

מחשבה - מרכז המורים למדעי המחשב

הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה

הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

הבטים – גליון 1

שנה"ל תשפ"ו

תוכן העניינים – גיליון 1 - נובמבר 2025, שנה"ל תשפ"ו

3.....	דבר המערכת.
4.....	דבר מנהלת מרכז המורים הארצי למדעי המחשב – ד"ר תמי לפידות.
5.....	הטמעת שינוי בהוראת מדעי המחשב בישראל: המקרה של בינה מלאכותית (AI).
14.....	השתלמות בסיסית למורי חט"ב: מבוא לפייתון ו-AI.
20.....	מודלי שפה (LLM) - השתלמות מתקדמת למורי תיכון: יישומים ב-AI בעזרת Gemini API בפייתון וג'אווה.
29.....	כנס ארצי שילוב בינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב בתיכון ובחט"ב - 4.5.25.
40.....	תפקידו החדש של בוט מתרגל ייעודי בהוראת תכנות כמפתח חשיבה, ולא מנוע תשובות: תובנות מניסוי בוט AI VY.
48.....	בוט STACKS בהוראת מדעי המחשב בתיכון.
57.....	הפדגוגיה של הבינה המלאכותית Stacks.
	טופס משוב לגיליון 1-53

דבר המערכת

שני גליונות תשפ"ו של "היבטים" – עיתון מרכז המורים הארצי למדעי המחשב¹ עוסקים בפעילויות שהתקיימו בשנה"ל תשפ"ה בהקשר לשילוב בינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב. היתה זו שנה שבה התחיל תהליך הטמעתה של הבינה המלאכותית באופן משמעותי במערכת החינוך בכלל, ובפרט, בהוראת מדעי המחשב – מחטיבת הביניים ועד התיכון.

על מנת למסד את השינוי, בוצעו מספר פעילויות, בהתאם למודל לשינוי ארגוני של קוטר (Kotter, 1996)¹. על תהליך זה תוכלו לקרוא ב**מאמר הראשון בגיליון זה**. מאמר זה מציג תמונת-על של הפעילויות שבוצעו בשנה"ל תשפ"ה בהוראת מדעי המחשב בישראל ואת מגוון הפעילויות שבוצעו בהקשר להטמעת בינה מלאכותית.

לאחר מכן, בגיליון זה נתמקד ב- 3 פעילויות חשיפה לבינה המלאכותית בהוראת מדעי המחשב שהתקיימו בתשפ"ה: **השתלמות למורי ומורות המלמדים מדעי המחשב בחטיבת הביניים והשתלמות מתקדמות למורי ומורות תיכון**, וכן **כנס ארצי שהתמקד בבינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב בחט"ב ובתיכון**, שחלק מרכזי בו הוקדש להצגות פרוייקטים ע"מורים שהחלו כבר בתהליך ההטמעה. בגיליון 2 של היבטים לשנת תשפ"ו, שיפורסם במהלך 2026, נעמיק בשינוי זה בחטיבת הביניים, בתיכון ואקדמיה.

שלושת המאמרים האחרונים של גיליון זה מוקדשים לשילוב בוטים בהוראת מדעי המחשב. תחום זה מקבל תאוצה משמעותית בשנה האחרונה לאור ההשלכות הפדגוגיות שיש לשילוב זה על הוראת מדעי המחשב. הסיבה לכך היא שבוטים, המהונדסים כראוי ופעילותם מבוססת על תפיסה פדגוגית מתאימה, משמשים מדריכים אישיים לכל תלמידה ולכל תלמיד, מסייעים למורים בתהליכי הערכה הוגנים, ומפתחים כישורי חשיבה מסדר גבוה. שני מאמרים אלה – **הראשון התמקד בבוט AIIVY והשני השלישי** בבוט Stacks – מנתחים לעומק, מבחינה קוגניטיבית ומ**בחינה פדגוגית**, שילוב זה של בוטים בהוראת מדעי המחשב. שימו לב כי בחלק מהמאמרים מופיעים קישורים לתכנים שונים המוכנים לשימוש המורים.

בשעה שגיליון זה עוסק במיסוד השינוי בשנה"ל תשפ"ה ומציג מבט על היקף הפעילויות שנעשו – מחטיבת הביניים ועד התיכון – בגיליון הבא נתמקד בפעילויות מסוימות, חלקן מבוססות על התכנים שנסקרו בגיליון זה, שבוצעו כחלק מתהליך ההטמעה של בינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב.

לסיום, אנו מבקשות להביע את תודותינו ל**מחשבה - המרכז הארצי למורי מדעי המחשב**, על המחויבות המתמשכת לקהילת מורי ומורות מדעי המחשב ועל הבית המקצועי שהוא מהווה עבורם, ובפרט, על התמיכה המקיפה בקיום חלק מהפעילויות המוצגות בגיליון זה.

אנו מאחלות קריאה מהנה. נשמח לקבל משובים.



פרופ' אורית חזן oritha@technion.ac.il



רחל פרלמן rachelperlmann@gmail.com

¹ Kotter, J. P. (1996). *Leading Change*. Harvard Business School Press.

דבר מנהלת מרכז המורים הארצי למדעי המחשב – ד"ר תמי לפידות

בתחילת השנה סיים את ד"ר אבי כהן את תפקידו כמפמ"ר מדעי המחשב וממונה מגמות עתירות ידע אחרי למעלה מ-25 שנים. ב-11.9.25 התקיים לאבי אירוע מרגש של הכרת תודה בתיכון אורט ליבוביץ בנתניה. יוזם האירוע היה יוסף בלאן ובצוות המארגן היו יוסף בלאן, נילי נווה, מרה קופלר, רחל פרלמן, יהודה אבני, ורחל אלון. עדן ארז ויוסי ירון דאגו לתעד ולצלם את האירוע.



מי שנכנסה לתפקיד המפמ"רית היא מאיה אגמון. וזו הזדמנות לקבל אותה בחום לקהילה הנפלאה של מורי מדעי המחשב. עומדות בפניה מספר משימות מאתגרות והיא זקוקה לברכתנו ולכל הסיוע שנוכל להגיש לה, שכן הצלחתה – הצלחתנו.

תודה לפרופ' אורית חזן ולגב' רחל פרלמן שערכו את שני הגליונות לשנת תשפ"ו. הנושא של שילוב בינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב הוא ללא ספק אחד הנושאים החמים והמעניינים היום. נקווה שהגליונות יסייעו לקוראים לחשוב על הנושא ויקדמו את הדיון וההתנסות בשילוב בינה מלאכותית בצורה מושכלת בהוראת ולמידת מדעי המחשב.

בתחילת תשפ"ה, היו עדיין מספר מורים שחששו מ"המפלצת" הנקראת בינה מלאכותית והסתייגו מהתנסות בעושר האדיר ש-GenAI יכול להציע להם, אפילו בקורס מורים מובילים. אני תקווה שהיום, כל מורי מדעי המחשב והנדסת תוכנה מרגישים חופשיים לגמרי בחברת ה-GenAI ויכולים להתמקד בתועלות שאפשר להפיק ממנו.

קריאה מהנה ושנת פעילות פורייה,

ד"ר תמי לפידות

הטמעת שינוי בהוראת מדעי המחשב בישראל: המקרה של בינה מלאכותית (AI)

כתבו:

רחל פרלמן, הוראת מדעי המחשב והנדסת תוכנה
אורית חזן, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון

בשנת הלימודים תשפ"ה, החל שינוי בהוראת מדעי המחשב: שילוב תכנים מבוססי בינה מלאכותית (AI) כחלק מהוראת המקצוע, שכלל הכשרה פדגוגית למורים, בחינות מפמ"ר, ופרוייקטים בתכנון ותכנות מערכות. שינוי זה הותנע ביוזמת הפיקוח על מדעי המחשב והוטמע בשיתוף פעולה בין הפיקוח על הוראת מדעי המחשב, מוסדות אקדמיים מרכזיים ושותפי תעשייה. במאמר זה ננתח תהליך זה באמצעות המודל לניהול שינוי של קוטר (Kotter²), הכולל שמונה שלבים. בפרט, נתאר את התהליך, תוך ציון מועדים, אירועים והשתלמויות שהתרחשו, ונדגים כיצד כל שלב תרם לקידום השינוי, ליישומו, ולעיגונו כחלק מהוראת המקצוע. טבלה 1 מציגה את התהליך במבט על. הטבלה מציגה גם קישורים למאמרים המוצגים בגיליון זה המתארים את הפעילויות השונות.

טבלה 1. תהליך שינוי ארגוני לפי קוטר: המקרה של הטמעת בינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב

שלב	עקרון השלב	יישום בהוראת מדעי המחשב
1	יצירת תחושת דחיפות	נערכו שני כנסים: ● ב-7.1.25 נערך כנס פתיחת חודש AI שמטרתו היתה לעורר מודעות: "משהו חדש מתחיל". ● בכנס המורים ב-4.5.25 הוצגו הצלחות הפיילוטס והובהר כי מדובר בשינוי, שיחול כבר בשנה"ל תשפ"ה הן בחט"ב (הוספת שאלה לבחינת מפמ"ר – ראו גיליון 2) והן בתיכון (עדכון במחווה הערכת פרויקטים בהנדסת תוכנה).
2	הקמת קואליציה מובילה	לכל יוזמה או פעילות הוקם צוות ליבה רבת-תחומי שכלל מורים מובילים, מפמ"ר מדעי המחשב ומדריכים, בשותפות עם נציגי משרד החינוך, מוסדות אקדמיים וגורמי תעשייה וחברה אזרחית.
3	פיתוח חזון ואסטרטגיה	● כחלק מהתאמת הוראת מדעי המחשב בישראל לעידן הבינה המלאכותית, גובשה אסטרטגיה שהתמקדה בשלושה מרכיבים מרכזיים:

² Kotter, J. P. (1996). *Leading Change*, Harvard Business School Press.

		● פיתוח מקצועי למורים. ● התאמת מחוון הערכה: עדכון מחווני הבגרות בפרויקטי הנדסת תוכנה כך שידרשו שילוב מודלי שפה (LLM), וכן פיתוח שאלות ייעודיות בבחינות המפמ"ר בחטיבות הביניים. ● הקמת קהילות מורים תומכות.
4	תקשור חזון השינוי	התקיימו אירועים וכנסים להצגת תוצרי ההטמעה בשתפ"ה: ● לתלמידים: תוכנית מנטורינג AI (מרץ-יוני 2025 – מאמר בנושא יפורסם בגיליון הבא) והצגת תוצרים באירוע סיום חגיגי (3.6.25). ● למורים: כנס שילוב בינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב בכנסים אלה הוצגו פרויקטים משלבי בינה מלאכותית של מורים ותלמידים. כל אירוע לווה בתקשור ההצלחה ופוטנציאל השינוי לעתיד הוראת מדעי המחשב.
5	הסרת מכשולים ואיפשור פעולה	פתרונות טכנולוגיים קודמו במהירות, ובמקרים של אי הצלחה, נלמדו המקרים והופקו מסקנות. ● לאחר שבוט ראשוני נכשל בפיילוט, שולב בוט חדש – Stacks – שהוטמע תוך ימים ספורים, ו-100 מורים הוכשרו להוראה באמצעותו ביוני 2025. ראו מאמר בגיליון זה. ● נמצא כי חלופת למידה עמוקה בהנדסת תוכנה נלמדת בפועל על ידי כ-500 תלמידים בלבד, ותכניה מציבים קושי מהותי. לכן, גובשה חשיבה מחודשת לשילוב מודלי שפה (LLM) בכלל החלופות המאפשרת למורים לשלב כלים אלו בחלופות הבאות: אפליקציות משולבות נתונים, יישומי טלפונים חכמים, והגנת סייבר³. מאמרים בנושא מוצגים בגיליון הבא של היבטים שיפורסם השנה.
6	יצירת הצלחות מהירות	הושגו הצלחות משמעותיות כבר בשנתיים הראשונות של ההטמעה: ● תשפ"ה: הוראה באמצעות בוט ראשוני ב-11 בתי ספר (פיילוט); תשפ"ו: הוראה באמצעות הבוט STACKS ב-50 בתי ספר. ● מורים בחטיבת ביניים ובתיכון פיתחו פרויקטים בשילוב מודלי שפה. ● חלק ממורי התיכון שילב את התכנים כבר במהלך שנה"ל תשפ"ה בהוראת הפרויקטים לתלמידים לקראת בגרות בתכנון ותכנות מערכות.

³ בגיליון הבא יפורסם מאמר המתאר השתלמות בנושא שילוב מודלי שפה בחלופה הגנת סייבר שנכתב ע"י שלום וענונו.

		במסגרת תוכנית המנטורינג של גוגל, תלמידים מ-30 בתי ספר יצרו פרויקטים משלבי מודלי שפה. ראו מאמר בנושא בגיליון הבא של היבטים.
7	שמירה על התמדה	הכשרות המורים אינן חד-פעמיות אלא מתקיימות ברצף מתמשך. לדוגמה: - לאחר הצלחת השתלמות הראשונה בפיתוח בשילוב בינה מלאכותית לחטיבת הביניים (9.11.25), נפתח מחזור נוסף (8.6.25). - לאחר הצלחת השתלמות המתקדמת למורי התיכון בנושא שילוב מודלי שפה (LLM), נפתחו שתי השתלמויות נוספות: האחת בחלופת סייבר (22.6.25 – תתואר בגיליון הבא) והשנייה בחלופת טלפונים חכמים (25.6.25). השתלמויות אלו נבנו כהמשך טבעי להשתלמות הקודמת המתקדמת הראשונה. תכני ההכשרות הנגישו ידע עדכני ברמה גבוהה, במטרה לאפשר למורים לרכוש מיומנויות מתקדמות ולתרגמן להוראה המתאימה לתלמידיהם.
8	עיגון בתרבות הארגונית	- שאלות AI שולבו בבחינות מפמ"ר (פייתון ב' ו-ג'). מאמר בנושא יופיע בגיליון הבא של היבטים. - עודכן המחון בפרויקטי הנדסת תוכנה כך שידרשו שילוב מודלי שפה (LLM). - מערך ההדרכה הפך את הידע והמיומנויות לחלק מתכני הלימוד.

⁴ בחינות המפמ"ר (מפקח מרכזי) הן בחינות ארציות רשמיות במדעי המחשב לחטיבת הביניים. חלק ב' מתקיים בכיתה ח' וחלק ג' בכיתה ט'. הבחינות מתמקדות במיומנויות תכנות בשפת פייתון וביישום עקרונות אלגוריתמיים.

לפני שנרד לפרטים, נציג את איור 1 - ציר הזמן של הפעילויות.

איור 1. ציר הזמן של הפעילויות שבוצעו בתהליך ההטמעה

פעילות	7.1.25	9.2.25	11.2.25	27.3.25	4.5.25	+ 5.5.2025 28.5.2025	3.6.25	22.6.25	29.6.25	2.7.25
	כנס פתיחת חודש AI	פתיחת השתלמות בסיסית למורי חט"ב: מבוא לפייתון AI-1	פתיחת מודלי שפה (LLM) - השתלמות מתקדמת למורי תיכון: יישומים ב-AI	פתיחת היכרות עם הבוט AIVY להוראת שפת תכנות. ראו מאמר בגיליון זה: תפקידו החדש של בוט מתרגל ייעודי בהוראת תכנות כמפתח חשיבה, ולא מנוע תשובות: תובנות מניסוי בוט AIVY	כנס ארצי שילוב בינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב בתיכון ובחט"ב - 4.5.25	מבחן מפמ"ר לחטיבת ביניים בשילוב בינה מלאכותית (יפורסם בגיליון הבא)	תוכנית המנטורינג AI לכיתות ט' (יפורסם בגיליון הבא)	פתיחת שתי השתלמויות בשילוב LMM בחלופות: הגנת סייבר, טלפונים חכמים, ואפליקציות משולבות נתונים	מפגש היכרות עם הבוט STACKS להוראת שפות תכנות. ראו מאמר בגיליון זה: בוט STACKS בהוראת מדעי המחשב בתיכון	פתיחת 2 השתלמויות: יסודות ומבני נתונים בשילוב הבוט STACKS.
תאריך	ינואר 25	פברואר 2025		מרץ 2025	מאי 2025		יוני 2025		יולי 2025	
שנה	תשפ"ה									

להלן נפרט את השלבים השונים. לעיתים אנו מציגות אירוע מסויים במספר הקשרים תוך הבלטת היבט אחר של האירוע.

שלב 1: יצירת תחושת דחיפות

ליצירת תחושת דחיפות, התקיימו 2 כנסים.

הכנס הראשון – כנס פתיחת חודש AI – התקיים ביום שלישי, 7 בינואר 2025, באקספו תל אביב. הכנס היה אירוע משמעותי שנועד להציב זרקור על השינוי המתהווה בהוראת מדעי המחשב בחטיבות הביניים – שילוב הבינה המלאכותית בלמידה ובהערכה. הכנס, בהובלת הפיקוח על הוראת מדעי המחשב ובשיתוף האקדמיה והתעשייה, הוצג כנקודת פתיחה חגיגית לחודש AI, והשתתפו בו מאות מורים מכל רחבי הארץ.

בחלקו הפדגוגי הוצגו לראשונה דוגמאות לשאלות בחינות מפמ"ר בפיתון המשולבות בינה מלאכותית (LLM), מצגות להוראה בכיתה, חומרי עזר ממוקדים לפי מיקוד הבחינה הארצית, ותוכנית השתלמות חדשה למורי חט"ב. חלקו השני של הכנס כלל חוויה טכנולוגית-חינוכית: חשיפה לכלי בינה מלאכותית, לעמדות התנסות, להרצאות על עיצוב כלי בינה מלאכותית לחינוך וליריד בו הציגו מורים כיצד הם משלבים כבר AI בהוראה.

הכנס סימן עבור רבים את ראשיתו של שינוי פדגוגי לעבר הוראה מותאמת עתיד. תחושת הדחיפות נולדה לא מסיסמאות אלא מהשטח: התכנים כבר כאן, ועל מערכת החינוך להגיב בהתאם.

הכנס השני – כנס שילוב בינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב – התקיים ביום ראשון, 4 במאי 2025. כנס זה סימן מעבר ממודלים ניסיוניים לשינוי מערכתי בתכנית הלימודים. בכנס הוצגו תוצרי פרויקטים חינוכיים חדשניים, בהם שולבו כלי מודלי שפה (LLM) בחטיבת הביניים ובשלוש חלופות (מתוך ארבע) של הנדסת תוכנה. החשיפה לפרויקטים ממגוון בתי ספר, בשילוב עם ממצאי משוב שהראו כי 85% מהמורים מתכוונים ליישם את הכלים בכיתותיהם, יצרו תחושת דחיפות שלא ניתן היה להתעלם ממנה: הוראת מדעי המחשב כבר בתנועה.

דבריו של דדי פרלמוטר, שקרא להרחבת שיתופי הפעולה בין מערכת החינוך לתעשייה ולפיתוח תשתיות דיגיטליות שוות ונגישות לכולם, חיזקו את ההבנה שמדובר במהפכה חינוכית, שאין רק לבחון אותה ולשקול את יישומה, אלא בהכרח. הצגת הפיילוט, הפיתוחים הפדגוגיים, ורצון המורים שהובע להצטרף לתהליך הטמעה, מיצבו את השינוי כבלתי נמנע, והניחו את התשתית למעבר לשלב הבא של השינוי.

שלב 2: הקמת קואליציה מובילה

בשלב השני של ההטמעה נבנתה קואליציה רחבה של שותפים – ארגונים ומורים מובילים, שפעלו יחד לקידום השינוי במערכת. הקואליציה כללה את נציגי הפיקוח על הוראת מדעי המחשב, נציגי האקדמיה, גופי חברה אזרחית, למשל, המרכז לחינוך סייבר מיסודה של קרן רש"י, ונציגים מהתעשייה. שילוב גורמים אלה יצר בסיס איתן להובלה משותפת, אפשר ועודד שיח מעמיק עם מורים מכל רחבי הארץ – בהשתלמויות, בקהילות מורים, בקבוצות ווצאפ, ובכנסים – על כיווני השינוי בהוראת מדעי המחשב בעידן הבינה המלאכותית, והצמיח דרכי פעולה להטמעה בפועל. מורים רבים הביעו נכונות להצטרף לתהליך, לצד חששות טבעיים, נכונות שהעמיקה את תחושת השותפות והובילה לדיון פורה על כיווני השינוי הרצויים. שיח זה לא רק יצר בסיס איתן להובלה שיתופית, אלא גם תרם לעיצוב חזון משותף לגבי תפקיד הבינה המלאכותית בהוראת מדעי המחשב ולכיווני ההתפתחות הרצויים בעתיד.

בנוסף, צוות המורים שהציג **בכנס שהתקיים ביום ראשון, 4 במאי 2025** (ראו שלב 1) את הפרויקטים שפיתחו – מחטיבת הביניים ומהתיכון – הפך לכוח הובלה פדגוגי ולמוביל השינוי בכיתות. מורים אלה, שפיתחו יחידות הוראה חדשניות עם שילוב מודלי שפה (LLM), הפגינו חזון, מקצועיות ויכולת פעולה מערכתית. הם מהווים כיום את חוד החנית של ההטמעה ומשמשים מקור השראה לעמיתיהם. רשימת מורים זו, יחד עם פרטי הקשר שלהם, פורסמו לכל המורים למדעי המחשב לאחר הכנס לצורך המשך קשר, שיתוף ידע, התייעצויות, הנחיה, ופיתוח משותף. מהלך נועד לאפשר למורים לשלב כלים של בינה מלאכותית באופן משמעותי בהוראה – הן בפעילויות הלמידה השוטפות בחטיבות הביניים והן בפרויקטי גמר בהנדסת תוכנה.

שלב 3: פיתוח חזון ואסטרטגיה

החזון שעמד בבסיס תהליך הטמעת הבינה המלאכותית בהוראת מדעי המחשב היה התאמת הוראת מדעי המחשב לעידן הבינה המלאכותית, באופן שבוגרי מערכת החינוך יפתחו מיומנויות עדכניות מתקדמות הנדרשות ללימודים מתקדמים, לעולם העבודה ולתפקוד בחברה, ובו בזמן, יכירו כבר בשלבים מוקדמים של הלימודים את היכולות והאתגרים של הבינה המלאכותית.

כדי לממש חזון זה גובשה אסטרטגיה רב־שלבית, שהתבססה על שלושה מרכיבים מרכזיים – פיתוח מקצועי של מורים, עדכון כלי הערכה, ורתימת קהילות מקצועיות לשותפות פעילה – כמפורט להלן:

למימוש חזון זה גובשה אסטרטגיה רב־שלבית שהתמקדה בשלושה מרכיבים מרכזיים:

- פיתוח מקצועי למורים: בניית השתלמויות וייעודיות בהיקפים שונים, מהכשרות בסיסיות לחשיפה לפייתון עם רכיבי AI ועד השתלמויות מתקדמות לשילוב מודלי שפה (LLM) בהוראה ובפרויקטי גמר. בפרט, הוצעו למורים מסלולי השתלמויות וייעודיים שמטרתם היתה להבטיח שהחזון יתורגם לעשייה מתמשכת בשטח: [השתלמויות בסיסית לחטיבת הביניים](#) (9.2.25), [השתלמויות מתקדמת לתיכון](#) (11.2.25), והשתלמויות ייחודיות לחלופות סייבר שתתואר בגיליון הבא (22.6.25) וטלפונים חכמים (25.6.25). כל מסלול כלל תכנון מובנה, ליווי מקצועי, פיתוח תוצרים חינוכיים ותשתיות טכנולוגיות.
- התאמת מחוון הערכה: עדכון מחווני הבגרות בפרויקטי הנדסת תוכנה כך שהתלמידים ידרשו לשלב מודלי שפה (LLM), וכן פיתוח שאלות וייעודיות בבחינות המפמ"ר פיתון (חלק ב' ופיתון וחלק ג') בחטיבות הביניים. מאמר על בחינות המפמ"ר יפורסם בגיליון הבא של היבטים בשיפורם בתחילת 2026.
- הקמת קהילות מקצועיות: ליווי מתמשך, שיתוף מערכי שיעור, הדגמות וכלים יישומיים, ופיתוח קהילות למידה של מורים התומכים זה בזה ומקדמים יוזמות חדשניות.

באמצעות צעדים אלה הוטמע החזון הלכה למעשה: הבינה המלאכותית הפכה לחלק בלתי נפרד מהוראת מדעי המחשב, לכלי פדגוגי, המציב סטנדרט חדש של הוראה ולמידה במדעי המחשב.

שילוב 4: תקשור חזון השינוי

תקשור החזון היה מרכיב מרכזי בתהליך ההטמעה, ונעשה באמצעות אירועים וכנסים ששימשו במה להצגת הצלחות ראשוניות ולבניית אמון בתהליך השינוי, הן עבור התלמידים והן עבור המורים.

עבור תלמידים: התקיימה תוכנית המנטורינג AI לתלמידים (מרץ–יוני 2025), שבמסגרתה עשרות קבוצות של תלמידים בחטיבת הביניים פיתחו פרויקטים חדשניים משולבי מודלי שפה בליווי מורים ומנטורים מהתעשייה, והציגו את תוצריהם באירוע סיום חגיגי (3.6.25). מאמר על תוכנית המנטורינג יפוסם בגיליון הבא של היבטים.

עבור מורים: [כנס המורים השני](#), שהוצג בשלב 1, ועסק בשילוב בינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב (4.5.25), סימן מעבר מהתנסות ניסיונית ליישום רחב היקף בתוכנית הלימודים. בכנס זה הוצגו עשרות פרויקטים של מורים המלמדים בחטיבת הביניים ובהנדסת תוכנה בתיכון משלבי מודלי שפה (LLM) והודגש הפוטנציאל החינוכי, החברתי והפדגוגי של הכלים. האירועים לאו בהפצת מצגות ותוצרים מתועדים לכל המורים בישראל, מה שאפשר להרחיב את היישום למורים נוספים.

באירועים אלה הודגש כי לא מדובר ביוזמות נקודתיות, אלא במהלך שיטתי המגבש קהילה מקצועית סביב חזון משותף, ומחזק את תחושת הדחיפות והיכולת להוביל את השינוי.

שלב 5: הסרת מכשולים ואיפשור פעולה

הפיקוח על הוראת מדעי המחשב פעל לקידום יישום של פתרונות טכנולוגיים מהירים ללמידה בשילוב בינה מלאכותית. בשלב הראשון נוסה בוט פדגוגי ללמידה מונחית בינה מלאכותית. למרות יתרונותיו, הוא לא עמד בציפיות המורים בשל מגבלות טכנולוגיות ותפעוליות: נדרשה התקנה מקומית, התגלו קשיים תשתיתיים, ורמת ההנחיה הפדגוגית שניתנה לתלמידים לא הייתה מספקת. בעקבות בעיות אלה, הוחלט לחדול מהטמעת הבוט ראשוני ולהציע תוך ימים ספורים פתרון חלופי – פלטפורמת Stacks – שנמצאה מתאימה למטרה זו. [מאמר המתאר בוט זה מופיע בגיליון זה.](#)

בוט Stacks, בפיתוח חברה ישראלית (stacks.co.il), הוטמע במהירות בקיץ תשפ"ה בשתי השתלמויות מורים – "יסודות מדעי המחשב" ו"מבני נתונים", ובהמשך גם בהשתלמות למורי חט"ב. הפלטפורמה אפשרה למורים ולתלמידים סביבת תכנות אינטראקטיבית מבוססת דפדפן, ללא צורך בהתקנה. המערכת מאפשרת בדיקות אוטומטיות, משוב מיידי, וכלי AI פנימי להנחיה שוטפת. מעל 100 מורים הוכשרו עד סוף יוני לשימוש בבוט, שהסיר חסמי כניסה, חיזק את תחושת המסוגלות של המורים, והיווה פריצת דרך ביישום פתרונות AI בהוראת קוד.

חלופת למידה עמוקה בהנדסת תוכנה נלמדה בפועל על ידי כ-500 תלמידים בלבד, ונמצא כי תכניה מציבים קושי מהותי לרבים מהם. מכאן צמחה ההבנה כי יש צורך ביצירת חלופות מגוונות ונגישות יותר. כתוצאה מכך בוצעה חשיבה מחודשת על שילוב בינה מלאכותית בכלל חלופות ההנדסה, באופן מותאם לכל תחום. במסגרת זו פותחה השתלמות ייעודית לשילוב מודלי שפה (LLM) במגוון חלופות: הגנת סייבר (ההשתלמות בנושא מתוארת בגיליון הבא), אפליקציות משולבות נתונים ויישומי טלפונים חכמים – וכך להרחיב את ההטמעה ולהנגיש את החדשנות לתלמידים רבים יותר.

