



האגף לייעוץ וקשרי ממשל

האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים

סיכום עיקרי הדברים מיום העיון בנושא חשיבה חישובית

ובינה מלאכותית בהוראה ובלמידה

ט' באלול תשפ"ד, 12.9.2024

בית האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, ירושלים

עורכת המסמך: חן ברקמן

ביום 12.9.2024 קיימה הוועדה בנושא חשיבה חישובית ובינה מלאכותית, שהוקמה על ידי האקדמיה הלאומית למדעים לבקשת קרן טראמפ, יום עיון בנושא חשיבה חישובית ובינה מלאכותית בהוראה ובלמידה. יום העיון עסק בשני הנדבכים של עבודת הוועדה – חשיבה חישובית והכשרת מפתחי הבינה המלאכותית של העתיד – והציע מבט מגוון על נושאים אלו.

את יום העיון פתחה הרצאת מבוא שעסקה בגישות השונות לחשיבה חישובית ובאופנים שבהם אפשר לגזור מהן מגוון של יעדים חינוכיים.

לאחר מכן התקיימו שלושה מושבים : המושב הראשון עסק בשימושים המעשיים במיומנות החשיבה החישובית במגוון תחומי דעת ובתרומתה לשדה המחקר ולשדה החינוכי בתחומים אלו ; המושב השני הציג את אתגרי יישום החשיבה החישובית בכיתות הלימוד וכן הצלחות ואתגרים בהוראת התחום, על בסיס תובנות של אנשי שטח בהוראה ובהכשרת מורים ; המושב השלישי עסק בהיבטים שונים של עיצוב דור העתיד של מפתחי הבינה המלאכותית – תוכניות הלימודים הנדרשות, התאמתן לצורכי המעסיקים וצמצום הפערים המגדריים בתחום.

פרופ' מיכל ארמוני – חשיבה חישובית: פנים רבות לה

בהרצאת הפתיחה של יום העיון הציגה פרופ' מיכל ארמוני סקירה מעמיקה של התפתחות המושג "חשיבה חישובית" בהתמקדה בשני עוגנים עיקריים:

1. המאמר של Jennet Wing משנת 2006, שהכניס את המונח לשיח החינוכי של המאה העשרים ואחת. ארמוני ציינה כי מאז פרסום המאמר חלה עלייה ניכרת במספר הפרסומים האקדמיים העוסקים בנושא, וכיום קיימים יותר מ-7,000 פרסומים הכוללים את המונח בכותרתם (וסביר כי יש רבים נוספים שעוסקים בנושא אלא שכותרתם שונה).

2. הספר *Mindstorms* שכתב Simore Papert בשנת 1980, שבו הוזכר המונח "חשיבה חישובית" לראשונה, אם כי ללא הגדרה מפורשת. ספר זה גם הניח את היסודות לתאוריית הקונסטרוקטיביזם בלמידה.

קיימים פערים ואף סתירות בין שתי הגישות – זו המתוארת במאמרה של Wing וזו המתוארת בספרו של Papert – אך ייתכן כי ניתן ליישב ביניהן. הגישה של Wing מתבססת על ההנחה שחשיבה חישובית היא תחום דעת אקדמי בעל גוף ידע מובחן שנבנה בהדרגה לצד שיטות מחקר, מינוח ותרבות ייחודיות, בדומה להגדרות של חשיבה מתמטית וחשיבה מדעית. Wing הגדירה חשיבה חישובית ככוללת כלים מנטליים המאפיינים את עבודתם של אנשי מדעי המחשב, כגון קירוב, אקראיות, רדוקציה, סימולציה, חשיבה היוריסטית, חשיבה רקורסיבית, חשיבה מקבילית, התמודדות עם מורכבות באמצעות הפשטה ופירוק ועוד. היא הדגישה כי ארגו כלים זה הוא עשיר ויכול לשמש בתחומי דעת שונים. יש לציין כי כיום אין מספיק מחקרים המוכיחים שמושגות למידה והטמעה של ארגו הכלים המנטליים של Wing מתארת באופן שניתן להעבירו ביעילות לתחומים אחרים, ולכן נדרש דיון רחב יותר בתחום.

לעומת זאת הגישה של Papert, המבוססת על קונסטרוקטיביזם, מדגישה את חשיבות התכנות בלמידה. לפי גישה זו, תלמידים בונים ידע באמצעות יצירת ייצוגים קונקרטיים למושגים מופשטים באמצעות אלגוריתמים ותכנות. גישה זו מתבססת על תאוריות של למידה והתפתחות קוגניטיבית ומדגישה את חשיבותה של הבנייה הידע בהדרגה ובהתאמה אישית. את כלל המונחים שכוללת החשיבה החישובית חשוב להנחיל כבר מגיל צעיר, אם באמצעות תכנות רגיל ואם באמצעות משחקים, מבלי להתמקד בהגדרה מדויקת של המיומנויות הנדרשות.

מדעי המחשב הם תחום דעת אקדמי עצמאי, שצמח מתוך מגוון תחומים אחרים לכדי גוף ידע קוהרנטי בעל תאוריות ייחודיות משלו. זהו תחום העוסק במציאת פתרונות לבעיות, בקביעת אי-פתירות, בהוכחת נכונות של פתרונות, בניתוח יעילות, בסיווג ובניתוחן של בעיות במונחים של פתירות ומורכבות ובזיהוי קשרים בין בעיות מתחומים שונים. מדעי המחשב אינם רק תכנות – אלא יש בהם גם יכולת לנוע בין רמות אבסטרקציה שונות. אף שהכלים של חשיבה חישובית אינם ייחודיים דווקא למדעי המחשב, ההתמחות בהם במסגרת התחום אפשרה את שכלולם ואת הפיכתם לנגישים יותר. הוראה של התחום יכולה להתבצע בשילוב שתי הגישות: שימוש בקונסטרוקטיביזם לתמיכה בלמידה ויצירת הפשטות לצד הוראת מדעי המחשב כמקצוע בפני עצמו. יש חשיבות רבה להוראה ספירלית, שבה חוזרים לאותם נושאים ומושגי יסוד בהקשרים שונים ובשכבות גיל שונות, בהתאמתם להתפתחות הקוגניטיבית של התלמידים.

בדין שהתפתח לאחר ההרצאה נבחנה השאלה אם המונח "חשיבה חישובית" הוא המתאים ביותר לתיאור כישור חשיבה זה, או שמא "חשיבה אלגוריתמית" הוא מונח מדויק יותר. נטען כי המונח "חשיבית" עלול להטעות ולרמוז שמדובר רק בחישובים, כשלמעשה התחום רחב הרבה יותר. "אלגוריתמיקה" אף הוא מונח מרכזי בתחום, המכיל בתוכו את מושגי היסוד של מדעי המחשב, כמו אלגוריתמים, יעילות, נכונות, אי-ניתנות לפתרון ומקבילות.

לסיכום, עדיין קיימים לא מעט אתגרים בהוראת חשיבה חישובית, כולל הגדרת יעדי למידה, פיתוח תוכניות לימודים, הכשרת מורים ופיתוח מבוסס-מחקר. למרות האתגרים אין ספק כי בעבודה נכונה, מבוססת-מחקר, ניתן לפעול למען הטמעת החשיבה החישובית ביעילות ובאפקטיביות במערכות החינוך בישראל.

מעבר לגבולות הדיסציפלינה: חשיבה חישובית בראייה רבת-חומית

ד"ר דוד גינת – חשיבה חישובית ופתרון בעיות

ד"ר דוד גינת הציג בהרצאתו סקירה מעמיקה של חשיבה אלגוריתמית ופתרון בעיות והתמקד בניסיונו בהוראה ובהכנת תלמידים לאולימפיאדה למדעי המחשב. דוד ציין שלפני כעשור כונה הנושא "פתרון בעיות אלגוריתמיות", אך כיום המונח המועדף הוא "חשיבה חישובית" (computational thinking). בין שני המונחים הללו, חשיבה חישובית ופתרון בעיות, קיים דמיון רב: שניהם כוללים שימוש בהיוריסטיקות, מעבר בין צורות ייצוג, הכללה ממקרים פרטיים אל הכלל ופירוק של בעיות. כמו כן בשניהם יש גם חשיבות לזיהוי הקשרים חבויים בבעיות, אשר לעיתים אינם נראים מייד לעין.

