Skills_for_2030.pdf

²⁹ https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%9C%D7%9E%D7%99%D7%93%D7%94_%D7%91%D7%9B%D7%9C_%D7%9E%D7%A7%D7%95%D7%9D_%D7%95%D7%91%D7%9B%D7%9C_%D7%96%D7%9E%D7%9F



אותנטיות, תאפשר יישום הידע הנלמד לשם פתרון בעיות פרקטיות. הבנת הצורך הניעה חוקרים לפתח סביבות למידה וחינוך המספקות חוויות למידה רלבנטיות, ומשלבות תפיסות של העולם האמיתי עם משאבים מהעולם הדיגיטלי. התוצאה בהכרח משנה את הכיתה הפיסית למרחב מאפשר למידה פיסי או וירטואלי, בכל מקום וזמן. גם תפקיד המורה כמקור ידע עיקרי משתנה, לכדי מארגן ומפקח, המקדיש תשומת לב שווה לכל תלמיד. והלומדים מוזמנים לגשת לחומרי הלמידה בזמנים שונים ממיקומים שונים בהתאם לנוחותם, מידת העניין והצורך שלהם.

למידה בכל מקום ובכל זמן (Ubiquitous Learning) – בקיצורו - U-Learning מציעה פדגוגיה חדשה לעולם החינוך. היא עוסקת לא רק בהפיכת המידע לזמין בכל עת, בכל מקום ובכל צורה, אלא גם בהנגשתו בזמן, במקום ובצורה הנכונים. הפדגוגיה תומכת ב**למידה מבוססת מקום והקשר**, בה הסביבה הפיזית קשורה באופן ישיר לפעילויות וליעד הלימוד, והמידע והשירותים מותאמים לסביבה ולסיטואציה הנוכחית. **למידה מבוססת מקום**³⁰ מחזירה את הקשב, ההתבוננות והאהבה לסביבת הלומדים. היא יוצרת מודעות מקומית לסביבה הקרובה של הלומדים ומחברת את בית הספר לקהילה הסביבה בה הוא נמצא. **ו**חינוך מבוסס מקום מחבר מחדש תהליכים חינוכיים ואת התפתחות הפרט לטובת עיצוב השלומות של הפרט והקהילה, ויוצר חווית למידה שונה באמצעות אסטרטגיות למידה אפקטיביות, כלים ותמיכה הכוללים שילוב בינה מלאכותית וטכנולוגיות למידה מותאמת אישית.

חינוך מבוסס מקום (PBE – Place Based Learning)³¹, הוא פילוסופיה חינוכית. המכונה גם פדגוגיה של מקום, למידה מבוססת מקום, חינוך חויתי, חינוך מבוסס קהילה, חינוך לקיימות, חינוך סביבתי או לעיתים רחוקות יותר, למידת שירות. המונח נטבע בראשית שנות התשעים³², הוא לרוב בין-תחומי ומתיישר עם פדגוגיות פופולריות כמו למידה נושאת, מעשית או מבוססת פרויקט, ועם תוכנית לימודים מבוססת מקום ונושאים מהקהילה המקומית. הסכנה הטמונה בפדגוגיה זו, נגזרת מכך שתלמידים מאבדים לעיתים את מה שמכונה "תחושת המקום" ו"בורחים" לנושאים לאומיים או גלובליים, בלא בסיס מספיק בהיסטוריה, תרבות ואקולוגיה של סביבתם. **חינוך מבוסס-מקום**³³ משלב תלמידים במורשת מקומית, תרבויות, נופים, הזדמנויות וחוויות ומהווה בסיס לחקר אמנויות, שפה, מתמטיקה, לימודי חברה, מדעים ונושאים אחרים ברחבי תכנית הלימודים. הדגש הוא על למידה באמצעות השתתפות בפרויקטים של שירות עבור בית הספר ו/או הקהילה המקומית, והקשר של התלמידים למקום יוצר שותפויות תוססות בין בתי ספר וקהילות. הדבר משפר את הישגי התלמידים, החיוניות הסביבתית, החברתית והכלכלית, מסייע ללומדים להבין את סביבת מגוריהם ומעודד אותם לנקוט עמדה ברמת הפרט והקהילה.

