

מחשבה - מרכז המורים למדעי המחשב

הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה

הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

הבטים – גליון 2

שנה"ל תשפ"ו

תוכן העניינים – גיליון 2 - ינואר 2026, שנה"ל תשפ"ו

3	דבר המערכת
5	דבר מנהלת מרכז המורים הארצי למדעי המחשב – ד"ר תמי לפידות.....
6	שילוב שאלות בינה מלאכותית בבחינת מפמ"ר מדעי המחשב בחט"ב
10	משובי מורים להשתלמות מתקדמת למורי תיכון: יישומים ב-AI בעזרת Gemini API בפיתוח וג'אווה
16	הגנת סייבר בשילוב Gemini API
25	תוכנית המנטורינג של Google ומשרד החינוך.....
27	הוראת מתמטיקה לבינה מלאכותית: נקודת המבט של המורים
32	לדמותן של שאלות במטלות ובבחינות בהוראת תכנות בעידן מודלי השפה הגדולים
40	משוב לגיליון (2)53, "הבטים בהוראת מדעי המחשב"

דבר המערכת

שני גליונות תשפ"ו של "הבטים" עוסקים בפעילויות שהתקיימו בשנה"ל תשפ"ה בהקשר לשילוב בינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב. היתה זו שנה בה התחיל תהליך הטמעתה של הבינה המלאכותית באופן משמעותי במערכת החינוך בכלל, ובפרט, בהוראת מדעי המחשב – מחטיבת הביניים ובתיכון.

על מנת למסד את השינוי, בוצעו מספר פעילויות, בהתאם למודל לשינוי ארגוני של קוטר. [בגיליון הראשון של הבטים](#), שפורסם בנובמבר 2025, סקרנו את הפעילויות שנועדו לחשוף את השינוי לקהילת המורים למדעי המחשב וליצור תשתית עליה תתבצענה פעילויות נוספות ממוקדות יותר, שאת חלקן נתאר בגיליון זה.

תחילה, נתאר 4 פעילויות שמטרתן היתה להטמיע את השינוי ולהבין את מניעי המורים להטמעת השינוי והובלתו.

נפתח במאמר [שילוב שאלות בינה מלאכותית בבחינת מפמ"ר מדעי המחשב בחט"ב](#), הסוקר את תהליך ההטמעה של שאלות העוסקות בבינה מלאכותית בבחינת המפמ"ר בחטיבת הביניים, כהכנה לתוכנית הטמעה רחבה יותר לשילוב בינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב בכל 270 בתי הספר של עמ"ט. לאחר מכן נתאר את משובי המורים [להשתלמות המתקדמת למורי תיכון](#) שהוצגה בגיליון הראשון. המשוב, המתואר במאמר [משובי מורים להשתלמות מתקדמת למורי תיכון: יישומים ב-AI בעזרת Gemini API](#) [בפייתון וג'אווה](#), מצביע על כך כי למרות שהערך הפדגוגי והטכנולוגי של שילוב בינה מלאכותית בהוראת ולמידת מדעי המחשב בתיכון הוכר כגבוה מאוד, והמוטיבציה ליישום קיימת, כדי לממש שילוב זה בבתי הספר בהיקף רחב, נחוצים זמן לתרגול, חומרים נגישים ומסודרים, ותמיכה טכנית-פדגוגית לאורך כל תהליך ההטמעה. אחת הדרכים לסגירת פער זה היתה [השתלמות הגנת סייבר בשילוב Gemini API](#) אותה למד ומתאר שלום ואנוניו במאמרו המוצג בגיליון זה. כמו כן, נתאר את [תוכנית המנטורינג של Google](#) [ומשרד החינוך](#) לבתי הספר, המתקיימת בשיתוף פעולה של Google ומשרד החינוך זו השנה הרביעית, כאשר בשנה"ל תשפ"ה כל הפרויקטים התבססו על כלי בינה מלאכותית.

גיליון זה נחתם עם שני מאמרים שאינם קשורים ישירות לנעשה כעת בהוראת מדעי המחשב במערכת החינוך אך מאירים את שילוב הבינה המלאכותית בהוראת מדעי המחשב מנקודות מבט נוספות.

המאמר [הוראת מתמטיקה לבינה מלאכותית: נקודת המבט של המורים](#) מתייחס לנושאים המתמטיים הדרושים להבנה מעמיקה של למידת מכונה בכלל ולמידה עמוקה בפרט. משוב זה של המורים מהווה בסיס לחשיבה על פיתוח תוכנית "אשנב למתמטיקה בלמידה עמוקה", שמטרתה לחזק ולהעמיק את הבסיס המתמטי של תלמידים הלומדים את התחום, ולעצב את לימודי הבינה המלאכותית בתיכון באופן מעמיק יותר, תוך קישור המושגים המתמטיים ליישומיהם בבינה מלאכותית.

את המאמר האחרון בגיליון זה כתב ד"ר עופר אליאור מהאוניברסיטה העברית. המאמר [לדמותן של שאלות במטלות ובבחינות בהוראת תכנות בעידן מודלי השפה הגדולים](#) מתמקד בקורסי תכנות בהשכלה הגבוהה. במאמר מוצגים קווים מנחים לעיצוב הערכה בהוראת תכנות בעידן מודלי השפה הגדולים ומוצגות דוגמאות לשאלות שעוצבו לאורם של קווים מנחים אלה. המאמר בוחן גם מספר הבטים נוספים של כתיבת השאלות ובדיקתן.

אנו מקווים ששני גליונות אלה של הבטים, המפורסמים בשנה"ל תשפ"ו, יקדמו את הוראת מדעי המחשב בישראל ויתמכו בהמשך הובלתה של ישראל את התחום ברמה עולמית.

בהזדמנות זו, אנו מבקשות להודות למחשבה – מרכז המורים הארצי למדעי המחשב, על תמיכתו בחלק מהפעילויות המוצגות בגיליון זה ובגיליון הקודם של היבטים המתארים את הפעילויות שנעשו בהוראת מדעי המחשב בשנה"ל תשפ"ב בהקשר לבינה מלאכותית.

אנו מאחלות קריאה מהנה.

נשמח לקבל משובים.



oritha@technion.ac.il פרופ' אורית חון



rachelperlmann@gmail.com רחל פרלמן

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

הגליון הנוכחי ממשיך את העיסוק בשילוב בינה מלאכותית בהוראת מדעי המחשב.

הנושא הזה מעסיק לא רק את קהילת מורי מדעי המחשב, אלא את כל העוסקים בעולם ההוראה. אבל הציפיה מאיתנו (קהילת המורים למדעי המחשב), היא שנוביל את התחום ואולי גם ניתן דוגמה לקהילות אחרות.

אלא מעבר להכרות של כולנו עם הכלים הקיימים, השאלות שמעסיקות אותנו עוסקות הן בשימוש בכלים המדעיים שקיימים בשוק – כיצד להשתמש בהם כמורים? ובעיקר, איך לנצל אותם בצורה מיטבית בהוראה? – והן בתכנים של תכנית הלימודים - האם תכנית הלימודים במדעי המחשב צריכה להשתנות בעידן החדש וכיצד?

אני מקווה שהמאמרים בגליון הקודם וכן בגליון הנוכחי יתרמו להארת הנושא ואולי יקדמו אותנו במעט לקראת מתן התשובות לשאלות אלה.

קריאה מהנה

ד"ר תמי לפידות

שילוב שאלות בינה מלאכותית בבחינת מפמ"ר מדעי המחשב בחט"ב

כתבו:

דנה אבן-חיים עברי, המרכז לחינוך סייבר
רחל פרלמן, הוראת מדעי המחשב והנדסת תוכנה

רקע

בחודש ינואר 2025, במסגרת מאמץ משותף ופורץ דרך של הפיקוח להוראת מדעי המחשב, חברת Google והמרכז לחינוך סייבר, פותח בתוכנית עמ"ט, במסגרת שעות הוראת מדעי המחשב, פיילוט המתמקד באלגוריתמיקה ובינה מלאכותית בשפת פייתון.

מטרת העל של התוכנית היא הנגשת תכנים מתקדמים בתחום הבינה המלאכותית לתלמידי עמ"ט. התוכנית מהווה פריצת דרך חינוכית המאפשרת לתלמידים להכיר ולעבוד עם טכנולוגיות בינה מלאכותית חדשניות שעתידות לעצב את העולם הדיגיטלי. כמו כל שינוי, גם שינוי זה מבוצע בשלבים. השלב הראשון התבצע באמצעות [השתלמות מורים ייעודית](#) ומקיפה, שתוארה בגיליון הראשון של הבטים לשנת תשפ"ו. את ההשתלמות הנחו מומחי תוכן מובילים מטעם השותפים השונים. בהשתלמות השתתפו כ-40 מורים מנוסים, שהיוו את הגרעין המוביל להפצת הידע והמתודולוגיה החדשה.

שאלות בחירה בנושא בינה מלאכותית בבחינת המפמ"ר במדעי המחשב

בכיתות עמ"ט בחטיבות הביניים מתקיימות בחינות מפמ"ר במדעי המחשב מדי שנה, בדרך כלל בסוף חודש מאי או בתחילת חודש יוני. הבחינות נכתבות על ידי הפיקוח להוראת מדעי המחשב ומטרתן ליצור אחידות בתכני הלימוד שלומדות כיתות עמ"ט ברחבי הארץ בתחום מדעי המחשב. הבחינה מבטיחה שכל התלמידים יוערכו לפי קריטריונים אחידים, בהלימה לתוכנית הלימודים.

כחלק מההטמעה של התוכנית החדשה נדרש שינוי מהותי גם במבנה בחינות המפמ"ר במדעי המחשב, כך שיכללו גם שאלות הקשורות לבינה מלאכותית. חשוב לזכור שהטמעת תכנים חדשים מחייבת גם בחינה המתאימה לשינויים ומקשרת בין ההוראה להערכה. שאלת הבחירה מאפשרת לתלמידים ולמורים להתנסות בתחום החדש, ובמקביל מאותתת למורים שטרם הצטרפו למהלך, על השינויים הצפויים במבחנים בשנה הבאה, וכך מעודדת הכנה מראש, כל זאת מבלי לוותר על לימוד האלגוריתמיקה לפי המסגרת המסורתית.

לאור זאת, כל השותפים פיתחו והטמיעו בבחינות המפמ"ר שתי שאלות בחירה העוסקות בתחום הבינה המלאכותית בשני חלקי הבחינה: חלק ב' (אלגוריתמיקה באמצעות שפת פייתון) המיועד לתלמידי כיתה ח' וחלק ג' (אלגוריתמיקה ובינה מלאכותית בשפת פייתון) המיועד לתלמידי כיתה ט'. מבנה "שאלת הבחירה" נועד לשמור על ההערכה המסורתית לצד קידום חדשנות, ולהקל על מורים ותלמידים בהיערכות להרחבת תכני הבינה המלאכותית שישולבו במקצוע.

בפיילוט השאלות החדשות השתתפו תלמידים של 40 המורים שלמדו בהשתלמות הייעודית, וכן תלמידים שבחרו להתנסות בשאלות אף ללא ידע מוקדם בתחום. להתרשמות משאלות הבינה המלאכותית, ניתן לעיין בקישורים הבאים מתוך בחינות תשפ"ה:

[חלק ב' – אלגוריתמיקה באמצעות שפת פייתון \(Python\)](#)

[חלק ג' – אלגוריתמיקה ובינה מלאכותית בשפת פייתון \(Python\)](#)

סקירת שאלות הבחירה בבחינות המפמ"ר

בחינת פייתון חלק ב'

בשאלה זו התלמידים נדרשים לעסוק בדיון מושגי וביקורתי על דירוג סרטים במודלי בינה מלאכותית, עם דגש על היכרות עם מנגנוני המלצה, הבנת מגבלות והטיות, ועידוד חשיבה על מבני נתונים, אתיקה ודיוק. הם מתבקשים לזהות שני מאפיינים חשובים ולהסביר מדוע נבחרו על ידי מודלים גנרטיביים.

בנוסף, השאלה בוחנת את הכתיבה האלגוריתמית בפייתון. התלמידים מתבקשים להשלים קוד המחשב ממוצע דירוגים ומציג את הסרט עם הדירוג הנמוך ביותר מתוך רשימה שטוחה של סרטים ודירוגיהם, תוך שימוש בלולאה, אינדקסים, משתנים לבקרה ובדיקות תנאי.

הנה השאלה :

בחינת מפמ"ר במדעי המחשב - חלק ב'
אלגוריתמיקה באמצעות שפת פייתון (Python)
מאי 2025 – אייר תשפ"ה

פייתון חלק ב שאלה 8 – שאלת AI בחירה

שאלה זו היא חלק מתכנית ניסוי (pilot) המשלבת תכני בינה מלאכותית. כל תלמיד מוזמן לענות על השאלה כחלק מהבחירה בבחינה.

בינה מלאכותית ניתחה סרטים פופולאריים ודירגה אותם. התוצאה שמורה ברשימה movies כך שכל סרט מלווה בדירוגו. לדוגמה :

```
movies = [  
    "Moana", 4.8,  
    "Frozen", 4.3,  
    "Avengers", 4.7  
]
```

א. כיצד לדעתך בינה מלאכותית מדרגת סרט? תן דוגמה ל-2 מאפיינים בהם הגיוני שהיא תבחר להתחשב, ומדוע?

ב. לפניך קוד המדפיס את ממוצע הדירוגים של כל הסרטים ברשימה movies וגם את הסרט עם הדירוג הנמוך ביותר.

השלם את הפעולה כך שתשלים את ייעודה.

לתשומת ליבך : יש חשיבות למשתנים ולתפקידם בתוכנית. הנח שהדירוגים שונים.

```
count = 1  
rate_sum = movies[1]  
worst_movie = movies[0]  
worst_rating = movies[1]  
  
for i in range(____(1), ____ (2), ____ (3)):  
    count = ____ (4)
```

```

rate_sum = _____(5) + _____(6)
if _____(7) < _____(8):
    worst_movie = _____(9)
    worst_rating = _____(10)

average = _____(11)

print("ממוצע הדירוגים הוא", average)

print("הסרט עם הדירוג הנמוך ביותר הוא", worst_movie)

```

בחינת פייתון חלק ג'

שאלה זו בדקה את יכולת התלמידים לכתוב קוד פייתון המתקשר עם מודל חיצוני לקבלת נתונים ועיבודם. המטרה היא לפתח מיומנויות עבודה עם API, טיפול בקלט ופלט, ויישום לולאות ותנאים לניתוח וסינון המידע המתקבל.

על התלמידים להשלים קוד פייתון המתקשר עם מודל Gemini לקבלת נתוני קלוריות על פירות. השאלה בנויה כך שהמודל מחזיר תמיד מחרוזת המייצגת מספר, למשל "250", ועל התלמידים לכתוב לולאה המסננת ומחזירה רק את הפירות עם ערך קלורי נמוך מ-100 קלוריות. שילוב פנייה למודל חיצוני במסגרת המבחן מחזק את התחושה שהמטלה "אמיתית" ומעניקה משמעות תכליתית לכתיבת הקוד.