במיזם הבין-לאומי של האולימפיאדה למדעי המחשב שותפות יותר משבעים מדינות, ומטרתו לעודד הקניית כלים של חשיבה חישובית באמצעות לימוד ותחרויות אתגריות. בתחרות משתתפים תלמידים מכל שכבות הגיל שמתחרים בפתרון חידות המאופיינות בבעיות קצרות וצבעוניות, ברמות קושי שונות, המאפשרות להנחיל מושגים בחשיבה אלגוריתמית ופתרון בעיות באופן לא מפורש.

תהליך בחירת התלמידים לאולימפיאדה מורכב משלושה שלבים, וחל בו סינון שמיועד לאיתור התלמידים המתאימים ביותר. לעיתים קרובות הזוכים במדליות זהב הם דווקא התלמידים שהרקע הפורמלי שלהם בתחומי המתמטיקה, בעולם התכנות ובמדעי המחשב אינו נרחב במיוחד אך הם בעלי יכולות ראייה מיוחדות המאפשרות להם להסתכל על בעיה מזוויות שונות. למרות יכולתם הגבוהה של תלמידים אלו בפתרון בעיות, לעיתים הם מתקשים להסביר את אופן החשיבה שלהם על הבעיות או לתרגם את רעיונותיהם לקוד. לפיכך פותחה גישה ייחודית בקרב קהילת המאמנים לאולימפיאדת מדעי המחשב המתמקדת בפתרון בעיות אלגוריתמיות (Bebras, או בעברית "[הבונה המפצח](#)"). בגישה זו התלמיד מקבל בעיה, חושב על האלגוריתם לפתרונה ומפעיל אותו על נתונים קונקרטיים מבלי להידרש לכתוב קוד מפורט. גישה זו מדגישה מונחים מרכזיים כמו הפשטה, פירוק בעיה לתת-בעיות והליכה קדימה ואחורה בתהליך הפתרון, ומאפשרת לתלמיד לנסות מגוון שיטות פתרון ללא שימוש בטכנולוגיה או בשפת קוד.

האימון בתהליך זה הוא קריטי, אך יש משקל רב ליכולות הבסיסיות הטבעיות של התלמיד. אצל תלמידים רבים יש "תקרה" ליכולותיהם, אך יש גם כאלה שמשתפרים מאוד עם האימון, במיוחד כשהוא אינו בהכרח מסודר או שיטתי. גינת דיבר על מושג ה"דגירה" (אינקובציה) בפתרון בעיות, המתאר את הזמן הנדרש לאדם כדי להתעמק בבעיה ולראות את הפתרון הרלוונטי. הוא ציין כי יש הבדלים בין אנשים בזמן הנדרש לתהליך זה, וכי הדבר יכול להשפיע על מידת ההצלחה של התלמידים בתחרויות.

מבחינת הגיל, כיתה זו היא נקודת התחלה טובה לאתגרים מסוג זה, כיוון שבשלב זה כבר ניכר שיש הבדלים גדולים בין תלמידים, אך יש שהבדלים אלה ניכרים מוקדם יותר. כדי להמחיש זאת הדגים גינת את גישתו באמצעות בעיה פשוטה המתאימה לתלמידי חטיבת ביניים. הוא הראה כיצד חשיבה על דרכים לפתרון הבעיה דורשת שימוש בהפשטה, שנעשית מנקודת מבט

דקלרטיבית, ויכולת לנוע בין גישות שונות (כמו הליכה קדימה ואחורה), והדגיש את חשיבות היצירתיות ואת היכולת להשתחרר מדפוסי חשיבה מוכרים כדי לפתור בעיות מסוג זה.

לסיכום, הרצאתו של גינת מדגישה את היכולת להשתמש בכלים שאינם טכנולוגיים לטובת הקניית ארגז הכלים הנדרש לחשיבה החישובית בקרב תלמידים בחטיבת הביניים ובתיכון, ונותנת מסגרת עבודה מעשית להוראה בעזרת פלטפורמות קיימות, שניתן לשלבן ישירות בתוכניות הלימודים השונות.

יובל הרט – חשיבה חישובית במדעי החברה

ד"ר יובל הרט הציג בהרצאתו את האופנים שבהם יכולה החשיבה החישובית לקדם את המחקר במדעי החברה ולתרום להבנת אבני הבניין החישוביות שבהן בני האדם משתמשים בתהליכי חשיבה שונים. הגישה המחקרית במעבדה של הרט מבוססת על פירוק תופעה או פעולה אנושית וחקירתה בשלוש רמות:

1. הגדרת המטרה החישובית של המוח בעת ביצוע הפעולה.

2. זיהוי האלגוריתם המשמש להשגת המטרה החישובית.

3. חיפוש אופן ההטמעה של האלגוריתם המבצע את הפעולה, במוח.

כך לדוגמה במחקר אחד במעבדה משתמשים בנתונים מסריקות fMRI של יותר מאלף נבדקים כדי לנתח את הקישוריות בין אזורים שונים במוח בעת ביצוע מטלות שונות. באמצעות רדוקציה של הנתונים ניתן לזהות מספר משימות חישוביות בסיסיות שהמוח מבצע בעת ביצוע המטלות הללו. מתוך החלוקה הזאת נבנית מערכת קואורדינטות שיכולה להיות שימושית בניתוח נתונים ממגוון תחומים, כגון הבחנה בין התפתחות תקינה להפרעות קשב או בין מוחות בריאים לאלו הסובלים מאלצהיימר. מחקר אחר מתמקד בטרייד-אוף (Trade-off) חישובי במוחם של אנשים שאובחנו כאוטיסטים – באמצעות מודל מתמטי ניתן להסביר כיצד אנשים על הספקטרום האוטיסטי מקודדים אותות שונים. מודל זה, המבוסס על עיקרון חישובי פשוט, מראה כיצד בא לידי ביטוי התפקוד המוחי של אנשים על הספקטרום האוטיסטי בעת ביצוע מטלות שונות, באמצעות הדגשתן את הפערים במהלך ביצוען. מחקר נוסף, העוסק ביצירתיות, מזהה בעזרת מודל מתמטי שש אסטרטגיות שונות לחיפוש פתרונות יצירתיים לבעיה. נמצאו עדויות לאסטרטגיות אלו הן בפעילות המוח והן בקישוריות בין אזורים שונים במוח. לבסוף, יש מחקר העוסק בקוגניציה תנועתית ובוחרן בעזרתה של מערכת לכידת תנועה אם קיימת "שפה תנועתית" ייחודית כאשר אנשים נעים עם פרטנר לעומת מצב שבו הם נעים לבדם. הנתונים במחקר זה הם רב-ממדיים, וכדי לנתח אותם נבנה מודל של רשתות עצביות מלאכותיות שבעזרתן ניתן לבחון מאפיינים ומגמות שונות בתנועתם של כל אחד מהנבדקים.

נוסף על היותו חוקר, הרט מלמד חשיבה חישובית סטודנטים ממדעי החברה. בשיטת ההוראה שלו הוא מדגיש את חשיבות האינטואיציות הגאומטריות והוויזואליזציה של מושגים מופשטים. בין השאר באים לידי ביטוי בהוראתו נושאים כגון חישוב מרחקים במרחב רב-ממדי, Over-fitting, גרסיה ליניארית ושיטות לפירוק המרחב לממדים אחרים כגון PCA. לדעתו, יש

חשיבות רבה ללמידה מעשית של נושאים אלו, וזו נעשית בעזרת שילוב שיעורים קצרים שמציגים את התאוריה עם התנסויות ממושכות שבהן הסטודנטים פותרים בעיות מעשיות. נוסף על זה, החומר מותאם ככל שניתן לנושאים שמעניינים את הסטודנטים ומשולבות בו שאלות מאתגרות שמטרתן לעודד את החשיבה הביקורתית שלהם. עוד סבור הרט שחשוב לשמור על חויית למידה מהנה באמצעות קסמים, ניסויים ומשחקים שונים. גישה זו מסייעת לסטודנטים להתחבר לחומר ולפתח כלים של חשיבה חישובית בצורה אפקטיבית.

ד"ר אמיר רובינשטיין – חשיבה חישובית במדעי הטבע

ד"ר אמיר רובינשטיין סקר בהרצאתו את היוזמה שפיתח עם פרופסור בני שור ז"ל להטמעת חשיבה חישובית בתחום הדעת של מדעי החיים. לטענתו של רובינשטיין, קיים פער תרבותי בין מדעי המחשב למדעי החיים בכלל: ביולוגיה היא מדע קונקרטי, תיאורי ואמפירי, המבוסס על ניסויים ועל נתונים, ואילו מדעי המחשב הוא מדע מתמטי, סימבולי ולוגי, המבוסס על אקסיומות ועל הוכחות. הבדל זה הוא מהותי והוא בבחינת מכשול בחיבור בין השניים.