למידה מבוססת מקום מאפשרת לזהות מיקומים המתאימים ללמידה מחוץ לכיתה, כאשר המיקום אינו בהכרח פיסי ויכול להיות וירטואלי. לומדים יכולים ליצור קשרים בין בית הספר,

³⁰ <http://outofsite.co.il/democratic/wp-content/uploads/attachments/%D7%97%D7%99%D7%A0%D7%95%D7%9A-%D7%9E%D7%91%D7%95%D7%A1%D7%A1-%D7%9E%D7%A7%D7%95%D7%9D.pdf>

³¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Place-based_education

³² בתמיכת והובלת חברת אוריון (ארגון ללא מטרות רווח)

³³ <https://promiseofplace.org/>



הבית והקהילה, מה שמניע אותם לחשוב על למידה כאישיותית ורלוונטית יותר לתחומי העניין שלהם. פרויקטים שבדקו מגוון מרחבים מבוססי למידה כמו טיולי שטח, מוזיאונים וסביבות ערים חכמות מצאו שניתן להשתמש בלמידה מבוססת מקום במגוון רחב של תחומי נושא, כולל תרבות והיסטוריה, גאוגרפיה ומדע. **מכשירים ניידים מספקים תמיכה מבוססת מקום למידה והזדמנויות למידה חדשות הקשורות למיקומים.** ניתן להשתמש בהם כדי לנהל מידע וירטואלי ולהציע מערך כלים מתוחכם שניתן להשתמש בהם לתמיכה בלימודים מחוץ לכיתה.

שימוש בטכנולוגיה תורם לשינויים באופן התצורה והסידור של הכיתה המסורתית³⁴. ה-OECD מגדיר **מרחבים חינוכיים, כמרחב פיסי התומך בתוכניות ופדגוגיות הוראה ולמידה מרובות ומגוונות, כולל טכנולוגיות עדכניות.** מרחב חינוכי עדכני מצופה להשיג פעילות וביצועים מיטביים ואיכותיים לאורך זמן, לכבד הרמוניה עם הסביבה ולעודד השתתפות חברתית באמצעות סביבה בריאה, נוחה, בטוחה ומעוררת. סביבת הלמידה, במובנה הצר ביותר, נתפסת ככיתה הקונבנציונאלית הפיזית, ובמובנה הרחב, כשילוב של מערכות חינוך פורמליות ובלתי פורמליות בהן הלמידה מתרחשת בתוך בתי הספר, פיסי ווירטואלי, ומחוצה לה.

עיצוב מחדש של מרחבי למידה הוא אחד האתגרים המרכזיים של מערכת החינוך המודרנית³⁵. **"מרחבי למידה עתידיים"** (Future Learning Spaces, FLS) מקדמים את המהפכה החינוכית השנייה (לאחר המהפכה הראשונה של תחילת העידן התעשייתי) המתרחשת כיום. התפתחויות טכנולוגיות תורמות ליצירת מרחבים פיזיים וירטואליים חדשים ומייצרות מגוון עשיר של הזדמנויות חדשות ללמידה לאורך החיים באמצעות בניית ידע שיתופי, הנגשת מידע ומתן כלים חדשים לחקר פורמלי ולא פורמלי. במרחבים אלו מתקיימות פעילויות מורכבות ויצירתיות הנשענות על שיתוף פעולה בין עמיתים, ומתבססות על פרקטיקות פדגוגיות המשקפות מחקר ועבודה אותנטית ותפיסות חדשות אודות דרכי הלמידה. הפרקטיקות הפדגוגיות תורמות למעורבות, שיתוף פעולה, רפלקציה של התלמידים ומפתחות קהילה לומדת ותומכת. הגישה הסוציו-תרבותית תורמת לעיצוב מרחבי למידה עתידיים, משום שהיא תופסת את **מרחב הלמידה כמתווך בתהליך הלמידה ודורשת אינטגרציה בין מרחב למידה למתווכי למידה אחרים.**

מערכות אקולוגיות לרשתות קהילות לומדות³⁶, מזמנות למידה מתקדמת, הנתמכת במרחבים פיסיים ודיגיטליים, ומשלבת טכנולוגיה, תרבות וזהות לומדת וקהילתית. מערכות אקולוגיות כוללות את המרכיבים הבאים: **בוני רשתות קהילתיות** המטפחים מגוון שותפויות של בעלי עניין והבנה חוצה תרבויות על ידי מתן מידע וידע לחברי הקהילה. זאת באמצעות שימוש במדיה חברתית, ניתוח נתונים, עיצוב מודלים וכלים חכמים למיפוי ועיצוב מודל של קהילה רשתית החולקת תחומי עניין ויעדים משותפים ומקדמת שיתופי פעולה פוטנציאליים. **למידה מקוננת** – Nested Learning³⁷, שמשמעה למידה על בסיס תוצאות למידה אחרת, פורמלית ואי-פורמלית. הלמידה נעשית במגוון סביבות כמו מוזיאונים, פארקים, גני חיות, מרכזי אמנות ומדע ועסקים,

³⁴ http://www.indire.it/wp-content/uploads/2018/04/Learning_spaces_guidelines_ENG.pdf

³⁵ Hod, Y. (2017). Future learning spaces in schools: Concepts and designs from the learning sciences. Journal of Formative Design in Learning 1(2), 99-109.

³⁶ NAVIGATING THE FUTURE OF LEARNING, Forecast 5.0.