הנה השאלה:

בחינת מפמ"ר במדעי המחשב - חלק ג' אלגוריתמיקה באמצעות שפת פייתון (Python) מאי 2025 – אייר תשפ"ה

פייתון חלק ג שאלה 6 – שאלת AI בחירה

שאלה זו היא חלק מתכנית ניסוי (pilot) המשלבת תכני בינה מלאכותית והיא מיועדת לתלמידי כתה ט'. כל תלמיד מוזמן לענות על השאלה כחלק מהבחירה בבחינה.

לפניך פעולה הפונה למודל בינה מלאכותית (Gemini) במטרה לברר כמה קלוריות יש בפירות שונים.

הפעולה מקבלת רשימה בשם fruits, שבה כל איבר הוא מחרוזת שמייצגת שם של פרי. לדוגמה:

```
fruits = ["banana", "apple", "grape"]
```

הפעולה תדפיס את מספר הפירות המכילים פחות מ-100 קלוריות ואת שמותיהם.

לפניך קוד התוכנית. השלם את ההוראות החסרות בו.

לתשומת לבך: הנח כי המודל תמיד מחזיר מחרוזת המייצגת מספר, לדוגמה "250".

```

import google.generativeai as genai

def classify(fruits):
    genai.configure(api_key="some_api_key") #יצירת גישה לכלי בינה מלאכותית
    model = genai.GenerativeModel("gemini-2.0-flash") #יצירת כלי בינה מלאכותית

    counter = _____
    diet_fruits = _____

    for fruit in fruits:
        response = model.generate_content("Here's a fruit: " + _____ +
                                           "return only the number of calories in 100 grams with no text")

        if int(_____) < _____ :
            _____ = _____ + _____
            diet_fruits._____(_____)

    print("מספר הפירות שמכילים פחות מ-100 קלוריות הם: ", _____)
    print("שמות הפירות שמכילים פחות מ-100 קלוריות: ", _____)

```

סיכום

בתהליך פתרון שאלות העוסקות בבינה מלאכותית בלימודי פייתון, תלמידי חטיבת הביניים רוכשים מיומנויות טכנולוגיות, קוגניטיביות וחברתיות משולבות: הם מפתחים חשיבה חישובית (פירוק בעיות, זיהוי דפוסים, הפשטה ועיצוב אלגוריתמים), רוכשים ניסיון בשימוש ב-API של מודל גנרטיבי ואף מפתחים גישה ביקורתית כלפי תוצרי ה-AI (זיהוי הטיות ובדיקת תוקף הפלט). מעבר לכך, התלמידים נחשפים לשיקולים אתיים בשימוש ב-AI (שמירה על פרטיות ועמידה בתקנים) המעצימים את יכולתם להתמודד עם אתגרי התכנות והבינה המלאכותית של העתיד.

חשוב לציין שנעשתה חשיבה מעמיקה כיצד לייחד את תלמידי מדעי המחשב הלומדים בחטיבות הביניים כך שלא ילמדו רק אוריינות של בינה מלאכותית, אלא יבינו גם את העקרונות העומדים מאחורי נושאים נבחרים בבינה מלאכותית ויתרגלו אותם באמצעות כתיבה של קוד.

כחלק מטופס המשוב למורים שהשתתפו בהשתלמות, נשאלה השאלה האם הם ימליצו לשלב שאלת בינה מלאכותית גם בשנה הבאה. רוב תגובות המורים היו חיוביות, כאשר בין הסיבות המרכזיות נכללו (1) ההבנה שבינה מלאכותית תהיה חלק בלתי נפרד מהתכנים שילמדו בשנה הבאה, (2) הרצון להתעדכן ולהתקדם מקצועית, (3) ההכרה בצורך בעדכון טכנולוגי, ו- (4) הסקרנות לגבי שילוב בינה מלאכותית בתהליכי הלימוד.

לסיכום, בשנה"ל תשפ"ה, שולבו לראשונה שאלות אלה בבחינות המפמ"ר בפיילוט שהתקיים ב-40 בתי-ספר. המטרה היא שבעתיד, כל בתי-הספר יטמיעו בחטיבת הביניים תכנית מסודרת לשילוב בינה מלאכותית בהוראת ולמידת מדעי המחשב, ויהיו ערוכים להתמודד עם שאלות הבחירה בבחינות המפמ"ר. בעת פרסום הגיליון, עדיין לא התקבלה החלטה לגבי היקף היישום בשנים הבאות.

משובי מורים להשתלמות מתקדמת למורי תיכון: יישומים ב-AI בעזרת Gemini API בפיתוח וג'אוה

כתבה: רחל פרלמן, הוראת מדעי המחשב והנדסת תוכנה

בגיליון הקודם הצגנו [השתלמות מתקדמת למורי תיכון שהתמקדה ביישומי AI בפיתוח וג'אוה באמצעות Gemini API](#). לפני פתיחת ההשתלמות, הופץ [סקר בקרב קהילת מורי מדעי המחשב והנדסת התוכנה במערכת החינוך העל-יסודית](#), עליו השיבו 397 מורים. מטרת הסקר היתה לבחון את עמדותיהם הראשוניות כלפי הרעיון לקיים השתלמות בנושא, מידת העניין בשילוב בינה מלאכותית בהוראה, והציפיות מההכשרה. על-פי הנתונים שהוזנו ע"י המורים לסקר זה, כי מרבית המשיבים הם בעלי תואר אקדמי במדעי המחשב: 44.3% בעלי תואר ראשון ו-45.8% בעלי תואר שני, לצד 2.3% בעלי תואר שלישי; 2.8% הם הנדסאים ו-4.8% מורים שהגיעו מתחומי דעת אחרים לאחר הכשרת פיקוח ייעודית.

עם תחילת ההשתלמות הופץ [סקר נוסף](#), עליו השיבו 222 מורים. סקר זה שימש לאיסוף משוב שוטף מן המשתתפים, ונשלח בסיום כל מפגש. בכל שליחה נוספו מספר שאלות, במטרה להעמיק את ההבנה לגבי חוויית הלמידה, לאסוף תובנות מן השטח, ולהתאים באופן שוטף ומתמשך את תכני ההוראה לצורכי המורים בכל שלב של ההשתלמות. במהלך ההשתלמות לאחר כל מפגש נשלח סקר למורים. המשובים לגבי כל מפגש מוצגים [במאמר המתאר את ההשתלמות בגיליון הקודם](#).

והניתוח שיוצג בהמשך יתבסס על תשובות 222 המורים שהשתתפו בהשתלמות. חלק מהנתונים נאספו באמצעות שיוך לנתוני הסקר המקדים, אם המורים ענו עליו.

כפי שנראה בהמשך, ממצאי הסקר מצביעים על כך כי מחד, המורים מתעניינים בתכנים הנלמדים ומעוניינים לשלבם בהוראתם, אך מנגד, על מנת ליישם תכנים אלה בהיקף רחב, מצביעים על הצורך בזמן לתרגול, חומרים נגישים ומסודרים, ותמיכה טכנית-פדגוגית לאורך הדרך.

מהמורים בהשתלמות, נמצא מידע בסקר המקדים לגבי השכלתם של 196 מורים. 41.3% בעלי תואר ראשון במדעי המחשב או תחום קרוב, 47.4% בעלי תואר שני במדעי המחשב או תחום קרוב ו-2.0% בעלי תואר שלישי במדעי המחשב או תחום קרוב. 2.6% הנדסאים ו-6.6% מורים שהגיעו מתחומי דעת אחרים לאחר הכשרת פיקוח ייעודית. רמת ההשכלה הגבוהה של המשיבים מצביעה על קהילת מורים בעלת מומחיות מקצועית רחבה, המסוגלת להעריך באופן ביקורתי הן את התוכן הפדגוגי והן את המענה הטכנולוגי שניתן בהשתלמות בהקשר לשילוב Gemini API בתהליכי ההוראה והלמידה.

תחומי ההוראה של המורים המשתתפים

מהמורים בהשתלמות, נמצא מידע בסקר המקדים לגבי תחומי ההוראה של 196 מורים. מתוכם, תחום ההוראה הנפוץ ביותר הוא טלפונים חכמים (75, 38.3%), אחריו 5 יח"ל מדעי המחשב (48, 24.5%), שירותי אינטרנט/תכנות אסינכרוני/מסדי נתונים (25, 12.8%), והגנת סייבר ומערכות הפעלה (20, 10.2%). שיעורים נמוכים יותר מלמדים 3 יח"ל מדעי המחשב (12, 6.1%), למידת מכונה (9, 4.6%), והוראת פייתון בחטיבת הביניים (7, 3.6%). פיזור זה משקף שונות גבוהה במסלולי ההוראה של המורים בהשתלמות, ומדגיש את הצורך בהתאמת דוגמאות ויישומים לשילוב ה-Gemini API למגוון הקשרים פדגוגיים.

הסיבות להרשמה להשתלמות שימוש ב-API עבור כלי AI

על השאלה ביחס לסיבות להרשמה להשתלמות "שימוש ב-API עבור כלי AI", ענו 166 מורים מתוך 222 המורים שהשתתפו בהשתלמות. בשאלה זו הוצגו מספר סיבות וניתן היה לבחור יותר מתשובה אחת. רוב המשיבים ציינו רצון להתעדכן מקצועית: 91.6% (152 מתוך 166) סימנו הרחבת ידע ומיומנויות טכנולוגיות, ו-79.5% (132 מתוך 166) הדגישו שיפור ההוראה והעשרת התכנים הנלמדים בכיתה. נוסף לכך, 53.6% (89 מתוך 166) ציינו התמודדות עם אתגרים חדשים, ו-41.0% (68 מתוך 166) הדגישו תחושת ערך ותרומה לקהילת הלמידה. בנוסף, 25.9% (43 מתוך 166) סימנו קידום קריירה והכשרה מקצועית. נימוקים נוספים הופיעו בשכיחות של פחות מאחוז. תשובות פתוחות ביטאו מגמות אלה: מורה תיארה רצון "להשתמש ב-API של AI כדי לפתח חומרי לימוד חדשניים ומעניינים", ואחר מוסיף כי הוא מבקש "לחבר AI לאפליקציות" כדי להעמיק בפרויקטים. לצד השאיפה המעשית, המורים התייחסו גם לקהילת המורים למדעי המחשב, כמו למשל, בציטוט להלן: "להיות חלק מקהילת הלמידה ולתרום להתפתחות התלמידים בעידן הדיגיטלי", תוך הבעת תחושת דחיפות שלפיה מדובר "בעתיד אם לא ההווה".

התשובות הפתוחות שכתבו המורים מצביעות על רמת מעורבות גבוהה, ציפיות חיוביות והבנת הרלוונטיות של ההשתלמות להוראה בכיתה. מורים רבים הדגישו את חשיבות הנושא לשדרוג מגמות ההנדסה והתוכנה בבתי הספר באופן כללי, ובפרט, לשילוב הבינה המלאכותית בפרויקטים שמפתחים התלמידים. חלקם אף תיארו כיצד כבר במהלך ההשתלמות החלו ליישם את ה-Gemini API בפרויקטים קיימים, וכך הרחיבו את אפשרויות הפיתוח והחדשנות.

בקרב המשיבים בלטה ההתרגשות מהפוטנציאל לשלב את הכלים הנלמדים במגוון רחב של חלופות בהנדסת תוכנה – החל מ"טלפונים חכמים" ועד "למידת מכונה" ו"הגנת סייבר". מספר מורים אף דיווחו כי ההשתלמות היוותה מנוף לפתיחת מגמות חדשות, הרחבת תכניות הלימודים או יצירת שיתופי פעולה עם הקהילה והסביבה העסקית-טכנולוגית. התגובות מלמדות על תפיסה של ההשתלמות כצעד חשוב ומשמעותי בקידום הוראת מדעי המחשב בישראל, ועל נכונות גבוהה מצד המורים להמשיך ולהעמיק בתחום.

במענה לשאלה: "האם תרצה להיות חלק מקבוצת מורים ייחודית אשר מלמדת תכנים חדשים אלו בכיתה כבר השנה?", מתוך 222 מורים שהשיבו, 121 מורים (54.5%) ציינו "כן, אשמח – מבחינתי זו הזדמנות מיוחדת", ואילו 101 מורים (45.5%) השיבו "לא, אני רק לומד כעת ללא מחויבות". כלומר, יותר ממחצית המשתתפים הביעו נכונות להטמעה מיידיית של התכנים הנלמדים, בעוד שחלק משמעותי אחר העדיף במהלך ההשתלמות להתמקד בלמידה ללא מחויבות ליישום מיידי.

היענות המורים לשילוב מיומנויות בהכשרת AI בהנדסת תוכנה

על השאלה "האם אשלב את המיומנויות שרכשתי בהכשרת AI בהוראת החלופה בהנדסת תוכנה בשנה הקרובה?" ענו 145 מורים מ-222 משתתפי ההשתלמות. מהם, 70.3% (102) ענו "כן" ו-29.7% (43) ענו "לא".

מהמשיבים בחיוב, רבים ציינו שהשילוב הוא "חובה לגבי עתיד של התלמידים" ושהוא יוכל "לקדם מאוד את העבודה" ואף "לפתוח המון הזדמנויות לפרויקטים מעניינים". חלקם כבר החלו לשלב את היכולות שנלמדו בהשתלמות בפרויקטים, וההשתלמות אף "חיזקה את היכולות האלו" ומילאה אותם "מוטיבציה לשלב AI בהוראה". מורים אחרים תיארו שימושים ישירים, כגון שילוב API באפליקציות אנדרואיד, פיתוח כלי עזר בפרויקטים, או שימוש ב-AI לשיפור קוד, בדיקות והצעות לפתרון בעיות.

מנגד, העונים בשלילה ציינו סיבות של חוסר זמן, חוסר היכרות מספקת עם הכלים, חוסר התאמה לתוכן הנלמד בכיתה או לכך ש"שנת הלימודים בשלב מתקדם מדי". חלקם תכננו לשלב את התכנים בשנה הבאה, לאחר העמקה והתנסות נוספת.

נראה שקיימת נכונות גבוהה לשילוב AI בהוראת הנדסת תוכנה בקרב המשיבים לשאלה, אך גם על צורך בתמיכה, חומרים מסודרים ותרגול נוסף כדי להרחיב את היישום בפועל.

גורמים מאיצים וגורמים מעכבים הטמעה רחבה של טכנולוגיות כמו Gemini API בפרויקטים בהנדסת תוכנה

בנוגע לגורמים שיכולים לעודד הטמעה רחבה של טכנולוגיות כמו Gemini API בפרויקטים בהנדסת תוכנה, המורים הדגישו שלושה תנאים מרכזיים: ביטחון, נגישות חומרי הוראה ודוגמאות, וערך פדגוגי ברור.

ראשית, נדרשת תחושת ביטחון מקצועי, הן מבחינת שליטה טכנית בשילוב ה-API בפרויקטים והן מבחינת זמן פנוי לתרגול והתנסות. מורים ציינו כי השתלמויות ממוקדות, תרגול מודרך, וליווי צמוד בתחילת הדרך יכולים להסיר חסמים, במיוחד עבור מי שאינם מגיעים מרקע של פיתוח בשפות התכנות הרלוונטיות.

שנית, נגישות של חומרי הוראה וקלות שימוש: תיעוד ברור, דוגמאות קוד מוכנות, פרויקטים לדוגמה בשפות שונות (Java, C#, Python), וספריות מוכנות לשילוב בכיתה יקלו על שילוב הכלים בהוראה.