היוזמה של רובינשטיין ושור התמקדה באפיון הרכיבים הדרושים לביולוג מודרני במאה העשרים ואחת נוסף על התוכן הביולוגי ה"טהור". בבחינת המצב הקיים נמצא שאף שבחלק מהמוסדות יש קורסים בתכנות בסיסי ושימוש בכלים ביואינפורמטיים, חסרה בהם הוראה של חשיבה חישובית או אלגוריתמית המציגה רעיונות ומושגים בסיסיים ממדעי המחשב. לפיכך הם בנו קורס חדש בשם "גישות חישוביות למדעי החיים" בטכניון – מכון טכנולוגי לישראל, המתבסס על רקע קודם בתכנות. הקורס כלל תרגילי תכנות ופרויקטי גמר. לצורכי הקורס יצרו רובינשטיין ושור מפת מושגים המקשרת בין תחומים ביולוגיים לתחומים חישוביים מקבילים, כגון ביולוגיה מולקולרית ורצפים ביולוגיים, רשתות ביולוגיות, תמונות ביולוגיות ומערכות ביולוגיות. הגישה שלהם התמקדה בהצגת בעיות מעולם מדעי החיים ולימוד הקונספטים החישוביים הדרושים לפתרון.

רובינשטיין הדגיש כמה תובנות חשובות, ובכללן חשיבות ההפרדה בין שלושה ערוצים: חשיבה חישובית, תכנות בסיסי ושימוש בכלים. הוא הסביר כי המטרה העיקרית היא פיתוח מסוגלות חישובית ולא הכשרת מתכנתים מומחים. כמו כן בהוראת המושגים החישוביים יש חשיבות רבה להצגת המוטיבציה הביולוגית כנקודת התחלה ללימוד הנושאים החישוביים ולהעדפת הרוחב על פני העומק, כלומר: צריך להסביר לתלמידים בהרחבה כיצד הנושא החישובי מתקשר לבעיה הביולוגית ויכול לסייע בפתרונה ולא להעמיק ביסודות התכנותיים של הנושא החישובי או בעומק התאורטי שלו בעולם מדעי המחשב. ניתן להחיל גישה דומה על הוראת בינה מלאכותית, בחלוקה לשלושה תחומים: שימוש בכלים, תכנות בסיסי והבנה בסיסית של המנגנונים. גם כאן יש לזכור כי מטרת הלימוד אינה להפוך את הסטודנטים למומחי AI אלא לפתח תחושת מסוגלות והבנה בסיסית שתאפשר שימוש מושכל יותר בטכנולוגיות אלו.

פרופ' בועז כץ – חשיבה חישובית במדעים המדויקים

פרופ' בועז כץ הציג את תפיסתו בנוגע להוראת חשיבה חישובית במדעים המדויקים. הוא פתח בהדגשת מרכזיותו של המחשב כגורם במהפכה הטכנולוגית של היום, המגלה לנו דברים חדשים על האדם ומאפשר לו לפתח יכולות חדשות. לטענתו, למידת שפת תכנות היא חשובה ביותר ואף הכרחית כיוון שזהו הכלי שבעזרתו ניתן לדבר עם המחשב.

אשר לחשיבה חישובית הביע כץ ספקנות בדבר חשיבותה בחיי היום-יום וטען שאילו הייתה חיונית, היינו מפתחים אותה מוקדם יותר בהיסטוריה האנושית. הוא העלה שאלות על מטרת הוראת הפיזיקה וקישר זאת לשאלה הרחבה יותר של איך ללמד חשיבה. לדעתו, יש לשנות את השאלה ששואלים את עצמם מורים ומחנכים – במקום לשאול: "איך ללמד לחשוב?", יש לשאול: "איך להמחיש לתלמידים את חדות החשיבה?" למידה היא פעולה אישית, ואין המורה יכול אלא לפתוח צוהר ולספק כלים. כאשר אדם משתכנע שחשיבה היא פעולה מהנה, הוא ימצא את הדרך לעשות זאת בעצמו. עוד הציע כץ לשנות את המינוח מ"תלמידים" ל"בני אדם" בטענה שכולנו תלמידים. בעבודתו עם מורים הוא מתמקד בהנאה שלהם מהמתמטיקה ולא רק בהעברת הידע לתלמידיהם כפי שנהוג בהכשרות מורים אחרות. תפיסה זו שמה את המורים במרכז ומתייחסת גם אליהם בתור תלמידים ולא רק בתור מעבירי ידע.

כדי להדגים את גישתו השתמש כץ בדוגמאות מתחום המתמטיקה והפיזיקה. הוא הראה כיצד המחשב מאפשר המחשה חזותית של מושגים כמו חישוב שטח מעגל, וכיצד ניתן להשתמש בסימולציות ממוחשבות להסבר תנועה במרחב. הוא הדגיש את העוצמה ואת הגמישות שהמחשב מספק בפתרון בעיות ובחקירת רעיונות ואת מגוון האפשרויות לפתרון שנפתחות בעזרת שימוש בשפת תכנות. גישה זו מדגישה את חשיבות ההנאה והסקרנות בלמידה, את הפוטנציאל של המחשב ככלי להמחשה ולחקירה ואת הצורך לחשוב מחדש על מטרות ההוראה ועל שיטות ההוראה במדעים המדויקים.

לסיום העלה כץ שאלה בנוגע לעתיד של פיתוח בינה מלאכותית. הוא ציין כי איננו יודעים מה צריך ללמד את מפתחי העתיד של בינה מלאכותית, או מי הם יהיו, אך הביע את השערתו כי ייתכן שאלו לא יהיו בני אדם.

בדיון שנערך לאחר ההרצאות נידון המונח "מסוגלות" בחשיבה חישובית. מסוגלות חישובית היא דבר מהותי לתהליך הלמידה – כאשר תלמידים מתחומי דעת שונים לומדים כיצד להשתמש בכלים חישוביים כדי לפתור בעיות בתחומם, מתגברות המוטיבציה שלהם ללמידה ותחושת המסוגלות שלהם. במדעי החברה למשל יש רתיעה מכל מה שקשור במתמטיקה ובתכנות, אבל כאשר יש התייחסות קונקרטיה לאופן שבו מנהלים את השיחה מול הפלטפורמה שמסייעת לפתרון הבעיה, וכאשר מאפשרים לתלמידים ללמוד את אופן השימוש בה בפשטות, היכולת שלהם לחוש חדות עולה במידה ניכרת, וכך גם הרצון להתנסות בכלים נוספים לפתרון בעיות נוספות. לשם כך חשובה גם הלמידה המעשית, המסייעת בפיתוחם ובטיפוחם של הכישורים השונים של חשיבה חישובית. הודגש גם כי חשוב להוסיף לארגז הכלים את יכולת החשיבה הביקורתית, כי בשל הבינה המלכותית כבר אין חובה לדעת בדיוק כיצד להשתמש בשפת תכנות, אך חשובה היכולת לבחון את התשובה שמתקבלת ולהבין אם היא נכונה ומתאימה.

פאנל מורים – חשיבה חישובית פוגשת את השדה: תובנות מהשטח

במושב השני של יום העיון התקיים פאנל מורים ואנשי שטח בהנחייתה של פרופ' טלי נחליאלי. הפאנל עסק בדרכים שבהן משולבת חשיבה חישובית בהוראה ובהכשרת מורים במתמטיקה, במדעים ובמדעי המחשב. המשתתפים בפאנל הציגו דוגמאות מעשיות ודנו בהשפעתה של חשיבה חישובית על תהליכי למידה והוראה לצד הדגשת חשיבותה של הכשרת המורים בתחום. המשתתפים שיתפו באתגרים העומדים בפני מורים המשלבים חשיבה חישובית בהוראתם ובעתידה במערכת החינוך ונתנו המלצות מעשיות לקידום הוראה בתחום.