³⁷ <https://www.igi-global.com/dictionary/machine-learning-natural-language-processing/20061>



כאשר הסביבות המארחות את קבוצות הלומדים, מקדמות חוויות למידה מבוססות מקום, עשירות בהערכה ושיקוף מונעי משוב ומספקות ללומדים הזדמנות לפתח למידה חברתית נתמכת רשתות המורכבות מחברי הקהילה, מנטורים ועמיתים מבוגרים מהימנים. **פלייסמקינג (Placemaking)**³⁸ – **בחינוך** – פלייסמקינג היא גישה מרובת פנים לתכנון וניהול של מרחבים ציבוריים, כולל נכסים, השראה ופוטנציאל של הקהילה המקומית, מתוך כוונה ליצור מרחבים ציבוריים המקדמים את הבריאות, האושר והרווחה של הפרט והקהילה. בהשלכה לחינוך, מעצבים המתמחים בלמידה מבוססת-מקום מסייעים להחיות ולהעצים קהילות באמצעות עבודה עם מחנכים, עיריות מקומיות, תושבים וגופים שלטוניים אזוריים כדי לטפל בסוגיות הקהילה ולתמוך בזהותה. הם אוצרים משאבים ומזרזים פיתוח פרויקטים של למידה ארוכת טווח, באמצעות תיאום בין השותפים המעורבים בביצועם. **פארקי למידה במציאות מעורבת (Mix Reality)** – פארקים ייעודיים המעוצבים בהתאמה לצרכי הלומדים מרחיבים את מגוון החוויות הזמינות לציבור הלומדים. הם יוצרים חוויות למידה מגולמות, מוטמעות ורבות הקשר, לצד מתן משוב בזמן אמת ללומדים באמצעות תהליכים שיטתיים להתבוננות על ידי מחנכים, באמצעות מיזוג תשתיות פיזיות עם מציאות מוגברת ווירטואלית.

השילוב של טכנולוגיה, תרבות וזהות לומדת וקהילתית משפרים ומרחיבים את ההזדמנויות ללמידה והגישה המובילה כיום ממקדת את **הלומד במרכז במערכת אקולוגית חינוכית מתעוררת**. מערכות אקולוגיות חינוכיות מתעוררות הינם בעלות מגוון גדול יותר של הזדמנויות למידה בהשוואה למערכות חינוך מסורתיות. מערכת אקולוגית יכולה לכלול בתי ספר, מועדוני ספורט, מועדוני למידה, ספריות, מרכזים אזרחיים לצד קורסים ופורומים מקוונים, יישומים סלולריים, גאדג'טים, אפליקציות ריאליטי מוגדלות, משחקים, אוניברסיטאות ועוד תשתיות, כלים, פורמטים טכנולוגיים ומרחבים פיסיים רבים אחרים. **המערכת האקולוגית לא מכוונת להרוס ו/או להחליף את המערכת הקיימת, אלא להציע שדרוג לחללים רב ממדיים שיכולים לספק מגוון חוויות למידה לכל סוג של לומדים, פרטים או קבוצה**. מנקודת מבטו של הלומד, מרחב רב ממדי מסודר על פני שני צירים לפחות, האחד, **מקומי - גלובלי**: כולל חוויות הלמידה הנבנות סביב תוכן מקומי ומגע פיסי (כגון למידה עירונית או פרויקטים קבוצתיים מקומיים בבית ספר). או מבוססות על קשרים גלובליים ואינטראקציה מבוזרת (כמו פלטפורמות למידה גלובליות). השני, **אדם - טכנולוגיה**: חוויות למידה מסוימות מתרחשות כלמידה מעמיתים ומנטורים, ואילו אחרות נוצרות על ידי טכנולוגיות חינוכיות כמו מרחבי למידה מקוונים, משחקי וידאו ומכשירים לבישים. במציאות זו בה הגבולות שבין הפיסי לוורטואלי מטשטשים והולכים ומרחבים מסורתיים צפויים להשתנות **למרחבי למידה וירטואליים**³⁹ המגמות הנצפות הן: בתי ספר ואוניברסיטאות, יתפתחו בהדרגה ל"**צמתים מרכזיים**" של **מרחבי רשת חינוכית**. **פלטפורמות למידה גלובליות (מקוונות)** יהפכו לספקיות אולטימטיביות של ידע ותוכן גלובלי. **פורמטים של למידה עירונית** ימשיכו להתפתח כדי לשרת מגוון גדול יותר של צרכים של לומדים לכל החיים. **מרחבי למידה עתירי טכנולוגיה לכל החיים** ייבנו סביב חוויות מותאמות אישית וחוויות קולקטיביות של אינטראקציה אנושית ויצירה משותפת.