בנוסף, מורים הדגישו את חשיבות הערך הפדגוגי שיש לשקף ביישום בתכנים הנלמדים, למשל, דוגמאות מוחשיות לשדרוג פרויקטים קיימים באמצעות AI, כגון בדיקות אוטומטיות, יצירת צ'אטבוטים חכמים, איתור ותיקון באגים, או ייצור תכנים מותאמים אישית לתלמידים, יכולות להמחיש את התועלת המעשית ולהגביר את המוטיבציה לשימוש.

מכלול זה, כך עולה מהמשוב, עשוי להפוך את השימוש ב-Gemini API מטכנולוגיה מתקדמת לנורמה מקובלת בהוראת הנדסת תוכנה. ברוח זו, בין ההמלצות הבולטות היו פיתוח מאגר משותף של רעיונות, פרויקטים וחומרי הוראה, הכרה רשמית מצד משרד החינוך בשילוב ה-API כחלק מדרישות הפרויקט, והנגשת הכלי כך שלא ידרוש הרשמה מורכבת או אמצעי תשלום.

למרות הזמינות של כלים כמו Gemini API והפוטנציאל הפדגוגי שלהם, חלק מהמורים אינם משלבים טכנולוגיות AI בהוראתם בשל חסמים טכניים, פדגוגיים ותרבותיים. הסיבות המרכזיות כוללות חוסר ידע והכשרה מספקת, ואי הכירות לעומק את הכלים וחוסר בטחון ביישומם, לעיתים עקב היעדר השתלמויות ממוקדות או חוסר גישה לחומרי לימוד ודוגמאות קוד.

לצד זאת, עולה פחד משינוי ומהלא מוכר: חשש מתקלות טכניות, מורכבות הלמידה, או מהאפשרות שהתלמידים ישתמשו ב-AI כתחליף לחשיבה עצמאית. חסמים נוספים הם מגבלות זמן ועומס עבודה, הגורמים למורים להעדיף שיטות מוכרות ומוכחות, וכן אתגרים מערכתיים כמו מחסור בתמיכה טכנית, היעדר הכרה רשמית של הטכנולוגיה במחווני ההערכה, ודאגות לפרטיות ואבטחת מידע. חלק מהמורים ציינו גם קשיים פדגוגיים, בהם החשש שהשימוש ב-AI יהפוך את התלמידים לפסיביים ויפחית את ההשקעה האישית בפרויקטים. מכלול האתגרים הללו מצביע על כך שדרושות הכשרות מעשיות, ליווי, דוגמאות מוחשיות ותמיכה מוסדית כדי לאפשר שילוב אפקטיבי של AI בפרויקטים חינוכיים.

בפרט, הנה עמדות המורים ביחס לחלופות השונות.

עמדות המורים ביחס לשילוב API עבור כלי AI בחלופת "טלפונים חכמים": עמדות המורים משקפות גישה חיובית מאוד. ממוצע התשובות (על סולם 1-5) של 119 מורים שענו על השאלה שהתמקדה בהערכת חלופה זו, היה 4.42 (חציון 5, סטיית תקן 0.89). רב המשיבים דירגו את הפוטנציאל לשילוב זה כגבוה מאוד: 61.34% (73 מורים בחרו בציון המרבי 5), ו-25.21% ($n=30$) – בציון 4. מיעוט נתן ציונים נמוכים: 9.24% ($n=11$) נתנו ציון 3, 2.52% ($n=3$) – ציון 2, ו-1.68% ($n=2$) העניקו ציון 1. נתונים אלו משקפים תמיכה רחבה ורמת אמון גבוהה ביכולת לשלב את הכלי באופן אפקטיבי בפרויקטים ובמהלך ההוראה במסלול זה.

על השאלה הפתוחה על אופן השילוב בחלופת "טלפונים חכמים" (יתרונות/רעיון לפרויקט/חסרונות) השיבו 52 מורים. רוב המשיבים ציינו כי הם רואים בשילוב זה ערך משמעותי, ותיארו מגוון רחב של רעיונות ליישום. בין ההצעות הבולטות עלו פיתוח אפליקציות אנדרואיד המשלבות את Gemini API לזיהוי תמונה והמרתה למידע שימושי, יצירת משחקי טריוויה או משחקי עלילה אינטראקטיביים תוך שמירה על רצף הדיאלוג עם המודל, יישומים לבדיקת קוד והצעת תיקונים בזמן אמת, וכלים המייצרים רכיבי UI בהתבסס על תיאור טקסטואלי.

חלק מהמורים תיארו שימושים חינוכיים-פדגוגיים ממוקדים, כגון הכנת תלמידים לבחינות באמצעות יצירת שאלות חזרה מותאמות אישית, הפעלת מודלים כעוזרי תכנות לפרויקטים בכיתה, או חיבור ל-API כשרות ברקע עבור פרויקטים המשלבים עיבוד טקסט ותמונה.

לצד זאת, מיעוט מהמשיבים הביע ספק לגבי רלוונטיות השילוב, לרוב בשל חוסר זמן, צורך בהעמקה נוספת לפני ההטמעה או חוסר התאמה לשפות ולתכנים הנלמדים בכיתתם.

עמדות המורים ביחס לשילוב API עבור כלי AI בחלופת "אפליקציות משולבות נתונים": 104 מורים ענו על השאלה שהתייחסה להערכה זו. ממוצע הדירוג שלהם היה 4.29 (חציון 4.5, סטיית תקן 0.86): 50.0% ($n=52$) העניקו את הציון 5, 32.7% ($n=34$) העניקו ציון 4, 14.4% ($n=15$) נתנו ציון 3, בעוד שציונים נמוכים ניתנו ע"י 3 מורים: 1.9% ($n=2$) בחרו בציון 2 ו-1.0% ($n=1$) – בציון 1. נתונים אלו מצביעים על תמיכה רחבה ומשמעותית בשילוב היכולות של API בינה מלאכותית בפרויקטים של יישומים משולבי נתונים, כדרך להרחיב את הכלים הפדגוגיים והיכולות הטכנולוגיות במסגרת ההוראה.

על השאלה הפתוחה ביחס לשילוב חלופת "אפליקציות משולבות נתונים" (יתרונות, רעיון לפרויקט, חסרונות), השיבו בפועל 38 מורים. בתשובותיהם עלתה הסכמה רחבה כי לטכנולוגיה פוטנציאל לשדרג משמעותית את חוויית המשתמש והפיתוח: הרחבת בסיס הידע של האפליקציה, ניתוח מידע בזמן אמת, התאמה אישית למשתמש, קיצור תהליכי פיתוח וחיסכון במשאבים באמצעות חיבור למקורות נתונים חיצוניים במקום פיתוח פנימי.

הוצע מגוון רעיונות לפרויקטים, בהם מערכת חכמה לניהול משימות לימודיות עם לוח זמנים אופטימלי ותזכורות חכמות, ניהול מלאי חכם לעסקים קטנים עם חיזוי ביקושים, מערכת המלצות אישית על בסיס ניתוח נתוני משתמש, או שילוב שחקן וירטואלי במשחק באמצעות בינה מלאכותית.

לצד היתרונות הודגשו גם חסרונות ואתגרים אפשריים: סוגיות של פרטיות ואבטחת מידע, תלות בשירותים חיצוניים וחיבור לאינטרנט, ומורכבות טכנית בשילוב מקורות נתונים שונים; חלק מהמורים התריעו מפני מצב שבו ה-AI יבצע חלק גדול מדי מהעבודה, באופן שעלול לפגוע בלמידה ובפיתוח ההבנה העמוקה של התלמידים.

עמדות המורים ביחס לשילוב API עבור כלי AI בחלופת "הגנת סייבר": עמדות אלה מעידות על תמיכה נמוכה יותר מהעמדות ביחס לשתי החלופות האחרות, שהוצגו לעיל. הציון הממוצע של 100 המשיבים על

שאלה זו הוא 3.91 (חציון 4, סטיית תקן 0.91) : 32.0% (n=32) מהמורים העניקו את הציון המרבי 5, 31.0% (n=31) – את הציון 4, 34.0% (n=34) – את הציון 3, 2.0% (n=2) העניקו ציון 2, ו-1.0% (n=1) העניקו ציון 1. העובדה שהנטייה החיובית לשילוב הכלי במסלול זה היא פחות חד-משמעית ביחס לחלופות אחרות, עשויה לשקף פערי רלוונטיות או צורך בהעמקת החיבור בין התכנים לבין תחום הסייבר.

על השאלה הפתוחה שהתייחסה לאופן השילוב בחלופת הגנת סייבר (יתרונות/רעיון לפרויקט/חסרונות), השיבו 36 מורים (n=36). מתשובותיהם עלה כי המורים מזהים פוטנציאל לשדרוג משמעותי של יכולות האבטחה והלמידה המעשית בפרויקטים. בין היתרונות שצוינו בלטו האפשרות לזיהוי איומים ואנומליות בזמן אמת, איתור ניסיונות פריצה או פישנינג, ניתוח דפוסי שימוש לאיתור פעילות חריגה, ושיפור ההגנה על פרטיות המשתמשים. חלק מהמורים הדגישו כי שילוב AI בפרויקטים יאפשר גם את הגברת האינטראקטיביות, עיבוד נתונים לא מובנים, זיהוי תבניות בלוגים של מערכות אבטחה, ואף הרחבות לכלים כמו פרוקסי חכם לשינוי תעבורת רשת בזמן אמת. רעיונות שבלטו כללו פיתוח מערכת חכמה לאימות דו-שלבי (FA2) המשלבת AI לזיהוי כניסות חשודות, כלי לזיהוי והתרעה על הודעות דוא"ל זדוניות או ניסיונות פישנינג, ואפליקציות לניתוח בזמן אמת של תעבורת רשת והתרעה על חריגות.

עם זאת, המשיבים הצביעו גם על חסרונות ואתגרים: דרישות חישוביות גבוהות שעלולות להכביד על חומרה מוגבלת, מורכבות יישומית וידע טכני מתקדם הנדרש לשילוב API בתחום זה, וכן הצורך לשמור על איזון בין אבטחת מידע לבין שמירה על פרטיות המשתמשים.

מורים מסוימים אף התריעו מפני פגיעה ברמה הפדגוגית אם ה-AI ייטול חלק גדול מדי בביצוע המשימות, והמליצו להגדיר את הטכנולוגיה כפיצ'ר משלים ולא כמרכיב מרכזי בפרויקט.

יצירת מסד נתונים משותף לשימוש הקהילה, שיכלול שיטות ודוגמאות לשילוב AI

במסגרת הסקר, נשאלה שאלה רוחבית (שאינה תלויה בחלופה מסוימת) בדבר החשיבות שמייחסים המורים ליצירת מסד נתונים משותף לשימוש הקהילה, שיכלול שיטות ודוגמאות לשילוב AI (תוך שימוש ב-API) וכן דוגמאות לשילוב ב-GUI. ממוצע התמיכה בקרב 107 המשיבים לשאלה זו הוא 4.23 (חציון 4, סטיית תקן 0.90) : 48.6% (n=52 מתוך 107) העניקו את הציון המרבי 5, 30.8% (n=33) נתנו ציון 4, 16.8% (n=18) נתנו ציון 3, בעוד שציונים נמוכים ניתנו בשיעור מצומצם: 2.8% (n=3) לציון 2 ו-0.9% (n=1) לציון 1. נתונים אלה מצביעים על תמיכה רחבה בצורך בתשתית קהילתית שתאפשר שיתוף ידע, דוגמאות והטמעה מעשית של הכלים בסביבות פיתוח וב-GUI כחלק מהצלחת המהלך.

מושגים נגישים לעומת מאתגרים בהוראת Gemini API לתלמידים

במסגרת הסקר, נשאלו המורים שתי שאלות פתוחות: אילו מושגים יהיו נגישים יחסית לתלמידים, ואילו מושגים עשויים להיות מאתגרים.

על השאלה על מושגים נגישים השיבו 126 מורים. מתשובותיהם עולה כי מושגי הבסיס של עבודה עם API נתפסים כנגישים יחסית, ובכללם יצירה ושימוש ב-API Key, שליחת בקשות וקבלת תגובות, עבודה עם פורמט JSON, ושילוב קריאות API בקוד פיתוח או אנדרואיד; המורים ציינו כי נושאים אלה דומים לידע שתלמידים לומדים בעבודה עם שירותים חיצוניים דוגמת Google Maps API או Firebase, ולכן המעבר לשימוש ב-Gemini API עשוי להיות טבעי. בנוסף, נושאים כמו ניסוח פרומפטס¹ (Prompt Engineering),

¹ לפי האקדמיה ללשון העברית, מִנְחָה הוא המונח העברי המקובל למונח prompt.

שימוש ב-system prompt והבחנה בין Zero-shot, One-shot ו-Few-shot נתפסו כקלים יחסית להבנה, וכן שילוב הפלט של המודל באפליקציה (למשל הצגת תשובה ב-TextView באנדרואיד) עבור תלמידים עם רקע ב-UI.

על השאלה על מושגים מאתגרים השיבו 125 מורים, מתשובותיהם עלה כי מושגים מסוימים עלולים להיות מורכבים לתלמידים בשל דרישה להבנה טכנית גבוהה או ניסיון קודם: עבודה עם JSON ובפרט JSON Schema, מושגים כמו callback, עבודה א-סינכרונית ו-continuations באנדרואיד/קוטלין, וכן הטמעת Gemini API בפרויקטים אמיתיים בהקשרים של ניהול שיחות מתמשכות, שילוב קלטים מרובי-מודאליות (טקסט/תמונה/אודיו) ובניית פרומפטים מדויקים ועקביים. בנוסף הוזכרו כמקור אפשרי לקשיים נושאים מופשטים יותר כגון הערכת איכות המודל, מדדי אמינות וזיהוי מגבלותיו, וכן תכנון זרימת עבודה עם ה-API ושילוב הקוד בסביבות פיתוח מורכבות כמו Android Studio. בהתאם לכך, המורים הדגישו כי להצלחת ההטמעה בכיתה נדרשים הנגשה, פירוק לשלבים, דוגמאות מעשיות רבות ותרגול מונחה.

סיכום

באופן כללי, המשובים הצביעו על שביעות רצון גבוהה מההדרכה המקצועית, איכות ההסברים והדוגמאות המעשיות, לצד בקשות להרחבת התמיכה הטכנית ולפיתוח חומרי לימוד מעמיקים יותר שיסייעו במניעת תקלות בזמן יישום בכיתה. מורים נוספים ציינו את תרומת ההשתלמות ליכולת שלהם לגשר בין רמה טכנולוגית גבוהה לבין הצגת החומר באופן נגיש לתלמידים, במיוחד לאור הפערים ביכולות ובניסיון הקודם.

המשתתפים תיארו את ההשתלמות כמשמעותית ומעשירה: היא הרחיבה ידע מקצועי, פתחה "דריסת רגל" לעבודה עם Gemini API והדגימה שילוב בקוד Python/Java/Android דרך Google AI Studio. מורים רבים דיווחו על קפיצה ביכולת לבנות פרויקטים (למשל צ'אט, טריוויה דינמית, עוזר לימודי, עיבוד תמונה), וחלקם אף דיווחו על תלמידים שכבר שילבו API בפרויקטים.