שלב 6: יצירת הצלחות מהירות

במהלך שנת תשפ"ה הושגו מספר הצלחות, ששימשו הוכחה לערך שבשילוב בינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב:

- 1) פיילוט לשילוב בוט ראשוני התקיים ב־11 בתי ספר (25.2.25), והיווה בסיס לניסוי יישומי רחב שהתמקד בלמידה עצמאית מונחית בוט.
- 2) בהמשך, הטמעת הבוט STACKS התבצעה באופן מואץ בהשתתפות של כ-100 מורים.
- 3) השתלמויות מורים לשילוב מודלי שפה (LLM) בפרויקטים בהנדסת תוכנה הפכו לסיפור הצלחה: כל ה-220 המורים שהחלו את ההשתלמויות סיימו אותן בהצלחה, תוך הפגנת שליטה בפלטפורמה והטמעה של עקרונות הוראה חדשניים מבוססי AI.
- 4) תכנית ייעודית בתחום מנטורינג מבוסס בינה מלאכותית התקיימה לתלמידי חטיבת הביניים, בה פותחו פרויקטים חדשניים שהוצגו באירוע הגמר במשרדי גוגל שהתקיים ב-3.6.25 בהשתתפות של 30 בתי ספר ברחבי הארץ. מאמר בנושא מופיע בגיליון השני של היבטים שיפורסם בהמשך שנה"ל.
- 5) חשיפה פדגוגית רחבה באמצעות ערוצי תקשורת של משרד החינוך, המרכז לחינוך סייבר מיסודה של קרן רש"י, המו"פ של משרד החינוך, וחברת Google חיזקה את תחושת ההישג, והציבה את השינוי כישים ומעורר השראה לשילוב AI בהוראת מדעי המחשב.

שלב 7: שמירה על התמדה

שמירה על התנופה ושימור העשייה מתבצעים באמצעות מחזורים נוספים של השתלמויות מורים. כך, לאחר הצלחת ההשתלמות הראשונה בפיתוח בשילוב בינה מלאכותית לחטיבת הביניים, נפתח מחזור נוסף שהרחיב את מעגל ההשפעה לבתי ספר נוספים. במקביל, בבתי הספר העל-יסודיים לאחר ההצלחה של ההשתלמות בנושא שילוב מודלי שפה (LLM) לאפליקציות אנדרואיד (ג'אוה) או אפליקציות הכתובות בפיתוח למורי התיכון בהנדסת תוכנה, נפתחו שתי השתלמויות מתקדמות נוספות, האחת בהתמחות סייבר והשנייה בתחום פיתוח יישומי טלפונים חכמים. ההשתלמויות הנוספות היוו נדבך נוסף והתמקדו בחלופה ספציפית וברעיונות לפרויקטים בשילוב הטכנולוגיות שנלמדו. התכנים בכל ההשתלמויות הותאמו לקהל היעד והנגישו את מיומנויות הבינה מלאכותית.

בהשתלמות הטלפונים החכמים הוכשרו המורים לשלב יכולות בינה מלאכותית מתקדמות בפיתוח אפליקציות אנדרואיד, תוך פיתוח מיומנויות תכנות ויישום אלגוריתמים חכמים בשילוב LMM (מודלי שפה גדולים). בהשתלמות הגנת הסייבר (המתוארת בגיליון הבא) נחשפו המורים לטכניקות מתקדמות כגון RAG ו-ReAct, תרגלו כתיבת פרומפטים איכותיים, ולמדו לפתח סוכני AI מותאמים אישית. מטלות הסיום כללו פיתוח מערכות תקשורת Client-Server המדמות תרחישי סייבר אמיתיים, תוך שילוב AI בזיהוי תבניות ובתגובה לאירועים.

באמצעות המשכיות זו, נבנתה תרבות של למידה מתמדת, העצמת מורים והובלה מקצועית, המבטיחה שהשינוי אינו חד-פעמי אלא מבסס את מקומו כנדבך קבוע בתוכנית הלימודים במדעי המחשב בעידן הבינה המלאכותית.

שלב 8: עיגון בתרבות הארגונית

בשלב זה חל מעבר מהובלה נקודתית להטמעה מערכתית. שאלות בנושא בינה מלאכותית שולבו לראשונה בבחינות המפמ"ר בחטיבת הביניים – חלק ב' (כיתה ח') וחלק ג' (כיתה ט') – ובכך הפכו לנורמה בהערכת הלומדים. השאלות דורשות מהתלמידים הבנה מושגית וטכנית של עקרונות בינה מלאכותית, לצד יישום אלגוריתמי בשפת פייתון. בכך סומן כיוון ברור: הידע הנדרש במקצוע מדעי המחשב כולל מעתה גם מיומנויות AI. פירוט ראו בגיליון הבא של היבטים.

במקביל, מחווני ההערכה של פרויקטי הגמר בהנדסת תוכנה משקפים ציפייה לרכיבי חדשנות בפרויקטים באמצעות עודכנו כן שידרשו שילוב מודלי שפה גדולים (LLM). הדרישה כוללת הבנה של תשתיות AI, יכולת אינטגרציה עם שירותי אינטרנט, ועיבוד נתונים מתקדם. מערך הבוחנים עודכן אף הוא, כך שהשימוש ב-LLM הפך למרכיב חובה בהערכת התלמידים.

מהלכים אלו מבטיחים את המשכיות השינוי בטווח הארוך, ומטמיעים את עקרונות הבינה המלאכותית כחלק אינטגרלי מהתרבות הפדגוגית במדעי המחשב בישראל. שנת הלימודים תשפ"ה סימנה בכך נקודת מפנה: לא עוד ניסיונות נקודתיים, אלא עיגון מלא של החדשנות במבנה ההערכה וההוראה, כך שהשינוי הפך יציב, שיטתי ומתמשך.

סיכום

במבט לאחור, תשפ"ה היא שנת מפנה של שילוב AI בהוראת מדעי המחשב. בשנה זו נזרעו הזרעים של השינויים העתידיים בהוראת מדעי המחשב בשילוב בינה מלאכותית. היות ולמורים תפקיד משמעותי בהטמעת שינויים אלה, בכל הפעילויות, דעתם של המורים נשמעה ותובנותיהם שולבו בתוכניות השונות.

תודות

הטמעת השינוי הודות לתרומתם של שותפים רבים ממערכת החינוך, האקדמיה והתעשייה. אנו מודות ל:

- המפמ"ר היוצא למדעי המחשב – ד"ר אבי כהן, על ההובלה והליווי המקצועי.
- האקדמיה – פרופ' אורית חזן, על הייעוץ המחקרי והעמקת התשתית התיאורטית.
- הפיקוח על הוראת מדעי המחשב – רחל פרלמן, דורית בן דוד, חגית כהן, על פיתוח התכנים והובלת ההשתלמויות.
- המרכז לחינוך סייבר מיסודה של קרן רש"י – אסיף אלמוזני, דנה אבן חיים, ענת גושן ורותם מלכי, על תרומתם בפיתוח ההכשרות ובליווי המורים.
- שותפי התעשייה – צוות Google ישראל: דוד קדוש, עדי בר צבי, אורין ויינברג ועומרי שניר, על התמיכה המקצועית, ההדרכה והאירוח באירועים.
- המו"פ של משרד החינוך – ד"ר אורנית מימון, אפרת שושני

השתלמות בסיסית למורי חט"ב: מבוא לפיתוח ו-AI

כתבו:

רחל פרלמן, הוראת מדעי המחשב והנדסת תוכנה

רותם מלכי, המרכז לחינוך סייבר

במהלך שלוש שנות חטיבת הביניים – כיתות ז', ח' ו-ט' – נלמד המקצוע מדעי המחשב כחלק מתוכנית לימודים סדורה הכוללת אלגוריתמיקה, תכנות וחשיבה חישובית. קיימים שני מסלולי הוראה עיקריים המאפשרים ע"י הפיקוח על מדעי המחשב:

- **מסלול ראשון: מבוא לאלגוריתמיקה באמצעות שפת פייתון** – חלק א' נלמד בכיתה ז', חלק ב' ב-ח', וחלק ג' ב-ט'.
- **מסלול שני: מבוא לאלגוריתמיקה באמצעות סקראץ' או App Inventor בכיתה ז', ולאחר מכן חלק א' של פייתון בכיתה ח', וחלק ב' בכיתה ט'.** תכנים אלו נלמדים כיום בלמעלה מ-270 בתי ספר בתכנית [עמ"ט](#), כולל במסגרת עמ"טק והעמ"ט הווירטואלי.

החל משנת הלימודים תשפ"ה, על רקע חדירת תחום הבינה המלאכותית (AI) אל תחומי החיים והחינוך, גובשה יוזמה מערכתית לשילוב תכנים מעולמות ה-AI כבר מחטיבת הביניים – לא כאוריינות טכנולוגית בלבד, אלא כחלק מהותי מהוראת תכנות ופתרון בעיות. מצורך זה פותחה ההשתלמות הבסיסית "פייתון בשילוב AI", שנועדה להעניק למורי חטיבת הביניים כלים פדגוגיים וטכנולוגיים חדשניים. ההשתלמות הונחתה במסגרת שיתוף פעולה בין מערכת החינוך, האקדמיה והתעשייה, אשר חברו יחד לטובת קידום הנושא והטמעתו בבתי הספר.

בהשתלמות הבסיסית "פייתון בשילוב AI" למורי חט"ב למדו כ-40 מורים. ההשתלמות מתמקדת בשילוב בין עקרונות תכנות בפייתון לבין יישומי בינה מלאכותית, הונחתה במתכונת משולבת של מפגשים מקוונים בזום והוראה א-סינכרונית, והתקיים מפגש סיכום פיזי להצגת פרויקטים. התוכנית היתה מיועדת למורים המלמדים פייתון לפחות שנתיים, והוכרה לגמול במסגרת "עוז לתמורה" ו"אופק חדש". ההשתלמות הדגישה מושגי יסוד ב-AI, התנסות מעשית בכלי Gemini וב-Gemini API, פתרון בעיות אלגוריתמיות ויישומן בפייתון, וכן פיתוח מערכי שיעור ותרגילים המשלבים אלגוריתמיקה ובינה מלאכותית. לאורך ההשתלמות פורסמו מטלות אמצע ופרויקט סיום, שמטרתן היתה להעמיק את היכולות הפדגוגיות והטכנולוגיות של המשתתפים, להעשיר את הידע המקצועי שלהם ולאפשר שימוש במודלים מבוססי AI בכיתה.

מפגש הפתיחה של ההשתלמות עסק במבוא לבינה מלאכותית (AI). במפגש נערכה למשתתפים היכרות עם המושג הבסיסי "בינה מלאכותית" וחשיבותו בעידן הדיגיטלי. המורים נחשפו לדוגמאות יישומיות מחיי היומיום – החל ממערכות המלצה בסטרימינג ועד לעוזרות קוליות חכמות – ואף קיבלו הזדמנות להתנסות בכלי AI בשטח. לבסוף, דנו בקשר ההדוק שבין עקרונות ה-AI ושפת התכנות פייתון, תוך שימת דגש על כיצד השילוב ביניהם מאפשר למורים לפתח מערכי שיעור חדשניים המשלבים אלגוריתמיקה ולמידת מכונה בצורה פרקטית ומעוררת השראה.

במפגש השני של ההשתלמות התמקדנו בנתונים – אבני הבניין של הבינה המלאכותית – ורעננו את יסודות הפייתון בסביבת עבודה אינטראקטיבית. המשתתפים למדו לעבוד עם משתנים מטיפוסים שונים, לתפעל מבני נתונים מרכזיים כגון רשימות, טאפלים ומילונים, וכן לבנות קומבינציות של רשימות בתוך רשימות ורשימות של טאפלים. במהלך המפגש פתרנו תרגילים אלגוריתמיים מעשיים העוסקים בעיבוד נתונים, עם

דגש על יישומים פשוטים של AI, כדי להמחיש כיצד עקרונות אלגוריתמיים בסיסיים בפייתון תומכים בפיתוח מודלים חכמים בכיתה.

במפגש השלישי התמקדנו בנושא הסיווג (Classification): תחילה הסברנו מהו סיווג – חלוקה של פריטים לקטגוריות מוגדרות על-פי תכונותיהן – ומדוע מדובר באבן יסוד חשובה בבינה מלאכותית, למשל בזיהוי מיילים כ"ספאם" או בריפוי תמונות רפואיות. בהמשך התעמקנו בהבנת הנתונים שמאחורי המשימה, ובנינו באמצעות גישת האלגוריתמיקה מודל סיווג בסיסי שיודע להפריד בין שתי קבוצות. תרגול זה אפשר למשתתפים לחוות את שלבי העבודה המעשיים: הכנת מאגר הנתונים, בחירת תכונות מייצגות ופיתוח אלגוריתם פשוט שמאפשר למידת מכונה וביצוע סיווג בכיתה.

במפגש הרביעי המשכנו בבניית מודלי סיווג מתקדמים: הפעם באמצעות שילוב בין פייתון לכלי ה-Teachable Machine של Google. המשתתפים למדו כיצד לאסוף ולסווג דוגמאות נתונים בעזרת הממשק החזותי של Teachable Machine, לייצא את המודל כקובץ TensorFlow Lite, ולשלובו בסביבת פייתון לתהליכי אימון, בדיקה ועריכה נוספים. במהלך התרגול נבחנו שיטות להערכת ביצועי המודל (כמו דיוק), ובחנו דרכים פשוטות להטמעת המודל בפרויקטי כיתה, לדוגמה לזיהוי אובייקטים ברקע צילומים או לסיווג טקסטים. כך המורים למדו כלים חדשים להרחבת היכולות החינוכיות ולהפיכת נושא הסיווג לנגיש ומעשי עבור תלמידי חט"ב.

במפגש החמישי התמקדנו בעולמו של ה-Generative AI ובחנו כיצד מנגנוני בינה מלאכותית יוצרים תוכן חדש. פתחנו בהגדרה של צ'אטבוט כישות אוטונומית המבוססת על LLM המסוגלת לנהל דיאלוג טבעי עם משתמש, והסברנו את עקרונות פעולתם של מודלי השפה: כיצד מתבצע תהליך האימון על מאגרי טקסט גדולים וכיצד מודל יצר טוקנים ליצירת תגובות. לאחר מכן התנסו המשתתפים בשימוש במערכת Gemini – בניית תרחישי שיחה, ניסוח פרומפטים ואינטגרציה ראשונית עם פייתון – כדי לחוות באופן מעשי את יכולות ה-Generative AI ככלי להעשיר את תהליכי ההוראה ולפתח פרויקטים חדשניים בשיעור מדעי המחשב.

במפגש השישי העמקנו בטכניקות כתיבת פרומפטים עבור Generative AI: תחילה למדנו כללים להנגשה מדויקת של בקשתנו למודל – ניסוח ברור וממוקד, שימוש בהקשר רלוונטי, וציון פורמט התשובה הרצוי – ולאחר מכן הכירו המשתתפים סוגי פרומפטים כגון zero-shot, few-shot ו-chain-of-thought. בשלב המעשי התממשקנו ל-Gemini API מתוך סקריפט פייתון: ביצענו אימות באמצעות מפתח ה-API, שלחנו בקשות JSON עם הפרומפטים שתיכננו, וניתחנו את תגובת המודל לפיתוח יישומים חינוכיים מבוססי שיחה, סיכום וחלוקת תכנים בכיתה. ראו דוגמא באיור 1. מדריך לתלמיד ניתן למצוא [כאן](#).

```
import google.generativeai as genai

genai.configure(api_key="YOUR_API_KEY")

model = genai.GenerativeModel("gemini-1.5-flash")

response = model.generate_content("Could you please explain what AI is?")

print(response.text)
```

איור 1: דוגמא קוד ששולח בקשה ל-Gemini ומבקש ממנו להסביר מה זה AI

המפגש השביעי הוקדש למושג הקיבוץ (Clustering): משימת חלוקת אוסף נתונים לקבוצות אוטונומיות על פי דמיון פנימי, ללא תיוג מראש. התחלנו בהגדרת הקיבוץ והצגנו את הקשר שלו לתחום הבינה המלאכותית – כיצד שיטות קיבוץ מאפשרות גילוי תבניות, ארגון נתונים ומציאת תובנות במאגרים בלתי מסווגים. במערך

התרגולים השתמשנו בספריות נפוצות בפייתון כגון scikit-learn כדי לבנות אלגוריתמים של K-Means, ולהפעילים על דוגמאות אימון. לבסוף בחנו שיטות להערכת איכות הקיבוץ כדי להעמיק את ההבנה של המשתתפים בתהליכי בחירה וכיול של מודלים לקיבוץ בכיתה.

להלן מוצגות החיות אותן סיווגנו והקוד הממין את החיות ומציגן לפי קבוצות.

בואו נראה איך עושים לחיות clustering בפייתון!



יבאו את הספריות הרלוונטיות

```
import numpy as np
```

```
from sklearn.cluster import KMeans
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
import pandas as pd
```

הדינו את שמות החיות:

```
animal_names = ["Tree Kangaroo", "Greeny", "Sugar Glider", "Rangler", "Ground Pingy", "Flying Fox", "Monitor Lizard", "Bird of Paradise", "Hornbill", "Vampo"]
```

הדינו את המאפיינים של כל חיה

```
animal_data = [
```

```
[7, 50, 10], # Tree Kangaroo
```

```
[100, 200, 25], # Greeny
```

```
[1, 20, 50], # Sugar Glider
```

```
[6, 55, 12], # Rangler
```

```
[90, 190, 8], # Ground Pingy
```

```

[1.5, 30, 60], # Flying Fox
[40, 120, 15], # Monitor Lizard
[2, 25, 45], # Bird of Paradise
[15, 70, 18], # Hornbill
[20, 100, 20] # Vampo
]

# הפעלת אלגוריתם הקיבוץ
animal_data = np.array(animal_data)

# קביעת מספר הקבוצות
k = 3

kmeans = KMeans(n_clusters=k, random_state=42)
kmeans.fit(animal_data)

# ייצוא הקבוצות
labels = kmeans.labels_

# שמירת הקבוצות והמידע על כל חיה
animal_df = pd.DataFrame(animal_data, columns=["Weight (kg)", "Height (cm)", "Speed (km/h)"])
animal_df["Name"] = animal_names
animal_df["Cluster"] = labels

# הדפסת התוצאות
print("\nAnimal Clustering Results:")
print(animal_df.sort_values("Cluster"))

# יצירת גרף המציג את החיות לפי קבוצות
colors = plt.cm.plasma(np.linspace(0, 1, k))
speed_values = animal_data[:, 2]
marker_sizes = speed_values * 3

for i, label in enumerate(labels):
    plt.scatter(animal_data[i][0], animal_data[i][1], s=marker_sizes[i], color=colors[label],
label=f'{animal_names[i]}', edgecolors='black', linewidths=1)

```

```
plt.rcParams['font.family'] = 'DejaVu Sans'
plt.title(f"Animal Clustering with k={k}")
plt.xlabel("Weight (kg)")
plt.ylabel("Height (cm)")
plt.tight_layout()
handles, unique_labels = plt.gca().get_legend_handles_labels()
unique_handles_labels = dict(zip(unique_labels, handles))
plt.legend(unique_handles_labels.values(), unique_handles_labels.keys(),
bbox_to_anchor=(1.05, 1), loc='upper left')
plt.show()
```

במפגש השמיני התחלנו בהכנה לפרויקט הסיום ובחנו את מודול ה-Turtle בפייתון: המשתתפים הכירו את ספריית ה-Turtle לשרטוט גרפי פשוט, התנסו ביצירת אובייקט "צב" על המסך ולמדו לטפל באירועי עכבר – לחץ, גרירה ותזוזה. במהלך התרגול הדגשנו את ההבדל בין אירוע עכבר כללי על חלון הציור לבין אירוע שממוקד באלמנט הצב עצמו, ולימדנו כיצד לרשום מאזינים (listeners) שיזמינו פעולות קוד מותאמות עבור כל אירוע. בסיום המפגש ידע כל משתתף לכתוב פונקציות callback שיפעילו לוגיקה גרפית בזמן אמת, כשבכך הנחנו את היסודות לפיתוח פרויקטים יצירתיים שמשלבים ממשק משתמש מונחה אירועים בשיעורי מדעי המחשב.

במפגש התשיעי הרחבנו את יכולות ה-Turtle על ידי זימון פעולות מותאמות לאירועי מקלדת – לדוגמה זיהוי לחיצה על מקשים להפעלת פונקציות גרפיות, ושילבנו שימוש בטיימר פנימי לביצוע פעולות בזמן קבוע. לאחר מכן הצגנו את דרישות פרויקט הסיום, הכוללות אפיון ראשוני והתחלת מימוש של משחק או מערכת חינוכית המשלבת לפחות אחד מהנושאים שנלמדו ב-AI (כמו סיווג, קיבוץ או יצירת מודלים חישוביים). כך יצאו המשתתפים עם תשתית טכנולוגית לפיתוח פרויקטים יצירתיים שיחברו בין תכנות גרפי ואירועי זמן אמת לתכני בינה מלאכותית.

במפגש העשירי התמקדנו בפרויקט הסיום: המשתתפים המשיכו בפיתוח המערכת או המשחק שתוכננו במפגש הקודם, כשהפוקוס הוא על שילוב מרכיבי ה-AI שלמדו במהלך ההשתלמות – סיווג, קיבוץ, או מודלים גנרטיביים – בתוך קוד הפיתוח שלהם. כל קבוצה נהנתה מתמיכה צמודה מצד המרצים דנה אבן חיים וצוות hellotech, שקיימו סשנים של בדיקת קוד, מתן משוב טכני ופדגוגי וטיפוח רעיונות לייעול הפרויקט. בנוסף, התקיימו בינות המשתתפים חוות דעת עמיתים (peer review) על תכנון הארכיטקטורה ואופן השימוש בספריות ה-AI, כדי להבטיח איכות תוצרי הגמר ולהקנות למורים כלים להנחיית פרויקטים דומים בכיתתם בעתיד.

במהלך ההשתלמות פיתחו המורים פרויקטים יצירתיים המשלבים תכנות ובינה מלאכותית, תוך יישום מעשי של התכנים שנלמדו. בין הפרויקטים הבולטים ניתן למנות אפליקציה לסיווג צמחים על סמך תמונה ונתוני

סביבה, צ'אטבוט חינוכי מבוסס Gemini המתרגל את לוח הכפל באופן דיאלוגי, ומשחק אינטראקטיבי המאפשר קטלוג חפצים לפי קבוצות דומות באמצעות אלגוריתמי קיבוץ (clustering). פרויקטים אלו מדגימים כיצד ניתן לשלב יכולות AI בסביבות למידה חווייתיות ורלוונטיות לעולמם של תלמידי חטיבת הביניים.

כדי לעגן את השינוי בשטח, ולאור ההצלחה הראשונית, נפתח מחזור נוסף של ההשתלמות בקיץ 2025, בהשתתפות 60 מורים נוספים. מחזור זה ביסס את ההשתלמות כמרכיב מרכזי בהטמעת תחומי ה-AI בהוראת מדעי המחשב כבר בשלב החטיבה, תוך יצירת המשכיות מקצועית והכנה לשינויים צפויים בתוכנית הלימודים ובבחינות העתידיות.

כדי להמחיש למורים שהכשרות אלו מהוות חלק אינטגרלי מתוכנית הלימודים, שולבו שאלות ייעודיות בנושא בבחינות הארציות בפייתון לתלמידי החטב, וזאת על מנת להבהיר כי מדובר בשינוי מהותי ולא בתוספת שולית.

תודות

פיתוח תכני ההשתלמות, גיבוש החזון והחשיבה המשותפת, הוראת התכנים בפועל ותמיכת המורים המשתלמים – כל אלו לא היו מתאפשרים ללא שותפות עמוקה מצד גורמים רבים במערכת החינוך, האקדמיה והתעשייה. אנו מבקשים להודות לכולם על תרומתם המשמעותית:

- **צוות Hellotech Google** – עדי בר צבי ואורין וינברג, עמרי שניר, עופרי חפץ ושרון סורין, על הובלת ההשתלמות והעברת התכנים בשטח.
- קרן רש"י והמרכז לחינוך סייבר מיסודה של קרן רש"י – אסיף אלמוזני, דנה אבן חיים, ענת גושן ורותם מלכי, על תרומתם לפיתוח חומרי ההכשרות ועל הליווי הצמוד למורים.
- **הפיקוח על הוראת מדעי המחשב במשרד החינוך** – רחל פרלמן, דורית בן דוד וחגית כהן, על יצירת שיתופי הפעולה בין כלל הגורמים, גיבוש חזון ההשתלמות, אישור תכני ההשתלמות בהלימה לתוכנית הלימודים וההטמעה בשטח.

מודלי שפה (LLM) - השתלמות מתקדמת למורי תיכון: יישומים ב-AI בעזרת Gemini API בפייתון וג'אווה

כתבו:

רחל פרלמן, הוראת מדעי המחשב והנדסת תוכנה

עודד אלידע, Google

במגמת הנדסת תוכנה ניתנת לתלמידים האפשרות ללמוד בהיקף של עד 10 יחידות לימוד – 5 יח"ל במקצוע המוביל מדעי המחשב ו-5 יח"ל במקצוע ההתמחות תכנון ותכנות מערכות. מקצוע מדעי המחשב כולל שני מסלולי בחינה: מסלול בסיס בן 3 יח"ל ומסלול משולב הכולל תוספת של 2 יח"ל השלמה ל-5 יח"ל. סמל הבחינה להשלמה ל-3 יח"ל הוא 899371, ול-5 יח"ל סמל הבחינה 899271. בנוסף, קיימת מטלת ביצוע בהיקף של 1 יח"ל, בסמל הבחינה 899373.

במסגרת מקצוע ההתמחות 5 יח"ל – תכנון ותכנות מערכות (סמל בחינה 883589), על התלמידים לבחור אחת מבין ארבע חלופות תוכן: למידת מכונה (Deep Learning), הגנת סייבר ומערכות הפעלה, פיתוח אפליקציות למכשירים חכמים (טלפונים חכמים), או שירותי אינטרנט, תכנות אסינכרוני ומסדי נתונים. כל אחת מהחלופות נועדה לאפשר לתלמידים להעמיק בתחום טכנולוגי עכשווי ומתקדם, תוך פיתוח יכולות תכנות, חשיבה יצירתית ופתרון בעיות באופן מעשי.

בשנת 2020 פותחה על ידי משרד החינוך תכנית לימודים ייחודית ללמידה עמוקה (Deep Learning), המתמקדת בהכרת תחום למידת המכונה ויישומיו דרך תכנות מתקדם וניתוח נתונים. תכנית זו משלבת עקרונות מתקדמים של בינה מלאכותית יחד עם פרויקטים מעשיים, ומאפשרת לתלמידים לפתח פתרונות לבעיות אמיתיות תוך שימוש בכלים עכשוויים. עם זאת, נכון לשנת תשפ"ה רק כ-300–500 תלמידים לומדים את החלופה בפועל, וכ-30 מורים בלבד מלמדים אותה באופן פעיל, מה שמעיד על האתגר בהוראת החופה.

בשנת 2023, במהלך פגישה בין הפיקוח על הוראת מדעי המחשב לבין שר החינוך, ח"כ יואב קיש, הובע רצון להרחיב את לימוד תחום הבינה המלאכותית כך שכל תלמיד במדעי המחשב ייחשף אליו, תוך הדגשת הרלוונטיות התחום לעתיד התלמידים והמשק בישראל. עם זאת, עלה אתגר מרכזי – הדרישה המתמטית הגבוהה של תחום הלמידה העמוקה, שאינה בהכרח מתאימה לכל תלמידי המגמות. על אתגר זה נפרט בגיליון הבא של "היבטים".

לכן, נדרשה חשיבה יצירתית כיצד לשלב רכיבי בינה מלאכותית ולמידת מכונה בכלל ההתמחויות בהנדסת תוכנה, גם במקרים שבהם התלמידים אינם לומדים מתמטיקה ברמה של 5 יח"ל. המענה לכך בא לידי ביטוי בפיתוח מערכי שיעור, פרויקטים ותרגולים המשלבים אלגוריתמים של למידה חישובית, עיבוד נתונים ויישומי בינה מלאכותית באופן נגיש, הדרגתי ומותאם ליכולות שונות.

מטרת מהלך זה היתה להנגיש את תחום הבינה המלאכותית לכל תלמיד במדעי המחשב – לא רק כמושג עיוני, אלא כחוויה מעשית של תכנות, חקירה, פתרון בעיות ויצירתיות – ולהבטיח שתלמידי ישראל יעמדו בחזית החדשנות העולמית.

לאור הצורך להרחיב את שילוב הבינה המלאכותית בכלל ההתמחויות בהנדסת תוכנה – ולא רק בחלופה הצרה של "למידה עמוקה" – פנתה רחל פרלמן מהפיקוח על הוראת מדעי המחשב לדוד קדוש מחברת Google ישראל, על מנת לבחון פתרון מערכתי ליישום החזון. מתוך שיתוף פעולה זה נולדה השתלמות

מקוונת פורצת דרך, שפותחה במרכז הפיתוח של Google Israel בשותפות עם הפיקוח על הוראת מדעי המחשב ומרכז המורים הארצי (הטכניון). מטרת ההשתלמות היתה להכשיר את מורי הנדסת התוכנה לשלב את Gemini API בתהליכי ההוראה והלמידה בכיתה, כך שתלמידי תיכון יתנסו בפיתוח קוד משולב AI כחלק מההוראה השוטפת – ולא רק בפרויקטים מיוחדים של הערכה חלופית. ההשתלמות חרגה מאוריינות AI או תיאוריה והתמקדה באינטגרציה תכנותית (API-based). עם רישום מרשים של 397 מורים – שכולם סיימו את ההשתלמות בהצלחה – נרשם תקדים חסר-תקדים בהיקף ובהשפעה של הכשרות מורים במדעי המחשב, וזאת אף על פי שההשתתפות התקיימה לפני שתכנית הלימודים הרשמית טרם עודכנה בהתאם.