משתתפי הפאנל:

אסיף אלמוזני, סמנכ"ל המרכז לחינוך סייבר

ענת בן-יעקב, מורה למדעי המחשב, תיכון אהל-שם, רמת גן

גד לידרור, מורה להנדסת תוכנה בחלופת למידת מכונה, תיכונט ע"ש אלתרמן, תל אביב

אבי נתן, מורה למתמטיקה בחטיבת הביניים קריית טבעון ולשעבר מנהל הפיתוח של חברת מיקרוסופט

רות סורוז'ון, מורה למתמטיקה, מדעי המחשב והנדסת תוכנה, תיכון המעיין ראשון לציון

ד"ר עינת שפרינצק, ראש תחום קידום מצוינות במערכות חינוך במכון דוידסון

--

המשתתפים בפאנל עסקו ברלוונטיות של חשיבה חישובית למגוון תחומים, מפתרון בעיות יום-יומיות ועד לתחום הבינה המלאכותית המתפתח. הם ציינו כי רלוונטיות רחבה זו עשויה לסייע בהפיכת החשיבה החישובית לכלי חשיבה מרכזי שבעזרתו אולי יהיה אפשר להחזיר לילדים ולנוער את חדות הלמידה והחשיבה. חשיבה חישובית הוגדרה כמיומנות רחבה מאוד, הכוללת מגוון כלים מחשבתיים והמסייעת בפישוט ובארגון של מערכות מורכבות ובפיתוחה של יכולת פתרון בעיות והסקת מסקנות.

המשתתפים שיתפו מניסיונם המעשי בהוראת הנושא והדגישו כי אחד הדברים החסרים כיום בקרב התלמידים בבתי הספר הוא תהליך מחשבה הכולל בנייה ומיצוי של התהליך לפתרון בעיה. למיצוי התהליך יחפשו התלמידים מגוון דרכים לפתרון, לדיון ולהעמקה, ובתוך כך יהיה עליהם להתמודד עם אתגרים ולהפגין סבלנות כלפי התהליך, סבלנות שפעמים רבות תלמידים הרגילים להגיע לפתרון מיידי חסרים אותה. מתחום המתמטיקה, למשל, העוסק כולו בפתרון בעיות, נושא החשיבה החישובית נעדר כמעט לגמרי אף שהוא מובנה בו באופן מהותי.

התלמידים שמגיעים ללמוד מדעי המחשב למשל הם לרוב בעלי מוטיבציה רבה, אך גם הם אינם רוצים "להתאמץ יותר מדי". לכן יש להשתמש בכלים יצירתיים כגון משחקים, תחרויות וטכניקות אחרות שמעבירות את האחריות ללמידה לתלמידים עצמם, מה שהופך אותם לפעילים בתהליך הלמידה. המורה צריך להיות דמות שהתלמידים הולכים בעקבותיה, ויש לשמור על הדרגתיות בהוראה, המתחשבת בפערים בין התלמידים – חלקם זקוקים ללימוד ולתרגול מונחה רבים, וחלקם יכולים להמשיך בקלות את הלמידה בעצמם. ניתן ללמד חשיבה חישובית גם דרך

פיתוח מיזמים מעשיים שבהם התלמידים נדרשים לפתח כישורי ניהול ולדעת כיצד להשתמש במשאבים שעומדים לרשותם ולהתחשב בסיכונים. בפיתוח פרויקטים של יישומים (אפליקציות) לאנדרואיד, למשל, תלמיד צריך להגדיר את הפרויקט ולעבור שלב אחר שלב בתהליך הפתרון. בסוף הוא יכול להשתמש בסימולציה שבודקת את חוויית המשתמש, שיהיה בה כדי לשמש אינדיקציה למה שיצר.

יש מעט הזדמנויות להקניית חשיבה חישובית בהוראה, אך ניתן להשתמש בדוגמאות מחיי היום-יום להמחשת מושגים ורעיונות כגון בניית מודלים, הפשטה של תהליך חשיבה וחיפוש פתרון אלגנטי ויעיל לבעיה. צריך לפתח חומרי למידה המתמקדים במיומנויות עצמן ולא רק בתוכן התאורטי, כיוון שהם יכולים לנסוך בתלמידים תחושת חדווה ללמידה ולהעמיק בחומר הנלמד. לצד זאת חשוב לעורר את המוטיבציה של הילד לנסות ולפתור בעיה לא רק בגלל ההגעה לתוצאה אלא גם בגלל העניין עצמו. אפשר למשל לפרק את הבעיות לחלקים, וכך בכל שלב יוכל התלמיד לחוש תחושת הצלחה.

מבחינת אופן ההוראה, חשוב שהתלמידים יבינו מה הם עושים ומה מצופה מהם. לשם כך יש להשתמש בהוראה מפורשת תוך כדי שימוש במונחים המייצגים את כלי החשיבה (חלוקה לתת-בעיות, הכללה וכו') כדי שהתלמידים יוכלו ליישם את כלי החשיבה הללו גם במקצועות אחרים. צריך ליצור מערכת כוללת המשלבת תוכניות א-פורמליות ותוכניות לימודים בבתי הספר, וליצור מסגרת רב-תחומית שתתמוך בהקניית המיומנויות הללו לתלמידים.

האתגרים העיקריים שזוהו כוללים חוסר סבלנות של תלמידים לתהליך פתרון בעיות, פחד או חשש של תלמידים ושל מורים משיטות חדשות וקושי בשילוב חשיבה חישובית בצורה רחבה ובין-תחומית. חברי הפאנל ציינו את הצורך בהכשרת מורים להוראה יעילה של פתרון בעיות, שיוכלו להסביר לתלמידים את תהליכי העבודה באופן מפורש. אפשר לעשות זאת בגישה רב-תחומית, למשל דרך מידול מונחה-עצמים של פרקים בתנ"ך או דרך ניתוח שירים בספרות עם מדעי המחשב. חטיבת הביניים הוצעה כמקום מצוין לתרגל רב-תחומיות, כיוון ששם אין מרדף אחרי החומר לבגרות.

נוסף על זה זוהה קונפליקט בנוגע לשיטות הערכה מסורתיות כגון מבחני הבגרות. מבנה המבחנים הנוכחי יוצר ניגוד אינטרסים אצל המורים ואינו מאפשר לתהליכי חשיבה להתפתח. השאלות ממוקדות וצרות מאוד, והתלמידים פשוט "משננים" איך לפתור בעיות מבלי לחשוב. כאשר תלמיד שואל אם מותר לו להשתמש בכלי כזה או אחר לפתרון בעיה, זהו אבסורד – חשוב שתלמידים ידעו שיש מגוון של כלים לפתור באמצעותם מגוון של בעיות, וחשוב לאפשר להם מרחב חשיבה על האופן שבו הם רוצים לפתור בעיה. הוצע ליצור למורים מטרות שלא יעמידו אותם בקונפליקט זה.

כדי לתמוך במורים הוצע לפתח סט של משאבי למידה שיאפשרו להם להתנסות בעצמם ברכישת כלי החשיבה הללו. הודגש הצורך בשינוי תפיסת תפקידו של המורה ושל הלמידה בכלל כדי לאפשר למורה לעסוק גם בהקניית מיומנויות חשיבה ולא רק בהעברת החומר. הוצע להעמיד את המורה במרכז, כפי שבתעשייה המהנדס הוא במרכז, ולתת לו חופש אקדמי.

לסיכום, הפאנל חשף תובנות חשובות בנוגע להוראת חשיבה חישובית במערכת החינוך. המשתתפים הדגישו את חשיבותה של חשיבה חישובית כמיומנות מפתח במאה העשרים ואחת,

החורגת מתחום מדעי המחשב. הם זיהו כמה אתגרים של ממש, כולל הצורך בשינוי תפיסתי בקרב מורים ותלמידים, התאמת שיטות ההערכה והתמודדות עם מגבלות זמן ומשאבים. נוסף על זה הודגש הצורך בהכשרת מורים מתאימה ומעמיקה ובפיתוח חומרי למידה מתאימים. המסקנה העיקרית היא שהטמעת חשיבה חישובית דורשת שינוי של הגישה המערכתית, ובתוך כך שינויים ניכרים בתוכניות הלימודים, בשיטות ההוראה וההערכה ובהכשרת המורים. הוסכם כי פיתוח מיומנויות אלו חיוני להכנת התלמידים לאתגרי העתיד, אך כיום עדיין נדרשת עבודה רבה כדי להטמיע אותן באופן אפקטיבי במערכת החינוך.