לצד זאת עלו במשובים אתגרים חוזרים: קצב מהיר ועומס חומר ביחס לזמן תרגול, פערי רקע (בפרט למי שאינו עובד באנדרואיד/פיתוח), תקלות והגדרות סביבת פיתוח (SDK/Gradle/הרשמה), וחוסר בחומרים מדריכים "צעד-אחר-צעד" ובדוגמאות בדיקה/ולידציה.

כמו כן, הוצעו שיפורים: דוגמאות מלאות רבות יותר של קוד רץ, מיקוד לפי חלופה (טלפונים חכמים/אפליקציות משולבות נתונים/סייבר), קבוצות קטנות יותר, חומר מסודר להוראה (מצגות, מערכי שיעור ותבניות פרויקט), והמשך ליווי קהילתי.

בשורה התחתונה, מן המשובים עולה כי הערך הפדגוגי והטכנולוגי נתפס כגבוה והמוטיבציה ליישם קיימת; כדי לממשה באופן רחב-היקף בבתי הספר נחוצים זמן לתרגול, חומרים נגישים ומסודרים, ותמיכה טכנית-פדגוגית לאורך הדרך.

הגנת סייבר בשילוב Gemini API

כתב: שלום ואנונו, מורה להנדסת תוכנה חלופת סייבר במקיף ח' ראשון לציון

השתלמות ייחודית בהנחיית [מר שלום ואנונו](#) עסקה בשילוב מודלי AI בסביבות פיתוח מקומיות: "Local Ollama & Gemini API". ההשתלמות נפתחה ב-22 ביוני, 2025, בשנה"ל תשפ"ה, במתכונת היברידית (זום בשילוב מפגש סיכום פיזי במרכז הארץ) וארכה 30 שעות אקדמיות (15 שעות עיוניות ו-15 שעות אסינכרוניות) עם ציון מוכר למורי "עוז לתמורה" ו"אופק חדש".

קהל היעד כלל מורי תיכון המלמדים במסלול הנדסת תוכנה וסייבר, עם ותק של לפחות שנתיים בהוראת הגשות פרויקטים. חשיבות ההשתלמות היא הקניית ידע תאורטי, ולא פחות חשוב, ידע מעשי ופרקטי Hand-On ביישום והוראה לתלמידים, בליווי מצגות עשירות ונוחות להוראת הנושא.

מטרות ההשתלמות

מטרת-העל של ההשתלמות היא שילוב בינה מלאכותית בפרויקטים במסגרת התמחות [הגנת סייבר ומערכות הפעלה](#) במגמת הנדסת תוכנה וסייבר, ההשתלמות נועדה להעניק למורים את הידע והכלים המעשיים הדרושים לשילוב מוצלח של בינה מלאכותית (AI) בפרויקטים חינוכיים החל משנת הלימודים תשפ"ו. הדגש הוא על הקניית יכולות יישומיות שיאפשרו למורים ולתלמידיהם:

- הבנה יסודית של מושגי ה-AI: הכרת עקרונות הבינה המלאכותית, סוגיה השונים והפוטנציאל הטמון בה, תוך פישוט והנגשה התכנים.
- שליטה בכלי AI בסיסיים ומתקדמים: למידת דרך העבודה עם ממשקי AI נפוצים (כמו Google API), כתיבת פרומפטים יעילים, ואף הקמת סביבות AI מקומיות (Local LLMs) לצורך ניסוי ופיתוח.
- פיתוח חשיבה יצירתית ופתרון בעיות באמצעות AI: הבנה כיצד ניתן לרתום את הבינה המלאכותית לכתיבת קוד, יצירת תכנים וביצוע משימות מורכבות, לפתיחת אופקים חדשים לפרויקטים לימודיים.
- הבנה ויישום של סוכני AI: הכרת עולם "סוכני ה-AI", ולמידת העקרונות לבנייתם על מנת שיוכלו לשמש ככלים לביצוע משימות אוטומטיות ומורכבות בפרויקטים.
- חיבור AI למאגרי מידע חיצוניים: לימוד כיצד להקנות לבינה המלאכותית את היכולת לאחזר מידע ממקורות חיצוניים (כמו מסמכי PDF) באמצעות טכניקות כמו RAG, יכולת שתאפשר פיתוח פרויקטים מבוססי ידע עדכני ומדויק.
- הנגשת AI לתלמידים: הקנייה למורים את הביטחון והיכולת להדריך תלמידים בשימוש בבינה מלאכותית בפרויקטים שלהם, להכנים לאתגרי העולם הטכנולוגי העתידי, ולטפח אוריינות דיגיטלית מתקדמת.
- פרטי ההשתלמות מוצגים להלן. כפי שניתן לראות, בסיום ההשתלמות, המורים היו מצוידים בידע פרקטי ובכלים יישומיים, שיאפשרו להם להוביל פרויקטים חדשניים ומרתקים המשלבים בינה מלאכותית, וכך להפוך את תהליך הלמידה לרלוונטי, עדכני ומועיל יותר עבור התלמידים.

מפגש ראשון: היכרות עם עולם ה-AI

מפגש מקוון ראשון: היכרות עם עולם ה-AI

• שיחת פתיחה והנחיות:

פתחנו את ההשתלמות בסקירה מקיפה של התכנים, המטרות והמתודולוגיה. הסברנו כיצד ניתן למקסם את הלמידה ולרתום את הכלים שהוצגו לטובת פרויקטים אישיים ומקצועיים.

• מבוא לבינה מלאכותית:

הבנו מהי בינה מלאכותית לעומק, היכרות עם הטכנולוגיה. סקרנו את העקרונות הבסיסיים, סוגי ה-AI השונים ואת האופן שבו טכנולוגיה זו שינתה את חיינו ואת עולם התעשייה.

• פתיחת משתמש Google API וביצוע Prompt עם Python:

למדנו כיצד להגדיר סביבת עבודה עם ממשק התכנות של גוגל (Google API) עבור AI. הדגמנו כיצד לבצע "פרומפטים" (הוראות/שאלות למודל AI) ראשוניים באמצעות קוד פשוט בשפת Python, כדי להתחיל לתקשר עם המודלים.



Made with **Gemini**
הנחיות ראשונות Google API

המפגש הראשון של ההשתלמות נפתח בשיחת פתיחה חווייתית ובהנחיות ממוקדות, אשר הזמינו את המשתתפים להצטרף למסע רווי חדשנות וחקירה של תחום הבינה המלאכותית, תוך הדגשה כיצד יוכלו למצות באופן מרבי את תכני ההשתלמות. לאחר מכן, הוצג מבוא תמציתי לבינה מלאכותית, בו הוצגו מושגי יסוד והוסבר באופן פשוט הרציונל מאחורי טכנולוגיות AI, לרבות התייחסות למושגים כמו למידת מכונה, למידה עמוקה ומודלים שפתיים גדולים (LLMs).

מטרות הלמידה:

- להבין את מושגי היסוד בבינה מלאכותית: סוגי LLMs, AI ומודלים בענן.
- להכיר את ממשק Google API ולפתוח חשבון פרויקט למטרות ניסוי.
- להקים סביבת Python מקומית ולבצע קריאת API ראשונה ("Hello AI").
- לפתח מודעות לפוטנציאל הפדגוגי של שילוב AI בפרויקטי תלמידים.

בחלק המעשי של השיעור למדו המורים כיצד להקים משתמש ב-Google API להפעלת מודלים גנרטיביים, וזכו להדגמה חיה של ניסוח Prompts באמצעות שפת Python, הכוללת טעינת מפתח API והרצת פקודות ראשוניות ליצירת תוכן באמצעות מודל Gemini.

המפגש השני התמקד בשיפור יכולת האינטראקציה עם מודלים שפתיים: בראש ובראשונה הוצגו עקרונות הכתיבה של פרומפט איכותי: חמישה שלבים שכללו הגדרת התפקיד (Role), המשימה (Task), ההקשר (Context), המגבלות (Constraints) והפורמט (Format), במטרה לחדד את הבקשה ולמנוע אי-הבנות מצד ה-AI.

המשך המפגש התמקד בכתיבת פרומפטים מתקדמים בעבודה מול API, כולל הכנסת פרמטרים דינמיים, הבחנה בין zero-shot, one-shot ו-few-shot prompting וניסוח בקשות חכמות יותר ב-Python המתקשרות ישירות ל-Gemini API. בסיום המפגש, הוצג פרומט JSON, לצד הצגת דוגמת prompt מלאה הכוללת מבנה JSON ברור, שדות מקוונים ו-Continues Prompt, המבטיחים אחידות פלט, שליפה פשוטה ועיבוד נתונים יעיל בסביבות הפיתוח השונות.

מפגש שני: שליטה על ה-AI באמצעות פרומפטים

Installation

Get started by installing Gemini CLI.

Prompt Structure

משחק בעזרת Gemini API

```

import PromptFunction as AI

PROMPT = """
You are a participant in a game where I need to guess a
TARGET_WORD you describe in a sentence or two.
You cannot mention the TARGET_WORD or any of the
additional forbidden words.

TARGET_WORD: 'router'
additional forbidden words: internet, wifi, device, traffic
description:
"""

print(AI.ask_gemini(PROMPT))

```

This box directs network data between different connected systems in a home or office. It acts as a central hub, sending information packets where they need to go.

מפגש שלישי: פיתוח עם AI ומודלים מקומיים

פיתוח אפליקציות Vibe Coding (פיתוח Full Stack בשיתוף פרומט)

חקרנו את הקונספט המהפכני של "Vibe Coding" – פיתוח אפליקציות מלאות (Full Stack) באמצעות אינטראקציה עם AI דרך פרומפטים בלבד, ללא צורך בכתיבת קוד רב באופן ידני.

- כלים לכתיבת קוד עם בינה מלאכותית ואתרים:
- סקרנו כלים ואתרי עזר ששילבו AI כדי לסייע בפיתוח קוד, לייצר קטעי קוד, לתקן שגיאות ולזרז תהליכי פיתוח.
- הקמת (Local LLM מודל שפה גדול מקומי) עם תשתית: Ollama, למדנו כיצד להקים ולהריץ מודלי שפה גדולים (LLMs) על המחשב האישי שלנו, באמצעות פלטפורמת Ollama. זה איפשר עבודה עם מודלים חזקים ללא תלות בחיבור לאינטרנט או בשירותי ענן חיצוניים.
- ממשק קוד לעבודה מול Local LLM בשפת Python: לאחר הקמת המודל המקומי, למדנו כיצד "לתקשר" איתו ולשלוח לו פקודות ומשימות באמצעות קוד Python פשוט ויעיל.
- היכרות עם מודלים (Open Source קוד פתוח) וייחודם:

סקרנו את עולם מודלי ה-AI בקוד פתוח – מודלים שזמינים לשימוש, שינוי והפצה חופשית. הבנו את היתרונות הייחודיים שלהם, כגון גמישות, שקיפות ויכולת התאמה אישית.

המפגש השלישי התמקד בהקמת סביבה מקומית לעיבוד שפה גדולה באמצעות Ollama, החל מהתקנת השרת המקומי ועד להפעלת מודל ראשוני בסביבת הפיתוח של המורים, כך שיוכלו להריץ LLM ללא תלות באינטרנט ובענן. בהמשך, למדו המשתתפים כיצד להתחבר ל-Local LLM דרך ממשק הקוד בפייתון – בין

אם באמצעות HTTP API פשוט או בעזרת הספרייה ollama ולשלוח אליו שאילתות מקוד מותאם, כולל שילוב עם LangChain לשרשור פעולות מתקדמות.

מטרות הלמידה

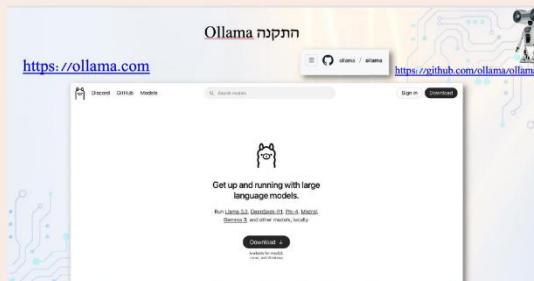
- להבין את יתרונות וחסרונות הפעלת LLM מקומי לעומת SaaS-AI בענן.
- להוריד, להתקין ולהריץ מודלים ב-Ollama (לדוגמה Llama 2 או Mistral-7B).
- לכתוב קוד Python המתחבר לתהליך המקומי דרך REST-API של Ollama.
- ליישם פיתוח אפליקציות Full-Stack בשיתוף Vibe Coding תוך שימוש ב-AI ל- front-end, back-end ושכבת DB-schema.
- להכיר כלים פתוחי-קוד כגון TabNine, GitHub Copilot, ו-AutoRegex המסייעים בתיקון, השלמה ובדיקת קוד.



Vibe Coding Wars

פיתוח קוד בעזרת בינה מלאכותית: Vibe Coding

מפגש שלישי: פיתוח עם AI ומודלים מקומיים



Ollama חתונה

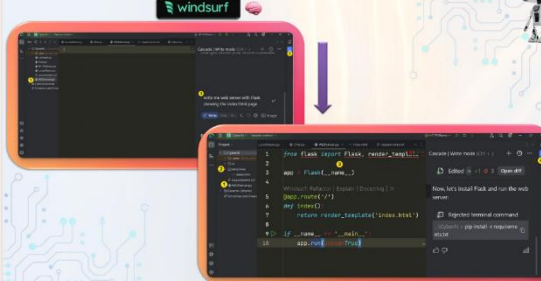
<https://ollama.com>

<https://github.com/ollama/ollama>

Get up and running with large language models.

For Llama 3.3, Gemma 3.1, and other models, visit [ollama.com/models](#)

[Download](#)



windsurf

```

1 from flask import Flask, render_template, request
2 app = Flask(__name__)
3
4 @app.route("/")
5 def index():
6     return render_template("index.html")
7
8 if __name__ == "__main__":
9     app.run(debug=True)
        
```

שימוש ישיר בספריית ollama

ספריית ollama מספקת דרך ישירה יותר לתקשר עם שרת Ollama.

התקנה:

```

1 import ollama
2
3 # Initialize the Ollama client
4 client = ollama.Client()
5
6 # Define the model and the input prompt
7 model = "gemma3" # Replace with your model name
8 prompt = "What is Python?"
9
10 # Send the query to the model
11 response = client.generate(model=model, prompt=prompt)
12
13 # Print the response from the model
14 print("Response from Ollama:")
15 print(response.response)
        
```

[pip install ollama](#)

בנוסף הוצגה סקירה של מודלים לשפה טבעית בעלי משקלים פתוחים (כגון LLaMA, Gemma ואחרים), הכוללת את יתרונותיהם ומגבלותיהם הן מן ההיבט הטכנולוגי והן מן ההיבט של קוד פתוח (open source). כמו כן, הוצגו אפשרויות להתאמה ייעודית ולשימוש מקומי ללא תלות בשירותי ענן, במטרה לאפשר למורים לבחור את המודל המתאים ביותר לצורכיהם ההוראתיים והמחקריים.