³⁸ <https://en.wikipedia.org/wiki/Placemaking>

³⁹ Global Education Futures Report, EDUCATIONAL ECOSYSTEMS FOR SOCIETAL TRANSFORMATION



מודלים חינוכיים מתקדמים

למידת שירות, כמודל חינוכי⁴⁰, נשענת על פדגוגיה מגיבה ואחראית המקדמת את ערכי הליבה החינוכיים להצלחה עתידית, לפיה תלמידים משתמשים בידע ומיומנויות אקדמיות ואזרחיות כדי לתת מענה לצרכים קהילתיים אמיתיים. המועצה הלאומית למנהיגות נוער (National Youth Leadership Council)⁴¹ מגדירה למידת שירות כ"פילוסופיה, פדגוגיה ומודל להתפתחות קהילתית המשמשת כאסטרטגיה הדרכתית לעמוד ביעדי למידה ו/או תקני תוכן". הסופרת ברברה ג'ייקובי⁴² מגדירה למידת שירות "סוג של חינוך חוויתי בו התלמידים עוסקים בפעילות העונה על צרכים אנושיים וקהילתיים יחד עם הזדמנויות מובנות להרהור שנועדו להשיג תוצאות למידה רצויות".

למידת שירות כוללת מגוון היבטים: סטודנטים למדע האוספים ומנתחים דגימות מים, מתעדים את תוצאותיהם ומציגים ממצאים לסוכנות מקומית לבקרת זיהום⁴³. תיכונים בגימנסיה הרצליה לקחו על עצמם משימה שאפתנית של **חיסול הרעב באפריקה**, בנו חממה בבית הספר, מצאו שיטות זולות ויעילות לגדל את אצת הספירולינה המזינה, וכבר מעבירים את הידע לתושבי אפריקה⁴⁴. יוזמות המקדמות **פעילות בין דורית**, מקשרות בין גני ילדים עם דיירי דור מוגן, ומוכיחות כי לקשר בין-אישי אין תחליף. והשתתפות פעילה בפרויקטים של **פיתוח או שימור** של מתקנים חדשים ו/או אתרי טבע מדגישה למידה באמצעות פרויקטים של שירות לבית הספר המקומי ו/או לקהילה⁴⁵.

קיימים 6 מאפיינים ללמידת שירות⁴⁶: **משולב** - חווית הלמידה עוברת מהכיתה, לפעילות או התנדבות מחוץ לבית הספר, ומשלבת בצורה הוליסטית יעדי למידה בכיתה, הנחיית סגל, כמו גם נקודת מבט וסדרי עדיפויות של הקהילה. הלומדים מפגינים הצלחה הן מבחינה אקדמית והן בינאישית. **משקף** - חוויות למידת מספקות 'הזדמנויות מובנות' ללומדים לשקף ביקורתית ויכולות לצד בחינה ועיצוב אמונות, ערכים, דעות, הנחות, שיפוט ונוהג קשורים כדי להשיג הבנה עמוקה יותר ולבנות את המשמעות למעשים עתידיים. **הקשר** - מזמן ללומדים גישה לידע ומומחיות השוכנים בקרב הקהילה, והזדמנות לחבר את הידע הנחקר בכיתה, לידע הלכה למעשה. החוויות חושפות את התלמידים לבלתי צפוי, למורכבות הסיטואציות בעולם האמיתי, לעבודה לצד חברי קהילה ואנשי מקצוע מנוסים, ולהזדמנויות למידה ובניית יכולת תגובה מיידית. **מבוסס כוח** - למידת שירות מתבססת על חוזקות ומשאבים קהילתיים קיימים, ומכבדת את חברי הקהילה והארגונים כשותפים. קהילות לעולם אינן בנויות מבחוץ והן מתמקדות ביכולת ובמומחיות קיימות בכל קהילה ולא במה שנעדר. הלומדים נחשפים לאסטרטגיות של שותפות ולתהליך פיתוח החוזקות הייחודיות של כל קהילה. **הדדיות** - מציעה יתרונות לכל המעורבים.

⁴⁰ <https://en.wikipedia.org/wiki/Service-learning>

⁴¹ "K-12 Service-Learning Standards for Quality Practice" (PDF). National Youth Leadership Council. Archived from [the original](#) (PDF) on November 11, 2011. Retrieved November 11, 2008..

⁴² Jacoby, Barbara (1996). *Service-Learning in Higher Education: Concepts and Practices*. Jossey-Bass. ISBN 978-0787902919.