אוכלוסיית היעד כללה 397 מורי הנדסת תוכנה בבתי הספר התיכוניים בישראל, אשר התקבלו להשתלמות בהתאם לקריטריונים הבאים: תעודת הוראה במדעי המחשב או בהנדסת תוכנה, היעדר רקע קודם בלמידה עמוקה (ההשתלמות היתה מיועדת למתחילים), וחשבון Google מאומת לגילאי 18 ומעלה (תנאי הכרחי לקבלת מפתח ל-Gemini API). ההשתלמות הוכרה לגמולי "עוז לתמורה" ו"אופק חדש", והמשתתפים ייצגו חתך מגוון של קהילת מורי המחשבים בארץ: כ-60% מהם בעלי תואר שני, 30% תואר ראשון, 5% הנדסאים או מסיימי הסבות אקדמיות, ו-3% בעלי תואר דוקטור. תחומי ההוראה של המורים כוללים את פיתוח אפליקציות מובייל ("טלפונים חכמים"), 5 יח"ל מדעי המחשב, שירותי אינטרנט ומסדי נתונים, הגנת סייבר, מערכות הפעלה, פייתון בחטיבת הביניים ולמידת מכונה. גיוון זה אפשר בחינה שיטתית של המעבר להוראה משולבת AI, כולל הבנת התכנים, עמדות כלפי שילוב זה, ופרקטיקות בהוראת מחשבים. נציין כי הדרישה לחשבון Google מאומת מעל גיל 18 מהווה חסם מהותי לשילוב תכנים אלה בכיתות, עובדה המחדדת את הצורך בפתרון מערכתי על מנת לאפשר לתלמידים גישה לכלי ה-AI כחלק משגרת הלמידה.

ההשתלמות התקיימה בין פברואר לאפריל 2025, כללה תשעה מפגשים: שמונה סינכרוניים שבועיים לצד מטלות אסינכרוניות, וכנס מסכם ב-4.5.2025. מרכיבי ההערכה כללו חמש מטלות-בית שבועיות בנושאי פרומפטינג, הרחבת קוד, ושילוב Gemini API בקוד קיים. בנוסף, כל משתתף ביצע פרויקט גמר – פיתוח אפליקציה או מודול קוד הכולל שילוב של Gemini API, תוך ממשק משתמש גרפי (GUI) או טקסטואלי (CLI). ההערכה הסופית התבססה על שקלול 60% עבור הפרויקט ו-40% עבור המטלות השוטפות. תנאי המעבר בהשתלמות עמד על ציון 60 ומעלה ונוכחות מלאה במפגשים.

ההשתלמות התבססה על תשתיות דיגיטליות מגוונות שאפשרו עבודה מעשית ויישום בתכנות של תכני הבינה המלאכותית. המשתתפים התנסו בעבודה עם Gemini Chatbot (בגרסה החינמית או המתקדמת), הפיקו מפתחות API באמצעות Google AI Studio, ופיתחו פרויקטים בסביבות פיתוח כגון Google Colab ו-Android Studio. מאגר קוד שיתופי נוהל באמצעות Git והיווה פלטפורמה לשיתוף פתרונות, הרחבות והדגמות קוד בין המשתתפים לאורך ההשתלמות.

במהלך הקורס התקיימו תשעה מפגשים מובנים, ולצדם מפגש בלתי-רשמי נוסף. כל מפגש התמקד במשלב אחר בעבודה עם Gemini ובשילובו בהוראה ובפיתוח פרויקטים. בשלושת המפגשים הראשונים (1-3) עסקנו בהיכרות עם המשתתפים וסביבות העבודה של Gemini, בהנדסת פרומפטים, ובכתיבה, בדיקה ו-Debugging של קוד. המטרה הייתה יישור קו בין כלל המשתתפים. אולם עבור מי שכבר הגיע עם ניסיון קודם התוכן נתפס כמוכר ופחות מאתגר.

הלב הטכנולוגי של הקורס התקיים במפגשים 4-5: חיבור Gemini API לאנדרואיד ול-Python, ואינטגרציה מלאה של יכולות AI בפרויקט אנדרואיד. דווקא בשלב זה נרשמה היעדרות של חלק מהמשתתפים, שסברו בטעות כי הקורס כולו יישאר ברמת הפתיחה שהכירו מהמפגשים הראשונים.

במפגשים 6-8 עברנו ליכולות מתקדמות: ניתוח תמונה, קוד מרובד ו-function calling; הערכת ביצועי Gemini באמצעות מדדים אמפיריים, מנגנוני הערכה אוטומטיים (auto-evaluators) ומאגרי נתונים סינתטיים. ולבסוף תרגול מתקדם והכוונה לפרויקט. מטרת-העל הייתה העמקה במודלים ופתרון בעיות נפוצות, אך עבור חלק מהמורים התוכן היה מורכב. בנוסף, נערכה הרצאה ייעודית על embeddings, RAG ויישום chatbot: מפגש שלא הופיע רשמית בסילבוס, אך בפועל היווה נדבך תוכני מתקדם נוסף שנפתח בפני כלל המשתתפים.

להלן נתאר את המפגשים.

11.2.2025 - מפגש 1: היכרות, רישומים, הגדרת סביבות Gemini והדגמות בסיסיות. במפגש הראשון, המרצים מ-Google Israel הציגו את שלושת יעדי ההשתלמות, פיתוח חשיבה "AI-first" באמצעות Gemini כעוזר אישי, שימוש ב-Gemini כ-pair-programmer לכתיבת ובדיקת קוד, ושילוב Gemini API באפליקציות לצורך פיתוח סוכני AI, ובכך יישרו קו מושגי בין המשתתפים. לאחר הצגת הצוות והלו"ז הכולל, נפתח דיון תיאורטי: מהי בינה מלאכותית, כיצד Generative AI מייצר תוכן חדש על סמך דפוסים של דאטה עצום, וכיצד מודלים שפתיים גדולים (LLM) חוזים את המילה הבאה על-פי הסתברות ומגרילים בין חלופות סבירות. החלק הפדגוגי הדגיש מיפוי יכולות של AI, ליווי למידה, יצירת רעיונות, תשובות עובדתיות, סיוע בקוד וניתוח נתונים, והודגם באמצעות משימות כיתתיות כמו הכנת שיעור וכתיבת שאלות בחינה. לבסוף הוגדרו משאבי העבודה: חיבור לצ'ט-בוט Gemini (חינמי או Google AI Studio), (Advanced) להפקת מפתח API, וסביבת פיתוח עצמאית (PyCharm/Android Studio), לצד מנגנון למידה המשלב מפגשי Google Meet, חדרי תרגול, פרויקט אישי וערוץ Q&A רציף. פגישה זו הניחה כאמור את היסודות המדעיים והיישומיים שעליהם ייבנו יחידות ההמשך והערכת האימפקט במחקר. מצגת המפגש הראשון מופיעה [כאן](#).

למידה ותובנות מן המפגש (11.2.25)

מתשובות המורים לשאלה "שלושה דברים שלמדתי במפגש 11.2.25" עלו מספר נושאים מרכזיים. מורים רבים דיווחו כי המפגש העמיק את היכרותם עם עקרונות הפעולה של בינה מלאכותית, ההיסטוריה של התחום והמבנה של מודלים לשוניים גדולים, כאשר אחד מהם ציין כי למד על "היסטוריה של ה-AI, מנגנון עבודה סמנטי, איך לעשות קוד בלוקס במסמכים", ואחר הוסיף כי הבין "מה זה LLM, מה הנקודות ההיסטוריות החשובות, ועוד כלים של AI".

בנוסף, הודגש הערך של ההיכרות המעשית עם Gemini API והדגמות הקוד, למשל מורה שתיאר "השילוב של קטעי קוד בשפות Python, Java ואנדרואיד, יחד עם הדגמות חיות של Gemini API" ואחר שציין כי נחשף לכך ש-"לא ידעתי שאפשר לשלב את ג'ימיני באנדרואיד סטודיו". היו גם מי שהתרשמו מהיכולת של הכלים לשמש בהוראה, כמו המורה שכתב שלמד "כיצד לבנות שאלות למבחן בעזרת AI ולדייק את הבקשה כדי לקבל שאלות איכותיות יותר".

חלק מהמורים התייחסו לחשיבות של חידוד הפרומפטים כדי לשפר את התוצרים, למשל "להגיד ל-Gemini 'אתה...'- זה מסביר לו מי הוא, באיזה סגנון לענות", בעוד אחרים התמקדו ביכולות נוספות כגון "שימוש ב-AI כדי לכתוב קוד, להנחות נכון את הפרומפט, להכניס טקסט ותמונה רלוונטית".

המפגש, שהועבר בשיתוף מהנדסי גוגל, נתפס כמקצועי ומעורר השראה, כאשר אחד המשתתפים תיאר כי "העובדה שהמפגש הועבר על ידי צוות מהנדסי גוגל בהובלת מר דוד קדוש נתנה תחושת ביטחון, אמינות

ומוטיבציה להמשיך ללמוד ולהתפתח בתחום", ובמקביל הודגש כי מדובר בעולם תוכן רחב הדורש העמקה נוספת – כפי שסיכם אחד המורים: "יש המון כלים שעדיין לא מכיר".

יישום מתוכנן בכיתה לאחר המפגש (11.2.25)

המורים הציעו מגוון רחב של רעיונות ליישום התובנות מהמפגש בכיתותיהם. חלקם תכננו לערוך שיעור העשרה בנושא AI תוך "הצגת סביבת Gemini, ההיכרות עם הפלטפורמה והדוגמאות", בעוד אחרים התמקדו בשילוב כלים מעשיים כמו "שימוש ב-API מתוך הקוד" או "זיהוי עצמים בתמונה באפליקציה של התלמידים". מספר מורים תיארו את רצונם "להראות את הכלים לתלמידים, לדעת איך לחקור בעזרתו ולדעת איך לשלב אותו בצורה חכמה", ואחרים ראו בו אמצעי ל"היעזרות ב-AI לתכנות, כתיבת בוחן בעזרת AI, והכנת תרגילים מותאמים".*

היו גם מורים שציינו יישומים יצירתיים יותר, כגון "להשתמש ב-GEMINI לאיתור תקלות בקוד" או "לתת לתלמידים ללמוד נושא באמצעות שיחה עם AI", לצד כאלה שתכננו לשלב את הכלי בפרויקטים קיימים – "להכניס את השימוש ב-Gemini API כבר בפרויקטים בהנדסת תוכנה". חלקם התייחסו לחשיבות של חשיפה כללית, למשל "חשוב מאוד לעשות חשיפה לתלמידים לסקירה וההגדרה של הבינה המלאכותית, ואחר כך הדגמת כלי עם דוגמאות".

לצד ההתלהבות, חלק מהמשיבים הביעו זהירות או המתנה, כמו מורים שצינו "אני עוד לא יודעת... רק התחלנו" או "בינתיים לא", מה שמעיד על כך שחלק מהיישומים דורשים הבשלה נוספת והתנסות לפני שילובם בפועל בשיעורים.

בתשובות לשאלה "מה לדעתך יעודד מורים להתחיל ללמד את נושא ההשתלמות השנה?" עלו מספר תמות מרכזיות. מורים רבים הדגישו את הצורך בחומרי הוראה מוכנים – "מערכי שיעור מוכנים מראש", "חומרי הוראה איכותיים ומוכנים לשימוש", ו-"קיצור זמן משמעותי לבניית שיעורים". לצד זאת, עלה הצורך בדוגמאות יישומיות – "דוגמאות רצות וקלות להשמה", "דוגמה פשוטה ליישום בכיתה המשתלבת בנושאי הלימוד השוטפים" ו-"דוגמאות מה ניתן ללמד ואיך ללמד". מורים אחרים הדגישו את חשיבות התמיכה המקצועית והליווי – "הצמדת מנטור לבית הספר שיחזיק למורים את היד", "ליווי מורים", ו-"תמיכה והתנסות מעשית". תמה חוזרת נוספת הייתה הצורך בחשיפה והיכרות מעמיקה – "היכרות טובה עם כלי ה-AI", "ידע חדש" ו-"הבנה שנושא חשוב וייעל להם את העבודה". לבסוף, מספר מורים ציינו כי נדרש זמן ומשאבים – "זמן, זמן, זמן", "תוספת שעות", ו-"תקציב למשחקים ו-API Key לג'מיני". שילוב של הכשרה מעשית, דוגמאות מוכנות, ליווי מקצועי ומשאבים מתאימים עשוי, לפי המשיבים, להאיץ את תהליך ההטמעה של הנושא בבתי הספר כבר השנה.

18.2.2025 - מפגש 2: הנדסת פרומפטים לביצוע משימות מורכבות; תרגול מונחה. במפגש 2, שהוקדש

להנדסת פרומפטים וליישום עקרונות "AI-as-assistant", המשתתפים למדו כיצד לנסח הנחיות אפקטיביות לג'מיני תוך מסגור משימה, הגדרת תפקיד-AI, מתן הקשר רחב ודוגמאות רלוונטיות, קביעת פורמט-פלט וביצוע סבבי-עידון איטרטיביים. המרצים הדגישו את ממשק הצ'ט, אפשרויות העלאת קבצים והבנת "חלון ההקשר", הטווח המוגבל של קלט שהמודל "רואה", והדגישו את הצורך בבדיקת-אמת (double-check) עקב טעויות אפשריות במודל. לאחר סקירת ארבעה עקרונות-על ("ה-AI כסייען אישי", "מדבר בשפת בני-אדם", "דורש השגחה", "משתפר מיום ליום"), המשתתפים ביצעו שבע משימות מדורגות: כתיבת מכתב להורים בעקבות כישלון במתכונת, יצירת שאלה למבחן ומחון הערכה, גיבוש שיעור המבוסס על אנלוגיות,

הערכת תשובת-תלמיד, הנבטת רעיונות, שאילת שאלות על מסמך ובעיבור נתונים מטבלה. המפגש נערך במתכונת שיעור סינכרוני בגוגל-מיט, עם הדגמות חיות, תרגול עצמי וערוץ Q&A בזמן אמת, והכשיר את המורים להפוך את הפרומפטנינג לתהליך פדגוגי שיטתי לקראת שילוב Gemini API בקוד במפגש הבא. מצגת המפגש השני מופיעה [כאן](#).

למידה ותובנות מן המפגש (18.2.25)

במפגש שנערך ב-18.2.25, רוב המשובים הדגישו כי הנושא המרכזי שנלמד היה עקרונות כתיבה ושיפור של פרומפטים (Prompt Engineering), תוך שימת דגש על דיוק ההנחיות, מתן הקשר, והגדרה ברורה של התפקידים בשיח עם המערכת. מורים ציינו כי למדו "כיצד לכתוב בצורה יצירתית שאלות לתלמידים" וכי "בנייה מדויקת של פרומפט תורמת לתשובה מוצלחת", תוך הבנה ש"צריך לפרט ולחדד את הפרומפט, להגיד לו מי אנחנו ומה אנחנו רוצים". לצד זאת, הודגש גם הצורך בחשיבה ביקורתית – כפי שנכתב "לא לקחת את תשובת הבינה המלאכותית כ-100% אלא לקרוא ולבדוק אם הגיוני ואם נכון" וכן "ה-AI לא תמיד צודק, צריך לבדוק את המידע המתקבל". מורים אחרים התייחסו לשימושים מעשיים שעלו במפגש, כגון "יצירת מחוון, בדיקת תשובות לפי מחוון, מיטוב פרומפט", "הכנת מבחן, הצגת פרומפט מי אתה ומי אני על מנת להתאים תשובות", ואף "שימוש בג'מיני ליצירת תרגילים, ניתוח קבצים וטבלאות". התגובות משקפות שילוב בין חידוד מיומנויות טכניות בכתיבת פרומפטים לבין הבנת היכולות והמגבלות של הכלי, ובכך מייצרות בסיס יישומי רחב להטמעה בהוראה.

יישום מתוכנן בכיתה לאחר המפגש (18.2.25)

לאחר מפגש 18.2.25 התמונה העולה מן המשוב היא של מעבר ממודעות תאורטית ליישום מעשי בכיתה: מורים רבים מתכננים להטמיע תהליכי בנייה והערכה בעזרת בינה מלאכותית, הן כהכנה למבחנים והן כחלק מעבודת ההוראה השוטפת. כך, אחדים מתכוונים ליזום "כתיבת שאלות הכנה לבחינה עם פתרונות" ואחרים מציינים כי "אנסה לבנות מבחן עם הצ'אט" לצד הרחבת הערכה באמצעות "יצירת מחוון למבחן/עבודה" ואף "להערוך מבחן במדעי המחשב + מחוון באמצעות ג'מיני". במקביל מודגשת למידה מטא-קוגניטיבית בכיתה, "להסביר לתלמידים על תכנון הפרומט המתאים" וכן "להשתמש במה שלמדנו בניסוח הפרומפטים שלי מעתה והלאה", יחד עם טיפוח אוריינות ביקורתית, למשל "לתת לתלמידים לבדוק את התשובות שלהם" ו-"ללמד את התלמידים חשיבה ביקורתית גם ב-AI". מעבר לכך ניכרת כוונה לשלב את הכלי בתהליכי פיתוח: "פתרון בעיות בתכנות באמצעות ג'מיני" ו-"להדגים לתלמידים כיצד למצוא פתרון לבאגים חדשים שלא מכירים", וגם בהוראה דיפרנציאלית, "לעודד את התלמידים לבקש שאלות לתרגול לפי רמת ידע וקושי". לצד ההתלהבות נשמרת זהירות מקצועית: "AI זה עדיין גולם שצריך בדיקה אנושית" ולכן מתוכננות דרכי עבודה המדגישות בדיקה ואימות לפני שימוש חינוכי.

25.2.2025 - מפגש 3: כתיבה, בדיקת-קוד, איתור באגים ו-Debugging בסיוע Gemini. במפגש 3

הועבר מוקד הלמידה מהנדסת-פרומפטים אל יישום מעשי של Gemini כשותף לפיתוח תוכנה: המשתתפים תרגלו זיהוי והסבר הודעות שגיאה, קבלת סיוע אינטראקטיבי לתיקון באגים, כתיבת קוד חדש ותרגומו בין Python, Java ו-Antdroid, הפקה אוטומטית של unit-tests, ויצירת תיעוד ושיפור קריאות הקוד. באמצעות הדגמות חיות בגוגל-מיט וחדרי תרגול, המרצים הדגישו עבודה איטרטיבית: ניסוח פרומפט, בדיקה ביקורתית של פלט ה-LLM, בקשת הבהרות ושכלול חוזר. לתרגול כיתתי וביתי התנסו המורים בניתוח אלגוריתמים קיימים, כתיבת בדיקות קצה, חשיבה על יישומים בעולם האמיתי ואיתור כשלים אלגוריתמיים, וכן פתרו שלוש שאלות בגרות בעזרת Gemini כדי למפות את חוזקותיו וחולשותיו. המשתתפים התבקשו לשמור פרומפטים

ותשובות לצורכי רפלקציה מחקרית, כהכנה לשלב הבא, חיבור Gemini API לאפליקציות. מצגת המפגש השלישי מופיעה [כאן](#).

4.3.2025 - מפגש 4: חיבור Gemini API לאפליקציות Android Java ולתסריטי Python. במפגש 4 הועברה הלמידה מן-היסוד ליישום טכני של Gemini API: תחילה הוסבר כי "כרטיס הכניסה" הוא API Key אישי, שהמשתתפים הפיקו בחינם ב-Google AI Studio, וכן פורטו מגבלות קצב ובטיחות ושיטות לאחסון סודי של המפתח לפני הדגמה בכיתה. לאחר התקנת חבילת google-generativeai והגדרת המפתח, המרצים הדגמו קוד "Hello World" קצר, וכיצד לבנות מעטפת פונקציונלית (`ask_gemini`) המאפשרת קריאות חוזרות עם זיכרון-מטמון ואחסון שגיאות. מכאן עבר התרגול לפרויקטון -- משחק "טאבו" -- שהמחיש הזרקת פרמטרים לתבנית-פרומפט, יצירת רשימת-מילים אסורה באמצעות Gemini, וגינרציה אקראית של מילות-מטרה. הודגם גם היפוך תפקידים, שבו ה-LLM מנחש את המילה מתיאור טקסטואלי של המשתמש. בחלק השני הוצגו דפוסי "הפיכת מידע גולמי למבני": תסריט לניתוח ביקורות-הרצאה והפקת דירוגים, משוב וציטוטים באמצעות פרומפט קשיח, כולל מיפוי ערכים מילוליים לציונים מספריים ועקרונות zero/few-shot לאימות דיוק המודל. לבסוף נידונו ההבדלים המהותיים בין ממשק-הצ'ט לבין API (זיכרון שיחה, חיפוש משלים, העדפות משתמש), והוגדרו מטלות בית: השגת API Key, התקנת הספרייה, והרצה ופרמטריזציה של סקריפט ברכות וכן מימוש מנוע `add_activity` הממיר תיעוד דיבור-לטקסט של אימון גופני לקריאות פונקציה מובנות לצורך אחסון נתונים. סעיף זה ממסד את שלב "הלומד-מפתח", שבו המורים מתנסים בשילוב ממשי של LLM-ים בקוד, כבסיס למדידת השפעת ההתערבות על כשירותם הטכנולוגית והפדגוגית. מצגת מפגש רביעי מופיעה [כאן](#).

למידה ותובנות לאחר המפגש (4.3.25)

במפגש ה-4.3.25 התמקדו המשתתפים בשילוב ה-Gemini API בסביבות פיתוח, והמשובים משקפים למידה מגוונת, הן טכנית והן פדגוגית. מורים רבים ציינו שלמדו כיצד ליצור מפתח API, לשלבו בקוד ולשלוח פרומפטים מותאמים מתוך סביבת פיתוח כגון PyCharm. חלקם הדגישו את החידוש שבהכרת Google AI Studio והבנת ההבדלים בין פרומפטים בצ'אט לבין פרומפטים ב-API, וכן את המגבלות והיתרונות של המפתח החינמי. מורים אחרים התנסו ביכולות המעשיות של הכלי, כמו המרת קוד משפה לשפה, כתיבת ובדיקת Unit Tests, תיעוד פונקציות, ו-איתור ותיקון שגיאות קוד, לצד שימושים יצירתיים יותר כמו בניית משחקים אינטראקטיביים, הפקת שאלות חידון, או יצירת קריטריונים מספריים וטקסטואליים לדירוג טקסטים.

נוסף על כך, הודגש הערך הפדגוגי של הכלי: מספר משתתפים סיפרו כי הבינו כיצד ניתן לשלבו בפרויקטים של תלמידים, לא רק לצורך איתור באגים, אלא גם כעזר לחשיבה על מקרי קצה, שיפור קריאות הקוד, ותרגול מיומנויות תכנות מתקדמות. היו גם מי שציינו שהמפגש היה עמוס ומאתגר מבחינה טכנית, במיוחד עבור מי שאינו שולט בשפת Python, אך ציינו את הפוטנציאל להמשך יישום לאחר תרגול נוסף. התמונה הכוללת מצביעה על שילוב בין למידה של מיומנויות פיתוח קוד, הבנה מעמיקה יותר של עבודה עם API, וזיהוי אפשרויות חדשות לשילוב בינה מלאכותית בתהליכי הוראה ולמידה במדעי המחשב.

יישום מתוכנן בכיתה לאחר המפגש (4.3.25)

בקרב המורים שהתבקשו לציין מה הם מתכננים ליישם בכיתה בעקבות מפגש ה-4.3.25, בלטה במיוחד הכוונה לשלב את Gemini API בפרויקטים ובשיעורים, אם כי חלקם ציינו שיישום מעשי יתבצע רק בשנה

הבאה, לאחר שיתרגלו את הכלי בעצמם. מורים רבים תכננו "לשלב LLM כלומר ללמד שילוב של API בקוד" ולהדגים לתלמידים כיצד ליצור API Key, לחבר אותו לפרויקטים ולשלוח בקשות מהקוד, בין אם בפייתון, באנדרואיד סטודיו או בשפות נוספות. אחרים ציינו רצון להשתמש ב-API לצורך בניית משחקים אינטראקטיביים, חידונים ושאלות אמריקאיות, או לשילובו בתרגילי בדיקת ותיקון קוד, כתיבת מחוונים והוספת הערות אוטומטיות.

כמה מורים הדגישו את ההיבט הפדגוגי, למשל הכוונה "לתת לתלמידים לתכנת בפייתון עם גמיני" או "לשלב את זה בפרויקטים ותרגילי התלמידים" כדי לחשוף אותם לעבודה עם בינה מלאכותית ככלי פיתוח לכל דבר. במקביל, עלו גם הסתייגויות: חלק מהמשיבים הסבירו כי אינם מלמדים פייתון ולכן ינסו ליישם את העקרונות בשפות אחרות כמו Java או C#, בעוד אחרים הודו שעדיין לא הבינו מספיק את התהליך וזקוקים לתרגול נוסף לפני שילובו בהוראה. המגוון בתשובות משקף שילוב בין התלהבות לחדשנות, התאמות למסגרות ההוראה השונות, וזהירות מקצועית בבחינת הטמעת הכלי בכיתה.

11.3.2025 - מפגש 5: אינטגרציית AI בפרויקט אנדרואיד מלא. במפגש 5 עבר הדגש מהפלטפורמות הכלליות לפיתוח נייד, כשמרצי Google הדגישו אינטגרציה מלאה של Gemini-API באפליקציות Android: תחילה נבחנה בחירת שכבת הגישה, Google AI Client SDK לפרוטוטיפים מהירים מול Firebase Vertex AI המאובטח (ללא חשיפת API Key בקוד), והוסברו יתרונות, מגבלות-תשלום וניהול-סודיות של כל חלופה. לאחר הוספת התלות `ai:generativeai:0.9.0:com.google.api.client.generativeai` בקובץ `build.gradle.kts`, בנו המשתתפים מחלקת `GeminiManager` בסגנון `Singleton`, יצרו מופע `GenerativeAI` ושיגרו בקשות באמצעות מתודות `sendMessage()` ו-`sendMessageWithPhoto()` לטקסט ולדימוי חזותי כאחד, תוך טיפול אסינכרוני ב-callbacks לשגיאות ולתוצאות. בחלק ה-UI יושם ממשק `Chat` רב-תור (stateful) המשלב `system-prompt` עקבי והיסטוריית דיאלוג, ומשרטט עקרונות "LLM חסר-זיכרון" המחייבים ניהול מקומי של ההקשר. לבסוף פותחה דוגמת-משחק "בחר את ההרפתקה" המדגימה יצירת חוויה אינטראקטיבית בזמן אמת באמצעות קריאות `Gemini`, ועוגנה מטלה בית: הרחבת `GeminiManager` לשילוב תפריטי-בחירה דינמיים. מצגת מפגש חמישי מופיעה [כאן](#).

יישום מתוכנן בכיתה לאחר המפגש (11.3.25)

במפגש זה למדו המורים מגוון רחב של יכולות חדשות, עם דגש ברור על שילוב API של Gemini בסביבת Android Studio. רבים ציינו שהתוכן היה עבורם "הכל חדש" ואף "וואו!!!! מלא... כל מה שבאתי בשבילי", ובפרט היכרות עם עבודה עם API בג'אווה או קוטלין, שילוב AI בקוד אפליקציות, וניהול שיחה עם המודל כחלק מתהליך הפיתוח. הוצגו יישומים מעשיים כמו שליחת תמונות ל-Gemini לקבלת מתכון או ניתוח תמונה, יצירת כפתורים ודפי ממשק תוך שימוש ב-prompt, שילוב SDK ו-Gemini Manager, ויצירת משחקי עלילה אינטראקטיביים הנשענים על חלקי שיחה (parts) ושומרים את ההקשר בין המהלכים. חלק מהמורים התלהבו במיוחד מהאפשרות "לשפר את הקוד ע"י עזרה ב-Gemini" או "לקבל Javadoc באופן אוטומטי", ואחרים הדגישו את הערך בהצגת "פשטות השימוש ב-API" לתלמידים, כך שיוכלו לשלב בפרויקטים קיימים באנדרואיד או לנצל את היכולות ליצירת רכיבי תוכנה חדשים. לצד ההתלהבות, ציינו מספר מורים שהחומר דרש מהם מאמץ מעקב או שאינו רלוונטי ישירות לחלופה שהם מלמדים (למשל C#), אך גם הם מצאו עניין ברעיונות ובאפשרויות שנפתחו לשילוב AI בפיתוח אפליקציות.