במפגש הרביעי נלמדו שלושה מרכיבים מרכזיים בשילוב בינה מלאכותית בתהליך הפיתוח:

- כלים ותוספים לכתובת קוד מבוסס AI המספקים למפתחים סיוע אוטומטי ביצירת קטעי קוד מותאמים אישית בזמן אמת באמצעות ממשקי IDE ואתרי אינטרנט ייעודיים;
- יישום גישת RAG (Retrieval-Augmented Generation) לחיבור המערכת למאגרי ידע חיצוניים, מה שמבטיח זמינות מידע עדכני ורלוונטי בכל רגע נתון;

- ## מפגש רביעי: סוכני AI וניהול ידע

- היכרות עם (AI Agent סוכני בינה מלאכותית) – הדרך לכתוב סוכני בינה מלאכותית בפיתוח עם כלים ותהליך ReAct:
 - צוללו לעולם סוכני ה- AI ותוכנות אוטונומיות שמסוגלות לבצע משימות מורכבות על בסיס הוראות, תוך כדי קבלת החלטות ותכנון צעדים. למדנו כיצד לבנות סוכנים כאלה ב- Python תוך שימוש בכלים ובתהליך ReAct (Reasoning and Acting) שאיפשר להם להגיב באופן דינמי.
 - עבודה מול מאגרי מידע – (RAG (Retrieval-Augmented Generation היכולת לאחזר מידע רלוונטי ממקורות ידע חיצוניים:
 - הבנו כיצד לחבר מודלי AI למאגרי מידע חיצוניים באמצעות טכניקת RAG. איפשר למודלים לאחזר מידע ספציפי ועדכני ממסמכים, מאגרי נתונים ואתרים, ולשלב אותו בתשובותיהם, מה שהעלה משמעותית את דיוקם ורלוונטיות המידע שסיפקו.
 - עבודה מול מאגרי מידע PDF וכו' :
 - הדגמנו כיצד ליישם את עקרונות ה- RAG על מסמכי PDF ופורמטים דומים. למדנו כיצד לאפשר למודלי " AI לקרוא" ולהבין את התוכן במסמכים אלו, לענות על שאלות ספציפיות מתוכם, ולחלץ מידע נחוץ ביעילות.

AI Academy Made with GAMMA



- 21

- להבין שיקולי אבטחת מידע, הרשאות וגישה מבוקרת בעת חיבור מודלים למסדי ידע רגישים.
- לתכנן זרימת-עבודה אוטומטית: טריגר-משימה ← שלב Tool Use ← הפקת תשובה ← שלב Verification.

במפגש החמישי והאחרון הציגו המורים את הפרויקטים שהכינו בהתאם להנחיות מטלת הסיום בקורס "השתלמות הגנת סייבר בשילוב בינה מלאכותית", אשר דרשו הגשת פרויקט מסכם על פני שני עמודים לפחות הכולל תיאור ויזואלי וטקסטואלי של הארכיטקטורה, הסבר על מימוש הקוד לשילוב גישה בינה מלאכותית (למשל חיבור למודל Gemini API) יחד עם מאגר נתונים (SQLite או MongoDB), וכן דף רפלקציה אישי. במסגרת הפרויקט פותחו שרת ולקוח התקשורת מבוססי Socket בסגנון Server-Client (או P2P), כאשר מומלץ היה להדמות תרחישי סייבר אמיתיים כגון זיהוי תקיפה או ניהול הרשאות. בצד השרת הוטמעו קריאות ל-AI API לצורך עיבוד קלט, זיהוי תבניות ותגובה לאירועים, ואילו בצד הלקוח יועד ממשק גרפי אינטראקטיבי (למשל ב-Tkinter) להזנת נתונים, הצגת תוצאות ה-AI והדמיית תגובה לאירוע אבטחה. הקוד הוגש בתיקיית Server ובתיקיית Client נפרדות, ודף הרפלקציה סיפק תובנות על תהליך הלמידה, האתגרים והפתרונות שננקטו, כמתואר להלן:

הקורס "בינה מלאכותית בהתמחות סייבר" בהנחייתו של שלום ואנונו היווה עבורי חוויה לימודית מעשירה, חדשנית ומאתגרת מאוד. זהו אחד מהקורסים הטובים ביותר, שמצליחים לשלב בצורה הרמונית בין עקרונות מתקדמים לבין יישומים פרקטיים בעולם האמיתי של הגנת הסייבר. כבר מהמפגש הראשון ניתן היה להבחין ברמה הגבוהה של ההוראה, במחויבות של המרצה וביכולת שלו להנגיש נושאים מורכבים בצורה ברורה, מעשית וסוחפת. לסיכום, הקורס הזה היווה עבורי שילוב נדיר בין תיאוריה לעשייה. אני יוצא ממנו עם ידע מעשי, ביטחון טכני רב יותר, ובעיקר עם השראה להמשיך לחקור, ללמוד ולפתח חומרי לימוד בתחומי ה-AI והסייבר. אני ממליץ עליו בחום לכל מי שמבקש להעמיק בעולם מרתק זה טכנולוגיים – ובעיקר למי שזוכה ללמוד אותו בהנחייתו של שלום ואנונו.
ברצוני לציין במיוחד את שלום, שהנחה את ההשתלמות בגישה מקצועית, סבלנית ומדויקת. שלום שמר על קו הדרכה ממוקד ואחיד, לא הוסח על ידי הערות שוליים, והצליח לייצר שיעורים הרמוניים, ממוקדים וזורמים. התמיכה וההבהרות שניתנו – תמיד הגיעו לאחר ההקניה, באופן ששמר על רצף תקין של ההוראה. הסדר והארגון ניכרו בכל שלב – החל מהלוח המדויק, דרך החומרים, התזכורות, אוסף הקישורים ועד להעשרה המקצועית שנלוותה לאורך כל הדרך. מעל הכול בלטה תחושת נתינה, ענווה ומקצועיות עמוקה. השתלמות זו הצליחה לשלב בין תכנים רלוונטיים ומעמיקים לבין מסגרת ניהולית מסודרת ונעימה. היה מעולה – שלום -תודה רבה!
מיני פרויקט זה מדגים כיצד ניתן לשלב בין עולם הסייבר לעולם הבינה המלאכותית באמצעות כלים פשוטים ונגישים: ממשק גרפי נוח socket בין לקוח לשרת שימוש ב-Gemini API מסד נתונים לשמירת המידע

נהניתי לבצע את המטלה, ומאוד נהניתי ללמוד את ההשתלמות הזו ולהיחשף לאפשרות לשלב API AI בצד השרת.

אני מתכוון לשלב את זה בהוראת פרויקט הגמר בכיתה י"ב ויש לי כבר רעיונות נוספים.

תודה למרצה שלום ואנונו, על ההוראה ועל החומרים המעניינים!

סיכום

ההשתלמות מגלמת נקודת מפנה מהותית בהטמעת כלים מתקדמים של בינה מלאכותית בפרויקטים בהנדסת תוכנה בחלופת סייבר, שכן היא מאפשרת למורים ולסטודנטים להרחיב את מסגרת העבודה הקלאסית ולשלב יכולות ניתוח חכם, זיהוי תבניות ותגובה אוטומטית לאיומים באמצעות חיבור לפרוטוקול Gemini API. בכך היא פותחת אופק חדש של פיתוח מערכות הגנה מתקדמות, המשלבות הן את ההבנה התיאורטית של אבטחת מידע והן את היישום הפרקטי של מנועי AI בזמן אמת, מקדמת גישה היברידית המשצבת את הפדגוגיה סביב חשיבה עניינית-טכנולוגית, מחזקת את הקשר בין התיאוריה לתרגול ומעניקה למשתתפים כלים ליצירת פתרונות סייבר חדשניים המותאמים לאתגרים העדכניים ביותר.

מילון מושגים - השתלמות בינה מלאכותית למפתחים

מושגי יסוד בבינה מלאכותית

AI Artificial Intelligence - בינה מלאכותית: טכנולוגיה המסוגלת לבצע משימות הדורשות אינטליגנציה אנושית, כגון הבנת שפה, זיהוי דפוסים ופתרון בעיות מורכבות.

LLM - Large Language Model מודל שפה גדול: מודל בינה מלאכותית המאומן על כמויות עצומות של טקסט, המסוגל להבין ולייצר טקסט באיכות גבוהה בשפה טבעית.

Local LLM - מודל שפה גדול מקומי: מודל AI הרץ על המחשב האישי ללא תלות בחיבור לאינטרנט או בשירותי ענן חיצוניים, המאפשר עבודה פרטית ומהירה.

כלי פיתוח וממשקים

API - Application Programming Interface - ממשק תכנות יישומים: ממשק המאפשר תקשורת ואינטראקציה בין מערכות תוכנה שונות, כגון חיבור האפליקציה של המשתמש לשירותי AI של גוגל.

Google API: ממשק התכנות של גוגל המאפשר גישה לשירותי הבינה המלאכותית של החברה, כמו Gemini.

CLI - Command Line Interface - ממשק שורת פקודה: כלי לאינטראקציה ישירה עם המחשב או שירותים מרוחקים באמצעות פקודות טקסט, ללא צורך בממשק גרפי.

Python: שפת תכנות פופולרית ונגישה המשמשת רבות לפיתוח יישומי בינה מלאכותית, עיבוד נתונים ואוטומציה.

טכניקות עבודה עם AI

Prompt פרומפט: הוראה, שאלה או הנחיה שנשלחת למודל בינה מלאכותית כדי לקבל תגובה או פלט רצוי ומדויק.

Example Prompt - פרומפט לדוגמה: שימוש בדוגמאות קונקרטיות בתוך הפרומפט כדי לכוון את המודל להבין בדיוק איזה סוג תגובה מצופה ממנו.

Continues Prompt - פרומפט מתמשך: טכניקה לשמירה על הקשר והקונטקסט במהלך שיחה ארוכה עם המודל, כך שהוא "זוכר" מה נאמר קודם.

Structure - מבנה פרומפט: ארגון נכון ומתודי של הפרומפט, הכולל הקשר, הוראות ברורות ודוגמאות, לקבלת תוצאות מדויקות ואיכותיות.

מושגים מתקדמים

AI Agent - סוכן בינה מלאכותית: תוכנה אוטונומית המסוגלת לבצע משימות מורכבות באופן עצמאי, תוך קבלת החלטות, תכנון צעדים ושימוש בכלים שונים.

ReAct - Reasoning and Acting - הגיון ופעולה: תהליך או מתודולוגיה המאפשרת לסוכני בינה מלאכותית להגיב באופן דינמי ואינטליגנטי, תוך שילוב של חשיבה לוגית ופעולה מעשית.

RAG - Retrieval-Augmented Generation - יצירה מתוגברת אחזור: טכניקה מתקדמת לחיבור מודלי בינה מלאכותית למאגרי מידע חיצוניים, המאפשרת למודל לאחזר מידע רלוונטי ועדכני ולשלב בתשובותיו.

Vibe Coding: קונספט מהפכני של פיתוח אפליקציות Full Stack באמצעות אינטראקציה עם בינה מלאכותית דרך פרומפטים בלבד, ללא צורך בכתיבת קוד רב באופן ידני.

פלטפורמות וכלים

Ollama: פלטפורמה המאפשרת הקמה והרצה פשוטה של מודלי שפה גדולים על המחשב האישי, ללא תלות בשירותי ענן.

Open Source - קוד פתוח: תוכנה הזמינה לשימוש, שינוי והפצה חופשית, המאפשרת גמישות, שקיפות ויכולת התאמה אישית.

פורמטים ומבני נתונים

JSON (JavaScript Object Notation): פורמט קל ונפוץ להעברת נתונים בין מערכות בצורה מובנית וקריאה, המשמש רבות בתקשורת עם API.

Full Stack - פיתוח מלא: גישת פיתוח המכסה את כל שכבות האפליקציה - ממשק המשתמש (חזית), לוגיקת השרת (עורף) ומסד הנתונים.

תוכנית המנטורינג AI של Google ומשרד החינוך

כתבה: אורין ויינברג, Google

תוכנית המנטורינג לבתי הספר היא שת"פ של Google ומשרד החינוך ומתקיימת זו השנה הרביעית. במסגרת זו משתפים פעולה תלמידים, מורים ומנטורים - גוגלרים - מהנדסים ומהנדסות מתנדבים מ-Google, ליצירת פרויקט תכנות המשלב בתוכו בינה מלאכותית. במסגרת זו, כ-30 קבוצות תלמידים בכיתה ט' מכל הארץ עוברים תהליך העצמה מאתגר ומעשיר ע"י גוגלרים. בשנת תשפ"ה, כמו בשנים שקדמו לה, השתתפו בתוכנית ב-120 תלמידים מ-30 בתי ספר.

בשנת תשפ"ג נעשתה קפיצת מדרגה והתוכנית הסתיימה ללא אחוזי נשירה כלל. בשנת תשפ"ד שהייתה מאתגרת מבחינה לאומית, היה ביקוש חריג לתוכנית, ומעל 100 בתי ספר הגישו מועמדות.

הקשר שנוצר בין התלמידים למנטורים הוא ייחודי. זו ההזדמנות של התלמידים לפגוש "מהנדס/ת אמיתי מגוגל", המתפקד עבורם על תקן אח גדול או אחות גדולה ומלווה אותם בגובה העיניים. מפגש מרגש זה מתאפשר רק בזכות המרקם הייחודי של התוכנית, המורכב מאנשים עם אכפתיות ואמונה גדולה ביכולת דור העתיד שלנו להשפיע לטובה על העולם, ובפרט על החברה הישראלית. במילים אחרות, זו תוכנית מרגשת המבוססת על התנדבות ועל הגורם האנושי, וכמובן על AI.

בשנה"ל תשפ"ה, כל הפרויקטים היו מבוססים על כלי AI, בדגש על מודל הבינה המלאכותית Gemini. בתוכנית השתתפו קבוצות מגוונות מרחבי הארץ, בהן קבוצות מהמגזר הערבי, וכן קבוצות מרהט, יפיע, אשקלון, באר שבע. חלק מהתלמידים מפגינים יכולות יוצאות דופן, ואחד המנטורים העיד ש"שניים מהקבוצה שלי כבר לגמרי יכולים להתחיל התמחות ב-Google".

התלמידים עובדים על פרויקטים בנושאים מעניינים ובעלי ערך לעולם, כמו למשל, אפליקציה המסייעת לבעלי מוגבלויות עם שפת הסימנים, אפליקציה העוזרת להתכונן למבחנים, הכל בעזרת בינה מלאכותית.

את הפרויקטים מציגים התלמידים, כולם תלמידי כיתות עתודה מדעית טכנולוגית (עמ"ט), באירוע סיום חגיגי המתקיים במשרדי גוגל בהשתתפות הגוגלרים, התלמידים והמורים. באירוע נתנת לתלמידים הזדמנות להפגין כישורים נוספים מעבר להפגנת שליטה בתכנים, כמו למשל עמידה מול קהל, יצירתיות ועבודה בקבוצה.

אירוע הסיום האחרון התקיים במשרדי גוגל, ב-25.6.3 בשעה 15:30. [בוידאו זה](#) ניתן לקבל הצצה לאירוע שהתקיים בשנה שעברה (תשפ"ד), [וכאן](#) מופיע פירוט נוסף של הפרויקטים שהשתתפו בתשפ"ה.