⁴³ <https://www.nylc.org/page/WhatisService-Learning>

⁴⁴ https://www.mako.co.il/news-israel/education-q2_2019/Article-ed0e8cc00a9ca61027.htm

⁴⁵ Innovating Pedagogy 2019

⁴⁶ <https://www.washington.edu/teaching/topics/engaging-students-in-learning/service-learning/>



תלמידים נותנים זמן, כישרון והון אינטלקטואלי על מנת להשיג הבנה מעמיקה יותר של חומר הקורס ולדקויות של סוגיות חברתיות. מדריכי הקורס מתאימים את פרקטיקות ההוראה שלהם להוראת שירות ומתוגמלים במעורבות עמוקה יותר של התלמידים בחומר הקורס. חברי קהילה וארגונים משקיעים זמן כמחנכים ושותפים, ומשיגים הרבה יותר באמצעות עבודת התלמידים. **לאורך החיים** - סינתזה בין תיאוריה ותרגול, מספקת שיטה חינוכית וחווית חיים ייחודית, משמעותית ומשפיעה. התלמידים בונים מערכות יחסים, פותרים בעיות, מעריכים תחושת קהילה וזוכים למודעות עצמית. הדבר עשוי להשפיע על מסלול הקריירה של הפרט ולשפר את אחריותו האזרחית ומניחה בסיס לצמיחה אישית מתמדת לאורך כל חיי הלומד.

למידת שירות מכוונת להועיל לספק ולמקבל השירות באותה מידה, והמיקוד מתחלק שווה בשווה בין השירות והלמידה. התנדבות, שירות קהילתי, התמחות וחינוך שדה, מתבססים על ערך הליבה של למידת שירות. כולם מועילים ללומד כמו למקבל השירות ומבטיחים שהלומד לא רק ישרת, אלא גם ילמד וירכוש: כישורים בינאישיים, ניסיון בעבודה בתחום עתידי, או שינוי באופן ראייתו את עצמו ואחרים. הקהילה נשכרת יותר בפעילויות כמו: **התנדבות** - פעולות שירות לרוב אלטרואיסטיות המתבצעות מרצון חופשי ללא ציפייה לפיצוי. **ושירות קהילתי** - הדומה למדי להתנדבות, רק שהוא כרוך במבנה ומחויבות לומדים. הלומד, נשכר יותר מפעילויות, כמו: **התמחות** - המספקת ללומדים ניסיון בתחומי עבודה שונים. **וחינוך שדה** - תוכניות המספקות ללומדים הזדמנויות לשלב לימודים קשורים, גם אם לא במלואם, בלימודיהם האקדמיים הרשמיים.

למידת שירות משלבת לימוד חווייתי ושירות קהילתי. הדבר קורה לרוב בקהילה בה התלמידים זיהו צורך, ועצם הלמידה מחוץ לכיתה מעניקה לה מטרה והקשר לקהילה, ואין הכוונה רק לשכונה המקומית אלא לכל קהילה קטנה כגדולה. החומר האקדמי נלמד באמצעות יישום מעשי והדרכה רפלקטיבית, וניתן לתרגל אותו מחוץ לכיתות ובמודל שונה מ"למידה - בחינה". **לומדים משתמשים בכישורי חשיבה ופתרון בעיות מרובות במצבים מורכבים ומפתחים יכולות טרנספורמטיביות לשם פיתוח חשיבה חדשנית, יכולת עיצוב תמונת עתיד בלא להסתמך על מודלים ישנים והבנה טובה יותר של סוגיות חברתיות רלוונטיות בקהילה.** הבעיות החברתיות בהן הם נתקלים לראשונה בחייהם מעצבות ומשנות את השקפת עולמם. וסוגיות חברתיות תורמות לפיתוח מיומנויות מתאימות יותר ופתרונות חדשניים לבעיות מורכבות. זאת ועוד, תוך כדי שהתלמידים משרתים את הקהילה ומשפיעים עליה, סביר שהם יזהו גם את תפקידם בחברה ויבינו שהם אלו שיכולים לעשות את ההבדל, מה שיוביל לאזרחות פעילה ומעורבות בקהילה.



12. המלצות

חידושים טכנולוגיים⁴⁷ המתפתחים בתחום ה-ICT (קישוריות סלולרית, ניתוח נתונים אוטומטי, בינה מלאכותית וכו') ותחומים קשורים (רובוטיקה, מדעי המוח, ביו-פארמה וכו') מאפשרים ליצור דרכים חדשות ללמידה והוראה פרטנית וקולקטיבית. **לחצים אלה מייצרים לכאורה את התנאים האידיאליים לעליית חינוך חדש מבוסס רשת** המסוגל לספק תוכן וחוויות למידה רלוונטיות יותר על ידי מעורבות של מגוון ספקים חדשים, אריגת הלומדים והספקים לרשת של מרחבים ותהליכי למידה הקשורים זה בזה, ויצירת זרמי מידע המאפשרים למערכות כאלה להפוך גמישות יותר ויותר, סתגלניות יותר ובו בזמן גם גלובליים. לשם כך יש לנטרל את הסיבות העיקריות התורמות להשפעה הנמוכה של טכנולוגיות חינוך ועל חוסר היכולת לשנות את הפרדיגמה החינוכית הדומיננטית, באמצעות:

- **שינויים מהותיים בתהליך ההוראה ויחסי מורה ותלמיד (הלומד במרכז)**, וכנגזרת עליית מספר הלומדים בהדרכה עצמית במערכת.
- **הטמעה מהירה של פלטפורמות משולבות** המציעות מגוון מודולים ופתרונות חינוכיים "מסעי למידה" אישיים או "מסלולי למידה" ותוכניות דומות/מתחרות של מוסדות חינוך אחרים.
- **שינוי מדיניות רלוונטית ליצירת** ארון מצד שוק העבודה, ההורים והחברה האזרחית, הדורשים חינוך "חדש".
- **עיצוב תפיסה מגובשת ל"הנחייה עצמית" בקרב קהילות המחנכים ומוסדות החינוך**, אשר בעולם של VUCA, יוצר תגובות ללא כיוון ברור לדרישות המשתנות ללא הרף מצד צרכני החינוך (הורים, סטודנטים ומעסיקים) ומקדם שדרוגים קדחתניים ושיפורים כאוטיים.

וברמה הפרקטית, על מנת ללמד באופן מיטבי פדגוגיה חדשנית דוגמת אשכול חיבה מחשובית מומלץ, **ברמת התלמיד והמורה:**

- **לקדם פעלונות לומד ופעלונות משותפת** ברמת הפרט והקהילה
- **לקדם פרקטיקות מובילות** (שהובאו במאמר)⁴⁸ כמבטיחות שיפור בהתכשרות להוראה ובהוראה, כולל:
 - גיוס מועמדים איכותיים לתוכניות הכשרה איכותיות ע"י הבטחת משכורות בנות-תחרות, סבסוד כספי למתכשרים ויתר אחידות או דמיון בעיצוב ובאיכות תוכניות ההכשרה.

⁴⁷ NAVIGATING THE FUTURE OF LEARNING Forecast 5.0

⁴⁸ Darling-Hammond, L. (2017). Teacher Education around the world: What can we learn from international practice? European Journal of Teacher Education, 4 (3), 291-309
<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02619768.2017.1315399?scroll=top&needAccess=true>



- קישור בין תיאוריה למעשה באמצעות תכנון קורסים מושכלים ושילוב של התנסות קלינית איכותית במסגרות התומכות בהוראה טובה.
- שימוש בסטנדרטים של הוראה מקצועית כדי למקד ולהשהות תשומת לב על למידה והערכה של ידע, כישורים ודיספוזיציות.
- הפעלת הערכות ביצוע של מורים תוך התבססות על סטנדרטים מקצועיים הקושרים בין למידת תלמידים לבין הוראה בכיתה.
- ביסוס דגמי קליטה התומכים במורים מתחילים באמצעות חונכות מיומנת, תכנון שיתופי והפחתת עומס הוראה המאפשרים זמן ללמידה תוך בית ספרית ולבנייה זהירה של רפרטואר של דרכי הוראה.
- תמיכה בהתפתחות מקצועית המאפשרת למורים ללמוד באופן שגרתי עם עמיתים ומעמיתים בתוך ובין בתי-ספר ואוניברסיטאות.
- בניית יכולת מקצועית רחבה היוצרת אסטרטגיות לשיתוף רחב במחקר ובהוראה טובה, המכירה בדרכי הוראה בכיתות ובבתי-ספר מצליחים והמאפשרת למורים מומחים ולמנהלים להנהיג את המערכת כולה.

ברמת סביבת הלמידה ואופן הלמידה, ההמלצות מתייחסות לפיתוח **מרחבי למידה תומכים רלבנטיים** (פיסיים ווירטואליים) ו**פרדיגמות למידה חדשניות**, כולל:

- מרחבי למידה עתידיים
- מערכות אקולוגיות לרשתות קהילות לומדות
- פלייסמייקינג (Placemaking)⁴⁹ בחינוך
- פארקי למידה במציאות מעורבת
- למידת שירות המשלבת לימוד חווייתי ושירות קהילתי.
- למידה מבוססת מקום והקשר

⁴⁹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Placemaking>



13. ביבליוגרפיה

Siu-Cheung Kong, Harold Abelson and Ming Lai (2019) Introduction to Computational Thinking Education in Siu-Cheung Kong Harold Abelson (Editors) Computational Thinking Education Springer Open

H. Ulrich Hoppe and Sören Werneburg (2019) Computational Thinking—More Than a Variant of Scientific Inquiry! in Siu-Cheung Kong Harold Abelson (Editors) Computational Thinking Education Springer Open

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717–3725.