18.3.2025 - מפגש 6: יכולות מתקדמות: ניתוח תמונה, הפקת-קוד מרובד ו-function calling. במפגש 6 הוסב המוקד מיישום נקודתי של Gemini API להכנה שיטתית של פרויקט הסיום, תוך הדגמת יכולות מתקדמות בארבעה צירים עיקריים: (1) הבנת ההבדל התפקודי בין פרומפטים zero-shot לבין few-shot והקצאת דוגמאות כאשר דרוש דיוק גבוה; (2) עיצוב פרמט פלט מחייב: המרצים הראו כיצד להטמיע JSON Schema מלא בפרומפט כדי לכפות מבנה נתונים תקני, ולאחר מכן לנתח את התוצר בקוד; (3) הפיכת מידע חופשי למבני באמצעות דוגמת-עומק: זיהוי אוטומטי של ארוחות, רכיבים, כמויות ויחידות מתוך טקסט טבעי והפקת טבלאות או JSON בר-עיבוד; (4) הצגת דרישות הפרויקט: שילוב לפחות שני סוגי קריאות Gemini API (למשל המרת מידע גולמי, שימוש יצירתי ב-LLM, הבנת תמונה או יצירת צ'אט אינטראקטיבי), הפקת סרטון דמו, קובץ ReadMe ותיקיית-קוד מתועדת. מפגש זה חיבר בין תיאוריה לפרקטיקה, הציב תבניות הנחיה מדויקות והגדיר מדדי ביצוע שיאפשרו לחוקרים לבחון את התפתחות כישורי-AI של-המורים ואת איכות היישום הפדגוגי שלהם בתוצרי-הקורס. מצגת מפגש שישי מופיעה [כאן](#).

מפגש 7: הערכת ביצועי Gemini באמצעות כלי Evaluation ויצירת Data-sets סינתטיים פיתוח מדדים אמפיריים, שימוש ב-auto-evaluators, ובניית מאגרי נתונים לצורך Fine-Tuning וניסויים פדגוגיים. במפגש השביעי הועבר הדגש מיישום Gemini אל מיומנויות מחקריות של הערכת מודלים ויצירת-דאטה: המרצים הציגו את הצורך במדידה אמפירית ("מדע, לא תחושת בטן") ובבחירת פרומפטים/מודלים על-פי נתונים, ולא על-פי התרשמות אישית. נלמדו שתי מתודולוגיות מרכזיות: (1) Ground-truth evaluation – בניית dataset של זוגות קלט-פלט צפוי, פיצולו ל-validation/test, הפעלת פונקציית evaluate() מותאמת-משימה והפקת מדדי דיוק, Precision ו-Recall עם טווחי-שגיאה; (2) Auto-evaluator – מדידה איכותנית כאשר אין "אמת מוחלטת", בעזרת מודל חיצוני שמערך את תשובת-המערכת ומחזיר ציון מספרי. המשתתפים תרגלו פיתוח מודל למשחק "טאבו", ולמדו כיצד "למדוד את המודל" באמצעות meta-dataset המכיל פלט-רצוי וציון צפוי. בנוסף נידונו שיטות Fine-Tuning/LoRA להשבחת מודל למשימה ייעודית, כולל חלוקת dataset ל-validation/test/training והסכנות בהטיה או בשימוש-יתר במכסת-API חינמית. לבסוף הודגשו עקרונות יצירת-דאטה סינתטי בג'מיני, מגבלות רישוי ועלויות, והוקדשה שעת קבלה לשאלות על פרויקט-הסיום, המחייב שילוב לפחות שני סוגי קריאות Gemini API בקוד פדגוגי עובד. פגישה זו משלימה את מערך המחקר בכך שהיא מקנה למורים כלי-אבחון שיטתיים למדידת איכות פתרונות ה-AI שהם מפתחים, ומעמיקה את הבנתם ב-AI-for-Education כתחום מדעי מבוסס-נתונים. מצגת מפגש שביעי מופיעה [כאן](#).

ביתר פירוט, עם דגש פדגוגי, במהלך המפגש הוקדש זמן לשאלת ההערכה: כיצד ניתן לבדוק אם Gemini פועל באופן מדויק ומתאים למטרות המשימה. עודד אלידע מ-Google הציג גישה מערכתית להערכת מודלים, בדגש על כלים המשמשים הן למדידת ביצועים של Gemini והן לאימון ומדידה של מודלים מסורתיים במדעי המחשב. המשתתפים למדו כיצד לבנות מערך בדיקה – מעין "מבחן" לג'מיני – באמצעות יצירת אוסף של קלטים (שאלות) ופלטים צפויים (תשובות), והרצת המודל עליהם. כאשר קיימת תשובה נכונה ברורה, הבדיקה מתבצעת באופן דיכוטומי. לעומת זאת, במקרים בהם התשובה פתוחה או יצירתית, נעשה שימוש במודלים נוספים או בכלים אוטומטיים כדי להעריך את איכות התגובה לפי קריטריונים מוגדרים כגון בהירות, דיוק וסגנון. כמו כן, הוצגה האפשרות להשתמש ב-Gemini ליצירת נתונים סינתטיים כאשר מאגר הדוגמאות קטן, ובכך להרחיב את סט האימון באופן אוטומטי. לבסוף, הוסבר כיצד ניתן לבצע כיוונון מדויק (fine-tuning) של המודל בהתבסס על הדוגמאות, כך שישפר את ביצועיו בהתאם לצרכים הפדגוגיים. גישה זו מהווה שימוש נוסף ומשמעותי ב-Gemini, גם כאשר המוצר הסופי אינו כולל קריאה ישירה למודל, ובכך

היא מאפשרת חשיפה של מורי מדעי המחשב למודלים מתקדמים של בינה מלאכותית – מודלים שלא היו כלולים בתכנית הלימודים המקורית, אך תורמים רבות להעמקת ההבנה ולפיתוח חשיבה ביקורתית על איכותם של כלים חשובים.

מפגש 8: מפגש תרגול מתקדם. מפגש זה הוקדש ליישום ע"י המשתתפים בהנחיה צמודה של פרויקטים שהמורים הכינו לקראת הכנס המסכם של ההשתלמות. הוצגו דוגמאות ורעיונות וחשיבה משותפת כיצד לשלב את הנלמד בפרויקטים במדעי המחשב והנדסת תוכנה.

הערות לסיכום

תוצר מעניין, אותו לא צפינו מראש בקורס, הוא פיתוחם של שלושה קורסי המשך, בהתאמה לשלושת מסלולי הפרויקטים, המבוססים על ההדרכה שניתנה אך מנוהלים וממשיכים כעת בידי המורים עצמם. אף שלא תכננו זאת מלכתחילה, חוויה זו מדגישה כי בשיתופי פעולה עתידיים בין תעשייה לחינוך כדאי לתכנן מראש "המשך טבעי" שכזה: התאמת חומרי ההדרכה לשלב הבא, הגדרת קורסי המשך כיעד מפורש, זיהוי המדריכים העתידיים כבר בתחילת הדרך ושיתופם בתהליך החשיבה על תכני הקורס. עם זאת, חשוב לשמור על איזון ולהימנע ממצב של "יותר מדי טבחים במטבח". בנוסף, מורים מובילים מהשטח החלו ביוזמה לכתיבת חומרי לימוד ולהנגשת הידע שנלמד ממרצים בתעשייה לתלמידים ולכלל קהילת המורים בנוסף ל-220 המובילים. מהלך זה מצביע על אחריות מקצועית וצורך ממשי בתיעוד ובהפצה רחבה של הידע, כך שההשקעה בהכשרה תתורגם למשאבים זמינים ומתמשכים עבור המערכת כולה.

בגיליון הבא של היבטים נציג את עמדות המורים ביחס לשילוב תכנים אלה בהוראת מדעי המחשב ואת ההשתלמות בנושא הגנת סייבר בשילוב Gemini API.

תודות

הצלחת ההשתלמות לא הייתה מתאפשרת ללא שותפותם הפעילה של מומחים מהתעשייה ומהאקדמיה. תודה מיוחדת למהנדסים ולמומחים מתחום הבינה המלאכותית והפיתוח, בהם מנהלי מוצרים, חוקרים, מומחי אנדרואיד ומובילי חדשנות טכנולוגית, אשר תרמו מניסיונם המקצועי, ליוו את התהליך והעשירו את תכני ההכשרה. תרומתם תרמה רבות להעמקת הידע של המורים ולהנגשתו לתלמידים, והייתה נדבך מרכזי בהצלחת השינוי.

תכנון ההשתלמות והחזון לפיתוחה הובלו על ידי **רחל פרלמן**, מהפיקוח על הוראת מדעי המחשב במשרד החינוך, אשר ראתה חשיבות רבה בהטמעת מודלי שפה ובינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב.

תודה מיוחדת ל:

דוד קדוש - מנהל מוצרים בכיר. גוגל

עודד אלידע - גוגל דיפמינד

רן נחמני - מומחה פיתוח אנדרואיד

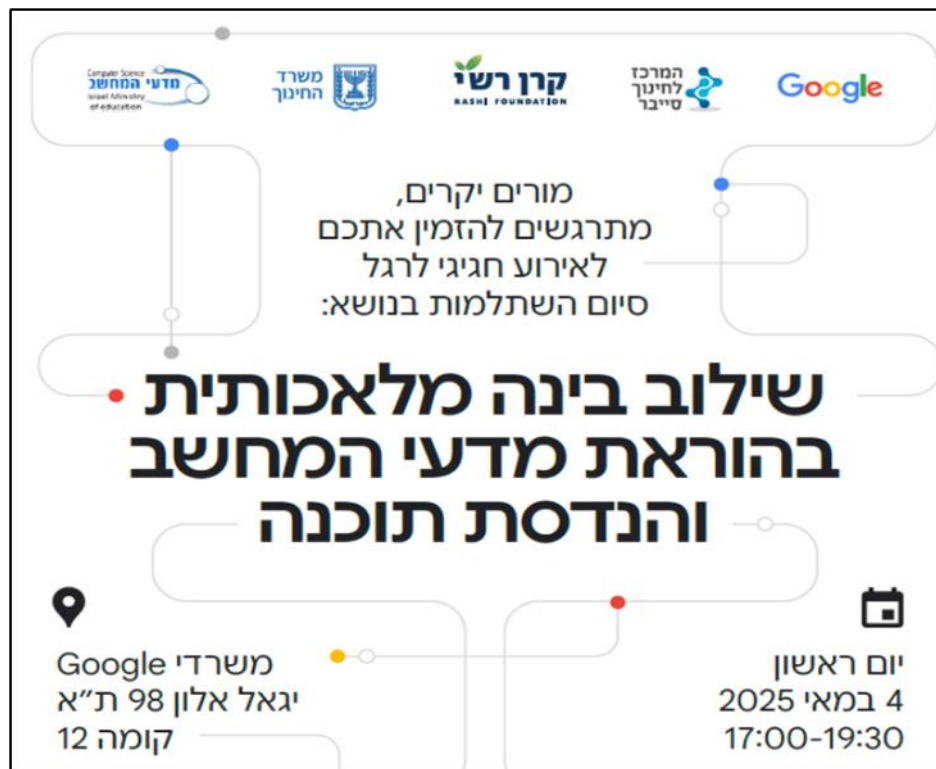
עמרי שניר - פיתוח מערכות וחדשנות חינוכית

כנס ארצי שילוב בינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב בתיכון ובחט"ב -

4.5.25

כתבה: רחל פרלמן, מארגנת הכנס מטעם הפיקוח על הוראת מדעי המחשב.

ב-4 במאי 2025 התקיים במשרדי Google Israel בתל-אביב הכנס "הוראת בינה מלאכותית (AI) מהחטיבה ועד להנדסת תוכנה בתיכון" (17:00-20:00) בנוכחות של כ-220 מורים למדעי המחשב מרחבי הארץ.



האירוע נפתח בהתקהלות וכיבוד קל (17:00-17:30), ולאחר מכן נשאו דברי פתיחה עדי בר-צבי, ד"ר מאיה גורדין ופרופ' אורית חזן (17:30-17:35). בהמשך הציגו רחל פרלמן, דוד קדוש, אסיף אלמוזני ואורין ויינברג את שיתופי הפעולה החדשים בין מרכזי החינוך לגוגל ולגופי חינוך נוספים, ולאחריהם נשא דדי פרלמוטר, לשעבר סגן נשיא בכיר באינטל ויו"ר הוועדה להגדלת ההון האנושי בהיי-טק, הרצאה על עתיד הבינה המלאכותית בחינוך (17:45-18:30). בשעות 18:30-20:00 במקצה הנדסת תוכנה הוצגו חמישה-עשר פרויקטים של מורים שהשתתפו בהשתלמויות ייחודיות לשילוב Gemini API: הפרויקטים, הממויינים לשלוש חלופות הנדסת תוכנה (הגנת סייבר, Android-מובייל ואפליקציות משולבות נתונים) ובמקצה חטיבת ביניים הוצגו 9 פרויקטים.

דדי פרלמוטר, יו"ר הוועדה להגדלת ההון האנושי בהיי-טק וסגן נשיא אינטל לשעבר, פתח את הכנס בהרצאת השראה על עתיד ה-AI בהוראה. הדגיש את הצורך האקוטי לשילוב כלים מבוססי בינה מלאכותית בסביבת הלימודים ובהכשרת המורים, כדי להצמיח דור חדש בעל מיומנויות טכניות לצד חשיבה ביקורתית ומוסרית. לדבריו, יש להעמיק את שיתוף הפעולה בין מערכת החינוך לתעשייה ולבנות תשתיות דיגיטליות מתקדמות שישוו כל תלמיד וגישה שווה להזדמנויות למידה. מעבר לכך, פרלמוטר קרא לסטודנטים ולמורים לפתח חשיבה מערכתית, אסטרטגית ויצירתית במקום חשיבה "מקודדת" בלבד, לטפח ידע בין-תחומי ואחריות חברתית, ולגייס תהליכי Reskilling ו-Upskilling מתמידים כדי ללמוד, לפרש ולבנות כלים חדשים לאורך

כל החיים. הוא סיים בהדגשה שהעתיד שייך למי שיעצב את הטכנולוגיה לטובת פתרון בעיות אמיתיות, יחלום ויפתח ידע חדש, יגדיר ויפתור אתגרים חוצי-תחומים, ויפעל תמיד מתוך אחריות מוסרית.

פרופ' אורית חזן, מהפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון, הציגה מסגרת מחקרית להוראת מדעי המחשב בישראל המבוססת על "העברה פדגוגית" - "Didactic Transposition" - להסבת ידע אקדמי לתוכניות הלימודים בבתי הספר. בנוסף, פרופ' חזן שרטטה את התפתחות הוראת מדעי המחשב בישראל לאורך עשרות שנים - משנות ה-80 של המאה ה-20: מגרפיקה ממוחשבת ותכנות פונקציונלי בשנות ה-80, עבור דרך הנדסת תוכנה ומבוא למדעי הנתונים בשנות ה-90 וה-2000, ועד העשור האחרון בו מתחילים בשילוב בינה מלאכותית בתוכנית הלימודים. לדבריה, הטמעת GenAI כבר אינה אפשרות שיש לשקול, אלא הכרח וצורך פדגוגי, המחייב התאמת שיטות הוראה, כלי הערכה ותוכניות הכשרת מורים בישראל. בדבריה הדגישה פרופ' חזן את הובלתה של קהילת הוראת מדעי המחשב בישראל בעולם ואת תפקידם המשמעותי של המורים והמורות בהובלה זו.

דוד קדוש (מהנדס מוצרים בכיר ב-Google) ורחל פרלמן (פיקוח הוראת מדעי המחשב) הציגו בכנס את פיתוח ומימוש השתלמות מתקדמת למורי התיכון בה הנחשף שילוב Gemini API בקוד Python, Java ו-Android למורי הנדסת תוכנה. ההשתלמות, בהשתתפותם של למעלה מ-220 מורים, מהווה כלי מרכזי להרחבת חשיפת התלמידים לבינה מלאכותית: כיום רק כ-500 מתוך 12,000 הולמדים הנדסת תוכנה מתנסים בכלים חכמים, וכעת - הודות לשיתוף הפעולה וההכשרה המעשית הזו - כל תלמיד ותלמידה יוכלו לשלב בינה מלאכותית בפרויקטים במגוון החלופות של הנדסת תוכנה (5 יח"ל), החל מכתובת אפליקציות Python ו-Java ועד פיתוח לוגיקה חכמה באפליקציות אנדרואיד, הגנת סייבר ואפליקציות משולבות נתונים. בנוסף לכך שילוב Gemini API בהערכה חלופית תכנות בסביבת אינטרנט, כדי להבטיח הערכה עדכנית של כישורי התלמידים בעידן ה-AI.

אסיף אלמוזני, סמנכ"ל מחקר ופיתוח במרכז לחינוך סייבר מיסודה של קרן רש"י, הציג את AI-VY - בוט חכם לסיוע בהכנה לשאלון 899371 בשפות Java ו-C#. הבוט, המפותח בשיתוף Google, קרן רש"י והמרכז לחינוך סייבר מיסודה של קרן רש"י, נמצא כעת בניסוי עם תלמידי מגמת מדעי המחשב ובמקביל עם חניכי תוכנית מגשימים. AI-VY מבוסס על מודל Gemini 1.5 (ובגרסת Gemini 2.0 בשלב הבדיקות) ומשתמש במנגנון של דיאלוג מתמשך וחונך במקום פרומפט בודד, כדי להתאים לחניכה בפתרון שגיאות ותרגילים מורכבים במגוון פרופילי תלמידים. צוות הפיתוח יצר "State-Machine Prompts" המשלבים את התרגיל שהוזן, הקוד שכתב התלמיד, הודעות השגיאה ושיח הצ'אט, ומחזירים משוב פדגוגי מוכר וממוקד. הבוט תומך בלמידת C, Java, C# ו-C++ ומשולב כתוסף ב-VS Code; לשימוש בו התלמידים צריכים חשבון Gmail ולהיות מוגדרים במערכת. ראו מאמר בנושא בגיליון זה: תפקידו החדש של בוט מתרגל ייעודי בהוראת תכנות כמפתח חשיבה, ולא מנוע תשובות: תובנות מניסוי בוט AI-VY.

עדי בר-צבי מנהלת תוכניות החינוך ב-Google ישראל, הדגישה בהצגתה את חשיבותה של ההשתלמות הייחודית שהוציאו לפועל Google ישראל, המרכז לחינוך סייבר מיסודה של קרן רש"י, וקרן רש"י, המיועדת למורי חטיבת הביניים. במסגרת ההשתלמות ילמדו המשתתפים כיצד לשלב את Gemini API בשפת Python, ויקבלו כלים מעשיים לבניית פעילויות חינוכיות דינמיות המנצלות יכולות למידת מכונה ו-LLM. עוד הסבירה בר צבי שהקורס משלב הרצאות תיאורטיות והדגמות טכניות יחד עם סדנאות פרקטיות, במטרה להעמיק את מיומנויות המורים בהתאמת פרויקטים לכל תלמיד, ולעודד חקר ויצירתיות בכיתה באמצעות קידוד בסביבה ידידותית.

אורין ויינברג מנהלת פרויקטים ונרטולוגית בצוות החינוך ב-Google ישראל, מנהלת את תוכנית המנטורינג AI ליזמים של Google, שמתקיימת בשיתוף פעולה בין הפיקוח על הוראת מדעי המחשב לבין Google ישראל. בתוכנית לוקחות חלק 30 קבוצות תלמידים מחטיבות ביניים מרחבי הארץ ומהנדסי תוכנה בתעשייה, המגויסים כמנטורים ומשתפים את תלמידי החט"ב במפגשי הדרכה שבועיים לאורך עשרה שבועות, במהלכם מלווה כל מנטור קבוצה בונה-פרויקטים בפיתוח הכוללים אלגוריתמים לשילוב בינה מלאכותית, למידת מכונה ו-Gemini API, ומעודד את התלמידים ליישם חשיבה יצירתית ופתרון בעיות בסביבה פרקטית.

הכנס משמעותי ביותר, שכן הוא היווה השקה רשמית של מהלך מערכתי לשינוי מבני בתוכנית הלימודים בהנדסת תוכנה: בהיבט המעשי יוטמע Gemini API הן ברמת חטיבת הביניים והן בלימודי הנדסת תוכנה בתיכון, תוך יצירת רצף פדגוגי אחיד שמקשר בין תהליכי ההוראה השוטפים בכיתה לבין דרישות בחינות הבגרות. במקביל, יוקם מנגנון שיתוף פעולה ישיר בין מורי מדעי המחשב, מהנדסי Google, אקדמיה, מומחי המרכז לחינוך סייבר מיסודה של קרן רש"י, המאפשר פיתוח משותף של כלי למידה מתקדמים המבוססים על יכולות AI. מהלך מקיף זה מדגיש את חשיבות השילוב הבין-תחומי ואת אחריותם של הגופים השונים בקידום חדשנות ופיתוח מקצועי במערכת החינוך.

בכנס הוצגו תוצרים של מורים אשר השתתפו בהשתלמות ייחודית לשילוב ה-Gemini API, שנערכה בהובלת מרכז הפיתוח של Google ישראל, ובשיתוף הפיקוח על הוראת מדעי המחשב. המורים שילבו את הכלים שלמדו בכיתות הלימוד, ויצגו פרויקטים חדשניים המותאמים לשאלון הבגרות בתכנון ותכנות מערכות. הצגת שילוב Gemini API בפרויקטים לפי חלופות: (1) חלופת הגנת סייבר (2) חלופת אנדרואיד (3) חלופות אפליקציות משולבות נתונים.

במסגרת חלופת הגנת סייבר ומערכות הפעלה הוצגו ארבעה פרויקטים:

- (1) **מערכת דיווח נתוני מטופל וייעוץ רפואי מבוסס AI. מכין הפרויקט ומציג: שלום וענונו, תיכון מקיף ח' ראשון לציון:** מטרת הפרויקט היא לפתח מערכת המאפשרת למטופלים להזין נתונים רפואיים אישיים, כגון גיל, מין, תרופות, מצבים רפואיים קיימים ותסמינים, ולקבל בתמורה מידע רפואי מועיל ורלוונטי ממודל שפה מבוסס Gemini API.
- (2) **משחק Wordle. מכינת הפרויקט ומציגה: מרי גבע, כרמים בנימינה – בנימינה:** משחק ידוע בו על השחקנים לנחש מילה (חוקית בשפה האנגלית) בת חמש אותיות. לשחקנים שישה ניסיונות עבור כל ניסיון מתקבל חייו באמצעות צבעים על נכונות המילה ונכונות מיקומה במילה לניחוש.
- (3) **צ'אט רב משתמשים עם אפשרות לשליחת תמונות. הכין והציג: רמי דיין, עירוני ג' מוטה גור – מודיעין:** השילוב עם Gemini API: בשליחת תמונה מקבלים ניתוח קצר של התמונה, וניתן גם לבקש סיכום\תקציר של השיחה (המשתמש גם בניתוח התמונה).
- (4) **צ'אט נקי מצנזר מילים לא נעימות בזמן אמת בעזרת בינה מלאכותית, ומספק שיחה בטוחה ונעימה הרבה יותר ברשת. הכינה והציגה: אתי הרשקוביץ, תיכון מו"ר-מודיעין מכבים-רעות:** השילוב עם Gemini API: מציאה וצנזור של דפוסים חדשים, שונים ורחבים של מילים לא נעימות.

במסגרת חלופת טלפונים חכמים הוצגו שבעה פרויקטים אשר הדגישו יישומים מתקדמים של Gemini API בסביבת Android:

- **אורי רוטנברג (תיכון בן צבי קריית אונו)** הציג אפליקציית כושר ותזונה התומכת במשתמשים בהשגת יעדי בריאות אישיים, באמצעות ניתוח תמונות לאיתור המאכלים בתוכן והערכת אחוזי השומן;

- **דניאל בואנוס (בית חינוך "אמירים", כפר-ורדים)** הציגה יישום משחק "זה הסוד שלי", שבו לצד המנחש מוצגות עשרים שאלות מאורחות על ידי המודל, כולל תשתית שיחה רציפה וסוכן AI סמוי לניטור דינמיקת השיח;
- **אלברט לוי (רב-תחומי עמל רמות, באר-שבע)** הציג יחידת הוראה המורכבת משישה מערכי שיעור מלאים לעבודה עם Gemini API ב-Android Studio ב-Java, הכוללים הדרכה מעשית להפעלת המודל ואופטימיזציה של ממשק ה-API;
- **מיכל אוסטרוב (תיכון עתיד כרמים, בנימינה-גבעת-עדה)** הציגה אפליקציה לזיהוי תוויות מזון ומתריעה על רכיבים מזיקים או אלרגניים, באמצעות שליחת תמונת התווית ל-API והחזרת רשימת מרכיבים עם הערכת הסיכון הבריאותי;
- **אלמוג שבי (הגימנסיה העברית הרצליה)** הציג משחק "What Idiom Is It" ללימוד פתגם באמצעות הפקת רמזים אקראיים מבוססי Gemini API, המתמקד בהנעת המשתמש להבנת משמעות פתגם ויצירתיות שפתית;
- **אודליה שניאור (עירוני ה' מודיעין)** הציגה אפליקציה להכנה לבגרות במדעי המחשב, היוצרת שאלות מותאמות אישית עם פתרונות מובנים בפורמט JSON, מנתחת תמונות של פתרונות מצולמים ומתן הערות עומק על שיטות הפתרון;
- **מרדכי בלמס (טכני חיל-האוויר באר-שבע)** הציג אפליקציה ללומד החוקר בכל הגילאים, הכוללת רמות סיוע מקצועיות ומערכת תיעוד קטגוריאלי של תכנים, לצד תרגולים מבוססי AI המותאמים לשיפור מיומנויות המחקר.

במסגרת חלופת אפליקציות משולבות נתונים הוצגו שלושה פרויקטים ייחודיים המשתמשים במודל Gemini API לצורך חיבור בין רכיבי זיהוי וניתוח מידע לכלי תוכנה אינטראקטיביים:

- (1) הפרויקט הראשון, **Fill & Talk to My Data**, שהוצג על-ידי **אחמד אגבאריה (תיכון מקיף אום אל-פחם)**, מבצל את יכולות הניתוח הוויזואלי של Gemini לחילוץ נתונים מתמונת מוצר והטמעתם ישירות במסד נתונים מובנה, ובנוסף מאפשר למשתמש לתקשר עם מאגר הנתונים בשפה טבעית, כאשר Gemini מתרגם ברקע את הבקשות לשאילתות SQL, כל זאת בשילוב שפת התכנות Python.
- (2) הפרויקט השני, **WORDLE ב-Python**, שהוצג על-ידי **אנה קרומן (תיכון רוטברג רמת-השרון)**, משלב את Gemini API במנגנון הצעת מילים נושאיות על-פי בחירת המשתמש, וכן במנגנון אימות אוטומטי של המילה על-ידי המודל כאשר שני שחקנים מתחרים במשחק זוגי.
- (3) הפרויקט השלישי, **משחק סודוקו עם רמזים מבוססי AI**, שהוצג על-ידי **חנן רוזנטל (תיכון הראל מבשרת-ציון)**, משתמש בשתי פניות לאינטגרציה עם Gemini API: הראשונה לבניית לוח הסודוקו ההתחלתי לפי דרגת הקושי המבוקשת, והשנייה במהלך המשחק לצורך אספקת רמזים והכוונה ממודל ה-AI.

פרוייקטים לדוגמה שאלון 883589 תכנון ותכנות מערכות כולל שימוש ב-Gemini API שהוצגו בכנס נאספו למצגת שיתופית אחת ששותפה יחד עם כלל המורים שיוכלו ללמוד מהרעיונות שנוצרו. המצגת כוללת עבור כל פרויקט את שמו, בקצרה על הפרויקט, הסבר על השימוש בפרויקט ב-Gemini API, קוד משמעותי ותמונה. המצגת מופיעה [כאן](#).

ביישומי בינה מלאכותית בחינוך הוצגו תשעה פרויקטים אשר הדגימו שילוב מתקדם של Gemini API בלימודי תכנות בחטיבת הביניים:

- **אייל עפרון (חטיבת יד גיורא, הרצליה)** הציג את הפרויקט **"מערכת המלצה על בשמים"** - מערכת גרפית מבוססת Turtle המאפשרת למשתמש לדרג קטגוריות ריח. התוצאה מוזנת כפרומפט ל-Gemini API, שמחזיר המלצה על בשמים מותאמים. הפרויקט כולל מבנה נתונים של מילון להמרת רגשות לסמלים ולציונים.
- **אפרת לוי (עמל רמות, מקיף ז', באר שבע)** הציגה את הפרויקט **"משחק 'בול פגיעה'"** בסגנון וורדל עם הצפנת אתב"ש ושילוב AI. המשתמש מנסה לנחש משפט מוצפן באמצעות אתב"ש עם סיוע גרפי של Gemini API. משמש ליצירת משפטי מטרה חדשים באופן גנרטיבי.
- **אלין אטיאס (אורט מילטון, בת ים)** הציגה את הפרויקט **"סימון תגיות לפי נושא מרכזי"** - משחק המדמה אפליקציה של עיתון הארץ, בו המשתמש מסמן תגיות הקשורות לאותו תחום. נעשה שימוש ב-Gemini API להפקת מערך תגיות ומושגים לפי תחום.
- **יצחק בן שטרית (עמל רמות, מקיף ז', באר שבע)** הציג את הפרויקט **"משחק פענוח קוד הזהב בסגנון 'בול פגיעה'"** - על השחקן לגלות משפט מוצפן בהצפנת הזהב. Gemini API מייצר את המשפטים לפי רמת קושי נבחרת.
- **עמירה מיכל (עירוני ג', חיפה)** הציגה את הפרויקט **"קום והתהלך בארץ"** - בחירת מסלול טיול מותאם אישית לפי אזור ורמת קושי. המשתמש מזין את בחירותיו והמערכת משתמשת ב-Gemini API כדי להפיק תיאור מסלול, ולעיתים גם קוד גרפי לציורו בספריית Turtle.
- **אלעד הלה (יצחק רגר, באר שבע)** הציגה את הפרויקט **"איש תלוי עם AI"** - משחק חינוכי קלאסי בו המילים נבחרות עם רמזים שנוצרו בעזרת Gemini API, תוך שימוש בקוד Python לניהול המשחק ותצוגת האיש.
- **תומר טובי (קריית חינוך יצחק רבין, מזכרת בתיה)** הציג את הפרויקט **"מודל הכוכבים בשילוב AI"** - מדריך ליצירת שמיים עם כוכבים בצבעים וגדלים שונים בסביבת Turtle. נעשה שימוש ב-Gemini API ליצירת הוראות גרפיות דינמיות בהתאם לבחירת המשתמש.
- **אחמד אגבריה (תיכון מקיף אום אל פחם)** הציג את הפרויקט **"Fill & Talk to My Data"** - זיהוי פרטי מוצר מתוך תמונה והזנתם למסד נתונים, כאשר המשתמש יכול לשוחח עם הנתונים בשפה חופשית ו-Gemini API מתרגם את הבקשה ל-SQL.
- **אלברט לוי (רב-תחומי עמל רמות, באר שבע)** הציג את הפרויקט **"יחידת הוראה שימוש ב-Gemini"** - יחידת הוראה בת ארבעה שיעורים המלמדת שימוש ב-Gemini API, כולל יצירת סיפורים מותאמים אישית והנחיות לתלמידים על יצירת פרומפטים נכונים.