"רציתי להודות לכם על היוזמה המדהימה הזו! תוכנית המנטורינג הייתה עבורי חוויה מעוררת השראה", כתב התלמיד סלים המשתתף בתוכנית. "לפני תחילת הפרויקט, לא הכרתי את שפת התכנות פייתון בכלל. בזכות התוכנית והתמיכה שקיבלתי, הצלחתי ללמוד את הבסיס ולכתוב קוד בעצמי – וזה עבד לי! תודה רבה לכם שוב על ההזדמנות הנהדרת הזו ועל כל המאמצים שהשקעתם בללוות ולתמוך בנו".

ההשתתפות בתוכנית היא חוויה מעצימה גם עבור המורים, הנחשפים לתכנים חדשים. הם מעידים כי היא מזניקה את היצירתיות והחדשנות בכיתה, מעלה את המוטיבציה של התלמידים ומחברת את התכנים התיאורטים לעשייה מעשית. המורים המשתתפים גם משתתפים בהשתלמות בנושא בינה מלאכותית, המעניקה להם ידע מתקדם מעבר לתוכנית הלימודים, כדי שיוכלו להעניק לתלמידים חוויה לימודית עמוקה ומגוונת עוד יותר. בשנה"ל תשפ"ה למדו בהשתלמות 220 מורים מרחבי הארץ.

בחלק מבתי הספר, במקביל לתוכנית המנטורינג, מתקיימים גם "פסטיבלי תכנות" בית-ספרי, בהם תלמידי כיתה ט', המשתתפים בתוכנית המנטורינג, מציגים לתלמידי ז'-ח' את הפרויקטים שיצרו יחד עם מהנדסי Google. כך הם מעניקים להם הצצה מוחשית ליעד שאליו יוכלו להגיע בשנה הבאה ומגבירים את המוטיבציה להמשיך ולהעמיק בלימודי מדעי המחשב.

תודות: הצלחת התוכנית התאפשרה הודות לשיתוף פעולה הדוק בין צוותי Google - דוד קדוש (מייסד תוכנית המנטורינג), אורין ויינברג, ועדי בר-צבי, לצוות הפיקוח על הוראת מדעי המחשב במשרד החינוך - רחל פרלמן, רותם מלכי ויוחאי פרץ.

הוראת מתמטיקה לבינה מלאכותית: נקודת המבט של המורים

כתבו:

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

מבוא

תוכנית הלימודים "למידה עמוקה" פותחה בשנת 2020 במסגרת מגמת הנדסת תוכנה. תוכנית זו היא אחת מחלופות ההעמקה במסגרת יחידת "תכנון ותכנות מערכות", ותכניה מהווים אתגרת מיוחד – הן מבחינת הידע המוקדם הנדרש מהתלמידים והן מבחינת הכשרת המורים המלמדים אותה. מדי שנה, לומדים תוכנית לימודים זו כ-500 תלמידים מתוך כ-12,000 תלמידי מדעי המחשב בבתי הספר העל-יסודיים בישראל.

במסגרת התוכנית, נלמדים תכנים מעשיים ותיאורטיים מעולם הבינה המלאכותית, תוך התמקדות במושגים בסיסיים מלמידת מכונה בכלל ולמידה עמוקה בפרט. בין השאר, נכללים הנושאים הבאים: מבנה רשתות נוירונים, תהליכי אימון, תפקידי שכבות שונות ברשת, למידת ייצוג (representation learning), למידת למידה (meta-learning), ניתוח תמונה, ותכנון ניסויים עם נתונים. לצד נושאים אלה, התוכנית כוללת גם תכנים מתמטיים, כמו פונקציות סיגמואיד, גרדיאנט ונגזרות, וקטורים, פונקציות מטרה ואופטימיזציה – החיוניים להבנה עמוקה של אופן פעולתם של האלגוריתמים.

שילובם של נושאים מתמטיים אלו מהווה אתגר. רבים מהמורים המלמדים כיום את חלופת "למידה עמוקה" מגיעים מרקע במדעי המחשב, ללא הכשרה מתאימה בהוראת מתמטיקה, ולכן נמנעים מללמד נושאים מתמטיים אלה בצורה מעמיקה. מצב זה מציב בפני מורי המגמה את השאלה: האם להוסיף גם שכבה עיונית-מתמטית שתחזק את הבנת העקרונות המתמטיים עליהם מבוססים הנושאים הנלמדים ביחידת לימוד זו?

שאלה זו מהווה את הרקע ליוזמה לפתח תוכנית "אשנב למתמטיקה בלמידה עמוקה", שמטרתה לחזק ולהעמיק את הבסיס המתמטי של תלמידים הלומדים את התחום, ולעצב את לימודי הבינה המלאכותית בתיכון באופן מבוסס יותר, תוך קישור המושגים המתמטיים ליישומיהם בבינה מלאכותית. יוזמה זו גם תחשוף מורים ותלמידים לתכנים מתמטיים משמעותיים למאה ה-21.

מדובר בשתי יחידות מתקדמות, אותן ילמדו תלמידים הלומדים מתמטיקה ברמת 5 יח"ל, שתתווספה לתוכנית הלימודים הרגילה במתמטיקה, כך שסך הכל התלמידים ילמדו 7 יח"ל במתמטיקה. בנוסף לתלמידי מדעי המחשב, יוכלו ללמוד 2 יח"ל אלו גם תלמידים נוספים הלומדים מתמטיקה ברמה של 5 יח"ל. יחידות אלו אינן קיימות כיום במערכת החינוך, ונמצאות כעת בשלב חשיבה ראשוניים תוך בירור עמדות המורים, תפיסותיהם הפדגוגיות, ויתכנות היישום. הצעה לתכני מתמטיקה המהווים בסיס מתאים ללמידת בינה מלאכותית בכלל ולמידת יחידת הלימוד "למידה עמוקה" בפרט, ניתן למצוא [כאן](#).

לאור תפקידם המהותי של המורים למדעי המחשב בהטמעת שינוי מסוג זה, הפצנו באוגוסט 2025 סקר, שמטרתו היתה לברר את עמדותיהם ביחס ליוזמה זו. הקישור לסקר מופיע [כאן](#). להלן מציג תובנות עיקריות מניתוח הנתונים.

סקר מורים: רקע המורים

לסקר השיבו 87 מורים המלמדים במערכת החינוך העל-יסודית. להלן נתאר נתונים דמוגרפיים של המשיבים, דעתם לגבי תכני הלימוד המתאימים להלמד במסגרת יחידות לימוד אלה, והיענותם ללמוד וללמד תכנים אלה אם וכאשר ניתן יהיה ללמדן. כאשר סכום המשיבים אינו מהווה 100% (87 מורים), המשמעות היא ששאר המורים לא ענו על השאלה.

המורים שענו על הסקר מלמדים מדעי המחשב ברמות שונות: רובם, כ- 75%, מלמדים בחטיבה העליונה: 74% מהמורים (63 מורים) מלמדים בכתה י', 87% מהמורים (74 מורים) מלמדים בכתה י"א, ו- 85% מהמורים (73 מורים) מלמדים בכתה י"ב. 4 מורים (5% מהמורים שענו על הסקר) מלמדים בכתה ט' והשאר במסגרות שונות (יסודי, חט"ב והנדסאים). האחוז הגבוה של המורים המלמדים בתיכון מעיד על אוכלוסיית מורים המכיר את הנושא הנידון בשאלון.

התפלגות המורים על-פי הוראת החלופות מוצגת להלן. היות וחלק מהמורים מלמדים יותר מחלופה אחת, סכום המופעים של החלופות גדול ממספר המשיבים.

- טלפונים חכמים: 31
- למידה עמוקה - 25
- הגנת סייבר 12
- אפליקציות משולבות נתונים - 11

חלק מהמורים ציינו כי בנוסף הם בעלי תפקידים ייחודיים, כמו מנחים אזוריים. מגוון התשובות מעיד על ריבוי אפשרויות ההוראה במקצוע וכי ניתן להתבסס על ניסיון ההוראה העשיר והמגוון של המורים בהקשר לנושא הסקר.

ביחס להשתלמות המורים בהוראת תכני החלופה "למידה עמוקה", רקע המורים אינו אחיד וקיימים פערים בין המורים המלמדים את התחום. 64% מהמורים (56 מורים) דיווחו כי למדו בהשתלמות בנושא למידה עמוקה, (מתוכם 43 מורים – 77% – סיימו את ההשתלמות) ו- 33% מהמורים שענו לסקר (29 מורים) לא השתתפו בהשתלמות בנושא זה. שאר התשובות התייחסו לואפנים שונים בהם למדו את התכנים.

סקר מורים: תכנים בהוראת ולמידת מתמטיקה לבינה מלאכותית בתיכון

במענה לשאלה שבחנה אילו נושאים ראוי לכלול במסגרת שתי יחידות לימוד מתמטיות ייעודיות ללמידה עמוקה, המורים התבקשו לסמן נושאים שלדעתם יש לשלב בתוכנית מתוך רשימה נתונה ולהציע נושאים נוספים. על שאלה זו השיבו 78 מורים. הנושאים שסומנו על-ידי יותר מ-50% מהמשיבים היו: אלגברה לינארית בסיסית (68 מורים, 87%), מושגי יסוד בסטטיסטיקה והסתברות (58 מורים, 74%), נגזרות חלקיות (56 מורים, 72%), משפחה של פונקציות עם מספר משתנים (למשל קלטים X ומקדמים W) (52 מורים, 67%), כלל השרשרת (45 מורים, 58%), ובעיית קיצון עם מספר משתנים (42 מורים, 54%). בחירות אלה מעידות על ההכרה בכך שכדי ללמד וללמוד באופן משמעותי למידה עמוקה בכלל ויישום באמצעות רשתות נוירונים בפרט, יש צורך ברקע מתמטי מתאים. בנוסף, מורים הציעו נושאים נוספים, כגון גיאומטריה בממדים גבוהים (למשל בהקשר לפרספטורן), הרחבת התכנים בסטטיסטיקה, וכן טנזורים ומטריצות.

בתשובה לשאלה פתוחה, בה המורים התבקשו להסביר את תשובתם, המורים ציגו מגוון סבות. להלן נציג את הסיבות העיקריות.

מחד, המורים טענו כי **שילוב נושאים מתמטיים חיוני להבנת הליבה של האלגוריתמים בלמידת מכונה**. כך, מורה כתב: "כמתמטיקאי... אני מזהה שהתלמידים לא יודעים את המתמטיקה הנדרשת וגם המורים לא מבינים... יש ללמד קורס אלגברה ליניארית א' מהפקולטה למתמטיקה בטכניון כפי שאני עושה עם התלמידים שלי", ואחר הוסיף: "נדרש ללמד את בסיסי האלגברה הליניארית, משום שהתלמידים והמורים כאחד אינם מבינים את הבסיס המתמטי של התחום". דעה זו מתיישבת עם מורה שציין כי "כל הנושאים נדרשים להבנת אלגוריתם Gradient Descent", לצד אחר שכתב: "ליבת למידת מכונה מתבססת על שימוש נגזרות חלקיות, בעיות קיצון, כלל השרשרת ושימוש באלגברה ליניארית" ותשובה נוספת על -פיה "למיטב הבנתי אלה הנושאים הקריטיים ביותר להבנה של מודלים מתמטיים שבבסיס רשתות נוירונים".

מנגד, מורים טענו כי יש צורך **לאזן בין עומק לנגישות**. אחת התשובות טענה: "אפשר ללמד, לא ברמה גבוהה כמו בחלופה של למידה עמוקה", ומורה אחר הסביר כי יש ללמד נושאים "שניתן לדחוס במסגרת הזמן המוגבלת". בהקשר זה, הודגש גם חוסר הסנכרון בין לימודי המתמטיקה בתיכון לבין הצרכים להבנת נושאים בלמידה עמוקה, לדוגמה: "הסתברות, קבוע e, פונקציות מעריכיות ו-lm כבר נלמדים במסגרת 5 יח"ל... זה פשוט יוצא מאוחר מדי". מורים טענו גם כי הידע המתמטי מהווה חסם כניסה לתחום. ברוח זו, טענו המורים כי יש להקל בדרישות העומק בתיכון ולהשלימם מאוחר יותר באקדמיה. אחת התשובות היתה: "לדעתי יש צורך בידע מתמטי אך לא יותר מדי עומק שלא ירתיע תלמידים".

לסיכום חלק זה, הממצאים מצביעים על הסכמה רחבה בקרב המורים לגבי חשיבות למידתם של תכנים מתמטיים בהוראת למידה עמוקה, אך גם על הצורך בהתאמת עומק התכנים למאפייני התלמידים. כמובן שלצד שילובם של תכנים אלה, יש צורך בהשתלמויות, ליווי, תמיכה, וחומרי הוראה ייעודיים, כפי שנראה בהמשך.

סקר מורים: הוראת מתמטיקה לבנייה מלאכותית בבתי הספר – הווה ועתיד

בסעיף זה נסקור כיצד תופסים המורים את המצב כיום ביחס להוראת מתמטיקה לבנייה מלאכותית בבתי הספר ואת תפיסתם לגבי שילוב מתמטיקה לבנייה מלאכותית בעתיד.

הווה: אתגרים בהוראת ולמידת מתמטיקה לבנייה מלאכותית

אחת השאלות בסקר שאלה האם תלמידי המורים המשיבים, המלמדים את היחידה למידה עמוקה, לומדים נושאים מתמטיים רלוונטיים. מ-87 המורים שענו לסקר, 17 מורים (21%) דיווחו כי תלמידיהם לומדים תכנים אלה ו-63 מורים (79%) ציינו כי תלמידיהם אינם לומדים נושאים מתמטיים הקשורים בתחום. שבעה מורים לא השיבו לשאלה זו. כלומר, 1 מכל חמישה מורים מלמד תכנים אלה. נראה כי אין להתעלם מפער זה, בין ההכרה בחשיבותו של בסיס מתמטי להבנת למידה עמוקה לבין המצב בפועל.

מצב זה משתקף גם בתשובות הפתחות לשאלה "אם כן – איזה נושאים הם לומדים? אם לא – מדוע?". חלק מהמורים ציינו שהתלמידים לומדים כיום את כל הנושאים שצינו לעיל, או את מרביתם. חלק מהמורים ציינו במפורש ש"הלמידה הינה חלקית ועל פני השטח, רק כדי לתת מושג. נזהרים מאד מגישה מעמיקה הקשה על התלמידים ומעוררת התנגדות". באחת התשובות צויין כי "בחרתי בחלופה אחרת של הנדסת תוכנה. כי יש נושאים רבים במתמטיקה שתלמידים לא מכירים והנושאים דרושים ללמידת AI והבנה על איך AI עובד".

התגובות משקפות א. הכרה בכך שהבנה עמוקה של תחום ה-AI דורשת רקע מתמטי מתאים, תוך התאמתו והטמעתו במסגרות ההוראה הקיימות, ו-ב. את הצורך בפיתוח יחידות לימוד ייעודיות שתאפשרנה ללמד באופן שיטתי ומובנה את התכנים המתמטיים הנדרשים להבנת התכנים הנלמדים במסגרת למידה עמוקה.