חינוך, חדשנות וגיוון: בניית דור העתיד של מומחי הבינה המלאכותית

ד"ר ארנה ברי – שילוב בינה מלאכותית יוצרת במגמות טכנולוגיות חדשניות

ד"ר ארנה ברי הציגה יוזמה לחידוש פני המגמות הטכנולוגיות במערכת החינוך באמצעות אימוץ גישה מבוססת-נתונים לבניית תוכנית לימודים בחינוך טכנולוגי. יוזמה זו מדגישה את השימוש בכלים דיגיטליים ובטכנולוגיות ענן לטובת שיפור תהליכי הלמידה וההוראה. כיום קיימים אתגרים רבים במערכת החינוך – מחסור במורים מוכשרים ללמד חשיבה אנליטית, חומרי עדכון שאינם מעודכנים וחוסר התאמה בין תוכני הלימוד לבין צורכי התעשייה. נוסף על אלה חסרה יעילות בהכשרות מקצועיות קיימות.

היוזמה הנוכחית מציעה גישה אינטגרטיבית המחברת בין צורכי התעשייה להכשרת מורים ולפיתוח תוכניות לימודים. במסגרת זו ייעשה שימוש בבינה מלאכותית ובניתוח של נתונים כדי לסייע לראשי מגמות להרכיב חומרי לימוד עדכניים לצורך התאמת תוכניות הלימודים לדרישות שוק העבודה העתידי. מעסיקים ומובילי מסלולים יגדירו דרישות משרה לפי סטנדרטים מקצועיים. תוכנית הלימודים תעוצב לפי דרישות אלו ותכלול מיומנויות תוכן, פדגוגיה והערכה. כלומר, ישולב מידע ממעסיקים (פרופילים מקצועיים ותכונות אישיות נדרשות) בתוכני לימוד קיימים ליצירת קוריקולום הנותן מענה לצורכי המעסיקים באשר לחומר הנלמד. כיום הדגש הוא על צה"ל כמעסיק עיקרי, וההתמקדות היא במגמות טכניות בכיתות י-יב ובמסלולי הנדסאים בכיתות יג-יד, שגם בהם ההכשרה אינה מספקת ואינה יעילה מספיק.

במודל שהוצע יוכשרו המורים בפדגוגיה דיגיטלית וישמשו מעין מומחים או מלווים התומכים בלמידה, ויצירת חומרי הלימוד ותרגומם יתבצעו באמצעות הבינה המלאכותית. מודל כזה יאפשר יצירה של תוכן מותאם אישית לכל תלמיד ותמיכה פרטנית לתלמידים לצד העצמת תפקידו של המורה כגורם חשוב בתהליך הלמידה. ברור כי חשוב להשאיר את האדם בתהליך, ושהבינה המלאכותית תשמש כלי עזר בלבד.

המעבר לכלים דיגיטליים ולכלי ענן במערכות ממשלתיות מאפשר ניהול שונה ויעיל יותר של משאבי IT, שיכול לסייע בהגדלת מספר בוגרי החינוך הטכנולוגי ולענות על הביקוש הארצי לעובדים מתאימים למקצועות השונים. כדי לבחון את תרומתם של כלים אלו ניתן לקיים מחקר חלוץ (פיילוט) המבוסס על נתונים ועל בינה מלאכותית במשרד החינוך ולבדוק את השפעתו על שילוב עובדים מקצועיים בתחומים השונים.

פרופ' אורן קורלנד – הכשרת מדעני הנתונים ואנשי הבינה המלאכותית של המחר

פרופ' אורן קורלנד הציג את ניסיונו בפיתוח תוכניות לימודים בתחום הבינה המלאכותית (AI) ומדעי הנתונים, החל מבניית תארים מתקדמים בטכניון – מכון טכנולוגי לישראל ועד לפיתוח תוכניות לימוד לתלמידי חטיבת ביניים ותיכון. קורלנד הדגיש כי מדעי הנתונים הם רב-תחומיים ומשלבים מדעי המחשב, סטטיסטיקה, חקר ביצועים, למידת מכונה ובינה מלאכותית. הוא הציג

שני מקרי שימוש – מערכות המלצה ופרסומות וחיזוי אירועי טרור – כדי להדגים את מגוון הכישורים הנדרשים בתחום זה.

לפי גישתו להוראת AI לתלמידים צעירים, ישנה חשיבות, בין היתר לפיתוח אלגוריתמים פשוטים יחסית שניתן להסבירם באמצעות מתמטיקה בסיסית של כיתות ז-ח. הוא הדגיש את חשיבותה של הבנת המתמטיקה שמאחורי האלגוריתמים על פני השימוש בהם. לטענתו, אין צורך בידע בתכנות כדי להבין ולפתח אלגוריתמי AI ברמה גבוהה, אך יש חשיבות להבנת מבני נתונים, אלגוריתמים וסיבוכיות חישובית. לשם הוראת המושגים הללו ניתן לאמץ גישה מבוססת-נתונים (Data-Centric), שבה איכות הנתונים חשובה מהמודל עצמו. גישה זו מאפשרת להתמקד בקונספטים כמו ייצוג נתונים והשוואה בין אובייקטים של נתונים ולהימנע ממודלים הסתברותיים מורכבים.

יש כמה קונספטים בעולם ה-AI שחשוב שתלמידים יכירו – הערכה (Evaluation) למשל היא קונספט חשוב כיוון שהיא מבטאת הבדל רב בין AI להנדסת תוכנה קלאסית. קונספט נוסף הוא הנושא של אתיקה – האלגוריתמים מקבלים עבורנו החלטות חשובות, ואילו בינה מלאכותית יכולה לשמש במובנים רבים כנשק. על תלמידים צעירים להכיר את האופנים השליליים שבהם ניתן להשתמש בבינה מלאכותית ולדעת כיצד להימנע משימוש לא נכון בהם.

לטכנולוגיות הבינה המלאכותית יש השפעה רבה מאוד על תהליכי קבלת החלטות ותפיסת המציאות, הן בקרב ילדים והן בקרב מבוגרים, וחשוב מאוד להבין את ההשפעה של הטכנולוגיות הללו. כדי לעשות זאת יש צורך בפיתוח חשיבה ביקורתית אצל התלמידים כלפי השימוש שלהם במערכות אלו בחיי היום-יום. למשל, חשוב שילד יהיה ביקורתי כלפי אופן הפעולה של מערכת ההמלצות של YouTube כדי שיוכל להבין מדוע מוצע לו לצפות דווקא בוידאו כזה ולא באחר ולדעת שקיימות אפשרויות נוספות רבות שאינן מוצגות לפניו.

ברור כי קיים אתגר בהוראת התחום, שמתפתח בקצב מהיר מאוד. כדי לעמוד באתגר זה יש לשים את הדגש על מתן היסודות. מושגים בסיסיים כמו אופטימיזציה והיכרות עם אלגברה ליניארית יישארו רלוונטיים גם בעתיד, לכל מערכת וללא תלות בטכנולוגיה מסוימת. קורלנד הציע לשקול מחדש את תוכנית הלימודים במתמטיקה בבתי הספר וטען כי ניתן ללמד מושגים מתקדמים כגון אלו כבר בגיל צעיר. הוא אף טען כי ייתכן שכיום אין מאתגרים את התלמידים מספיק, וכי הם מסוגלים ליותר, וכי יש לבנות תוכנית לימודים שמתאימה לכל התלמידים ולא רק למצטיינים או לתלמידי מדעי המחשב, כיוון שבעתיד כלי בינה מלאכותית יהיו רלוונטיים לכול, וחשוב שכולם ייחשפו אליהם ויכירו אותם. פייתון (Python) למשל אפשר ללמד ברמות שונות לכלל התלמידים כדי לאפשר להם לממש אלגוריתמים בבינה מלאכותית.

לסיכום, קורלנד הדגיש כי לצד ההשכלה המתמטית הבסיסית נדרשות לתלמידים יכולות חשיבה אנליטית, סקרנות ויכולת הפשטה כדי להצליח בתחום ה-AI ובמדעי הנתונים. לטענתו, סט הכלים הזה אינו שונה מהותית ממה שנדרש בחשיבה אלגוריתמית או חישובית.

ד"ר סרגיי סומקין – תמונת מצב: השתלבות תלמידות במסלולי המצוינות ההיי-טק

ד"ר סרגיי סומקין הציג מחקר מקיף שנערך במכון אהרו בשיתוף עם קרן טראמפ ורשות החדשנות. המחקר התבסס על נתונים מהלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ועל סקר שנערך בקרב תלמידי חטיבות ביניים ותיכון, ובחן את הפערים המגדריים בתעשיית ההיי-טק בישראל.