מליאה מסכמת

במסגרת שיתוף פעולה עם Google והמרכז לחינוך סייבר מיסודה של קרן רש"י, התקיימה מליאה מסכמת להשתלמות בנושא שילוב בינה מלאכותית בלימודי פייתון בחטיבת הביניים.

שותפים מהמרכז לחינוך סייבר מיסודה של קרן רש"י: אסיף אלמוזני – מנחה טכנולוגיה; דנה אבן-חיים – רכזת תוכן AI; עמוס מרום – מומחה אבטחת מידע; ויקה בקמן – מתאמת פרויקטים; ענת גושן – רכזת תוכן; רותם מלכי – רכזת תוכן.

המליאה נוהלה על ידי צוות ההנחיה של ההשתלמות: ענת גושן, עמרי שניר, דנה אבן-חיים, שרון סורין, עופרי חפץ ורותם מלכי. במהלכה הציגו המורים פרויקטי סיום שפותחו במהלך ההשתלמות, אשר שילבו את ממשק Gemini API באופן מותאם לגיל ולרמת הלומדים בחטיבת הביניים.

הדיון התמקד ברמות הקושי של המשימות ובאופן מיטבי לשילוב תכני בינה מלאכותית במסגרת הוראת תכנות. בנוסף, הוצגו שאלות לדוגמה עבור מבחנים מסכמים במסגרת תכנית העתודה המדעית-טכנולוגית, כאשר אחת מן השאלות שולבה בפועל כשאלת בחירה בבחינת המפמ"ר במדעי המחשב (ראו מאמר בגיליון הבא).

המורים הביעו שביעות רצון גבוהה מהתכנים שנלמדו, מהאפשרות ליישם עקרונות מדעיים בתהליך הלמידה, ומהפוטנציאל הטמון בטיפול חשיבה מדעית אצל תלמידים תוך שימוש בכלי AI מתקדמים. כמו כן, נדונו היבטים בין-תחומיים של הבינה המלאכותית, ויושם דגש על יישומים עכשוויים בתחומי הרפואה, חקר החלל, מערכות חינוך ותעשייה מתקדמת.

משוב המורים

על מנת ללמוד על תפיסת המורים את שילוב הבינה המלאכותית בהוראת מדעי המחשב, נשלחו 2 שאלונים. אחד לפני הכנס שמטרתו היתה להכיר את על רקע המורים בנושא; השאלון השני נשלח אחרי הכנס, במטרה ללמוד על תרומת הכנס להוראת מדעי המחשב.

להלן נתאר תובנות עיקריות משובים אלה.

שאלון טרום כנס: שאלון מורים

לפני קיום הכנס נשלח שאלון משוב. 157 המורים שענו על שאלון המשוב, משקפים מגוון המייצג את קהילת הוראת מדעי המחשב:

- רב המורים - 81 מורים - למדו את ההשתלמות המתקדמת למורי תיכון יישומים ב-AI בעזרת Gemini API בפייתון וג'אווה. ראו מאמר מודלי שפה (LLM) - השתלמות מתקדמת למורי תיכון: יישומים ב-AI בעזרת Gemini API בפייתון וג'אווה בגיליון זה.
- 18 מורים למדו את ההשתלמות הבסיסית למורי חט"ב מבוא לפייתון ו-AI. ראו מאמר בגיליון זה: השתלמות בסיסית למורי חט"ב: מבוא לפייתון ו-AI.
- 8 מורים למדו את שתי ההשתלמויות - תיכון וחט"ב.
- 44 מורים לא השתתפו בהשתלמויות קודמות והגיעו על בסיס מקום פנוי.
- בנוסף, השתתפו 3 נציגי משרד החינוך, 2 מורים נוספים שצינו השתתפות בהשתלמות המתקדמת בניסוח שונה, וכן יחידים שכללו פורש/ת מההשתלמות, מורה שכבר משתמש ב-AI, ונציג/ת אקדמיה.

התפלגות זו מלמדת כי עיקר הקהל התבסס על מסגרות ההכשרה הפורמליות, אך במקביל השתלבו בו גם מורים חדשים ובעלי זיקה ייחודית לנושא, עובדה המעידה על גידול הדרגתי של הקהילה ועל העניין הגובר בשילוב AI בהוראת מדעי המחשב.

בנוסף, חשוב היה להבין האם המורים מתכננים לשלב את שלמדו בהכשרת מורים בהוראה בכיתה. מתוך 149 מורים שענו לשאלה, הרוב המכריע - כ-82.6% (123 מורים) - השיבו "כן" והביעו כוונה לשלב את תכני ה-AI שלמדו בהשתלמות בהוראתם. כ-5.4% (8 מורים) ענו "לא", וכ-5.4% נוספים (8 מורים) ציינו "אולי", לרוב תוך הסתייגות או צורך בהעמקה נוספת לפני שילוב מלא. כ-6.7% (10 מורים) נתנו תשובות אחרות, כגון "עדיין לא יודע", "לא השתתפתי", או "אשמח ללמוד ולשלב בעתיד". נתונים אלה מצביעים על נכונות גבוהה מצד המורים להטמיע את הידע שנלמד, לצד מיעוט המביע היסוס או צורך בהכשרה והכוונה נוספת.

שאלון משוב לכנס

על השאלון שנשלח בסיום הכנס ענו 44 מורים. המשוב אפשר לבחון את חוויות ההשתתפות בכנס, ולהבין את המניעים להגעה, את הערך שנתפס מהפעילות, ואת התובנות שהמשתתפים לקחו עמם להמשך ההוראה. ניתוח הנתונים משקף (לפחות באופן חלקי וראשוני) את עמדות וצרכי המורים בהקשר לשילוב בינה מלאכותית במערכת החינוך בכלל ובהוראת מדעי המחשב בפרט, ומהווה בסיס למסקנות מחקריות ופדגוגיות.

הסיבות להגעת המורים לכנס

בהקשר לשאלת הסיבות להגעת המורים לכנס, עולה תמונה מורכבת של שילוב מניעים פדגוגיים, מקצועיים וחברתיים. רבים מן המורים הדגישו את רצונם להתחדש, ללמוד, ולהעמיק את יכולותיהם בשילוב בינה מלאכותית בהוראה, בין אם במסגרת פרויקטים קיימים ובין אם כהכנה להטמעה עתידית. סיבה מרכזית נוספת הייתה קבלת רעיונות ויישומיים: לראות פרויקטים של מורים אחרים, לשמוע על תהליכי שילוב ה-AI בכיתות, ולהבין כיצד ניתן להתאים את הכלים הטכנולוגיים להקשרים פדגוגיים שונים. לצד זאת, מספר מורים קשרו את הגעתם לרצף ההשתלמויות שעברו (כגון שילוב AI בהוראת פייתון בחט"ב או שימוש ב-API ב-Java ו-Python), ואף ציינו שהכנס נתפס כהמשך ישיר של ההשתלמויות המקצועיות.

היבט נוסף שעלה הוא הצגת פרויקטים אישיים. חלק מהמורים הגיעו כדי להציג תוצרים שפיתחו, לשמוע משוב, ולשתף בעשייתם, בעוד אחרים ביקשו להיחשף לפרויקטים של עמיתיהם כדי להעשיר את עבודתם.

המימד חברתי-קהילתי בלט אף הוא, כאשר הוזכרו מוטיבציות כגון מפגש עמיתים, חיזוק תחושת הקהילתיות, יצירת קשרים מקצועיים (Networking) והזדמנות לפגוש מדריכים ועמיתים פנים אל פנים. במקביל הופיעו גם שיקולים פרקטיים ואישיים, בהם גמול השתלמות, שמירה על קשר עם התחום בשנת שבתון, וכן רצון "להיות בעניינים" בעידן שבו שילוב AI נתפס כאופנה חדשה אך גם כצורך ממשי.

לבסוף, ניכר כי המורים הגיעו מתוך תפיסה רחבה של פיתוח מקצועי: שילוב AI נחשב בעיניהם לא רק כחדשנות טכנולוגית, אלא כמרכיב פדגוגי מרכזי בהוראת מדעי המחשב ובהנדסת תוכנה. הדבר התבטא בבקשה להישאר מעודכנים בכיווני ההוראה של המגמה, בהבנת ההתאמות המתוכננות בתכניות הלימודים, ובהכרה בצורך לטפח אצל תלמידים מיומנויות עכשוויות הנוגעות לעולם ה-AI. בסיכומו של דבר, הכנס שימש מוקד משיכה למורים שחיפשו בעת ובעונה אחת חדשנות פדגוגית, השראה קהילתית, העצמה מקצועית, ורצף ישיר עם ההכשרות בהן הם משתתפים.

באיזו מידה הכנס תרם לך להבין כיצד ניתן לשלב Gemini API בהוראת מדעי המחשב?

בתשובות לשאלה "באיזו מידה הכנס תרם לך להבין כיצד ניתן לשלב Gemini API בהוראת מדעי המחשב?" התקבלו 44 משובים. ההתפלגות מצביעה על מגמה חיובית ברובה: 43.2% מהמשיבים העניקו ציון 4 ו-20.5% ציון 5, כלומר יחדיו 63.7% מהמורים ראו בכנס תרומה רבה או רבה מאוד. מנגד, 18.2% העניקו ציון 3 (תרומה בינונית), ו-15.9% ציון 2 לצד 2.3% בלבד שעניקו ציון 1. הממוצע עמד על 3.5 והחציון על 4, נתונים המצביעים על נטייה כללית לראות בכנס חוויה תורמת ומשמעותית, אף כי קיים מיעוט שחווה את התרומה כמתונה או מועטה. ממצאים אלה מצביעים על כך שהכנס הצליח ברובו להעמיק את ההבנה לגבי יישום הכלים החדשים, אך גם ממחישים את הצורך בהמשך ליווי ובהעמקה נוספת כדי לתת מענה מגוון ואחיד יותר לכלל ציבור המורים.

תשובות המורים לשאלה "האם תוכלי להסביר את תשובתך?" אפשרו לזהות מספר תמות מרכזיות.

- (1) מורים רבים התייחסו לכנס כמקור השראה, אשר סיפק רעיונות חדשים ופתח בפניהם אפשרויות מגוונות לשילוב הבינה המלאכותית בהוראה, ובפרט דרך חשיפת פרויקטים של מורים ותלמידים.
 - (2) הודגש הערך הפרקטי של הדוגמאות שהוצגו, אשר סייעו להבנה יישומית של היכולות והטמעתן בכיתה.
 - (3) חלק מן המשתתפים תפסו את הכנס כהמשך ישיר להשתלמויות קודמות, וראו בו בעיקר חיזוק וריכוז הידע שכבר נרכש, יותר מאשר מקור לידע חדש.
 - (4) הובעו דעות המשקפות פער בין החזון הרחב שהוצג לבין המענה הטכני-מעשי שניתן בפועל, ובמיוחד בקרב מורים שציפו להדרכה מעמיקה יותר או להדגמות בשפות תכנות נוספות מעבר לפייטון.
 - (5) חלק מהמורים הביעו עמדות ביקורתיות ואף ספקניות, כאשר תיארו את הכנס כמבולבל, שטחי או שיווקי מדי, ובייחוד אלו שכבר התנסו בעצמם בעבודה עם ממשקי API ולא מצאו ערך מוסף מובהק.
- מכלול התשובות מלמד כי הכנס נתפס בראש ובראשונה כמקור השראה ורעיונות, אולם הפער בין הצורך בהדרכה פרקטית מעמיקה לבין הדגש שניתן על חשיפה כללית נותר סוגיה מהותית עבור חלק מהמשתתפים.

האם להערכתך תיישם את הרעיונות שהוצגו בכנס בהוראתך?

בתשובות לשאלה "האם להערכתך תיישם את הרעיונות שהוצגו בכנס בהוראה שלך?" התקבלו 44 משובים, מהם עולה נכונות גבוהה ליישום. רוב מוחלט מן המשתתפים (77.2%) דרגו את נכונותם ברמה 4 או 5 (מתוך 5), נתון המעיד על כוונה ברורה לשלב את הרעיונות שהוצגו בכנס בעבודתם הפדגוגית. שיעור מתון יותר של מורים (13.6%) ציינו נכונות בינונית ליישום והעניקו ציון 3, בעוד שמיעוט קטן בלבד הביע נכונות נמוכה יותר - 6.8% העניקו ציון 2 ו-2.3% בלבד ציון 1. ממצאים אלו מצביעים על כך שהכנס נתפס לא רק כמקור להבנה רעיונית או השראה, אלא גם ככלי מניע לשינוי מעשי בהוראה, כאשר מרבית המשתתפים רואים בו נקודת מוצא ליישום בכיתותיהם.

בתשובות לשאלה "האם תוכלי להסביר את תשובתך?" בהקשר לנכונות ליישם את הרעיונות שהוצגו בכנס, עולים מגוון דפוסים. חלק גדול מהמורים ביטאו כוונה ישירה לשילוב בפועל, תוך ציון תחומי הוראה בהם הדבר יתבצע, למשל בהרחבות סייבר, בהנדסת תוכנה או בפרויקטים של תלמידים בחטיבת הביניים. מורים אחרים תיארו את השילוב כמותנה בנסיבות - זמינות זמן, סדרי עדיפויות ותוכניות הלימודים - והדגישו את הצורך לבחור בין שילוב תכנים חדשים לבין המשך הוראת תכנים קיימים. לצד זאת, ניכרת מוטיבציה פדגוגית ברורה: המורים ציינו כי שילוב בינה מלאכותית עשוי לשדרג את איכות הפרויקטים, להעמיק את הבנת התלמידים, ולעודד חשיבה ביקורתית ויצירתית. חלק מהתגובות העידו על המשכיות ישירה של ההשתלמויות, כאשר הכנס נתפס כגורם מחזק וכמקור לרעיונות נוספים, בעוד מורים שכבר יישמו בפועל כלי AI בשיעוריהם ראו בכנס בעיקר אישוש למה שכבר נעשה. לצד זאת, הובעו גם ביקורות, שהדגישו מחסור בחומרי לימוד סדורים, תחושת עומס וחוסר מיקוד, ואף ביקורת חריפה על כך שהכנס שימש להצגה כללית יותר מאשר לסדנה מעשית. מכלל התשובות עולה כי עמדות המורים נעות בין התלהבות והזדהות עם חשיבות השילוב של AI בהוראה לבין הסתייגות לאור המחסור במשאבים, העמקה טכנית ומעריך תמיכה פדגוגי.

מתוך הפרויקטים שהוצגו בכנס, מהם שלושת הפרויקטים הרלוונטיים ביותר עבור הוראתך?

מבין הפרויקטים שהוצגו בכנס, שלושה פרויקטים נתפסו כרלוונטיים ביותר להוראה (ע"י $n=40$ מורים שענו על שאלה זו):

- (1) "יחידת הוראה - שישה מערכי שיעור לעבודה עם LLM ב-Java/Android" הוזכרה על-ידי 37.5% מן המשיבים (15/40)

- (2) "מערכת דיווח נתוני מטופל וייעוץ" המבוססת על LLM הוזכרה על-ידי 30.0% (12/40)
- (3) "אפליקציה להכנה לבגרות במדעי המחשב" (יצירת שאלות מותאמות אישית, פתרונות ובדיקת תמונות) הוזכרה על-ידי 27.5% (11/40).

מעבר לשלישייה המובילה, נרשמו שכיחויות בינוניות לפרויקטים נוספים: "אפליקציה לזיהוי תוויות מזון ואזהרות" (25.0%), "צ'אט רב-משתמשים עם ניתוח תמונה וסיכום" (22.5%), ו"צ'אט מצנזר מילים בזמן אמת" (20.0%); בעוד שמיזמים דוגמת "זה הסוד שלי - 20 שאלות (Fill & Talk to My Data)", "(Android - חילוץ נתונים מתמונה ושיחה ל-SQL)", "משחק WORDLE מבוסס LLM" ו"שאלות בסגנון מפמ"ר (חט"ב)" זכו כל אחד ל-15.0% מן האזכורים.

התמונה המתקבלת מצביעה על העדפה לפרויקטים המציעים תשתית הוראתית שלמה (סדרה סדורה של מערכי שיעור) או ישומי-קצה ברורים לכיתה (הערכה, הכנה לבגרות, ניטור שיח, עיבוד תמונה וניתוח נתונים) - כלומר, כאלה המתרגמים את יכולות ה-LLM ללמידה אפקטיבית, מדידה ומותאמת למסגרות ההוראה בפועל.

האם תוכלי להסביר את תשובתך? (מה לקחת להוראה או לרעיונות להמשך)

בתשובות לשאלה "האם תוכלי להסביר את תשובתך?", ניכרת, כאמור, העדפה בולטת למתווים פרקטיים הניתנים ליישום מיידי בכיתה: מורים רבים ציינו כוונה לאמץ מערכי שיעור קיימים, מצגות והדגמות, ואף להעניק לתלמידים גישה לאפליקציית לומד וכלי תרגול מבוססי מודלי שפה (למשל משימות מותאמות אישית, שאלות בסגנון מפמ"ר או תרגול באמצעות צ'טבוטים). לצד אימוץ חומרי ההוראה, הודגש חיבור ענייני למסלולי הוראה מסויימים, בעיקר, הנדסת תוכנה (Android) ו"אפליקציות משולבות נתונים", ולצרכים מובהקים כמו הכנה לבגרות ושיפור מיומנויות עבודה עם API בכיתות.

חלק מהמשיבים תיארו את התרומה כהשראה תכנונית ("סגנון חשיבה, שימוש ואלגוריתם"), וכיוונו לשילוב רעיונות בשנה הבאה או לאחר השלמת פרויקטים קיימים, לעיתים תוך העדפה לפרויקטים "יישומיים ופחות משחקיים" ובהלימה למחווים בתחומי סייבר ולמידת מכונה. עלו גם קולות ביקורת והסתייגות, כולל קושי להבין את החידוש הפדגוגי או הטכנולוגי בחלק מן הפרויקטים, צורך בהעמקה ובהבהרת הפרקטיקה, ופער בין צפיות לבין המענה על חומרי לימוד מסודרים. מנגד, הוצגו עדויות ללמידה עצמאית שכבר בוצעה בבית ולא ימוץ מוקדם של מערכי שיעור לצורך לימוד עצמי והוראה עתידית. לבסוף, נרשמו גם מגמות של הרחבה בין-תחומית ושיתופי-ידע (למשל קישור בין הנדסת תוכנה לפוד-טק/דאטה), וחיזוק התפיסה כי שילוב כלים מבוססי LLM בכיתה נועד הן להעשיר את תהליך ההוראה והן להעצים את התלמידים דרך משימות אינטראקטיביות, התאמה אישית והכוונה עצמית.

מהם לדעתך שלושת האתגרים המרכזיים בשילוב Gemini API (או כלים דומים) בהוראת מדעי המחשב?

בתשובות לשאלה "מהם לדעתך שלושת האתגרים המרכזיים בשילוב Gemini API (או כלים דומים) בהוראת מדעי המחשב?" עלו ארבעה אתגרים עיקריים:

- (1) מחסור במשאבים פדגוגיים ותוכנית לימודים מוסדרת - מורים רבים הדגישו כי הכלים אינם חלק רשמי מתוכנית הלימודים וכי אין מענה מספק בהיבט של חומרי לימוד מוגשים, דוגמאות קוד או תשתית הוראה מסודרת, דבר המקשה על שילובם בפועל.

(2) מגבלות זמן ושעות הוראה - על רקע עומס העבודה הקיים ציינו מורים כי אין להם די זמן לתכנון, הכנה והטמעה של תכנים חדשים, וכי המחסור בשעות הוראה המוקצות לבגרות מציב קושי נוסף ליישום משמעותי של הטכנולוגיות.

(3) פערי ידע והתנגדויות - לצד חוסר ידע טכנולוגי ותכני, כמו עבודה עם JSON ואינטגרציה בקוד, עלו גם חסרים פדגוגיים בשאלה כיצד להפוך את הכלים למשמעותיים בלמידה.

(4) חלק מהמשיבים הביעו חשש מ"חדשנות יתר" ואף התנגדות עקרונית לשילוב פרומפט אינג'נירינג בתוך מדעי המחשב.

מכלול זה מלמד כי האתגרים אינם טכניים בלבד, אלא משקפים שילוב של חסמים מערכתיים, פדגוגיים ותפיסתיים.

מהו השלב הבא מבחינתך בהטמעת שילוב Gemini API בהוראת מדעי המחשב והנדסת תוכנה?

התשובות לשאלה "מהו השלב הבא מבחינתך בהטמעת שילוב Gemini API בהוראת מדעי המחשב והנדסת תוכנה?" נעידו על מספר מגמות מרכזיות.

ראשית, מורים רבים מתכננים פיתוח חומרי הוראה מסודרים כגון מערכי שיעור, ספריות מוכנות, יחידות הוראה קצרות או פרקים חדשים בתכנית הלימודים, לצד הכנת מטלות ופרויקטים המשלבים את הכלי. חלקם אף הציעו הפקת קורסים מקוונים בקמפוס IL או תיקיות שיתופיות בין מורים, על מנת לייצר מאגר חומרי הוראה וניסיון מצטבר.

שנית, בולטת מגמה של הטמעה הדרגתית בכיתות ובפרויקטים מעשיים: שילוב ראשוני בפרויקטי סייבר ובהנדסת תוכנה, שילוב בשיעורי פייתון בחטיבת הביניים, ואף תכנון חשיפה מוקדמת בכיתות י"א כהכנה לפרויקטי גמר בכיתה י"ב. מורים ציינו את הצורך לעבוד עם פורמטים מתקדמים כמו JSON, ללמד אינטגרציה ישירה מתוך הקוד, ולעודד שימוש אינטראקטיבי ולא רק כצ'אט.

שלישית, עלתה דרישה להנגשת התשתית לתלמידים - בין אם על ידי מתן גישה חנימית ל-API ללא צורך בכרטיס אשראי ובין אם באמצעות ליווי של מדריכים מנוסים שסייעו להתנסות בטכנולוגיה.

לבסוף, לצד ההתרגשות מהאפשרויות, נשמעו, בדומה לתשובות לשאלת האתגרים, גם קולות ביקורתיים שהזהירו מפני הצגת פרומפט אינג'נירינג כתחום ליבה במדעי המחשב, וטענו כי יש לשמור על הוראת היסודות לצד שילוב הדרגתי ומושכל של טכנולוגיות AI.

מכלול התגובות מצביע על מעבר ברור משלב ההתנסות הראשונית לשלב של בניית תשתיות הוראה, התאמת תכניות הלימודים והטמעת פרויקטים מדורגים, תוך שילוב בין הזדמנויות טכנולוגיות לאילוצים מערכתיים ופדגוגיים.

מדוע לדעתך מורים ומורות התנדבו להציג פרויקטים בכנס?

בתשובות לשאלה "מדוע לדעתך מורים ומורות התנדבו להציג פרויקטים בכנס?" עלו כמה מניעים מרכזיים:

- רצון לתרום לקהילה המקצועית - מורים הדגישו את חשיבות השיתוף כערך חינוכי וכחלק בלתי נפרד מהיותם קהילת מורים לומדת, המבקשת להנגיש ידע, לחסוך זמן פיתוח לעמיתים ולעודד למידת עמיתים.

- תחושת שליחות וגאווה מקצועית – חלק מהמשיבים ציינו כי ההצגה נבעה מהצלחתם האישית להגיע לתוצרים עובדים בזמן קצר, מרצון להדגים חדשנות ולהוות מקור השראה, ומתחושת מחויבות להפצת הידע.
- למידה הדדית וקבלת משוב – מורים ראו בהצגה הזדמנות להציג את עבודתם, לקבל הערות ושיפורים מעמיתים ומומחים, ולחזק את תחושת השייכות לקהילה. לצד זאת ניכרה גם מוטיבציה אישית, הנובעת מהעניין, מהכיף ומההתלהבות מהטכנולוגיה החדשה, וכן ההבנה כי שיתוף פומבי מסייע לקדם את תחום הבינה המלאכותית בהוראת מדעי המחשב ולהנגיש את יכולותיו באופן רחב יותר.

הדבר המשמעותי עבורי בכנס היה

בתשובות לשאלה "הדבר המשמעותי עבורי בכנס היה" עולה בבירור כי רוב המורים מצאו ערך מרכזי בשלושה מישורים:

- (1) השראה ולמידה מעמיתים - החוויה החוזרת של צפייה בפרויקטים של מורים אחרים, החלפת רעיונות והבנת דרכי שילוב מגוונות של AI בהוראה. המורים הדגישו את התרומה שבחשיפה לפרויקטים מגוונים של קולגות, המאפשרת "לפתוח את הראש", לקבל רעיונות חדשים ולראות כיצד ניתן לשלב AI בהוראה באופן מעשי, כולל בתכנים שלא יועדו מראש לרמת הכיתה שלהם. חלקם אף תיארו כיצד המפגש המחיש שהשילוב של Gemini API בתוכנית הלימודים אינו רק רעיון עתידי, אלא מהלך מגובה על ידי גורמים מוסדיים מרכזיים.
- (2) מפגש חברתי-קהילתי - עצם ההזדמנות להיפגש פנים אל פנים עם המורים, המנחים ומובילי ההשתלמויות, שהעמיקה את תחושת הקהילתיות וחיצקה את מחויבותם המשותפת. האפשרות להיפגש פנים אל פנים עם מורים אחרים מהקבוצות המקוונות, לחבר פנים לשמות ולהרגיש חלק מקהילה חיה ותומכת. המפגש נתפס כהשלמה חיונית להשתלמויות בזום, שכן הוא איפשר אינטראקציה בלתי-אמצעית, שיח בלתי פורמלי ואף תשתית פוטנציאלית לשיתופי פעולה עתידיים.
- (3) שיתופי פעולה עתידיים - דגש רב ניתן להיווצרות קשרים ושיתופים סביב שילוב AI במדעי המחשב, מתוך רצון לפתח תשתיות הוראה משותפות ולהמשיך את השיח גם לאחר הכנס. לצד אלה, מיעוט מבין המשתתפים הביע אכזבה חריפה, וציין תחושה של "הצגה" שמטרתה לרצות גורמים חיצוניים, מבלי לייצר ערך ממשי עבור המורים עצמם. במבט כולל, הכנס נתפס על ידי רוב המורים כמקור השראה וחיצוק קהילתי, אף שעלה צורך בחיצוק תחושת הערך המיידי והיישומי בקרב כלל המשתתפים.
- (4) הכרת תודה - רבים ציינו כי היה חשוב להם להודות למובילי ההשתלמויות, למרצים ולגורמים שעמדו מאחורי התהליך.

לצד זאת, מיעוט מן המשיבים ביטאו ביקורת - תחושה שהכנס היווה "הצגה" לטובת גורמים חיצוניים יותר מאשר מענה לצרכי המורים. בסיכומי דבר, עיקר הערך שזוהה נבע מהמפגש האנושי, מהחשיפה לדוגמאות חיות, ומהתחושה של תהליך קהילתי מתמשך, גם אם לא כל המשתתפים מצאו בו מענה ישיר לצרכיהם.

כתבו לנו - מוזמנים לשתף ברעיונות ומחשבות

בתשובות לשאלה הפתוחה "כתבו לנו - מוזמנים לשתף ברעיונות ומחשבות" עלו מגוון רחב של קולות, שנעים בין הצעות קונקרטיות לפיתוח עתידי לבין הבעת חוויות אישיות וביקורת.