בהמשך לכך, מורים נשאלו גם מהו אחוז המורים שלהערכתם מלמדים כיום את התכנים המתמטיים הנדרשים ללמידת למידה עמוקה. הנתונים מלמדים כי ההערכה הרווחת היא שהיקף ההוראה נמוך מאוד. יותר ממחצית מהמורים - 43 משיבים (כ-56%) - העריכו שהנושא נלמד על ידי עד 20% מהמורים המלמדים את החלופה. 8 משיבים (10%) העריכו כי בין 20%-ל-40% מהמורים מלמדים תכנים אלה, ו-7 משיבים (כ-9% מהמורים) העריכו כי שיעור זה הוא בין 40%-ל-60%. חמישה מורים (6.5%) העריכו כי האחוז גבוה יותר, ו-18 משיבים (כ-15%) ציינו שאינם יודעים להעריך או שאין להם מידע. הנתונים מצביעים על תפיסה רווחת שלפיה היקף ההוראה המתמטית בלמידה עמוקה בבתי הספר עדיין מוגבל, לצד שונות ניכרת בהערכות ובמידת הוודאות של המשיבים. ממצאים אלו משקפים את הקושי הכרוך בהערכת היקף התופעה, תוך הכרה כי בפועל מדובר כנראה במיעוט.

עתידי: היענות המורים ללמוד וללמד מתמטיקה ל-AI

המורים נשאלו גם לגבי הערכתם את היענות המורים ללמד תכנים מתמטיים אלה ל-AI. במענה לשאלה "במידה ותפותח תוכנית לימודים בהיקף של 2 יח"ל לבגרות, מלווה בהשתלמות מורים, איזה אחוז מהמורים המלמדים את חלופת למידה עמוקה יבחרו להערכתך ללמד תכנים מתמטיים של למידה עמוקה?" התקבלו הערכות מגוונות. 18 מורים (23%) העריכו כי רק עד 20% מהמורים ילמדו תכנים אלה, 17 מורים (כ-21%) העריכו כ-20%-40% מהמורים ילמדו תכנים אלה, ו-16 מורים (כ-20%) ציינו טווח של 40%-60%. 7 מורים (כ-9%) העריכו שיעור הוראה של כ-60%-80% מהמורים, ו-12 מורים (כ-15%) העריכו אחוז גבוה של למעלה מ-80% אימוץ. 10 מורים כתבו מגוון תשובות אחרות. כלומר, **בשעה ש-15.5% מהמורים סבורים כי כיום מלמדים תכנים אלה מעל 40% מהמורים, שיעור גדול פי 3 - 44% מהמורים סבורים כי יותר מ-40% מהמורים ילמדו תכנים אלה במידה ותפותח תוכנית לימודים מתאימה מלווה בהשתלמות מורים.** הנתונים משקפים את הפוטנציאל בהרחבת ההוראה של תכנים אלה, לצד חשיבותה של תשומת לב לקיום השתלמות המורים כפי שצוין בשאלה.

המורים נשאלו גם ביחס לנכונות בית הספר שלהם לאמץ תוכנית לימודים זו של מתמטיקה ל-AI. השאלה שהוצגה היתה "במידה וניתן יהיה להיבחן ב-2 יח"ל בגרות ב'אשנב למתמטיקה בלמידה עמוקה", האם לדעתך בית הספר שלך יציע אפשרות זו לתלמידים המתאימים?" 68% מהמורים (54 מורים) ענו בחיוב; 32% מהמורים (25 מהמורים) ענו בשלילה. נתונים אלה משקפים פוטנציאל ממשי לאימוץ יחידות לימוד זו בבתי הספר, לצד קיומם של חסמים שעשויים למנוע את היישום בפועל, כפי שמשקפים הסברי המורים המוצגים להלן ביחס להערכתם את אחוז המורים שילמדו 2 יח"ל אלו במידה ותפותח עבורן תוכנית לימודים מתאימה.

מחד, מורים רבים הביעו תמיכה ברעיון, תוך הדגשה כי קיימת בבית ספרם אוכלוסייה של תלמידים חזקים, שלעתים גם חמש יחידות מתמטיקה אינן מאתגרות אותם, ותוכנית שכזו תוכל להוות עבורם מסלול מעשיר ומכין ללימודים אקדמיים או ליחידות צבאיות מתקדמות (למשל, "יש בבית הספר הרבה תלמידים איכותיים שרוצים ללמוד ולהעמיק"; "יש תלמידים חזקים שגם 5 יח"ל לא מאתגרים אותם. הם יהנו וזה גם יכין אותם לאקדמיה/לצבא"). הודגשה פתיחות מוסדית מצד הנהלות בתי הספר, במיוחד במוסדות המקדמים ייחודיות חינוכית, תוכניות יוקרתיות, או כאלה שמעוניינים "להתחדש" ביוזמות הכוללות את המונח "בינה מלאכותית". (למשל, "בית ספר אוהבים להתהדר בתוכניות מיוחדות במיוחד אם המילה בינה מלאכותית מוזכרת שם"). מנגד, הובע חשש לגבי מספר המורים שיכולים ללמד יחידות אלה (למשל, "לא חושב שיש מספיק מורים להוספת תכנים אלה"; "בגלל חוסר עמוק במורים שמבינים מתמטיקה ברמת אוניברסיטה"); העומס הקיים על התלמידים וקושי ללמוד תכנים אלה בתיכון.

שוב, תשובות המורים מעידות על עניין באפשרות ללמד את המתמטיקה הנדרשת ללמידה עמוקה ולמסדה במסגרת יחידות לימוד, תוך הבנה כי מימוש המהלך תלוי בתמיכת בית הספר, הכשרת מורים, והיכרות טובה עם קהל היעד.

בנוגע לנכונות להשתתף בהשתלמות לקראת הובלת ההוראה בלמידה עמוקה (במסגרת 2 יח"ל לבגרות), 53 מורים (כ-64%) ציינו "כן", 20 משיבים (כ-24%) השיבו "לא", ו-8 משיבים (כ-10%) נתנו תשובה מותנית – למשל "תלוי בסילבוס", "אולי, תלוי בזמנים" או "תלוי מהם התכנים ואיך יתרמו להוראה שלי", ו- "שתהיה בזום", אמירות אלה מעידות על חשיבות התאמת ההשתלמות לצורכי המורים. באחת התשובות צויין "אשמח גם לתרום בתכני הוראה", שוב, נראה כי קיים פוטנציאל גבוה לקיומה של השתלמות מורים בנושא.

סיכום

ממצאי הסקר מצביעים על עניין המורים בשילוב המתמטיקה של למידה עמוקה בהוראת מדעי המחשב בבתי הספר, אך גם על פערים בין תפיסת החשיבות לבין היישום בפועל. רוב המורים מלמדים בחטיבה העליונה ומזהים צורך בהעמקת התשתית המתמטית הנלווית להוראת למידה עמוקה – בעיקר באלגברה לינארית, אנליזה וסטטיסטיקה. בו בזמן, רק מעט תלמידים לומד כיום נושאים מתמטיים אלה. נכונות המורים להשתתף בהשתלמויות מקצועיות בתחום גבוהה, במיוחד אם יינתן מענה לאילוצים טכניים (זמן ואופן הנחית ההשתלמות).

במקביל, קיימת שונות בהערכות לגבי אחוז המורים שיאמצו את ההוראה המתמטית בלמידה עמוקה, גם לאחר פיתוח תוכנית ייעודית בהיקף של 2 יח"ל לבגרות. חלק מהמורים מצביעים על פוטנציאל משמעותי להרחבת היקף ההוראה, בעוד אחרים מטילים ספק ביכולת היישום בשל מגבלות מערכתיות, מחסור במורים מיומנים ופערי ידע.

ניתוח התשובות הפתוחות מדגיש את הצורך בגיבוש תפיסה פדגוגית עדכנית, בהתאמת רמת ההעמקה לרמות שונות של תלמידים, ובחיזוק היסודות המתמטיים באופן מובנה והדרגתי. בנוסף, הוצעו מודלים גמישים של הוראה – כולל שיתופי פעולה בין בתי ספר, הוראה מקוונת ושילוב תחומים משיקים כמו סייבר וקריפטוגרפיה.

לסיכום, ניתן לומר שקול המורים משקף הבנה מעמיקה של האתגרים, רצון כן לשפר, ומגוון הצעות פרקטיות ליישום. הסקר ממחיש כי שילוב למידה עמוקה כתוספת לתוכנית הלימודים במתמטיקה ומדעי המחשב הוא אפשרי ואף מבוקש, אך ידרוש השקעה בהכשרת מורים, פיתוח חומרי הוראה מותאמים, ותמיכה מוסדית שתבטיח יישום בר-קיימא שיותאם למגוון תלמידים.

לנוכח שאיפתה של ישראל לשמר את מעמדה כמעצמת חדשנות ולקדם את תעשיית ההייטק הלאומית, חיוני להבטיח שתלמידי מערכת החינוך המתאימים לכך ייחשפו כבר בתיכון ליסודות המתמטיים-תיאורטיים שמאחורי טכנולוגיות הליבה של המאה ה-21. כפי שרשות החדשנות מציינת, קידום החדשנות בתעשייה נשען על הון אנושי מיומן ועתיר ידע. ברוח זו, ראוי שהכשרת דור העתיד של מפתחי אלגוריתמים, מדעני נתונים ומהנדסי תוכנה תתחיל בתיכון עם תלמידים המתאימים ללמוד תכנים אלה ומורים המתאימים ללמדם. הסקר מצביע על כך כי בהינתן תשתית פדגוגית מתאימה, מורי מדעי המחשב ערוכים ללמוד וללמד נושאים מתמטיים מתקדמים שיתמכו בקידום עתידה של מדינת ישראל בהקשר זה.

לדמותן של שאלות במטלות ובבחינות בהוראת תכנות בעידן מודלי השפה הגדולים

כתב: ד"ר עפר אליאור, היחידה להוראת התכנות, האוניברסיטה העברית בירושלים

(א) מבוא

אם בשלהי 2022, עת נתנה לראשונה לציבור הרחב גישה למודלי השפה הגדולים (Large Language Models; להלן: מודלים) הייתה שאלת השימוש בהם בהוראת התכנות עניין של "האם", הרי שבמהרה הפכה אצל רבים מאתנו המורים לשאלה של "כיצד". הדבר ניכר אפילו בסקירה שטחית של מבול הפרסומים שראו אור בשלוש השנים האחרונות בנוגע לתגובת עולם התכנות בכלל ועולם הוראת התכנות בפרט למודלים. תחילה בהדרגה, ולאחר מכן בקצב מהיר, הלכו והתקבלו בקרבנו המורים הן הכרה במגוון תועלות היכולות לצמוח משימוש במודלים בהוראה, הן אופטימיות ששימוש זה יאפשר להתאים טוב יותר את ההוראה ליכולותיהם של כל תלמידה ותלמיד. להכרה בצורך בשילוב המודלים בהוראת תכנות, ולמעבר להתמקדות בשאלת האופנים שבהם יש לבצע שילוב זה, היו ויש כמה ביטויים, ובהם: (א) פרסומם של מחקרים אקדמיים ומקורות מידע העוסקים בשימוש בכלי בינה מלאכותית לצורך פיתוח חומרי לימוד או מיטובם; (ב) יצירת כלים טכנולוגיים – בייחוד לומדות המבוססות על מודלים ועוזרי בינה מלאכותית (AI assistants) – המאפשרים לתלמידים שימוש מבוקר במודלים לצורך הבנת חומרי לימוד, פתרון תרגילים, ועוד; וגם (ג) הסתייעות במודלים לשם הפקת משובים והערכות לעבודת התלמידים (Denny et al., 2024).

בד בבד עם מגמות אלה, הולך ומתגבש מהלך נוסף ועקרוני בשילוב המודלים בהוראת התכנות. מהלך זה חותר לשלב את השימוש במודלים בתכנית הלימודים עצמה, הוה אומר, ללמד כיצד לתכנת באמצעות מודלים (Vadaparty et al., 2024; Cipriano and Ferreira, 2025). ביסוד מהלך זה מונחת תפיסה שלפיה על הוראת התכנות להכשיר תלמידים באופן מיטבי להשתלבות בעולם העבודה בפיתוח תכנה, ושממילא יש לקחת בחשבון את המגמות בתעשיית התוכנה בתפיסת מהותה של הוראת התכנות ובקביעת תכנית הלימודים.

השיקולים המדברים בעד השינוי והתומכים בשילוב הוראת תכנות באמצעות המודלים עולים מהיווכחות במגמות הללו. אציין שלושה מהם:

(א) שימוש במודלים הולך והופך לרכיב מהותי בעבודתם השוטפת של מרבית מפתחי התוכנה בתעשייה וגם בעבודתם של אחוז גדל והולך של חוקרים באקדמיה.

(ב) שלא כמו בשיעורי מבוא למדעי המחשב בכלל ושיעורי תכנות בפרט במסגרות חינוך, מפתחי תוכנה רבים היום אינם כותבים בעצמם תכניות מחשב מן היסוד, ובייחוד לא תכניות מחשב פשוטות, אלא משתמשים לצורך כך במודלים, ובעבודתם עוסקים בעיקר בקריאת קוד, בשכלולו ובשיפורו, וגם זאת בהתבססם במידה רבה על מודלים.

(ג) רבים מתלמידינו מסתייעים במודלים ללמידה, גם אם איננו מעודדים זאת. מכאן עולה הצורך לנכס את הלמידה העצמאית באמצעות מודלים, ולכל הפחות ללמד שימוש נכון ויעיל בהם.

השקפות פדגוגיות אלו נמצאות בראשיתו של תהליך יישום בארץ ובעולם. יש להניח שתהליך זה יילך ויתרחב. כבר היום ברי כי השלכותיו על הוראת התכנות המסורתית יהיו רבות אנפין ויובילו להוראת תכנות בדרך חדשה.

במאמר זה אדון בהבט אחד של תמורה חשובה זו, והוא השפעתה על **צביון של שאלות במטלות בית ובבחינות בקורסי תכנות**. המאמר נחלק לשלושה חלקים. בחלק הראשון אדון בקווים מנחים חשובים בעיצוב אירועי הערכה בהוראת התכנות החדשה. בחלק השני אציג דוגמות לשאלות במטלות בקורס פיתון שעוצבו לאורם של קווים מנחים אלה. לבסוף אבחן מספר הבטים חשובים נוספים של כתיבת השאלות ובדיקתן.

(א) קווים מנחים בעיצוב מטלות ובחינות

בעיצוב מטלות ובחינות בהוראת תכנות המבוססת על התפיסה שתכנות הוא תכנות באמצעות מודלים, יש שני קווים מנחים עקרוניים.

קו מנחה אחד הוא הנחלת כישורי השימוש במודלים (Denny et al., 2024; Reeves et al., 2024). על השאלות באירועי הערכה לחתור לפתח אצל התלמידים כישורי כתיבה של מְנָחִים (prompts)² יעילים; מנחה יעיל – היינו מנחה שהזנת תכנון למודל מביאה להפקת התשובה הנדרשת למזין המנחה. בנוסף, בכתיבת השאלות יש לחתור לקדם כישורי שימוש במודלים למגוון מטרות, ובהן: הערכת איכותם ויעילותם של פתרון לבעיה ושל האלגוריתם שהפתרון מבוסס עליו; איתור שגיאות בפתרון לבעיה, אי מילוי דרישות שהוצבו לפתרונה, או אי טיפול בקלטים בלתי צפויים של המשתמשים; שיפור פתרון לבעיה, הצעת פתרונות חילופיים, איתור הנחות סמויות של בעיה ומקרי קצה שלה, והשוואת פתרונות שונים זה מזה לבעיה אחת. כמו כן השאלות יטפחו עיון זהיר וביקורתי בתשובות המודלים, וכן הקפדה לוודא שאין אי דיוקים בתשובות, בייחוד בבעיות שהן מורכבות או תלויות בהקשרים בלתי שכיחים. נושאים נוספים שהשאלות יעסקו בהם: השוואת תשובות המודלים לתשובות המוצעות במקורות מסוגים אחרים, תוצאות בלתי רצויות של הסתמכות יתר על מודלים, בזבוז משאבים לתיקון קוד שגוי שיצר מודל, או בעיות בשימוש חוזר של קוד המוגן ברשיון.