Mahsa Mohaghegh et al, (2016) *International Journal of Computer Science and Information Technologies (IJCSIT)*, Vol. 7 (3) , 2016, 1524-1530

Curzon, P., Black, J., Meagher, L. R., & McOwan, P. (2009). cs4fn. org: Enthusing students about Computer Science. *Proceedings of Informatics Education Europe IV*, 73-80. Digital

Exploring Computational Thinking. (2015). from <http://www.google.com/edu/programs/exploringcomputational-thinking/> Fisher

Maryam Rabiee, A Tjoa. From Abstraction to Implementation: Can Computational Thinking Improve Complex Real-World Problem Solving? A Computational Thinking-Based Approach to the SDGs. 14th International Conference on Social Implications of Computers in Developing Countries (ICT4D), May 2017, Yogyakarta, Indonesia. pp.104-116

Aman Yadav , Jon Good , Joke Voogt , and Petra Fisser(2017) Computational Thinking as an Emerging Competence Domain in: M. Mulder (ed), *Competence-based Vocational and Professional Education, Technical and Vocational Education and Training: Issues, Concerns and Prospects* Chapter 49



Mahsa Mohaghegh et al, / (IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies, Vol. 7 (3) , 2016, 1524-1530

Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K12: what is Involved and what is the role of the computer science education community? ACM Inroads, 2(1), 48-54.

Bell, T., Alexander, J., Freeman, I., & Grimley, M. (2009). Computer science unplugged: School students doing real computing without computers. The New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology, 13(1), 20-29.

Hunt, S. (2012). Computational Thinking. Retrieved from Computing At School website: <http://www.computingatschool.org.uk/index.php?id=computational-thinking>

Maryam Rabiee,A Tjoa. From Abstraction to Implementation: Can Computational Thinking Improve Complex Real-World Problem Solving? A Computational Thinking-Based Approach to the SDGs. 14th International Conference on Social Implications of Computers in Developing Countries (ICT4D), May 2017, Yogyakarta, Indonesia. pp.104-116

VALERIE BARR CHRIS STEPHENSON (2011) Bringing Computational Thinking to K-12: What is Involved and What is the Role of the Computer Science Education Community? acm Inroads 2011 March • Vol. 2 • No. 1

Settle, Amber and Perkovic, Ljubomir, (2010) "Computational Thinking across the Curriculum: A Conceptual Framework" , Technical Reports. 13. <https://via.library.depaul.edu/tr/13>

Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K12: what is Involved and what is the role of the computer science education community? ACM Inroads, 2(1), 48-54.

J. Lockwood A. Mooney (2018) Computational Thinking in Secondary Education: Where does it fit? A systematic literary review International Journal of Computer Science Education in Schools, Vol. 2, No. 1



Repenning, A., Webb, D., & Ioannidou, A. (2010). Scalable game design and the development of a checklist for getting computational thinking into public schools. In Proceedings of the 41st acm technical symposium on computer science education (p. 265-269). Ribeiro

A. Repenning D.Webb J. Kidder A. Ioannidou V. Bennet ITEST project- Scalable Game Design
http://scalablegamedesign.cs.colorado.edu/gamewiki/images/2/27/Scalable_Game_Design_Results.pdf

M.WEIGEND ,J. VANÍČEK ,Z. PLUHÁR ,I. PESEK (2019) Computational Thinking Education through Creative Unplugged Activities Olympiads in Informatics, 2019, Vol. 13, 171–192 Vilnius University

Bell, T. (2018). CS Unplugged and Computational thinking, In: Proceedings of Constructionism 2018, Vilnius, Lithuania, p. 22 – 28. Bell, T., Rosamond, F., Casey, N. (2012). Computer Science Unplugged and related projects

Mouza, C., Yang, H., Pan, Y.-C., Yilmaz Ozden, S., & Pollock, L. (2017). Resetting educational technology coursework for pre-service teachers: A computational thinking approach to the development of technological pedagogical content knowledge (TPACK). Australasian Journal of Educational Technology, 33(3), 61-76. <https://doi.org/10.14742/ajet.3521>

AMAN YADAV, CHRIS STEPHENSON, AND HAI HONG Computational Thinking for Teacher Education COMMUNICATIONS OF THE ACM | APRIL 2017 | VOL. 60 | NO. 4

Thomas L, Stokke (2019) An Exploratory Study To Identify Barriers To Implementation Of Computational Thinking PHD Dissertation University of North Dakota

¹ The future of education is now <https://oecdeditoday.com/the-future-of-education-is-now/> ¹ מילון אוקספורד

¹ <https://www.horx.com/en/biography/>

¹ <https://www.horx.com/en/futurism-today/understanding-the-future/>

¹ Church, A. & Burke, W. (2017). Four Trends Shaping the Future of Organizations and Organization Development. OD Practitioner. 49. 14-22.