המחקר הגדיר את ענף ההיי-טק כך: ענף שפועלות בו חברות העוסקות במחקר ופיתוח, והיחס בהן בין הוצאות על מחקר ופיתוח להכנסה ממכירות הוא יותר משישה אחוזים. בישראל חמשת הענפים המוגדרים ההיי-טק הם תרופות, ייצור שבבים ומחשבים, שירותי מחשב, כלי טיס וחלליות ומחקר ופיתוח. המחקר הגדיר "בגרות היי-טק": חמש יחידות במתמטיקה, באנגלית ובפיזיקה או במדעי המחשב, ו"תואר היי-טק" – אחד משבעה-שמונה מקצועות שכך המל"ג מגדירה אותם, ובחן את השפעתה של בחירה במגמות אלו על התפקידים ועל השכר בשלב מאוחר יותר בחיים. ראשית נמצא כי רק 10% מהנשים בגיל 35 עובדות בענף זה, לעומת 20% מהגברים, אך כי 76% מהנשים בעלות בגרות ותואר היי-טק עובדות בתעשייה זו.

הנתונים מראים גם כי 55% מהנשים בענף ההיי-טק הן אקדמאיות ללא תואר היי-טק, אך רק 7% מהן הן בעלות תפקידי מחקר ופיתוח. גם פערי השכר גדולים: אישה בעלת תואר ובגרות היי-טק משתכרת בהיי-טק יותר מאשר בענפים אחרים. עם זאת קיים פער שכר של 16% בין נשים לגברים בהיי-טק, אך השוואה בין בעלי אותם כישורים והשכלה מעלה שהפער נובע בעיקר מגורמים כמו מספר ילדים ומצב משפחתי.

המחקר זיהה כי הפערים המגדריים נוצרים בצומתי החלטה לאורך מסלול החיים: בחירת כיתת לימוד בחטיבת הביניים, בחירת מגמות בתיכון, בחירת מקצוע לימוד באקדמיה ובחירת תעסוקה. כבר בחטיבת הביניים ניכר הפער – 60% מהבנים בוחרים בכיתות המצוינות לעומת 40% מהבנות. מפתיע הממצא כי בבחינת המיצ"ב במתמטיקה בכיתה ח אין פערים בהישגים, אך מקרב המצטיינים, 37% מהבנים בוחרים בלימודי בגרות היי-טק לעומת 19% בלבד מהבנות.

במחקר נבחנה גם הסיבה שבגינה תלמידות ותלמידים בוחרים בתוכניות מצוינות – נמצא כי בחירתן של 65% מהבנות בתוכניות מצוינות היא בחירה עצמית, לעומת 29% מהבנים, שמתיעצים עם מורים למתמטיקה או עם הוריהם. בהקשר זה נמצא כי 44% מהבנים מתיעצים עם המורה למתמטיקה בנוגע לבחירה, ומהבנות רק 17% עושות זאת. נמצא גם כי החשיבות שבנות מייחסות לתכנון מסלול עתידי בהיי-טק פחותה מזו שמייחסים לה בנים – ייתכן שהסיבה לכך היא שבנים יודעים שעם הגיוס לצה"ל עומדות לרשותם שתי אפשרויות – גיוס קרבי או טכנולוגי – לכן המוטיבציה שלהם להשקיע בכיתות המצוינות גבוהה יותר. מהמחקר עולות שאלות בדבר חשיפת הבנות למידע על שוק העבודה העתידי, ועולה תהייה אם הן מודעות מספיק להשלכות החיוביות שיכולות להיות לבחירה במגמה זו על חייהן בעתיד. גם בצומת הבחירה בלימודים אקדמיים, 84% מהבנים ו-91% מהבנות שנבחנו בבגרות היי-טק בוחרים ללמוד תואר אקדמי, אך רק 20% מהבנות ממשיכות לתואר היי-טק לעומת 80% מהבנים.

ממצא חשוב נוסף הוא ש-50% מהתלמידים ציינו כי הסיבה לאי-בחירה בכיתת מצוינות היא היעדר ידיעה על קיומה. ל-70% מבתי הספר בישראל אין אפשרות לספק לתלמידות ולתלמידים לימודי חמש יחידות במקצועות הנחשבים לחלק מ"בגרות היי-טק" – מצרף זה נמצא רק בבתי הספר הגדולים בערים הגדולות ואינו מונגש לכלל התלמידים. סומקין טען שיש להכין את כל

התלמידים לשוק העבודה העתידי, במיוחד לאור התפתחות הבינה המלאכותית, וחשוב להנגיש את המידע על פערי ההזדמנויות שנוצרים בשל מחסור בכיתות מצוינות להורים ולרשויות המקומיות.

בהמשך לממצאים אלו הציג סומקין כמה המלצות עיקריות:

1. הנגשת לימודי בגרות היי-טק לכל תלמיד ותלמידה בישראל בבתי הספר, במרכזי מצוינות על-אזוריים או בכיתות לימוד וירטואליות. בהיעדר ממשלה מתפקדת, רשויות מקומיות יכולות לקחת יוזמה בקידום הבנות לבגרות היי-טק, תהליך שכבר חל בחלק מהרשויות.
2. הגדלת המודעות לתרומת "כישורי היי-טק" לתעסוקה איכותית של נשים ולקידום איזון מגדרי בכיתות מצוינות באמצעות הוספת מדד בגרות ההיי-טק לשקיפות החינוכית של משרד החינוך, בדומה לנתוני חמש יחידות מתמטיקה, כדי לאפשר ראייה מלאה של המצב.
3. תקצוב דיפרנציאלי של השקעת הרשויות המקומיות בחינוך, על בסיס עמידה ביעדי זכאות לבגרות היי-טק בכלל ובקרב נשים בפרט, כדי לעודד רשויות להשקיע בקידום לימודי ההיי-טק.
4. הקמת צוות חשיבה שיפעל למען הגדלת שיעור התלמידות בכיתות מצוינות ובמסלולי הכשרה המקנים "כישורי היי-טק".
5. שיפור הגישה למידע על אפשרויות הלימוד והתעסוקה בהיי-טק ועידוד שיתוף פעולה בין האקדמיה והתעשייה לבין בתי הספר, כדי לספק לתלמידים "מסע מודרך" שיעזור להם לבחון את האפשרויות העתידיות שלהם בתחום ההיי-טק.

תקצירי קורות החיים

לפי סדר ההשתתפות

דוד הראל

נשיא האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים ופרופסור למדעי המחשב במכון ויצמן למדע. בעבר כיהן שם כראש המחלקה למתמטיקה שימושית ומדעי המחשב וכדקן הפקולטה למתמטיקה ומדעי המחשב, ועסק במגוון תחומים במדעי המחשב התאורטיים. כיום תחומי המחקר העיקריים שלו הם שפות ושפות להנדסת תוכנה ומערכות, מידול של מערכות ביולוגיות ותהליכי אבולוציה, ניתוח מערכת הריח האנושית, מידול הדינמיקה בציוור ובמוזיקה וניתוח ממוחשב ובלשני של פרזודיה. פרופ' הראל הוא חתן פרס ישראל במדעי המחשב לשנת 2004 ופרס א.מ.ת. לשנת 2010, וזכה בפרסים בין-לאומיים רבים. הוא חבר זר באקדמיה הלאומית למדעים ובאקדמיה הלאומית להנדסה של ארצות הברית, באקדמיה האמריקאית למדעים ולאומנויות, באקדמיה אירופאית ובאקדמיה הלאומית למדעים של סין, וכן עמית החברה המלכותית הבריטית (FRS). זכה בשישה תארים לשם כבוד בצרפת, באיטליה, בהולנד ובישראל. פרופ' הראל הוא בעל תואר שלישי במדעי המחשב מ-MIT.

מיכל ארמוני

חוקרת במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע, ראש הקבוצה להוראת מדעי המחשב. עוסקת בהוראת מדעי המחשב כשלושים שנה – כאשת חינוך, מפתחת תוכניות לימודים, מכשירת מורים וחוקרת. מחברת שותפה של כמה ספרי לימוד במדעי המחשב לתיכון ולחטיבת הביניים. מחקרה מתמקדים בתהליכי הוראה ולמידה של מדעי המחשב במגוון הקשרים קוריקולריים, מבתי ספר יסודיים ועד מוסדות להשכלה גבוהה, דרך הפרספקטיבה של רעיונות יסודיים של תחום הדעת. סיימה תואר ראשון ותואר שני במדעי המחשב בטכניון – מכון טכנולוגי לישראל ותואר שלישי בבית הספר לחינוך באוניברסיטת תל אביב.