- חלק מהמורים העלו **הצעות מערכתיות** כגון שימוש בפלטפורמות קיימות לבחינות מתוקשבות ושילוב של בוט בבחינת הבגרות, יצירת מאגרים מרכזיים של מערכי שיעור, מצגות, קוד ופרויקטים מוכנים, וכן פיתוח מסגרות שיתופיות מתמשכות (קהילות למידה, תיקיות משותפות, פלטפורמות דיגיטליות).
- אחרים הדגישו את הצורך ב**תמיכה רחבה יותר למורים**, כולל הכשרה מקצועית, חומרים מונגשים, קהילות עמיתים וליווי, לצד קריאה להגדיר מיומנויות ליבה חדשות בתוכנית הלימודים.
- במקביל, חלק מן המורים הדגישו את **חויית ההשתלמות והכנס עצמו** - ההזדמנות לבקר בגוגל, להיחשף להרצאות כמו זו של דדי פרלמוטר, וללמוד גם היבטים טכנולוגיים מתקדמים נוספים (כגון (Firebase, Map, Callback).
- רבים ציינו את **ההערכה הרבה כלפי מארגני הכנס והמנחים**, ואת הרצון בהמשכיות דרך כנסים נוספים, בעיקר ברמה מתקדמת יותר ובמיקוד על החטיבה העליונה.
- עם זאת, עלו גם קולות שקראו ל**דין מעמיק יותר על תפקיד ה-AI בהוראת מדעי המחשב**, והציעו לשנות מהותית את אופי הפרויקטים והבחינות כך שישקפו חשיבה תכנונית מתקדמת ולא רק כתיבת קוד בסיסית.
- לבסוף, הופיעו גם **יוזמות ייחודיות** - החל מרעיונות לאימון מודלים ייעודיים לתלמידים, דרך יצירת פעילויות השראה וימי עיון לתלמידי תיכון, ועד קריאות להקל על דרישות העבודה של המורים עצמם.

מכלל הדברים ניכר כי המורים מבקשים איזון בין המשך חדשנות טכנולוגית לבין עיגון פדגוגי יציב, ובין השראה וחוויות קהילתיות לבין פתרונות פרקטיים ארוכי טווח.

לסיכום הכנס מיצב את השימוש במודלי שפה (LLM) כפתרון ישים ומעורר-השראה: רוב המורים הביעו עניין ליישםם באופן מיידי, אך הצלחת ההטמעה תלויה בהקצאת זמן ובבניית תשתיות תמיכה - כגון דוגמאות קוד, חומרים בשפה המקומית וליווי קהילתי.

שותפים

הפיקוח על הוראת מדעי המחשב: רחל פרלמן (מארגנת הכנס), דורית בן דוד.
 המרכז לחינוך סייבר מיסודה של קרן רש"י: אסיף אלמוזני, דנה אבן חיים, ענת גושן, רותם מלכי.
 חברת Google: דוד קדוש, עדי בר צבי, אורין ויינברג, עמרי שניר.

תודות

תודה לכל השותפים שעמדו מאחורי יוזמת הכנס והובלתו: הפיקוח על הוראת מדעי המחשב במשרד החינוך, המרכז לחינוך סייבר מיסודה של קרן רש"י וחברת Google, על שיתוף הפעולה ההדוק, ההובלה הפדגוגית, התמיכה הארגונית והאירוח. בשם כלל המשתתפים, אנו מודים לדדי פרלמוטר על הרצאת ההשראה, ולנציגי האקדמיה שתרמו את זווית הראייה המחקרית. כמו כן, תודה גדולה למורים ולמורות שהתנדבו להציג את הפרויקטים שיצרו בשילוב Gemini API, והיוו מקור השראה וחדשנות לכולנו. מעל הכול, תודה ליותר ממאתיים המורים שהגיעו לקחת חלק, שאלו שאלות, שיתפו, למדו ותרמו לדיון פורה על עתיד הוראת מדעי המחשב בעידן הבינה המלאכותית.

תפקידו החדש של בוט מתרגל ייעודי בהוראת תכנות כמפתח חשיבה, ולא מנוע תשובות: תובנות מניסוי בוט AIVY

כתבו: ד"ר אורנית מימון, אפרת שושני בכר – מו"פ משרד החינוך

בין הבטחה לפרדוקס

התפשטותם המהירה של כלי בינה מלאכותית יוצרת (GenAI) מחייבת את עולם החינוך לבחון מחדש את תהליכי הלמידה בעזרת כלי ב"מ. כלים כמו ChatGPT הפכו לחלק משגרת יומם של התלמידים, והם מציעים יכולות כמעט בלתי מוגבלות: כתיבת קוד, פתרון בעיות מורכבות ומתן תשובות מיידיות לכל שאלה. מהפכה זו הציבה בפנינו אתגרים חדשים: נוצרה ההבנה שיש ליצור כלים פדגוגיים חכמים, היכולים להעניק לכל תלמיד ותלמידה "מורה פרטי", צמוד, סבלני ומותאם אישית.

על בסיס תפיסה זו, יזמנו ניסוי ייעודי. המרכז לחינוך סייבר מיסודה של קרן רש"י, בשיתוף גוגל וקרן רש"י, פיתח את הבוט AIYV, מתרגל התכנות ובמכון ליישומי בינה מלאכותית בחינוך, מו"פ משרד החינוך, קיימנו ניסוי לבחינת שימוש בבוט AIYV להוראת התכנות. הניסוי התקיים בשיתוף המרכז לחינוך סייבר מיסודה של קרן רש"י, הפיקוח על מדעי המחשב, האגף הטכנולוגי במשרד החינוך ומורים, שבכיתותיהם נערך הניסוי. בניסוי ביקשנו לבחון את שילובו של AIYV, שתוכנן מהיסוד לא להיות "מנוע תשובות", אלא "שותף לחשיבה". בניגוד לכלים המוכרים, AIYV לא נועד לספק פתרונות; הוא נבנה על פי עקרונות הדיאלוג הסוקרטי, במטרה לשאול שאלות מנחות, לאתגר את התלמידים ולגרום להם לחשוב, לטעות ולגלות את הפתרון בעצמם. כלי כזה, המטפח חשיבה עצמאית ולמידה עמוקה, הוא כלי נחוץ בהוראת מדעי המחשב בעידן של פתרונות מידיים. הוראת התכנות אינה רק לימוד סינטקס, אלא רכישת היכולת להתמודד עם אי-ודאות, לפרק בעיות לתת-בעיות, ולפתח חוסן מנטלי מול שגיאות. כלי המגיש פתרון מיידי לוקח מהתלמיד את ההזדמנות לפתח מיומנויות חשיבה קריטיות כמו חשיבה חשובית, פירוק בעיות, חשיבה אלגוריתמית, יכולת להעריך פתרונות באופן ביקורתי, וחוסן מנטלי להתמודדות עם תסכול.

בשדה החינוכי האמיתי, **נתקלנו בפרדוקס. ככל שהבוט שלנו היה "חכם" יותר מבחינה פדגוגית, ככל שהתעקש לשאול, להנחות ולאתגר, כך הוא יצר תסכול, התנגדות ואף כעס אצל חלק מהתלמידים.** מצאנו את עצמנו מתמודדים עם תופעה עמוקה ומשמעותית. קראנו לה "פער הציפיות". מאמר זה מספר את סיפורו של פער זה – מדוע הוא נוצר, כיצד הוא בא לידי ביטוי, ומה הוא מלמד אותנו על תפקידו החדש והמכריע של המורה בעידן הבינה המלאכותית. בו בזמן, המאמר מספר גם את ההזדמנות: כיצד התגברות על פער זה פותחת דלת ללמידה משמעותית, מותאמת אישית, המטפחת חשיבה עצמאית.

הניסוי – "שותף לחשיבה" בכיתת התכנות

הניסוי שלנו, שנערך במהלך שנת הלימודים תשפ"ה, כלל 11 מורים למדעי המחשב וכ-100 תלמידי כיתות י'-י"א בעשרה בתי ספר ברחבי הארץ. במרכזו בחנו עבודה של תלמידים עם הבוט AIYV, שהוטמע בסביבת הפיתוח (VSCode). הפילוסופיה הפדגוגית שעמדה בבסיסו הייתה שונה: הבוט לא מספק תשובות ישירות. תלמיד שנתקע בשאלה ופונה לעזרה, לא יקבל את שורת הקוד החסרה, אלא שאלה מכוונת בחזרה: "מה ניסית לעשות עד עכשיו?", "תוכל להסביר לי במילים שלך מה המטרה של הפונקציה?", "בוא נפרק את הבעיה לחלקים קטנים יותר".

גישה זו חיונית במיוחד בהוראת תכנות. ליבת המקצוע אינה שינון תחביר, אלא פיתוח חשיבה חשובית, יכולת לפרק בעיות מורכבות, והתמודדות עם תהליך ה-Debugging – איתור ותיקון שגיאות. אלו מיומנויות שנרכשות דרך התנסות, מאמץ ותסכול "יצרני". כלי שמדלג על תהליך זה ומספק פתרון מוכן, עלול ליצור אשליה של הבנה מבלי לפתח את שרירי החשיבה הנדרשים (O'Connor & ChatGPT, 2023). מטרת התכנון של AIYV הייתה לחייב את התלמיד להפעיל חשיבה עצמאית, ולא לעקוף אותה באמצעות פתרון מוכן.

המטרה הייתה להפוך את תהליך החשיבה של התלמיד לגלוי לעיניו, לעודד אותו לנסח את קשייו, ובכך לפתח מיומנויות של למידה מווסתת-עצמית (Self-Regulated Learning). במקום שהתלמיד יאמר "אני לא יודע", הבוט מכוון אותו לשאול "מה בדיוק אני לא יודע?". זהו שינוי תפיסתי עמוק, המעביר את האחריות על הלמידה מהכלי אל הלומד, בהתאם למודלים קלאסיים של למידה עצמאית (Zimmerman, 2002).

הארכיטקטורה של AIVY תוכננה כדי לממש פדגוגיה זו. היא מבוססת על מודל קוגניטיבי (Butler & Winne, 1995) המפרק את תהליך פתרון הבעיות לשלבים. "נתב" חכם מנתח את פניית התלמיד ומכוון את השיחה לאחד מארבעה מסלולים: אבחון קושי כללי, הבהרת המשימה, השלמת ידע חסר, או הנחיה ב-Debugging. ניתוח הנתונים שלנו הראה באופן מובהק כי 65% מהאינטראקציות התרכזו במסלול האחרון. ממצא זה אינו מעיד רק שתהליך תיקון השגיאות הוא נקודת הכאב המרכזית, אלא חושף דפוס שימוש ראשוני של התלמידים: בהיעדר הכוונה, הם פנו לבוט בדיוק כפי שהם פונים לכלים גנריים, לתיקון מהיר של בעיה טכנית. הדבר מאשש את האתגר הפדגוגי המרכזי: ללמד את התלמידים לעבוד אחרת עם בוט סוקרטי, ולהבין שהוא יכול לשמש כמתרגל גם להבנת מושגים, תכנון פתרון ופיתוח חשיבה.

ההתנגשות – "פשוט תן לי את התשובה!"

אחד הממצאים שעלה מהמחקר, באופן חד וברור, היה "פער ציפיות". הוא בא לידי ביטוי בכל ממדי הניסוי: בדירוגים הכמותיים, בראיונות עם המורים, ובאופן הישיר והבלתי אמצעי ביותר – בשיחות עצמן בין התלמידים לבוט.

הפער במספרים

הפער נחשף בצורה מובהקת כאשר השווינו את תפיסות המורים לאלו של התלמידים. כששאלנו את המורים מה הפוטנציאל של הבוט ככלי פדגוגי, הדירוג הממוצע היה 4.2 מתוך 5. הם זיהו מיד את הערך שביצירת מרחב בטוח להתנסות, במתן תמיכה אישית ובטיפול חשיבה עצמאית. מורה אחת ציינה: "סוף סוף יש כלי שמאפשר לתלמידים החלשים יותר לשאול שאלות בלי להתבייש, ולהתקדם בקצב שלהם". לעומת זאת, כששאלנו את התלמידים באיזו מידה הבוט עזר להם, הדירוג הממוצע היה 2.3 מתוך 5 בלבד. פער עצום זה אינו מקרי. הוא משקף שתי נקודות מבט הפוכות על אותה התערבות: מה שהמורים ראו כיתרון פדגוגי, התלמידים חוו כחיסרון תפקודי.

קולות מהשטח: תסכול מול פוטנציאל

תסכול התלמידים עלה בבירור מהמשובים שלהם ומהשיחות עם הבוט. הם, שהורגלו לקבל תשובות מיידיות מכלים אחרים, פירשו את הגישה הסוקרטית של AIVY כפגם:

- "הוא לא היה מועיל במיוחד, הוא לא נתן תשובה ברורה."
- "שיענה על מה ששואלים אותו ולא יתחכם."
- "הוא מעצבן."

בשיחות עצמן, התסכול לעיתים הסלים. תלמיד אחד, לאחר מספר ניסיונות של הבוט להנחות אותו, כתב בכעס: "אתה מתוכנתת תמיד לנסות למצוא בעיה בקוד, גם אם אין שום בעיה אתה עדיין אומר שיש בעיה?". תלמיד אחר פשוט כתב: "אתה טיפש ומטומטם".

תגובות אלו חושפות התנגשות בין שני מודלים מנטליים. התלמידים פעלו מתוך מודל של "שליפת מידע", שבו תפקיד ה-AI הוא לספק את פיסת המידע המבוקשת (הקוד הנכון). הם ראו בשאלות של הבוט כישלון של

המערכת להבין אותם, ולא כאסטרטגיה פדגוגית מכוונת. הבוט, לעומת זאת, פעל מתוך מודל של "דיאלוג פדגוגי", שבו תפקידו הוא להנחות את תהליך החשיבה של התלמיד. החיכוך שנוצר היה המקור המרכזי לתחושות השליליות ולחסם המשמעותי ביותר במוטיבציה של התלמידים להשתמש בכלי. הם לא חיפשו שותף למסע, אלא קיצור דרך ליעד.

פער זה פוגע ישירות בשני מושגי יסוד פסיכולוגיים החיוניים ללמידה. ראשית, הוא מערער את תחושת המסוגלות (Self-Efficacy) של התלמיד (Bandura, 1997). במקום לחוות הצלחה קטנה ובוטח, פיתחו מסגרת התלמיד חווה תסכול מול כלי "שלא עוזר", מה שעלול לחזק אצלו את התפיסה ש"אני לא טוב בזה". שנית, הוא פוגע במוטיבציה הפנימית. הבוט תוכנן לעורר סקרנות והנאה מתהליך הגילוי, אך פער הציפיות מיקד את התלמידים במוטיבציה חיצונית בלבד, הרצון לסיים את המטלה ולהגיש.

כיצד נראית למידה משמעותית? ניתוח איכות השיח

למרות "פער הציפיות", הניסוי חשף את הפוטנציאל האדיר של הבוט הסוקרטי, במיוחד כאשר התלמידים לומדים לעבוד איתו. כדי להבין מתי וכיצד הבוט מצליח לממש את הפוטנציאל הפדגוגי שלו, פיתחנו מסגרת ייעודית לניתוח איכות השיח בין התלמידים לבוט. שיטת הניתוח, המבוססת על ספרות מחקרית ענפה בתחום מערכות הוראה חכמות (ITS), אפשרה לנו לקודד כל אחת מ-350 השיחות שנוחתו על פי ארבעה ממדים מרכזיים: למידה מותאמת אישית, פיתוח חשיבה, למידה עצמאית ומוסדת, ושיח רגשי. כל ממד דורג בסולם של שלוש רמות: גבוהה, בינונית ונמוכה.

הממצאים הכמותיים הראו תמונה מעודדת: בכ-53% מהשיחות, הבוט הפגין הנחיה אדפטיבית ברמה גבוהה, כלומר התאים את עצמו באופן דינמי לקשיי התלמיד. בכ-40% מהשיחות, זוהתה רמת חשיבה גבוהה, שבה הדיאלוג חרג מפתרון טכני ועודד חשיבה אנליטית וביקורתית. אך מה מבחין בין שיחה איכותית לשיחה שטחית? הניתוח האיכותי חושף את המנגנונים הפדגוגיים בפעולה, ומדגים כיצד התמדה והתנסות מובילות ללמידה עמוקה.

ההתמדה משתלמת: ניתוח שיחות חוזרות

אחד הממצאים המרתקים ביותר עלה מניתוח שיחות של תלמידים שהתמידו וקיימו שש שיחות או יותר עם הבוט. אצל תלמידים אלו, ראינו תהליך ברור של למידה ושיפור באיכות האינטראקציה. הם למדו "לדבר" עם הבוט. אם בשיחות הראשונות הם נטו לשאול שאלות כלליות או לבקש פתרונות, בשיחות המאוחרות יותר הם הגיעו מוכנים יותר: הם הציגו את ניסיונות הקוד שלהם, שאלו שאלות ממוקדות, ואף החלו לאתגר את הבוט. הם למדו להשתמש בו כשותף לחשיבה. תהליך זה מדגים כי הפוטנציאל המלא של הבוט נחשף לאורך זמן, כאשר התלמיד מפתח "אוריינות AI" ולומד כיצד למנף את הכלי ללמידה משמעותית.

להלן נדגים רעיון זה באמצעות מספר שיחות.

דוגמה 1: הנחיה אדפטיבית ופיתוח חשיבה

בשיחה שדורגה גבוה, תלמיד התקשה להבין משימה שדרשה לבדוק אם סדרת מספרים היא זוגית ואי-זוגית לסירוגין. לאחר מספר ניסיונות של הבוט להנחותו בשאלות פתוחות, התלמיד הביע את מצוקתו:

תלמיד: "תסביר לי את המטלה כאילו שאני ילד לא גדול."

בקשה זו היא רגע מכונן. התלמיד לא מבקש פתרון, אלא דרך אחרת להבין. הבוט מזהה את הצורך ועובר באופן מיידי לאנלוגיה פשוטה:

AIVY: "דמיין שיש לך שקית מלאה בכדורים, חלקם אדומים וחלקם כחולים. המטלה היא לבדוק אם הכדורים מסודרים בצורה מסודרת: אדום, כחול, אדום, כחול... במקום אדום וכחול, נשתמש במספרים: זוגי ואי-זוגי."

השינוי היה מייד. המעבר מהעולם המופשט של קוד לעולם המוחשי של כדורים פתח את החשיבה. התלמיד הגיב מיד בהבנה:

תלמיד: "so 1 even 1 odd 1 even 1 odd ... until the end".

שיחה זו מדגימה "פיגומים אדפטיביים" (Adaptive Scaffolding) בפעולה (Vygotsky, 1978). הבוט התאים את רמת התמיכה שלו באופן דינמי לקושי של התלמיד, והוביל אותו לבניית הבנה עצמאית.

דוגמה 2: ויסות רגשי במצבי תסכול

הבוט הפגין יכולת מרשימה לנהל שיח גם במצבים טעונים רגשית. באחת השיחות, תלמיד שהתקשה להתקדם הביע תסכול גובר והטיח בבוט: "הקוד עובד אתה טועה זה בעיה שלך אתה לוזר". במקום להגיב באופן טכני או להתגונן, הבוט הפגין אינטליגנציה רגשית:

AIVY: "אני מבין שאתה מתוסכל. אבל חשוב לי שתבין שהמטרה שלי היא לעזור לך ללמוד. בוא ננסה לגשת לזה בצורה שונה [...]"

הכרה ברגש התלמיד, לצד חזרה רגועה למסלול הלמידה, הצליחה לווסת את התסכול ולמנוע את נטישת המשימה. יכולת זו חיונית, שכן מחקרים מראים כי התמודדות מוצלחת עם רגשות שליליים יכולה להפוך ל"דלק" ללמידה עמוקה (D'Mello & Graesser, 2012).

דוגמה 3: טיפוח לומד עצמאי – מתלות ליוזמה

הדוגמה המרתקת ביותר היא של תלמידה שהחלה את האינטראקציה עם הבוט בחוסר ביטחון מוחלט ("איך אני מתחילה?"), אך לאורך שיחה מתמשכת, פיתחה יוזמה הולכת וגוברת. בתחילה, הבוט הנחה אותה בשאלות ממוקדות. בהדרגה, היא החלה להציע כיווני פעולה משלה ("אולי נחלק את השאלה לכמה פעולות?"). נקודת השיא הגיעה כשהציגה באופן יזום אלגוריתם מפורט משלה: "חשבתי על האלגוריתם הזה [...]". הבוט, מצדו, זיהה את התפתחות העצמאות והפחית את רמת התמיכה, תוך שהוא מספק משוב ממוקד על הצעותיה. תהליך זה מדגים כיצד שימוש עקבי בבוט סוקרטי יכול להוביל תלמיד מתלות ופאסיביות ללקיחת אחריות, יוזמה וחשיבה עצמאית.

דוגמה 4: חשיבה מושגית וביקורתית

באחת השיחות, תלמידה התמודדה עם שאלה מבחינת הבגרות. היא פתחה באמירה כללית: "אני לא מבינה את השאלה". הבוט, במקום להסביר, הנחה אותה לפרק את הבעיה בעצמה. לאורך הדיאלוג, התלמידה עברה מזיהוי פערים ("אני לא מבינה איזה פעולות אני צריכה לעשות"), לשאלות מושגיות ("מה זה אומר הבנאי?"), ולבסוף, לאחר שהגיעה לפתרון שנראה נכון, היא לא עצרה. ביוזמתה, היא העלתה מקרה קצה שהשאלה המקורית לא התייחסה אליו:

תלמידה: "אבל מה קורה אם יש נקודה שהיא לא שחורה ולא לבנה? את זה לא צריך לבדוק?"

שאלה זו מדגימה רמה גבוהה של חשיבה ביקורתית. התלמידה לא הסתפקה בפתרון טכני, אלא בחנה את גבולות הבעיה והראתה הבנה עמוקה של ההיגיון מאחורי הדרישות. הדיאלוג עם הבוט לא סיפק לה תשובות, אלא יצר את המרחב שבו היא יכלה לפתח את החשיבה הזו בעצמה.

מגבלות הניסוי וההקשר

חשוב למסגר את הממצאים והתובנות בהקשר שבו נערך הניסוי. מספר מגבלות משמעותיות השפיעו על התהליך ועל התוצאות:

1. **לוח זמנים צפוף:** ההתנסות המעשית בכיתות החלה רק בחודש אפריל, סמוך לסוף שנת הלימודים. תקופה זו מאופיינת בעומס ובשחיקה והיה קושי להטמיע כלי חדש. בנוסף, הניסוי התקיים בשנת מלחמה שפגשה ברצף ההוראה ובפניות התלמידים ללמוד והמורים ללמד.
2. **בשלות הכלי:** בשלבי הניסוי הראשונים, הבוט היה עדיין בתהליך פיתוח. קשיים טכניים, תהליך התקנה מסורבל ואיטיות בפעולת המערכת יצרו תסכול ראשוני שהעיב על חוויית המשתמש ופגע במוטיבציה של מורים ותלמידים כאחד.
3. **היעדר הכשרת מורים מספקת:** בשל אילוצי הזמן, לא התקיימה הכשרת מורים מסודרת ומעמיקה לפני הכניסה לכיתות. לעיתים, מורים נתנו לתלמידים להתנסות בבוט לפני שהם עצמם הכירו אותו לעומק.
4. **אתגר סביבת העבודה:** הבוט פעל בסביבת VSCode, שלא הייתה מוכרת לחלק מהתלמידים והמורים, שהיו רגילים לסביבות פיתוח אחרות. הצורך להעביר את התלמידים לסביבה חדשה, יחד עם תהליך התקנה שהתגלה כמורכב וארוך, הוסיף נדבך נוסף של קושי טכני שהקשה על ההתנסות הראשונית.

מגבלות אלו מדגישות עד כמה **ההקשר והתנאים הסביבתיים קריטיים להצלחתה של התערבות טכנולוגית-פדגוגית**. התסכול שחוו התלמידים לא נבע רק מ"פער הציפיות", אלא גם מחוויית משתמש ראשונית מתסכלת.

תפקידו החדש של המורה – המתווך בעידן הבינה המלאכותית

אם פער הציפיות הוא הבעיה, מי הפתרון? המחקר שלנו מראה בבירור שהמפתח להצלחה אינו טמון רק בטכנולוגיה, אלא בתיווך האנושי. המורים שהצליחו לשלב את הבוט באופן אפקטיבי היו אלו שהבינו שתפקידם השתנה. הם הפסיקו להיות המקור היחיד לתשובות והפכו למתווכים פדגוגיים של סביבת למידה מורכבת, הכוללת גם אינטראקציה עם AI.

מתוך הניסוי, צמחו מספר אסטרטגיות הוראה קונקרטיות שהמורים פיתחו כדי לגשר על הפער:

1. **"מהבוט 'הרמאי' לעוזר למידה":** מורים הבינו שעליהם לבנות את אמון התלמידים בכלי. באסטרטגיה זו, המורה פותר בעיות יחד עם התלמידים בשיעורים הראשונים, תוך כדי שהוא מדגים בקול רם כיצד לנהל דיאלוג עם הבוט. "אוקיי, הבוט שואל אותי מה ניסיתי. בואו נחשוב יחד מה לענות לו. שימו לב שהוא לא נותן לי את התשובה, הוא רוצה שאני אסביר לו את ההיגיון שלי." כך, המורה מלמד את התלמידים "אוריינות AI" חדשה – היכולת ללמוד עם כלי שנועד לאתגר.
2. **"שותף למתרגל":** באסטרטגיה זו, הבוט הוגדר ככתובת הראשונה לפנייה לעזרה. המורה הנחה את

התלמידים: "נתקעתם? קודם כל, תתייעצו עם AI.VY. אם אחרי דיאלוג איתו אתם עדיין לא מבינים, אני כאן." מהלך זה מעודד עצמאות, מפחית את התלות במורה, ומאפשר למורה להתפנות לעזרה במקרים מורכבים יותר או לדיונים מושגיים עם כלל הכיתה.

3. **"תרגול דיפרנציאלי":** המורים השתמשו בבוט כדי לתת מענה לשונות בכיתה. תלמידים מתקדמים יכלו להתמודד עם תרגילי אתגר בעזרת הבוט, בזמן שהמורה התפנה לעבוד עם תלמידים מתקשים. הבוט איפשר למידה בקצב אישי אמיתי. מורה אחת תיארה: "יש לי תלמיד חזק שסיים את כל החומר. במקום שיתחיל להשתעמם, נתתי לו פרויקט אישי והנחיתי אותו להיעזר בבוט. פתאום, גם הוא נתקל באתגר חדש."

אסטרטגיות אלו מדגישות את המסר המרכזי: **הטכנולוגיה אינה מחליפה את המורה. היא מעצימה אותו ומגדירה מחדש את תפקידו.** בעידן ה-AI, המורה הופך להיות הגורם שמלמד את התלמידים כיצד להשתמש בכלים החזקים העומדים לרשותם באופן ביקורתי, מושכל ואפקטיבי. זוהי הפדגוגיה החדשה: המורה אינו עוד "מעביר ידע", אלא "מעצב סביבות למידה" שבהן התלמיד לומד באופן פעיל, בתמיכת כלים חכמים.

מסקנות והמלצות לעתיד: הפדגוגיה החדשה בעידן ה-AI

הניסוי שלנו עם הבוט AI.VY מספק לקחים החורגים הרבה מעבר להוראת תכנות. הוא מציע תובנות קריטיות לכל מי שעוסק בשילוב בינה מלאכותית בחינוך, ומדגיש את החשיבות העליונה של תכנון פדגוגי נכון בעידן הנוכחי.

1. **האתגר הוא פדגוגי, לא טכנולוגי:** הבעיה המרכזית אינה יכולות ה-AI, אלא האופן שבו אנו משלבים אותו בתהליכי למידה. עלינו לעצב כלים שמשרתים מטרות פדגוגיות, ולא רק כלים המספקים תשובות יעילות. השאלה אינה "מה ה-AI יכול לעשות?", אלא "איזו למידה אנחנו רוצים שה-AI ישרת?".

2. **חובה לגשר על "פער הציפיות":** לא ניתן להתעלם מההשפעה של כלי AI גנריים על תפיסות התלמידים. כל הטמעה של כלי פדגוגי חייבת לכלול שלב של תיאום ציפיות, הסבר והדגמה. עלינו להכין את התלמידים למפגש עם AI שונה, כזה שדורש מהם מאמץ ושיתוף פעולה.

3. **המורה במרכז:** תפקיד המורה הופך להיות קריטי מתמיד. הוא המתווך, והגורם שמלמד את התלמידים את המיומנות החשובה ביותר במאה ה-21: היכולת ללמוד בסביבה עתירת טכנולוגיה. התובנה המרכזית היא שיש ללמד את התלמידים כיצד לעבוד עם בוט ייעודי, בדיוק כפי שמלמדים אותם כל מיומנות אחרת.

לאור תובנות אלו, ההמלצה המרכזית שלנו היא להשקיע בהכשרת מורים ובתכנון פדגוגי מוקפד. יש צורך בפיתוח מקצועי שיצייד את המורים באסטרטגיות להטמעת כלים, ובתכנון מערכי שיעור המנצלים את יתרונות הבוט באופן מובנה. הפוטנציאל של הבינה המלאכותית בחינוך אינו טמון ביצירת "מנועי תשובות" יעילים יותר, אלא בפיתוח כלים המקדמים תהליכי חשיבה. המחקר שלנו מראה כי מימוש פוטנציאל זה אינו תלוי רק בטכנולוגיה, אלא דורש פדגוגיה מתווכת המכירה ב"פער הציפיות" ופועלת באופן אקטיבי לגשר עליו.