¹ <https://doalogue.co.il/wiki/VUCA>

¹ <http://www.businessdictionary.com/definition/STEEP.html>



- ¹ <https://pestleanalysis.com/what-is-steep-analysis/>
- ¹ <https://he.wikipedia.org/wiki/SWOT>
- ¹ de Vries, M. J. (1996). *Teaching about technology: An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers*. Dordrecht: Springer.
- ¹ [https://en.wikipedia.org/wiki/Connectivity_\(media\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Connectivity_(media))
- ¹ European Commission, 10 TRENDS TRANSFORMING EDUCATION AS WE KNOW IT
https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%9C%D7%9E%D7%99%D7%93%D7%AA_%D7%9E%D7%9B%D7%95%D7%A0%D7%94
- ¹ <https://machinelearning.co.il/26/101-machine-learning/>
- ¹ Gartner's Top 10 Technology Trends For 2020 That Will Shape the Future
<https://www.crn.com/slide-shows/virtualization/gartner-s-top-10-technology-trends-for-2020-that-will-shape-the-future>
- ¹ <https://www.iste.org/learn/iste-u/computational-thinking>
- ¹ Alejandro Paniagua and David Istance (2018). *Teachers as Designers of Learning Environments*. THE IMPORTANCE OF INNOVATIVE PEDAGOGIES. OECD <https://doi.org/10.1787/9789264085374-en>.
- ¹ <https://doi.org/10.1787/9789264085374-en>.
- ¹ Jobs of Tomorrow Mapping Opportunity in the New Economy
http://www3.weforum.org/docs/WEF_Jobs_of_Tomorrow_2020.pdf
- ¹ Educational Planning: Approaches, Trends, and Learnings A Case Study of the Kurdistan Region of Iraq (KRI) (2018) DOI: 10.14445/23939125/IJEMS-V5I6P101
- ¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Student-centred_learning
- ¹ OECD Future of Education and Skills 2030 Conceptual learning framework
https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/skills/Skills_for_2030.pdf
- ¹ Darling-Hammond, L. (2017). Teacher Education around the world: What can we learn from international practice? *European Journal of Teacher Education*, 4 (3), 291-309
<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02619768.2017.1315399?scroll=top&needAccess=true>
- ¹ <https://ccsso.org/resource-library/intasc-model-core-teaching-standards-and-learning-progressions-teachers-10>
- ¹ OECD Future of Education and Skills 2030 Conceptual learning framework
https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/skills/Skills_for_2030.pdf
- ¹ https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%9C%D7%9E%D7%99%D7%93%D7%94_%D7%91%D7%9B%D7%9C_%D7%9E%D7%A7%D7%95%D7%9D_%D7%95%D7%91%D7%9B%D7%9C_%D7%96%D7%9E%D7%9F
- ¹ <http://outofsite.co.il/democratic/wp-content/uploads/attachments/%D7%97%D7%99%D7%A0%D7%95%D7%9A-%D7%9E%D7%91%D7%95%D7%A1%D7%A1-%D7%9E%D7%A7%D7%95%D7%9D.pdf>
- ¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Place-based_education
- ¹ <https://promiseofplace.org/>
- ¹ http://www.indire.it/wp-content/uploads/2018/04/Learning_spaces_guidelines_ENG.pdf
- ¹ Hod, Y. (2017). Future learning spaces in schools: Concepts and designs from the learning sciences. *Journal of Formative Design in Learning* 1(2), 99-109.
- ¹ NAVIGATING THE FUTURE OF LEARNING, Forecast 5.0.
<https://www.igi-global.com/dictionary/machine-learning-natural-language-processing/20061>
- ¹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Placemaking>
- ¹ Global Education Futures Report, EDUCATIONAL ECOSYSTEMS FOR SOCIETAL TRANSFORMATION
- ¹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Service-learning>
- ¹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Service-learning> *"K-12 Service-Learning Standards for Quality Practice"* (PDF). National Youth Leadership Council. Archived from [the original](#) (PDF) on November 11, 2011. Retrieved November 11, 2008..
- ¹ Jacoby, Barbara (1996). *Service-Learning in Higher Education: Concepts and Practices*. Jossey-Bass. ISBN 978-0787902919.
- ¹ <https://www.nylc.org/page/WhatisService-Learning>
- ¹ https://www.mako.co.il/news-israel/education-q2_2019/Article-ed0e8cc00a9ca61027.htm
- ¹ Innovating Pedagogy 2019
- ¹ <https://www.washington.edu/teaching/topics/engaging-students-in-learning/service-learning/>



¹ **NAVIGATING THE FUTURE OF LEARNING Forecast 5.0**

¹ Darling-Hammond, L. (2017). Teacher Education around the world: What can we learn from international practice? *European Journal of Teacher Education*, 4 (3), 291-309

<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02619768.2017.1315399?scroll=top&needAccess=true>

¹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Placemaking>