רז קופרמן

פרופסור במכון איינשטיין למתמטיקה באוניברסיטה העברית בירושלים. את ההתמחות בבתר-דוקטורט עשה באוניברסיטת ברקלי שקליפורניה. מחקריו כיום עוסקים באנליזה גאומטרית, בתורת האלסטיות וביישומיה בפיזיקה. הוא פעיל גם בתחום החינוך המתמטי. בעבר היה חבר בוועדת היוזמה שעסקה בשאלה מה צריכים לדעת העוסקים בהוראת המתמטיקה. בעל תואר שלישי בפיזיקה מאוניברסיטת תל אביב.

דוד גינת

מרצה בכיר בחוג לחינוך מתמטי מדעי וטכנולוגי באוניברסיטת תל אביב וראש המגמה להוראת מדעי המחשב בחוג. תחום המחקר וההוראה העיקרי שלו הוא פתרון בעיות בחשיבה מתמטית ובחשיבה אלגוריתמית בהתמקדות בהיבטים קוגניטיביים של תהליכי פתרון, ובכללם קשיים וקביעות מצד אחד וחשיבה יצירתית מצד אחר. בוגר תואר ראשון בטכניון – מכון טכנולוגי לישראל במדעי המחשב ותואר שלישי בתחום של אלגוריתמים מבוזרים באוניברסיטת מרילנד

שבארצות הברית (לצד הנחיה נוספת באוניברסיטת פרינסטון). התחיל את מיזם האולימפיאדה של מדעי המחשב בארץ ושימש המאמן הראשי של נבחרת ישראל לאולימפיאדה הבינלאומית בשנים 1997–2019.

יובל הרט

חבר סגל במחלקה לפסיכולוגיה באוניברסיטה העברית בירושלים. עוסק בחקר מנגנונים ועקרונות חישוביים בקוגניציה במגוון נושאים – יצירתיות, קוגניציה חברתית, למידה ותהליכים קוגניטיביים בהתנהגות טיפוסית ולא־טיפוסית (כגון אוטיזם ואלצהיימר). מלמד שיטות סטטיסטיות ומבוא למדעי הנתונים (data science) לפסיכולוגים ולתלמידי מדעי החברה. בעל תואר ראשון משולב במתמטיקה ובפיזיקה ותואר שני בפיזיקה תאורטית ממכון ויצמן למדע. במהלך הדוקטורט חקר מודלים מתמטיים של מערכות ביולוגיות בהנחייתו של פרופ' אורי אלון. בבת־דוקטורט בהרווארד עם פרופ' מאהאדבן החל לחקור תהליכים קוגניטיביים.

אמיר רובינשטיין

חבר סגל בבית הספר למדעי המחשב באוניברסיטת תל אביב. תחומי העיסוק שלו הם הוראה ולמידה של מדעי המחשב, הנגשת התחום למגוון קהלים, ולאחרונה שילוב של בינה מלאכותית בהוראה. פיתח את הקורסים המקוונים "צעדים ראשונים במדעי המחשב ותכנות בפייתון" ו"מבני נתונים", וחיבר ספר לימוד שכתרתו *Computational Thinking for Life Scientists*. בוגר תואר ראשון ושני במדעי המחשב ובביואינפורמטיקה בטכניון – מכון טכנולוגי בישראל ותואר שלישי במדעי המחשב באוניברסיטת תל אביב.

בועז כץ

בעל דוקטורט ממכון ויצמן למדע באסטרופיזיקה (2010), פוסטדוק מהמכון למחקר מתקדם (Institute for Advanced Study – IAS) בפרינסטון (2010–2014). חוקר במחלקה לחלקיקים ואסטרופיזיקה במכון ויצמן למדע (מ־2014) ופרופסור חבר בו (מ־2020). מורה לפיזיקה בתיכון במרכז שוורץ רייסמן לחינוך מדעי ברחובות (מ־2015).

טלי נחליאלי

פרופסור חברה בחוג להוראת המתמטיקה במרכז האקדמי לוינסקי־וינגייט ועוסקת בהכשרת מורים למתמטיקה. מחקרה מתמקדים בשיח מתמטי בכיתה, בהוראה ובהפעלה של פרקטיקות להוראת מתמטיקה המעודדות חשיבה, בהכשרת מורים ובהתפתחות מקצועית של מורים. מובילה ושותפה במיזמים שונים שמטרתם לזהות פרקטיקות מעודדות חשיבה ולקדם הוראה מעודדת חשיבה, כמו "פרקטל – פרקטיקות להוראת מתמטיקה ופיזיקה" ו"מחשב"ה – מהלכים מעודדי חשיבה בהוראת מתמטיקה".

גד לידרור

מדריך ארצי בתוכנית אקדמיה בתיכון של האגף למחוננים ומצטיינים במשרד החינוך, מרצה לבינה מלאכותית, מנחה באוניברסיטה הפתוחה ומורה למדעי המחשב – הנדסת תוכנה חלופת למידת מכונה. בעל תואר ראשון במתמטיקה ובמדעי המחשב ותואר שני במנהל עסקים. לפני שהחל לעסוק

בחינוך עבד כשלושים שנה בתעשיית ההיי-טק בתפקידים שונים, מניהול פיתוח ועד שיווק ופיתוח עסקי.

אבי נתן

ממקימי מרכז הפיתוח של חברת מיקרוסופט בישראל, שימש מנכ"ל מרכז הפיתוח. בתפקידו האחרון במיקרוסופט ניהל את קבוצת המצוינות ההנדסית במרכזי הפיתוח בהודו, בסין ובאירופה. לאחר פרישתו מהתעשייה רכש תעודת הוראה בתוכנית מבטים בטכניון – מכון טכנולוגי לישראל ולימד מתמטיקה בחטיבת ביניים בקריית טבעון. חבר בוועדה המייעצת של המנהלת מהיי-טק להוראה. מנחה קהילות מורים חדשים וקהילת מורים למתמטיקה בתחום הלמידה החברתית-רגשית. בוגר הפקולטה למדעי המחשב בטכניון (1983) ובעל תואר שני במדעי המחשב (1989).

עינת שפרינצק

ראש תחום קידום מצוינות במערכות חינוך במדעים ובמתמטיקה במכון דוידסון – המאגד את כל התוכניות המיועדות למורים ולתומכי הוראה בחטיבה לפיתוח מקצועי ומשאבי למידה. כיום נמנית על צוות פיתוח יחידות הוראה להטמעת מיומנויות החשיבה החשובות, פעילה בקידום בנות למדע וטכנולוגיה במגוון יוזמות. בעלת תואר שלישי בביולוגיה חישובית מהאוניברסיטה העברית בירושלים, אחריו השלימה לימודי בתרדוקטורט באוניברסיטת UCLA בלוס אנג'לס שבקליפורניה. במכון דוידסון פיתחה והובילה תוכנית ייחודית לתלמידי תיכון מצטיינים בשם "ביר-קוד". בד בבד פיתחה והובילה את תוכנית שביט להצמחת מצוינות מדעית בחטיבת הביניים.

רות סורוז'ון

בוגרת הפקולטה למדעי המחשב בטכניון – מכון טכנולוגי לישראל. עבדה בפיתוח כלי אימות (ורפיקציה – verification) בחברת חומרה, וכיום עוסקת בפיתוח תוכניות לימודים ליזמות. עברה הסבה להוראת המתמטיקה במכללת לוינסקי קיימית ולימדה מתמטיקה ברמות של 4–5 יחידות, מדעי המחשב והנדסת תוכנה עם התמחות באנדרואיד. הובילה את קהילת המורים למדעי המחשב בראשון לציון במשך כשנתיים, ובשנה האחרונה מובילה את קהילת המורים לאנדרואיד. נוסף על זה הקימה עם קבוצת הורים נוספים את בית הספר הדמוקרטי בנס ציונה, וכיום היא חברה בוועד המנהל של בית הספר.

ענת בן יעקב

דוקטורנטית בקבוצה להוראת מדעי המחשב, המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע. עוסקת במחקר המשלב פיתוח מקצועי של מורים עם פיתוח טכנולוגי של סביבות דיגיטליות להוראת מדעי המחשב. מורה ומרצה למדעי המחשב בתיכון ובתוכניות לתואר ראשון באקדמיה. בעלת ניסיון בתפקידי פיתוח, ניהול מוצר ושיווק בתעשיית ההיי-טק. בעלת תואר ראשון במדעי המחשב, תואר שני במנהל עסקים ותואר שני בהוראת מדעי המחשב מאוניברסיטת תל אביב.