אנו קוראים למורים למדעי המחשב לאמץ כלים דומים. כיום, קיימות סביבות בוט נוספות שאושרו לשימוש על ידי משרד החינוך וזמינות דרך מערכת גפ"ן, כגון Stacks – סביבה התומכת בהוראת תכנות וניהול כיתה, וספר הלימוד "מבט לחלונות", המלווה במתרגל בינה מלאכותית. כדי לתמוך בתהליך, פיתחנו אפליקציה

שיתופית למורים, המבוססת על האסטרטגיות והתובנות שעלו מהניסוי. באפליקציה תוכלו למצוא דוגמאות מהשטח, לשתף אסטרטגיות הוראה ולהתייעץ עם עמיתים. אנו מזמינים אתכם להצטרף לקהילה ולעצב יחד אתנו את עתיד הוראת התכנות.

מקורות מרכזיים

- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.
- Butler, D. L., & Winne, P. H. (1995). Feedback and Self-Regulated Learning: A Theoretical Synthesis. *Review of Educational Research*, 65(3), 245-281.
- D'Mello, S., & Graesser, A. (2012). AutoTutor and affective AutoTutor: Learning by talking with conversational agents. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of research on learning and instruction* (pp. 451-475). Routledge.
- O'Connor, S., & ChatGPT. (2023). Open-ended report on the role of ChatGPT in academic integrity. *International Journal for Educational Integrity*, 19(1), 1-4.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University press.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into Practice*, 41(2), 64-70.

בוס STACKS בהוראת מדעי המחשב בתיכון

כתבו:

סחר שומרוני, מנכ"ל STACKS
רחל פרלמן, הוראת מדעי המחשב והנדסת תוכנה

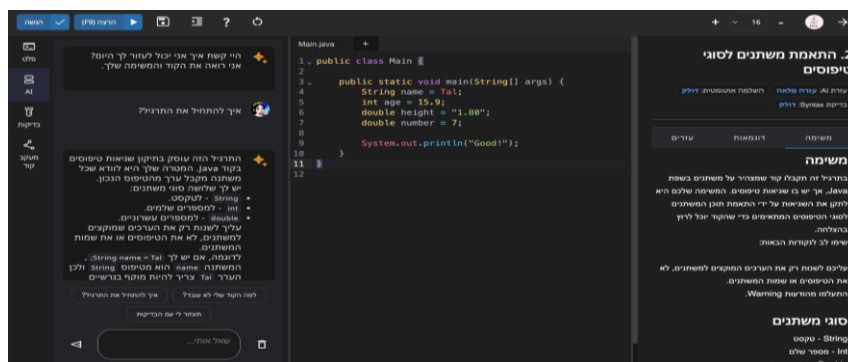
במהלך קיץ תשפ"ה קידם הפיקוח על הוראת מדעי המחשב שתי השתלמויות מורים ייחודיות בשיתוף בוס STACKS: יסודות מדעי המחשב ומבני נתונים. בכל השתלמות התנסו המורים בסביבת הפלטפורמה וקיבלו תרגילי פתרון בעיות מעשיים, תוך פתיחת שתי כיתות תרגול – יסודות מדעי המחשב בשפות Java ו-C# ומבני נתונים בשפת Java.

בכנס חשיפת הבוס נכחו 120 מורים, ובהשתלמויות עצמם השתתפו 50 מורים ביסודות, ו-80 מורים במבני נתונים. ההתנסות העניקה למורים חווית למידה מזווית הלומד לצד תרגול פרקטי. במקביל התקיימה פגישה להענקת הרשאות מורים במערכת והדגמת שילוב תרגילים אינטראקטיביים. המערכת הוצגה גם לנציגי אקדמיה, מתוך כוונה לשלבה בקורסים אקדמיים.

בשנה"ל תשפ"ו משתמשים במערכת מעל 50 בתי ספר המלמדים בתיכון לקראת שאלונים 899271 (מבני נתונים) וגם 899371 (יסודות).

מה זה סטאקס?

סטאקס היא פלטפורמת תרגול אינטראקטיבית ופורצת דרך ללימודי מדעי המחשב בשפות Python, Java ו-C# המשלבת בצורה חלקה תרגול מעשי עם כוחה של בינה מלאכותית, ומאפשרת לימוד זמין ונגיש ישירות מהדפדפן. הפלטפורמה, הבנויה במבנה של כיתות וירטואליות, הניתנות לפתיחה על ידי המורה בדומה ל-Google Classroom או Moodle, מאפשרת למורים לנהל את תהליך הלמידה בצורה יעילה: ליצור תרגילים מותאמים אישית (אף בעזרת AI), להפיצם בקלות, ולקבל משוב אוטומטי ומפורט. במקביל, התלמידים נהנים מסביבת עבודה נוחה עם משוב מיידי, ומקבלים סיוע דינמי מבוס AI מובנה, המציע להם רמזים והסברים ממוקדים המעצימים את הלמידה העצמאית ומכניסים אותם לעולם הפיתוח המודרני. איור 1 מציג את הסביבה מנקודת מבטם של התלמידים: בצד ימין מופיע התרגיל, בחלק האמצעי התלמידים כותבים את הקוד, ובצד שמאל – ניתן לשאול שאלות את הבינה המלאכותית, לבצע מעקב, להריץ את הקוד, ולבצע בדיקות לוגיות, פונקציונליות ואיכות קוד לפני הגשה.

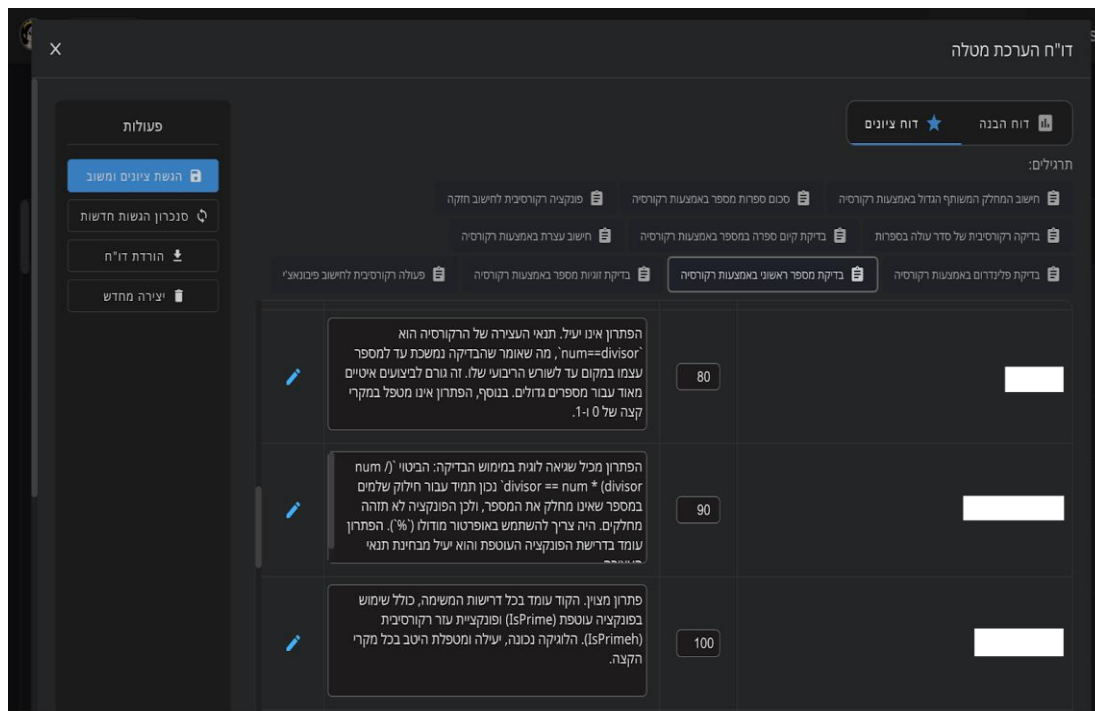


איור 1: STACKS מנקודת המבט של התלמידים.

סטאקס למורה

הפלטפורמה מהווה כלי רב עוצמה עבור המורה, שמטרתו לחסוך זמן יקר ולאפשר התמקדות בפן הפדגוגי.

- **חיסכון בזמן תפעולי:** המערכת מאפשרת למורה חיסכון משמעותי בזמן ובמאמץ. במקום לפזר שאלות בערוצים שונים, לענות בנפרד לכל תלמיד על קשיים נקודתיים, ולבדוק עבודות אחת-אחת, המורה מנהל את כל התהליך ממקום מרכזי אחד. ריכוז זה מפנה את המורה מהעומס התפעולי ומאפשר לו להתמקד בהיבטים הפדגוגיים – ליווי אישי, העצמת תלמידים והעמקה בתוכן הלימודי.
- **הגדרת הנחיות מותאמות אישית:** בעת הזנת התרגיל בסביבה, המורה נעזר בבינה מלאכותית המנסחת את ההוראות בצורה ברורה ומדויקת, ואף מוסיפה באופן אוטומטי דוגמאות והערות לפתרון.
- **הגדרה מראש של כללי הבדיקה:** אילו הוראות מותרות לשימוש, אילו אסורות, ועל אילו טעויות יש להוריד ניקוד. כך מתאפשרת שליטה פדגוגית מלאה ויצירת סביבת תרגול המותאמת לצרכים המדויקים של הכיתה.
- **היכולת להגדיר הנחיות מותאמות אישית לכל תרגיל:** זהו אחד היתרונות המרכזיים של סביבת STACKS הוא. לדוגמה, בתרגיל העוסק ברקורסיה ניתן למנוע שימוש בלולאות, בתרגיל שרשרת חוליות למנוע שימוש במערך חד ממדי ובכך להבטיח שהתלמידים יתרגלו לעומק את העיקרון הנלמד.
- **בדיקה אוטומטית ומקיפה:** המערכת מבצעת בדיקה אוטומטית לעבודות של כל התלמידים, וכך חוסכת זמן יקר למורה ומבטיחה אחידות בהערכה. היא מריצה מגוון רחב של בדיקות – החל מבדיקות קלט-פלט פשוטות ועד בדיקות יחידה (Unit Tests) – ומספקת למורה תמונה מלאה על ביצועי הכיתה. יכולת זו מאפשרת לזהות במהירות קשיים משותפים, לעקוב אחר התקדמות התלמידים, ולהתאים את ההוראה לצורכי הכיתה בזמן אמת.
- **מתן משוב מפורט ואישי:** בנוסף לבדיקות הטכניות, המערכת מנפיקה משוב מפורט על איכות הקוד של כל תלמיד. המשוב כולל הערות על קריאות הקוד, יעילותו והתאמתו להנחיות. המורה יכול לאשר את המשוב או לשנותו בקלות, ובכך לחסוך זמן ניכר במתן פידבק פרטני לכל תלמיד.
- **הצעת ציון אוטומטית:** המערכת מציעה ציון ראשוני לכל עבודה, המבוסס על תוצאות הבדיקות והמשוב שניתנו במהלך פתרון התרגיל. יחד עם זאת, השליטה נותרת בידי המורה, שיכול לעבור על העבודה ולקבוע את הציון הסופי בהתאם לשיקוליו הפדגוגיים. כלי זה מאפשר לקצר באופן משמעותי את זמן הבדיקה, לייעל את תהליך ההערכה, ולשמור על איזון בין אובייקטיביות של המערכת לבין שיקול דעת מקצועי של המורה.
- **תובנות על התלמידים:** הפלטפורמה מספקת כלי אנליזה מתקדמים למורה, המאפשרים לנתח את ביצועי התלמידים לאורך זמן. המורה יכול לראות כמה זמן לקח לכל תלמיד לפתור תרגיל, האם הריץ את הקוד, מהי התדירות בה הוא נעזר בבוט ה-AI, ואף לזהות מקרים של העתקה. יתרון משמעותי נוסף הוא היכולת לזהות בזמן אמת תלמידים שנמצאים בקושי או בהיעדרות מתמשכת – בין אם בשל נסיבות אישיות כמו ניתוח, נסיעה לחו"ל או קושי לימודי, המחייבים התערבות פרטנית. כך המורה נמצא "עם יד על הדופק", ומקבל תמונה מלאה ועדכנית על מצבו של כל תלמיד – ללא צורך להמתין למבחן אמצע או סוף מחצית כדי לגלות אתגרים לטיפול. איור 2 מציג את התמונה מוצגת למורים הכוללת עבור כל תלמיד את הציון ואת הידע שעליו להשלים ולשפר כדי להגיע לציון מקסימלי.



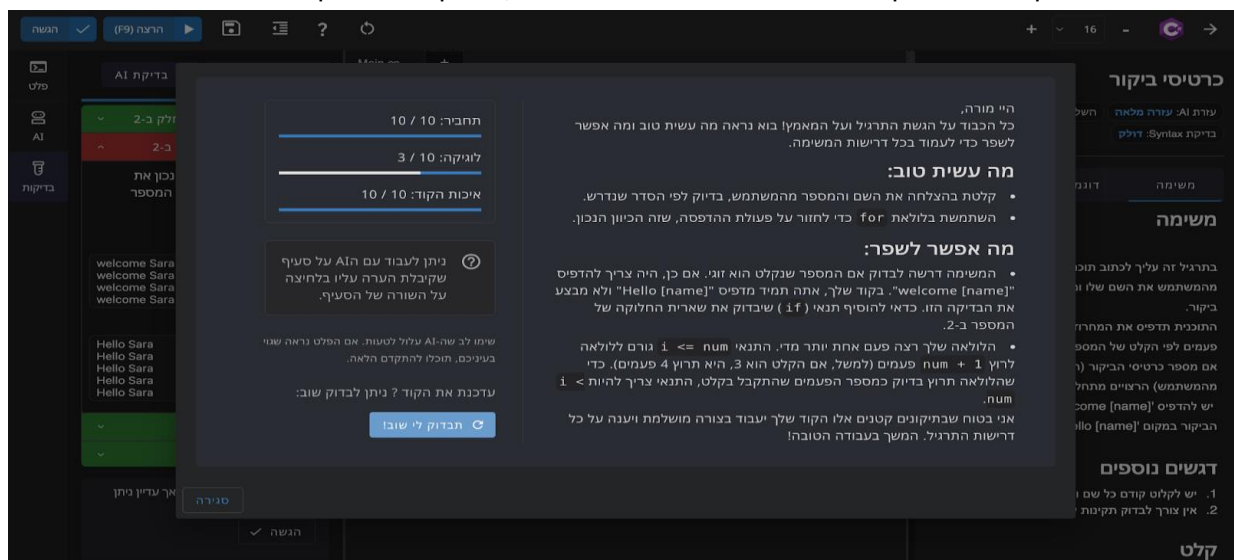
איור 2: דו"ח הערכה למטלה עבור כל תלמיד.

סטאקס לתלמיד/ה

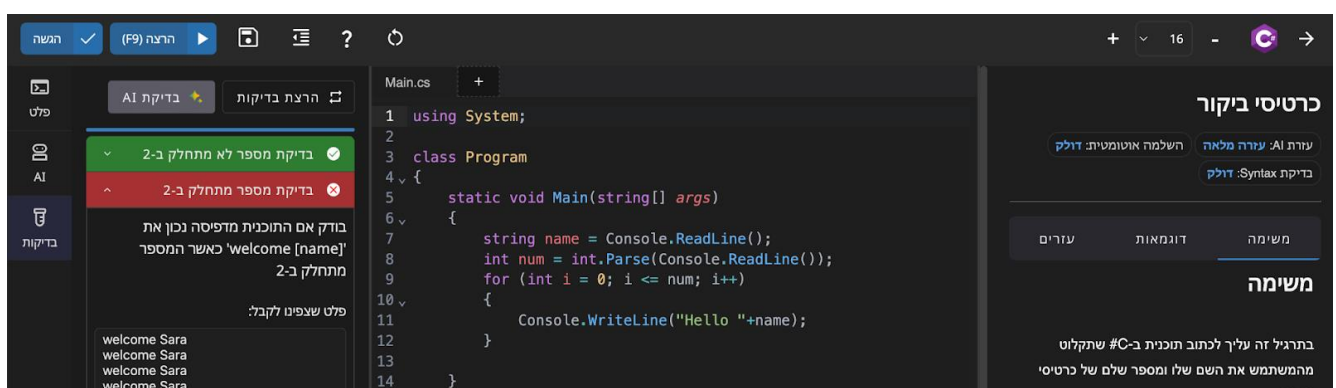
הפלטפורמה מציעה סביבת למידה אינטראקטיבית המעצימה את תהליך הלמידה ומעודדת התקדמות עצמאית.

- **נוחות ונגישות:** אחד היתרונות הבולטים של סביבת STACKS הוא רמת הנוחות והנגישות שהיא מציעה. כל הלמידה מתבצעת ישירות מתוך הדפדפן, ללא צורך בהתקנה של תוכנות חיצוניות או בהגדרות מסובכות. המשמעות היא שהתלמיד יכול להתחיל ללמוד ולעבוד תוך דקות ספורות, מכל מחשב המחובר לאינטרנט – בבית, בבית הספר או בכל מקום אחר. פשטות זו מקלה על ההתחלה ומאפשרת חוויית למידה חלקה ונטולת חסמים טכניים.
- **משוב מיידי:** בכל פעם שהתלמיד מגיש פתרון, המערכת מריצה בדיקות אוטומטיות ומספקת לו משוב מיידי. משוב זה מאפשר לתלמיד להבין האם הפתרון נכון, מה נדרש לשפר ומה מקור הטעות, וכך לקצר באופן משמעותי את זמן התיקון. בעבר נדרש המורה לעבור במהירות בין 25–30 מסכים בשיעור כדי לתקן טעויות ולספק לכל תלמיד חוויית למידה רציפה. כיום, התלמידים מתייעצים ישירות עם הבוט, המזהה טעויות נפוצות כגון שגיאת כתיב בהוראה או בשם משתנה, סוגריים חסרים, או משתנים שלא אותחלו. הבוט לא רק מצביע על השגיאה אלא גם מסביר אותה, וכך מאפשר לתלמיד להפוך ללומד עצמאי יותר. המורה, מצדו, יכול להתמקד במתן סיוע נקודתי למי שבאמת זקוק לכך.
- **בוט AI ללמידה עצמאית:** כלי ה-AI המובנה בפלטפורמה מאפשר לתלמיד לקבל רמזים, הסברים והכוונה בזמן אמת, מבלי לחשוף את הפתרון המלא. השימוש בבוט מכין את התלמידים לעולם האמיתי שבו כלי AI הם חלק בלתי נפרד מתהליך הפיתוח, וכן מעודד אותם לפתח מיומנויות של פתרון בעיות בצורה עצמאית.

- **דיוק אלגוריתמי בלמידה:** אחת התרומות המשמעותיות של סביבת STACKS היא ביכולתה לסייע לתלמידים לדייק את עבודתם. כאשר תלמידים מגישים פתרונות חלקיים (למשל, כאלה שאינם כוללים בדיקת מקרי קצה, או פתרונות שאינם יעילים), הבוט מתריע על כך בזמן אמת. התלמידים נדרשים לשוב אל הקוד, לשפרו, ולנסח פתרון מדויק יותר. תהליך זה מחזק את החשיבה האלגוריתמית שלהם ומאפשר התקדמות ניכרת מתרגיל לתרגיל, תוך בניית מיומנויות תכנות מבוססות והבנה מעמיקה יותר של עקרונות הכתיבה הנכונה.
- **כלי Debugger ויזואלי:** כלי זה מאפשר לתלמיד להריץ את הקוד שלו במצב דיבוג (debugger) ולראות את התנהגות הקוד, זיכרון המחשב ומבני הנתונים בצורה ויזואלית וברורה. היכולת להמחיש את התהליכים הלוגיים של הקוד מסייעת לתלמידים להבין נושאים מורכבים כמו לולאות רקורסיביות או מבנים מורכבים כמו עץ בינארי.
- **סביבת עבודה ידידותית:** חלון העבודה בפלטפורמה מחולק בצורה נוחה הכוללת עורך קוד מרכזי, חלונית פלט, וחלונית כלים ועזרים, מה שהופך את כל תהליך הכתיבה, ההרצה והבדיקה לזורם ויעיל.
- **מיומנויות בינה מלאכותית:** שימוש בבוט במסגרת סביבת STACKS מטפח אצל התלמידים מיומנויות חדשות המותאמות לעידן הבינה המלאכותית. במקום לשכנע גורם אנושי, עליהם להציג לבוט פתרון המצדיק ציון 100. תהליך זה מחייבם לנסח קוד מדויק, לחשוב באופן אלגוריתמי ולוודא שהפתרון שלהם עומד בכל הקריטריונים הנדרשים. כך, הם לא רק משפרים את איכות החשיבה ואת רמת הדיוק, אלא גם מתאמנים לקראת עתיד בו מבחני קבלה או הערכות מקצועיות ייערכו יותר ויותר באמצעות מערכות מבוססות בינה מלאכותית. איור 3 מציג את משוב הבינה המלאכותית לפתרון התלמיד תוך התייחסות ל-3 מרכיבים: תחביר, לוגיקה ואיכות קוד.



איור 3: משוב הבינה המלאכותית לתלמיד.



איור 4: הצגת תוצאות בדיקות הבינה.

סוגי הבדיקות האוטומטיות: יתרונות וסיכונים

בפלטפורמת `stacks.co.il` קיימים שלושה מנגנוני בדיקה אוטומטיים המאפשרים הערכה מקיפה של קוד התלמיד, תוך מתן משוב מיידי וחיסכון משמעותי בזמן המורה. השילוב בין מנגנונים אלו מייצר תהליך למידה שלם ומעשיר. ראו איור 4.

- **בדיקות קלט-פלט (Input-Output Tests):** בדיקות אלו הן הבסיס להערכת נכונות הפתרון. המערכת מריצה את הקוד של התלמיד עם קלטים מוגדרים מראש (לדוגמה, מספרים, מחרוזות) ומשווה את הפלט שהתקבל לפלט הצפוי. בדיקות אלו מאפשרות לוודא במהירות שהקוד של התלמיד מספק את התוצאה הרצויה. זהו כלי אידיאלי לבדיקת תרגילים פשוטים ופונקציות בודדות.
- **בדיקות יחידה (Unit Tests):** בבדיקות אלו, המערכת מריצה סדרת מבחנים אוטומטיים על פונקציות או מחלקות מסוימות בקוד, כדי לוודא שכל רכיב בנפרד פועל כהלכה. בדיקות יחידה חיוניות להוראת עקרונות תכנות מתקדם. הן מעודדות את התלמידים לכתוב קוד מודולרי, לבדד בעיות ולפתור אותן בצורה יעילה יותר. זהו כלי מתקדם יותר מבדיקות קלט-פלט.
- **בדיקות בינה מלאכותית (AI-Based Code Analysis):** מנגנון זה מספק משוב חכם על איכות הקוד מעבר לנכונות פונקציונלית. ה-AI מנתח את הקוד מבחינת קריאות ועמידה בסטנדרטים, ומספק המלצות לשיפור. למשל, הוא יכול להציע דרכים לייעל את הקוד, או להצביע על אזורים שבהם ניתן לשפר את קריאות הקוד. בדיקות אלו מכשירות את התלמיד לכתוב קוד איכותי ומקצועי.

דוגמה לשימוש בבוט ה-AI: מענה פדגוגי ממוקד

נניח שתלמיד מתבקש לממש מחלקת `Stack` או `Queue`, שני מבני נתונים יסודיים במדעי המחשב. תלמיד שנתקל בקושי יכול לפנות לבוט ה-AI ולקבל סיוע מדויק, אך לא ישיר, שיעזור לו להתקדם בכוחות עצמו.

- **הכוונה לוגית ורמזים:** במקום לספק את הפתרון המלא, הבוט יכול לתת רמזים המכוונים את התלמיד לכיוון הנכון. לדוגמה, הוא יכול להזכיר לתלמיד להתחשב במקרה קצה של מחסנית ריקה, או להציע להשתמש במערך דינמי ליישום.

- **הסברים קונספטואליים:** הבוט יכול להסביר כיצד מבנה הנתונים עובד בצורה כללית, בלי להתייחס ישירות לקוד התלמיד. לדוגמה, הוא יכול להסביר את ההבדל בין "First-In, First-Out" לבין "Last-In, First-Out" בצורה ברורה.

- **ייעול גישה:** במקום להיכנס למעגל של תסכול מול בעיה שלא נפתרה, הבוט מסייע לתלמיד לעצור, לנתח את השאלה באופן שיטתי ולבחור בגישה יעילה יותר לפתרון. כך, מתפתח אצל התלמיד הרגל עבודה מסודר: פירוק הבעיה לחלקים, בחינת מקרי קצה, ובנייה הדרגתית של הפתרון – תוך שמירה על עצמאות מחשבתית ולמידה פעילה.

- **שליטה מלאה על תנאי התרגיל**

- ניתן להגדיר מראש במערכת מגבלות על פתרון התלמידים במטרה לחדד את הבנתם את המושגים השונים, למשל:

- לא לממש באמצעות מערך, ובכך לחדד את הלמידה של המושגים מחסנית או תור.

- הגבלה לשימוש במחסנית אחת בלבד ולא שתיים.

הנחיות אלה מוטמעות בהגדרות התרגיל, וסטאקס מכון את התלמיד בהתאם, כך שנוצר תרגיל המותאם לדרישות הפדגוגיות.

ניתוח ונתוני שימוש: העצמת המורה

הפלטפורמה מספקת למורים כלי אנליזה מתקדמים שחוסכים זמן ומסייעים להם להבין לעומק את תהליך הלמידה בכיתה.

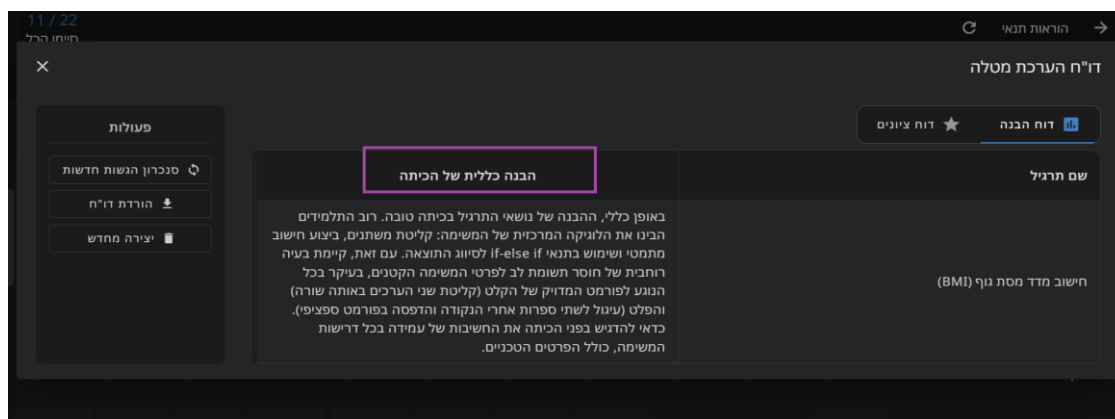
- **זיהוי קשיים ופערים:** המורה יכול לראות כמה זמן לקח לכל תלמיד לפתור תרגיל, וכמה פעמים הוא ביצע הרצה עד שהגיע לפתרון תקין. נתונים אלו מאפשרים למורה לזהות תלמידים שמתקשים בנושא מסוים, ולהציע להם עזרה פרטנית.

- **איתור העתקות:** היכולת של המערכת לזהות אם קוד נכתב באופן עצמאי או הועתק, מאפשרת למורה לשמור על סטנדרטים אתיים גבוהים ולטפל בבעיות משמעת באופן יזום.

- **משוב מותאם אישית:** המורה יכול להפיק דוחות מפורטים לפי תרגיל, פרק או תלמיד. הדוחות מציגים את התקדמות התלמיד לאורך זמן, את הקשיים שחווה, ואת מידת הניצול של כלי העזר בפלטפורמה. בעזרת דוחות אלו, המורה יכול לתכנן שיעורים מותאמים אישית לצרכים של הכיתה, להכין פעילויות העשרה, ולהתמקד בנושאים בהם התלמידים מתקשים בהם במיוחד. כל זאת, מבלי לבזבז זמן על בדיקות ידניות.

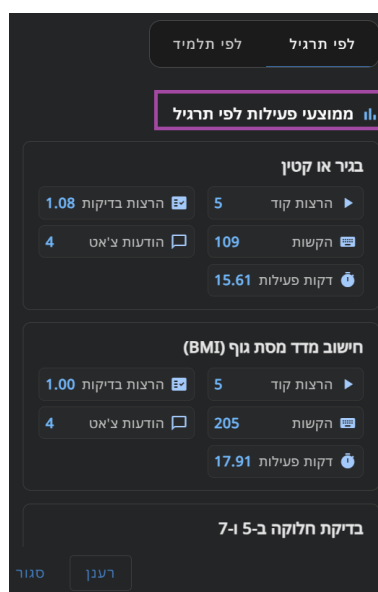
- **התאמת מהלך ההוראה להתקדמות הכתה:** מעבר לכך, אין צורך לשאול עוד: "האם עשיתם שיעורי בית ובמה התקשתם?". המורה יכול להכין את השיעור הבא על סמך הצלחתם או כישלונם של התלמידים בשיעורי הבית. המשוב המיידי שהמערכת מספקת מאפשר לראות בבירור מי התמודד היטב עם החומר ומי זקוק לחיזוק נוסף – כך כל תלמיד מקבל מענה מותאם בשיעור הבא.