אסיף אלמוזני

סמנכ"ל מחקר ופיתוח במרכז לחינוך סייבר (CEC), אחראי לפיתוח התוכניות החינוכיות במרכז. בשני העשורים האחרונים הוביל מיזמים טכנולוגיים אינטגרטיביים מורכבים עבור יחידת התקשוב הצה"לית ובתעשיית ההייטק. נוסף על המיזמים הטכנולוגיים מילא כמה תפקידים באקדמיה לתקשוב של צה"ל, כולל ראש תחום הכשרת תפקידי תוכנה. בתשע השנים האחרונות מוביל תוכניות חינוכיות חברתיות וטכנולוגיות בקנה מידה רחב וברמה ארצית. בעל תואר ראשון בממשל וחברה ותעודת הוראה, לומד לתואר שני בסוציולוגיה באוניברסיטת תל אביב. לאסיף שתי בנות, והוא אוהב בישול, קריאה ואקטיביזם חברתי.

עמירם יהודאי

פרופסור אמריטוס בבית הספר למדעי המחשב באוניברסיטת תל אביב. בוגר תואר ראשון בטכניון – מכון טכנולוגי לישראל ותואר שלישי באוניברסיטת קליפורניה בברקלי. תחומי המחקר העיקריים שלו הם הנדסת תוכנה ושפות תכנות. בשנים 1990–1999 כיהן כיו"ר ועדת המקצוע והתוכנית למדעי המחשב שפיתחה תוכנית לימודים שנחשבה לאחת התוכניות המובילות בעולם ללימודי מדעי המחשב בבתי ספר תיכוניים. כיהן כראש בית הספר למדעי המחשב באוניברסיטת תל אביב וכסגן הנשיא לעניינים אקדמיים במכללה האקדמית תל אביב – יפו. שימש מדען אורח באוניברסיטאות ובמכוניס מובילים בארצות הברית, בגרמניה ובניו זילנד. הנחה יותר מתריסר תלמידי תואר שלישי ויותר משישים תלמידי תואר שני.

ארנה ברי

ד"ר למדעי המחשב, יזמת, מדענית ראשית (במונחים של היום – יו"ר ומנכ"ל רשות החדשנות) ומנהלת בכירה בתעשיית הטכנולוגיה. מוכרת בארץ ובעולם בנושא קידום מצוינות בקרב כלל האוכלוסייה, כולל בפריפריה הגאוגרפית והחברתית בכלל המגזרים והמגדרים. בשלוש השנים האחרונות הובילה ועדות לאומיות אשר היוו בסיס להקמת תוכניות מחקר ופיתוח באקדמיה, ברשות החדשנות, במערכת הביטחון ובמשרד המדע בשיתוף אגף התקציבים באוצר (במסגרת תל"ם – תשתיות לאומיות למחקר מיסודה של האקדמיה הישראלית למדעים). בראשית אוקטובר 2021 החלה למלא את תפקידה כדירקטור טכנולוגי במשרד ה-CTO של הענן בגוגל.

אורן קורלנד

חבר סגל בפקולטה למדעי הנתונים וההחלטות בטכניון – מכון טכנולוגי לישראל. distinguished member של ACM. עורך בכתב העת *Journal of Artificial Intelligence Research* ושימש יו"ר התוכנית או חבר ועדה בכיר בכל הכינוסים המובילים באחזור מידע. ממייסדי התואר הראשון והשני במדעי הנתונים בטכניון. זוכה פרס ינאי של הטכניון על הצטיינות בהוראה. משמש יועץ פדגוגי לתוכנית מגשימים AI, המיועדת לתלמידי תיכון. הקים את התוכנית ניצנים של בינה ללימודי בינה מלאכותית לכיתות ח.

סרגיי סומקין

חוקר בכיר במכון אהרן למדיניות כלכלית באוניברסיטת רייכמן. מרצה באוניברסיטת רייכמן, במכללה האקדמית הדסה ירושלים ובמכללה האקדמית תל אביב – יפו. בעבר ליווה את הוועדה לקידום תחום התעסוקה לקראת שנת 2030, את הוועדה לקשרי אקדמיה-תעשייה, את הוועדה

לשיפור איסוף, הגדרה והנגשת הנתונים על סקטור ההיי-טק הישראלי, ואת הוועדה לשיפור ההון האנושי בהיי-טק (ועדת פרלמוטר). חבר בצוות הבקרה והמעקב של יישום ההמלצות של ועדת פרלמוטר ושל החלטת הממשלה 172 להאצת שוק העבודה באמצעות קידום ההון האנושי והתאמת המיומנויות לעידן הדיגיטלי. מחקרו עוסק בין היתר בנושאים כגון כלכלת עבודה, כלכלת חינוך, מחקר ופיתוח, חדשנות ואוטומציה, טרנספורמציה דיגיטלית וענף ההיי-טק ותרומתו לצמיחה כלכלית. בעל תואר שלישי בכלכלה מאוניברסיטת תל אביב.

מזמינה ליום עיון בנושא

חשיבה חישובית ובינה מלאכותית בהוראה ובלמידה

ביום חמישי ט' באלול תשפ"ד, 12 בספטמבר 2024, בשעה 9:30
בבית האקדמיה, כיכר אלברט איינשטיין, רח' ז'בוטינסקי 43, ירושלים
התכנסות בשעה 9:00

9:30 **דברי פתיחה וברכות**

פרופ' דוד הראל, נשיא האקדמיה

9:45 **הרצאת פתיחה: חשיבה חישובית - פנים רבות לה**
פרופ' מיכל ארמוני, מכון ויצמן למדע

10:15 **מושב ראשון** | מעבר לגבולות הדיסציפלינה: חשיבה חישובית בראייה רבת-תחומית

יושב ראש: פרופ' רז קופרמן, האוניברסיטה העברית בירושלים

חשיבה חישובית ופתרון בעיות

ד"ר דוד גינת, אוניברסיטת תל אביב

יישומים רבת-תחומיים של החשיבה החישובית -

במדעי החברה: ד"ר יובל הרט, האוניברסיטה העברית בירושלים

במדעי החיים: ד"ר אמיר רובינשטיין, אוניברסיטת תל אביב

במדעים המדויקים: פרופ' בועז כץ, מכון ויצמן למדע

11:45 **הפסקה**

12:10 **מושב שני** | חשיבה חישובית פוגשת את השדה: תובנות מהשטח

יושבת ראש: פרופ' טלי נחליאלי, המרכז האקדמי ליונסקי-וינגייט

פאנל

אסיף אלמחזני, סמנכ"ל מחקר ופיתוח במרכז לחינוך סייבר

ענת בן-יעקב, מורה למדעי המחשב, תיכון אהל-שם, רמת גן

גד לידורו, מורה להנדסת תוכנה בחלופת למידת מכונה, תיכונט ע"ש אלתרמן, תל אביב

אבי נתן, מורה למתמטיקה בחטיבת הביניים קריית טבעון

רות סרוז'ין, מורה למתמטיקה, מדעי המחשב והנדסת תוכנה, תיכון המעיין ראשון לציון

ד"ר עינת שפרינצק, ראש תחום קידום מצוינות במערכות חינוך במכון דוידסון

13:30 **הפסקת צהריים**

14:30 **מושב שלישי** | חינוך, חדשנות וגיוון: בניית דור העתיד של מומחי הבינה המלאכותית

יושב ראש: פרופ' עמירם יהודאי, אוניברסיטת תל אביב

שילוב בינה מלאכותית יוצרת במגמות טכנולוגיות חדשניות

ד"ר ארנה ברי, Google Cloud

הכשרת מדעני הנתונים ואנשי הבינה המלאכותית של המחר

פרופ' אורן קורלנד, הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

תמונת מצב - השתלבות תלמידות במסלולי המצוינות להייטק

ד"ר סרגיי סומקין, מכון אהרן למדיניות כלכלית, אוניברסיטת רייכמן

להרשמה

הארוע ישודר בשידור חי באתר האקדמיה www.academy.ac.il

הכניסה בהרשמה מראש
ללא תשלום ועל בסיס מקום פנוי



עקבו אחר האקדמיה
ברשתות החברתיות

TRUMP FAMILY
FOUNDATION
קרן טראמפ
הפעילות נעשית
ביזמתה ובתמיכתה של קרן טראמפ