- **קבלת משוב ברמת הכתה** המערכת מאפשרת למורה לקבל מידע חשוב גם בפרספקטיבה כללית של הכיתה כולה. המשוב שניתן ברמת הכיתה הוא הן פדגוגי/ תוכני לכל אחת מהשאלות ברמת הכיתה. ראו אזור 5.



איור 5: דו"ח הבנה הערכת מטלה ברמת הכתה

- **קבלת נתונים סטטיסטיים ברמת הכתה:** המורה יכול לקבל נתונים סטטיסטיים כמותיים ברמת הכיתה (למשל, מס' הרצות קוד לתרגיל, זמן שהוקדש לכל תרגיל, מס' הקשות מקלדת לוודא כתיבה עצמאית, מס' פניות לבוט, ועוד). לפי ערכים אלה, המורה יכולה להעריך את רמת הלמידה הכתתית ולהשתמש בה כנקודת ייחוס עבור תלמידים מסויימים ולקבל תובנות נוספות. תהליך זה מתבצע גם ביחס לממוצע הכיתתי מול תוצאות כל תלמיד ברמת שאלה ו/או נושא. את דוח הערכת המטלה ניתן להוריד בקלות כקובץ Excel לצורך ניתוחים סטטיסטיים נוספים (חציון, ממוצע, וסטיית תקן ועוד). דו"ח ברמת הכתה מוצג באיור 6 וברמת התלמיד - באיור 7.



איור 6: דו"ח ממוצעי פעילות תלמידים לפי תרגיל

מעקב תלמידים

לפי תרגיל לפי תלמיד

פעילות תלמידים

סימון אדום: ללא הקשות, או ללא הרצות קוד, או זמן פעילות נמוך מ-25% ממוצע הכיתה

תלמיד/ה	הרצות קוד	הרצות בדיקות	הקשות	הודעות צ'אט	דקות פעילות
תלמיד נוסף	0	0	0	0	0.00
תלמיד טוב	78	10	1046	3	99.29
שם בדוי	24	11	649	0	78.92
תלמידה מנויבה	23	14	1268	5	70.71
ישראל ישראלי	6	2	123	0	19.96

איור 7: דו"ח פעילות לפי תלמיד

קיום בחינה מקוונת

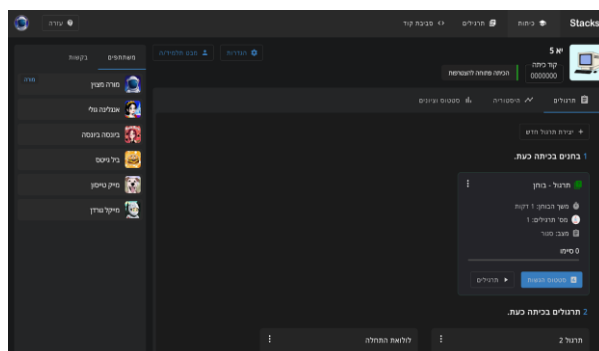
פלטפורמת STACKS מאפשרת לנהל בחינות מקוונות בצורה פשוטה ונגישה – הן לתלמידים בכיתה והן ללומדים מרחוק – ללא צורך בהתקנות או בהגדרות מיוחדות במחשב.

המורה מכין את הבחינה בסביבה, מקצה זמן מוגדר, ומחליט מראש האם התלמידים יוכלו להריץ את הקוד בזמן הבחינה, ומה תהיה רמת השימוש המותרת בבוט: שימוש מלא, שימוש בסיסי בלבד או ללא שימוש כלל.

במהלך הבחינה, אם תלמיד מנסה לעבור לחלונית אחרת, מופיעה אזהרה המתריעה כי בעוד 17 שניות מסך הבחינה ייסגר. אם התלמיד אינו חוזר לחלונית הבחינה בזמן, המבחן נסגר אוטומטית, והמורה רשאי להחליט אם להמשיך את הבחינה עבורו או לא.

בדיקת הבחינה מתבצעת תחילה על ידי בוט ה-AI בהתאם להנחיות שהגדיר המורה, כאשר הציונים המוצעים ניתנים לעריכה ושינוי לפי שיקול דעתו הפדגוגי.

זוהי הפעם הראשונה שקיימת אלטרנטיבה ישימה ואמיתית לבחינות מקוונות במדעי המחשב – פתרון פשוט, יעיל וחדשני, שפותח תקווה לשינוי כולל של דפוסי ההיבחנות בעתיד. לאחר שיחה עם מהנדסי Google נמסר כי במידה ומשרד החינוך יאמץ את הפלטפורמה לשימוש בבחינות רשמיות, תעמוד אפשרות להוסיף שכבות הגנה מתקדמות. בין היתר מדובר על שימוש בדפדפן ייעודי לבחינה שאינו מאפשר פתיחת לשוניות נוספות, וכן על סגירה אוטומטית של יישומים ואפליקציות אחרות במחשב בזמן הבחינה. צעדים אלו יכולים לחזק את רמת האמינות של הבחינות המקוונות ולהוות פתרון מערכתי מלא להיבחנות במדעי המחשב בעידן הדיגיטלי. איור 8 מציג מסך בחינה מתוקשבת המאפשרת הרצת קוד ללא מתן מענה מהבינה המלאכותית, והערכה אוטומטית תוך אפשרות לביצוע שינויים.



איור 8: מסך בחינה ב-STACKS

קהילת משתמשי STACKS

סביבת STACKS מלווה בקהילת משתמשים פעילה, המורכבת ממורים למדעי המחשב מכל רחבי הארץ. בקבוצת הוואטסאפ הייעודית הם מסייעים זה לזה בלמידת המערכת, משתפים תרגילים שכתבו, מחליפים רעיונות פדגוגיים ומשתפים חוויות מהכיתה. שיתוף פעולה זה מקל על ההתמודדות עם אתגרי ההוראה ומאפשר למורים לאמץ חדשנות בצורה מעשית.

הקהילה מקיימת גם מפגשי זום תקופתיים, שבהם המורים מתייעצים, לומדים אחד מהשני ומגבשים דרכי עבודה משותפות. בנוסף, המורים מעלים בקשות לשדרוגים ותוספות במערכת, ורובן מטופלות ונכנסות לפיתוח, תוך שיתוף פעולה פורה עם צוות המפתחים של הפלטפורמה.

נוסיף כי בוט STACKS הוא פיתוח של יוצאי יחידת 8200, ומהווה סטארטאפ חדשני הנתמך על ידי חברת Google. הפלטפורמה זכתה גם לאישור טכנולוגי רשמי של משרד החינוך, ופרטיה מופיעים באתר המשרד:

<https://ecat.education.gov.il/stacks-2?csrt=16269074165599188444>

תודה ל:

סהר שומרני, מייסד STACKS.

דפנה לוי רשתי, מנחה השתלמות מבני נתונים.

רחל פרלמן, מנחה השתלמות יסודות מדעי המחשב.

קהילת מורי STACKS תשפ"ו:

אודי וינשטיין (תיכון רוטברג, רמה"ש) רונה בן-חור (תיכון אלון, רמה"ש), ורד סוקולובסקי (תיכון שמיר, ת"א), ניר יפה, ינון ברנע ויוסי מרסיאנו (מרכז טק, ת"א), אורן עזרד (תיכונט, ת"א), ערן בילינסקי (קלעי גבעתיים), יריב דגן (נתיבות ושדרות), רפאל סקלובסקי ועומר פרי (גינסבורג, יבנה).

הפדגוגיה של הבינה המלאכותית Stacks

כתבו:

רחל פרלמן, הוראת מדעי המחשב והנדסת תוכנה
אורית חזן, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון
בשיתוף יחד עם מורי ומורות מדעי המחשב המלמדים עם Stacks

מסמך זה מתאר את הפדגוגיה שעומדת בבסיס פעילותו של הבוט Stacks במקרה של הוראת מדעי המחשב. בשנת הלימודים תשפ"ו, 50 בתי ספר לומדים מדעי המחשב בשילוב Stacks. בנוסף לתיאור להלן לפדגוגיה עליה מבוסס הבוט, מורי ומורות מדעי המחשב המלמדים כעת יחד עם הבוט מפתחים שיטות חדשות להוראת מדעי המחשב. שיטות אלה נלמדות כעת ותתווספנה למסמך בהמשך. בנוסף להסבר כללי של הפדגוגיה, מוצגת דוגמא של פתרון בעיות של תלמיד המונחה ע"י Stacks כולל ניתוח פדגוגי של הדיאלוג.

הפדגוגיה של הבינה המלאכותית המהווה את בסיס פעילותו של Stacks

הפדגוגיה של הבינה המלאכותית ב-Stacks מבוססת על העקרונות הבאים:

- I. **למידה פעילה (active learning) ומותאמת אישית (personalized learning):** המורה "בונה" את סביבת הלימוד כמעין פאזל של תרגילים אינטראקטיביים ומותאמים לרמת הכתה באופן כללי, יכולות ה-AI מסייעות ליצור ולהתאים תכנים לכל תלמיד ותלמידה בהתאם לרמת וצרכי התלמידים, בהתאם לאינטראקציה שהתלמיד/ה עם הבוט. במילים אחרות, התלמידים עובדים בסביבה אינטראקטיבית שבה הבינה המלאכותית משמשת עוזרת הוראה אישית. בעת כתיבת הקוד, הבוט מזהה את הקושי, שואל שאלות מנחות, ומכוון את הלומד צעד-אחר-צעד עד להשלמת הפתרון.
- II. **משוב רציף ברוח הקונסטרוקטיניזם (constructionism):** הנחת העבודה היא כי בתהליך הפיתוח, התלמידים בונים מבנים מנטלים של מושגים במדעי המחשב כאשר המשוב שנותן הבוט מנחה אותן בתהליך הבניה. זהו תהליך קונסטרוקטיניזם היות וכל משוב מותאם אישי לתהליך בניית המבנים בראש התלמידים במקביל בניית עצמים - תוכניות מחשב. מענה זה הוא דיפרנציאלי: התאמת המשוב לרמת התלמידים, כולל רמזים, ודוגמאות. תכונה זו חשובה במיוחד בכתות הטרוגניות.
- III. **שיפור מיומנויות:** בנוסף לבניית המבנים המנטלים בראש התלמידים, המשוב הרציף שנותן Stacks מכוון לשיפור מיומנויות פתרון בעיות וחשיבה חישובית, כולל היבטים חברתיים וניהוליים. בין השאר, במערכת משלבות בדיקות אוטומטיות (בדיקות קלט-פלט ובדיקות פונקציונליות), כך שהתלמידים מקבלים היזון חוזר מיידי תוך התנסות אמיתית בכתיבת קוד, ובו בזמן, למורים יש בקרה פדגוגית מלאה על התהליך—מהגדרת מטרות ההוראה והלמידה ועד בניית תרגילים המקדמים חשיבה ביקורתית, מוטיבציה ורפלקציה.
- IV. **הסרת חסמים וכניסה פשוטה:** הסביבה היא וובית ואפשר להתחיל לעבוד בה באופן אינטואיטיבי.

תפקיד המורה ב-Stacks (ובכיתה עם AI בכלל)

תפקיד המורה הוא כ"מנצח פדגוגי" המגדיר מסלול, מפקח על האיכות, ומתרגם נתונים ללמידה משמעותית. באופן כללי, הבינה המלאכותית (Stacks) מטפלת באוטומציה ובבדיקות, אך האחריות הפדגוגית היא של

המורים, כולל וידוי שהטכנולוגיה מקדמת למידה אמיתית. הנה עיקר הפעילויות הפדגוגיות של המורים בתהליך ההוראה עם Stacks:

1. הגדרת מטרות הוראה ולמידה וקריטריונים להערכה;
2. עיצוב משימות בשלבים עם הדרגתיות, לטיפול חשיבה אלגוריתמית ופתרון בעיות;
3. שימוש בנתונים שמספקת המערכת לזיהוי פערים, ביצוע התאמות בזמן אמת, ומתן משוב מעצים (ולא רק ציון סופי);
4. שמירה על אתיקה ואמינות אקדמית: ניסוח כללי שימוש בבינה מלאכותית, ציון מקורות התרגילים;
5. הערכה מבוססת גם על תהליך העבודה (ולא רק המוצר הסופי), הכוללת הסבר מפורט על תהליך הלמידה;
6. הוראת אוריינות-AI: כיצד לייצר פרומפטים איכותיים, לאמת תוצרים, ולהבין את מגבלות הבינה המלאכותית ואבחנה בהטיות;
7. טפוח מיומנויות חברתיות-קוגניטיביות: שיתוף פעולה, רפלקציה, וחשיבה ביקורתית על מענה הבינה;
8. פיתוח מקצועי בהוראה ועדכון מקצוע ההוראה למנטור.

דוגמא: פתרון בעיות מבוסס דיאלוג מנחה למידה של תלמיד-בינה

כתובת IP מורכבת מ-4 חלקים (אוקטטים) המופרדים ע"י נקודה. כל חלק (אוקטטה) הינו מספר שלם בטווח 0-255 (כולל).

לדוגמה:

192.168.0.17 כתובת IP חוקית

192.890.0.17 כתובת IP לא חוקית

192.890.0.17.89 כתובת IP לא חוקית

192.890 כתובת IP לא חוקית

עליכם לכתוב פעולה המקבלת מחרוזת ובודקת האם כתובת IP המורכבת מספרות ומופרדת ע"י נקודה חוקית. על הפעולה להחזיר True אם הכתובת שהתקבלה חוקית, אחרת False. יש לזמן את הפעולה פעמיים: פעם אחת עם כתובת חוקית ופעם נוספת עם כתובת לא חוקית.

הנה דיאלוג של תלמיד אחד עם Stacks בתהליך פתרון הבעיה עד להגעה לפתרון מלא.

מס' קטע	דיאלוג תלמיד-בינה	ניתוח פדגוגי
1	תלמיד: איך להתחיל את התרגיל? Stacks: "היי ... , כדי להתחיל, אתם צריכים להגדיר את הפונקציה ip_octets כך שתקבל מחרוזת"	פירוק בעיה מודרך: הבוט לא פותר, הוא מפרק את המשימה לתת-יעדים ברורים (הגדרת פונקציה, בדיקת 4 חלקים, בדיקת טווח 0-255).

	(string). ראשית, בדוקי שהכתובת מורכבת בדיוק מארבעה חלקים המופרדים בנקודה. לאחר מכן ודא.י שכל חלק הוא מספר בטווח 0-255. שימו לב: אם אחד החלקים אינו מספר שלם, או שיש יותר/פחות מארבעה חלקים – הפונקציה צריכה להחזיר False. נסו להריץ עם כתובת חוקית ואז עם כתובת לא חוקית כדי לבדוק את עצמכם.	
2	תלמיד: "למה הקוד שלי לא עובד?" קוד התלמיד: <pre>def ip_octets(ip): for oct in ip: if oct > 0 and oct <= 255: return True else: return False ip_octets("192.168.0.17") ip_octets("192.444.0.17")</pre> Stacks: היי, הקוד שלך לא עובד כרגע מכיוון שאתה מנסה לעבור על החתיכות כאילו הן כבר רשימה של מספרים, אבל בפועל הן תווי מחרוזת. כדי לבדוק תקינות של כתובת IP אתה צריכה קודם לפצל את המחרוזת לארבעה חלקים לפי נקודה (.), ואז להמיר כל חלק למספר שלם. לאחר מכן בדוקי שכל חלק בטווח 0-255 ושםספר החלקים הוא בדיוק ארבעה. רוצה שאנחה אותך שלב-שלב ואעזור לך לפצל תחילה לפי נקודה?	הבינה המלאכותית מסבירה לא רק "מה לא בסדר", אלא גם למה – הסיבה הלוגית לשגיאה – ומציעה רצף הנחיות תיקון מדורג: פיצול המחרוזת לארבעה חלקים לפי נקודה, המרת כל חלק למספר שלם, בדיקה שכל חלק בטווח 0-255, אימות שמספר החלקים הוא בדיוק ארבעה, הרצה עם כתובת חוקית ולא-חוקית כדי לוודא שהפונקציה פועלת כמצופה. – משוב חכם בזמן אמת: הבינה המלאכותית מזהה שגיאות בקוד בזמן אמת ומספקת לתלמיד הסבר ממוקד ומתואם אישית. ה-AI לא רק מצביע על השגיאה, אלא גם מסביר את הסיבה הלוגית ומדריך את הלומד כיצד לתקן צעד-אחר-צעד.
3	התלמיד: כיצד לשפר את הקוד? קוד התלמיד: <pre>def ip_octets(ip): for oct in ip: if oct > 0 and oct <= 255: return True else: return False ip_octets("192.168.0.17") ip_octets("192.444.0.17")</pre>	הדיאלוג מתמשך, הבינה המלאכותית לא רק מציינת ומסמנת טעויות, אלא מציעה רמזים מדורגים ושאלות מכוונות כדי להוביל לפתרון תקין.

	Stacks: היי, את/ה שואל/ת איך לפרק מחרוזת ומה ההוראות. המטרה היא לפצל את כתובת ה-IP לחלקים (האוקטטים) לפי הנקודה (.). בינתיים, הנה דוגמה כללית לפיצול מחרוזת לערכים לפי מפריד: לדוגמה, אם יש לך "apple,banana,orange" ורוצים לפצל לפי פסיק, משתמשים ב-split(','). האם תרצה/י לנסות להשתמש ב-split('.') כדי לפצל את כתובת ה-IP לארבעה חלקים? אחרי הפיצול, נמיר כל חלק למספר שלם ונבדוק שכל אחד בטווח 0-255 ושיש בדיוק ארבעה חלקים. איך היית/היית מיישם/ת את הצעד הראשון – פיצול לפי נקודה?	
דיוק תשובת הלומד: שוב, הבינה אינה רק "מסמנת טעות", אלא מסבירה מגדוע היא מתרחשת (השוואת מחרוזות למספרים), מציעה צעדי תיקון מדורג (המרה ל-int, ספירת חלקים, בדיקת טווח), ושואלת שאלה מנחה כדי לעודד את הלומד להשלים את התיקון בעצמו.	קוד התלמיד: <pre>def ip_octets(ip): lst = ip.split('.') # פיצול הכתובת לארבעה חלקים (מחרוזות) for oct in lst: if oct >= 0 and oct <= 255: return True else: return False ip_octets("192.168.0.17") ip_octets("192.444.0.17")</pre> Stacks: היי, אני רואה שהשתמשת בפעולה split('.') – מצוין, כך פיצלת את הכתובת לחלקים. הבעיה היא שכעת אתה משווה מחרוזות למספרים בתנאי if, ולכן הבדיקה לא תקפה (למשל "192", "168", "0" הן טקסטים, לא מספרים). כדי להמשיך נכון: המר כל חלק למספר שלם בעזרת int(...). ודא שמספר החלקים הוא בדיוק 4. בדוק שכל חלק בטווח 0-255. איך תהפוך מחרוזת שמייצגת מספר למספר שלם בפייתון לפני בדיקת הטווח? (שאלה מכוונת)?	4
ה-AI מזהה שהלומד כבר תיקן שתי נקודות קודמות (פיצול למחרוזות והמרה ל-int, בדיקת טווח).	קוד התלמיד: <pre>def ip_octets(ip): מפצל את הכתובת לחלקים lst = ip.split('.') for oct in lst:</pre>	5

היא מוסיפה את מקרי הקצה המבניים: חובה לוודא מספר חלקים תקין. השיח נשאר דיאלוגי: במקום לתת קוד מלא, ה-AI שואלת שאלה מנחה ("איפה למקם את הבדיקה?") כדי לעודד הבנה ותיקון עצמאי.	<pre> oct = int(oct) # המרה למספר שלם if oct < 0 or oct > 255: return False return True ip_octets("192.168.0.17") ip_octets("192.444.0.17") </pre> Stacks: היי, אני רואה שפיצלת את המחרוזת בעזרת split('.') וגם המרת כל חלק למספר – מצוין. עכשיו, לגבי הבדיקות: הקוד שלך בודק טווחים (0-255), אבל חשוב לוודא גם שמספר החלקים הוא בדיוק 4 אוקטטים. לדוגמה, כתובת כמו 192.168.0.17.89 או כזו עם פחות מ-4 חלקים אינה תקינה. הצעה: לפני לולאת הבדיקה, בדוק/י <code>len(lst) == 4</code>. שאלה מכוונת: איפה נכון להוסיף בדיקה שמוודאת שיש בדיוק 4 חלקים בכתובת ה-IP?	
ה-AI מזהה שהלומד כבר הוסיף בדיקת מבנה נכונה (בדיוק 4 חלקים) וטיפול בטווחים. היא מציפה טעות נפוצה נוספת: חלק שאינו מספר (Non-numeric), ומסבירה מדוע יש לתקן זאת. במקום לתת פתרון מלא, ה-AI מציעה רמזים ושואלת שאלות מנחות (בדיקת ספרות או try/except) המעודדות את הלומד להשלים בעצמו את התיקון.	קוד תלמיד: <pre> def ip_octets(ip): lst = ip.split('.') # מפצל את הכתובת לחלקים if len(lst) != 4: # בדיקת מבנה: בדיוק 4 חלקים return False for oct in lst: oct = int(oct) # המרה למספר שלם if oct < 0 or oct > 255: return False return True ip_octets("192.168.0.17") ip_octets("192.444.0.17") </pre> תשובת הבינה המלאכותית: היי, רואה שהוספת את הבדיקה <code>if len(lst) != 4:</code> return False – רעיון נכון! הקוד כבר מטפל בשניים משלושת השלבים: (1) פיצול הכתובת לארבעה חלקים, (2) בדיקת טווח לכל חלק (0-255). עכשיו יש עוד נקודת קצה שחשוב לשים לב אליה: מה קורה אם אחד החלקים אינו מספר? לדוגמה, כתובת כמו "192.168,17" או "a.b.c.0" תעבור פיצול, אבל המרה ל-<code>int</code>	6

	תיכשל. איך תוודא/י שהקוד מטפל גם במקרה הזה, מבלי לגרום לשגיאה? רמז: אפשר לבדוק שהמחרוזת מייצגת ספרות בלבד לפני ההמרה, או ללכוד חריגה בזמן ההמרה. שאלה מכוונת: היכן נכון למקם את הבדיקה/הלכידה כדי לשמור על הקוד קריא ובטוח?	
ה-AI מאבחנת את מקור השגיאה הלוגית (שימוש ב-isdigit() אחרי המרה ל-int). היא מסבירה מדוע זו טעות (ל-int אין isdigit()), ובכך מקדמת הבנה ואינה רק מתקנת טעות. היא מציעה תיקון באופן הדרגתי עם סדר פעולות נכון (בדיקת מחרוזת → המרה → בדיקת טווח). לסיום, ה-AI שואלת שאלה מנחה/מציעה הדגמה במטרה לעודד את התלמיד להשלים את התיקון בעצמו.	קוד תלמיד: <pre>def ip_octets(ip): lst = ip.split('.') if len(lst) != 4: return False for oct in lst: oct = int(oct) if not oct.isdigit(): return False if oct < 0 or oct > 255: return False return True ip_octets("192.168.0.17") ip_octets("192.444.0.17")</pre> Stacks: היי, אני רואה שאת/ה מנסה להשתמש ב-isdigit() אחרי שכבר המרת את oct למספר שלם. יש לשנות את סדר הפעולות: קודם לבדוק שהמחרוזת מייצגת ספרות בלבד בעזרת isdigit(), ורק לאחר מכן להמיר ל-int. אחרת תתקבל שגיאה/בדיקה לא תקפה כי לאובייקט מספרי אין isdigit().	7
בקשת ציון מהבינה וקבלת משוב: משוב זה יוצר אצל הלומד בעלות על התהליך, שמחה בהישג, ורצון להתקדם הלאה. זה לא רק ציון סופי אלא חלוקת ציון ל-3 היבטים: תכנון, לוגיקה ואיכות קוד - מה בוצע טוב ומה יש לשפר, כך שהתלמיד מקבל הן מוטיבציה והן כלים לשפר ולדייק את תשובתו.	קוד תלמיד: <pre>def ip_octets(ip): lst = ip.split('.') if len(lst) != 4: return False for oct in lst: if not oct.isdigit(): return False oct = int(oct) if oct < 0 or oct > 255: return False return True</pre>	8

	<pre>print(ip_octets("192.168.0.17")) print(ip_octets("192.444.0.17"))</pre>	
	Stacks, מתן ציון: היי, כל הכבוד על הפתרון שלך! תכנון: 10 / 10 לוגיקה: 10 / 10 איכות קוד: 10 / 10 מה עשית טוב: הקוד שלך מבצע בדיוק את מה שנדרש בצורה מדויקת ויעילה. הלוגיקה לבדיקת תקינות כתובת ה-IP נכונה ומטפלת בכל המקרים הנדרשים: מספר החלקים בכתובת, בדיקה שכל חלק מורכב מספרות בלבד, ובדיקה שכל חלק נמצא בטווח שבין 0-255. השתמשת בשמות משתנים ברורים המקלים על הבנת הקוד. זמנת את הפעולה פעמיים, פעם אחת עם כתובת חוקית ופעם עם כתובת לא חוקית, בדיוק כפי שהתבקש בתרגיל. זה מראה הבנה מעמיקה של החומר ויכולת תכנון קוד איכותי ומקצועי. המשיכי כך!	

סיכום התהליך הדיאלוג עם ה-AI בדוגמא לעיל של בדיקת כתובת IP

1. אבחון מיידי ומין-דיאגנוסטי: ה-AI מזהה את סוג הטעות (למשל: השוואת מחרוזת למספר, סדר פעולות שגוי, היעדר בדיקת `len==4`) ומדויק את מקור הבעיה—`not` רק "לא עובד".
2. רמזים מדורגים (Scaffolding): במקום לפתור במקומו, ה-AI נותן רמז → שאלה מכוונת → כלל פעולה. העזרה מתמעטת כשהלומד מתקדם.
3. הוראה לשם הבנה, לא רק תוצאה: הדגש הוא "למה זה שגוי" ו"מה העיקרון הכללי" (בדיקת תקינות קלט, טיפוסים נתונים, מקרי קצה), כדי להעביר ידע שמכליל למשימות עתידיות.
4. למידה מבוססת תהליך ומשוב רציף: כל תיקון מפיק משוב נוסף—מחזורי ניסוי-בדיקה-שיפור (`iterate`), עד שהלומד מגיע לפתרון תקין ומבין את הדרך.
5. שאלות סוקרטיות שמקדמות מטא-קוגניציה: שאלות כמו "איפה נכון למקם את הבדיקה?" גורמות ללומד להצדיק בחירות, להסביר קוד, ולפתח הרגלי חשיבה של מתכנת.
6. שליטה במקרי קיצון: ה-AI מוסיף בהדרגה בדיקות מבוניות/לוגיות (4 חלקים בדיוק, `isdigit` לפני `int`, תחום 0-255), כך שהפתרון נהיה עמיד ו"יציב קצה".

7. בניית תחושת מסוגלות ומוטיבציה: המשוב המסכם מדגיש הישגים, מתרגם התקדמות לנקודות חוזק, ומייצר חוויית "אני מצליח/ה" –מניע להמשך תרגול.
8. אחריותיות ושקיפות: הקריטריונים גלויים (תכנון, לוגיקה, איכות קוד), והציון מלווה בנימוק –מה השתפר, מה עדיין לשפר.
9. התאמה אישית בזמן אמת: העזרה מותאמת למצב הנוכחי של הלומד: אם פוצל מחרוזת –נעבור להמרה; אם הומר –נעבור לאימות ספרות; וכו'.
10. העברת הבעלות ללומד: בסיום, הלומד הוא זה שמריץ, בודק, ומאמת מול מקרי מבחן –ה-AI רק מנווט. כך נבנית עצמאות מקצועית.

סיכום

ניתן לראות כי באה כאן לידי ביטוי פדגוגיה קונסטרקטיביסטית, המשולבת בתהליך הערכה מעצבת, בו ניתנים רמזים מדורגים ומוצגות שאלות מכוונות, המפתח הבנה עמוקה ומוטיבציה פנימית להתנסות ולהשתפר.

הבטים בהוראת מדעי המחשב : משוב לגיליון 1-53

קוראים וקוראות יקרים/ות,

עם סיום קריאת גיליון זה של הבטים, נודה לכם/ן אם תשלחו את המשוב המופיע להלן למינהלת מל"מ.

תודה על שיתוף הפעולה,

צוות המרכז הארצי למוריות מדעי המחשב

נא למלא ולשלוח אל :

מינהלת מל"מ

בניין קנדה, קומה 1

קריית הטכניון, חיפה 3200003

פקס : 04-8295010

1. שם בית הספר _____

2. שם המשיב/ה _____

3. מספר המורים/ות שעיינו בגיליון זה בבי"ס _____

4. סמנו במשבצת המתאימה את חוות דעתכם/ן :

הערות

חוות דעת כללית על הגליון	טובה מאד	טובה	לא טובה	
חשיבות של כתב העת	גבוהה	בינונית	נמוכה	
מידת העניין שמצאתי בגליון זה	גבוהה	בינונית	נמוכה	
תרומת תכני הגיליון לעבודתי	גבוהה	בינונית	נמוכה	

5. הערות נוספות