הקו המנחה השני הוא קידום פיתוחם של כישורי חשיבה חישובית (Matobobo et al., 2026; Erez et al., 2023). חשיבה חישובית (Computational Thinking) היא גישה לפתרון בעיות שבבסיסה תהליך חשיבה שתכליתו העיקרית הוא ניסוח בעיה וניסוח פתרונה שיבוצע באמצעות מחשב (Wing, 2006). תהליך זה יכול לנקוט במגוון גישות לפתרון בעיות, ובהן חשיבה אינדוקטיבית וחשיבה דדוקטיבית, חשיבה לוגית, הפשטה, הכללה, ומידול, ניסוח בעיות, פתירת בעיות ופירוק בעיות לתת בעיות, תבניות אלגוריתמיות ותורשימי זרימה, תכנון פתרונות, בדיקתם והשוואה ביניהם, כתיבת פסאודו קוד, איתור שגיאות וניפוי, ולבסוף עיצוב הקלט, מבני הנתונים לשמירתו, והפלט. חשיבותם של כישורים בחשיבה חישובית ידועה זה מכבר, ולא מעט מחקרים הראו כי הצבת קידומן בתור מטרות ההוראה מגדילה את אחוזי ההצלחה בלימודי תכנות ומקטינה את אחוזי הנשירה מהם. בעידן המודלים יש לשאלות המטפחות כישורים בחשיבה חישובית חשיבות נוספת, בשל הסיכון להסתמכות יתר על המודלים בקרב תלמידינו – הסתמכות שעשויה לפגוע בפיתוח חשיבה חישובית. זאת ועוד: הנחלת כישורים בחשיבה חישובית יכולה גם לסייע לתלמידים בכתיבת מנחים יעילים.

לעיצוב השאלות וכתיבתן לאור קווים מנחים אלה יש השלכה מידית ובלתי נמנעת על מגוון השאלות שהתלמידים נשאלים לצורך תרגול התכנים הנלמדים. שאלות אלו אינן יכולות להיות אך ורק שאלות הבאות לבחון יכולת כתיבת קוד באופן עצמאי; בעידן המודלים יצטרפו להן שאלות מסוגים אחרים. עם אלו נמנות שאלות הבאות לבחון יכולת קריאת קוד, הבנתו והסברתו, וכמובן שאלות הבאות לבחון כישורים בשימושים במודלים וכישורים בחשיבה חישובית. שאלות קריאת קוד נהוגות בהוראת התכנות המסורתית,

² לפי האקדמיה ללשון העברית, מְנָחָה הוא המונח העברי המקובל למונח prompt.

ולאחר הטמעת הוראת השימוש במודלים בתכנית הלימודים תהיה להן חשיבות נוספת, הואיל ומיומנות בקריאת קוד מסייעת בהערכת קוד שיוצרים מודלים.

(ב) דוגמאות לשאלות

להלן אדגים את השלכותיהם של קווים מנחים אלה על דמותן של שאלות הנשאלות בהוראת התכנות החדשה. הדוגמאות לקוחות מתרגילי בית בקורס מבוא לפיתוח הנלמד באוניברסיטה העברית בשנה"ל תשפ"ו.

לקורס שני חלקים. בארבעת השיעורים הראשונים נלמדים נושאים יסודיים בתכנות, ובייחוד ערכים, משתנים, הוראות השמה, ביצוע מותנה, ביצוע חוזר וכתובת פונקציות. בשיעורים אלה עדיין אין משולב שימוש במודלים בהוראה ובתרגול, וזאת כדי להפחית ככל הניתן פגיעה אפשרית בשימוש זה עלול להסב להבנת יסודות התכנות. שאלה 1 המוצגת כאן מופיעה בתרגיל בית מחלק זה של הקורס. בתרגילים אלה, כמו בכל תרגילי הבית בקורס, שובצו שאלות המעודדות פיתוח של כישורי חשיבה חשובים.

שאר השיעורים בקורס עוסקים בעיקרם במבני הנתונים הבסיסיים בשפה (מחרוזת, רשימה, רשומה, קבוצה ומילון) ובטיפול בקבצי טקסט. חומרי הלימוד של שיעורים אלה והתרגילים הנלווים להם מבוססים על שימוש במודלים והם חותרים לקדם את כישורי השימוש בהם. שאלות 2–4 מופיעות בתרגילי בית מחלק זה של הקורס. בכתיבת השאלות, ובייחוד שאלות שאינן מבוססות על שימוש במודלים, ניתנה הדעת לעודד את התלמידים להשיב באופן עצמאי ולהפחית ככל האפשר את היכולת להסתמך אך ורק על מודלים. הדבר נעשה בין השאר באמצעות ניסוחים עמומים או בלתי מפורטים. הסימן כוכבית לצד שאלה או סעיף של שאלה מופיע במקור, והוא בא לציין שאין להסתמך בפתרונה על שימוש במודלים. סימנים אלה הם ביטויים להיבט כללי יותר של הוראת התכנות בעידן המודלים, והוא השיתוף המלא של התלמידים במטרותיה של תכנית הלימודים החדשה. כחלק משיתוף זה יתקיים שיח פתוח בין המורים לתלמידים בצורך להימנע משימוש במודלים בשאלות מסוימות ובשלבים המוקדמים של הקורס.

שאלה 1* (מתרגיל בית 3, העוסק במבנה while)

(א) כתבו תכנית הקולטת בזה אחר זה מספרים שלמים עד לקליטת המחרוזת "stop". בסוף הקליטה יודפס המספר השלם הקטן ביותר שהוכנס.

(ב) שכללו את התכנית באופן שתדפיס הן את המספר הקטן ביותר הן את המספר שנקלט מיד לאחר מספר זה. אם המספר הקטן ביותר הוא המספר האחרון שנקלט הוציאו הודעה מתאימה. בפתרון שאלה זו חשוב במיוחד לא להסתמך על מודל שפה.

(ג) זהו את התבניות האלגוריתמיות שנלמדו בשיעור 3 ושעל פיהן בניתם את התכנית, ומדוע היה הכרח להשתמש בהן כדי לפתור את הבעיה.

בשיעור 3 נלמדות תבניות אלגוריתמיות בלולאה, ובהן: תבנית אמת/שקר, תבנית מניה, תבנית סכום, תבנית מכפלה, תבנית מינימום, תבנית מקסימום, ותבנית "הנסמך ל-" (איתור ערך באוסף ערכים המקיים תכונה מסויימת, והחזרת ערך אחר באוסף הקשור לערך שאותו – דוגמה: בקליטת זוגות שם-גיל, החזרת השם של הגיל המקסימלי).

סעיף א' מקדם מקדם כישורי פירוק בעיות וזיהוי תבניות אלגוריתמיות, ובפרט תבנית משתנה צובר לשמירת מצב (ערך מינימלי). התלמידים מחויבים להבין שמעקב אחר ערך מינימלי דורש שמירת מצב במהלך ביצוע הלולאה, תוך טיפול בקלט באורך בלתי ידוע. סעיף ב' הוא ליבת השאלה: הוא מחייב ניתוח מצבים מורכבים וטיפול בהם באמצעות מעקב אחר שני ערכים תלויים (המינימום והעוקב לו), תוך טיפול

במקרי קצה. דרישה זו מעודדת תרגול הפשטה של זרימת הקלט ופיתוח אסטרטגיה לזיהוי תלות זמנית בין איברים עוקבים. סעיף ג' מעודד עיון בחשיבה שעליה התבססו המענים לסעיפים א' וב' והתבססות על תבנית אלגוריתמית שנלמדה בכיתה ויישומה במודע על בעיה חדשה.

שאלה 2 (מתרגיל בית 5, העוסק במבוא לאוספים)

(א) * עיינו בקוד זה וחזו מה יהיה הפלט שלו בלי להריצו. כתבו את התחזית שלכם בעברית והסבירו את ההגיון בה.

```
data = "programming"
result1 = sorted(data)
result2 = sorted(set(data))
print("Original: ", data)
print("Result 1: ", result1)
print("Result 2: ", result2)
print("Lengths: ", len(data), len(result1), len(result2))
```

(ב) כתבו מנחה המבקש ממודל שפה להסביר מה מבצע הקוד המוצג בסעיף א' צעד אחר צעד. על המנחה לבקש מהמודל לנתח כל שורה ושורה ולהסביר מדוע הערך ב-`result1` שונה מהערך ב-`result2`.

(ג) הזינו את המנחה שכתבתם למודל והדביקו כאן את תשובתו המלאה של המודל. ציינו בראש הטקסט את המודל שהשתמשתם בו.

(ד) הריצו את הקוד מסעיף א' והשוו את התוצאה להסבר של המודל. כתבו בעברית הערכה להסבר שנתן המודל:

* האם ההסבר מדויק ושלם?

* האם הוא זיהה נכון את לב העניין (בקבוצה אין כפילויות)?

* כיצד התחזית שלכם בהשוואה לתוצאות בפועל מהרצת הקוד?

* האם הייתם משנים את המנחה שכתבתם כדי לקבל הסבר טוב יותר? אם כן – כיצד; אם לא – מדוע.

סעיף א' מעודד פיתוח של כישורי ניתוח קוד ומידול מנטלי (חיזוי ללא הרצה). המענה עליו מחייב הבנת הבדלים בין פעולות על מבני נתונים (במקרה זה, מיון רשימה לעומת הסרת כפילויות). סעיפים ב'–ד' מטפחים כישורי כתיבת מנחים והערכה ביקורתית של פלט מודל. על התלמידים לנסח מנחה מדויק הכולל מונחים טכניים, להשוות את הסבר המודל לתוצאות הרצה בפועל, לזהות פערים, לאתר שגיאות, ולהציע שיפורים למנחה. הדגש על השוואה מפורשת בין התחזית העצמאית, הסבר המודל, והתוצאה האמתית, מעודד עיון בתהליך החשיבה ומחזק כישורי בדיקת פתרונות שיוצרים מודלים.

שאלה 3 (מתרגיל בית 6, בנושא בניית אוספים בלולאה)

(א) * כתבו את הפונקציה `filter_with_extend`. לפונקציה שני פרמטרים: `numbers`, רשימה לא ריקה של מספרים, ו-`threshold`, מספר. הפונקציה יוצרת רשימה חדשה שיש בה את כל המספרים ב-`numbers` הגדולים מ-`threshold`, ומחזירה רשימה זו. כדי לבנות את הרשימה החדשה הפונקציה משתמשת בפונקציה `extend` (על אף שעקרונית רצוי במקרה זה להשתמש דווקא ב-`append`; המטרה כאן היא תרגול הפונקציה `extend`).

(ב) בהתייחסות עם מודל שפה, בדקו את תקינות הפונקציה שכתבתם בסעיף א'. הקפידו לומר לו כבר במנחה הראשוני שלא יציג לכם את הגרסה התקינה של הפונקציה. כמו כן תנו לו דוגמה או שתיים לזימון הפונקציה. בקשו ממנו לבדוק היבטים מסוימים של הפונקציה, כגון תקינות הלוגיקה, האם השימוש בפונקציה `extend` נכון, האם הפונקציה מטפלת נכון במקרי קצה, וכן הלאה. הדביקו כאן את המנחה שהזנתם למודל ואת תיעוד השיחה המלא.

(ג) הסבירו בעברית את האופן שבו וידאתם את תקינות הפונקציה באמצעות המודל. אם המודל הציע תיקונים כתבו כאן את הקוד המשוכתב לפי תיקוניו.

המענה על סעיף א' מחייב תרגול בניית אלגוריתמים, תכנון פתרון (טיפול בפרמטרים), ושימוש מונחה במבני נתונים (רשימה) ובקרת זרימה (לולאות `for`) בשיטה מוגדרת (הפונקציה `extend`). סעיפים ב' וג' מתמקדים בכתיבת מנחים, ובקריאה ביקורתית של קוד ובתשובות מודל שפה. על התלמידים להשתמש במודל שפה ככלי לאימות, לאיתור שגיאות ולניפויין, כל זאת פי אילוצים ברורים: הם נדרשים לא לבקש מהמודל קוד מתוקן, לתת דוגמות מתאימות, ולנווט את המודל להתמקד בסוגיות מוגדרות (תקינות לוגית, שימוש נכון בפונקציה `extend`, טיפול במקרי קצה). לשם כך עליהם לכתוב מנחים יעילים וממוקדים ולתת את הדעת על מגבלות התשובות שמפיק מודל. בדרישה לנסח את שיטות האימות שנסמכו עליהן ולהצדיק תיקונים שנעשו, סעיף ג' מוסיף ומקדם הבנה אנליטית של תשובות המודל וגם מטפח מודעות בנוגע ליכולת להסתמך על סיוע שמעניק מודל.

שאלה 4 (מתרגיל בית 7, העוסק באינדקסים ברצפים וסריקת אינדקסים)

הפונקציה `longest_identical_backward` נועדה למצוא את הרצף הארוך ביותר של תווים זהים בסריקת מחרוזת לאחור. נתון מימוש שגוי של הפונקציה –

```
def longest_identical_backward(text):
```

```
    if len(text) <= 1:
```

```
        return len(text)
```

```
    max_length = 1
```

```
    current_length = 1
```

```
    for i in range(len(text) - 1, 0, -1):
```

```
        if text[i] == text[i - 1]:
```

```
            current_length += 1
```

```
        else:
```

```
            if current_length > max_length:
```

```

max_length = current_length
current_length = 1
return max_length

```

(א) * בדקו את הפונקציה "ידנית" עבור שלושה זימונים שונים זה מזה שלה. זהו לפחות קלט אחד הגורם לפונקציה להתנהג באופן בלתי תקין. הסבירו את הבדיקות.

(ב) שוחחו עם מודל שפה לפי הצעדים האלה –

(1) הזינו מנחה זה –

Hello, I'm a student with no prior experience in programming, and I'm currently taking an introductory Python course. I have a few questions about Python and would appreciate it if you could tailor your responses to my beginner level.

(2) שתפו את המודל במימוש השגוי של הפונקציה ובקלט המדגים את ההתנהגות הבלתי תקינה. בקשו מהמודל שינתח את הבעיה.

(3) הציגו למודל שאלות המשך בבקשה להסברים נוספים להתנהגויות בלתי תקינות אחרות שקיבלתם. למשל –

Why might this loop miss the final sequence?

What happens at the boundary conditions?

(4) * במהלך השיחה תקנו במידת האפשר את הקוד השגוי.

בסיום השיחה הדביקו את התיעוד המלא שלה.

(ג) הדביקו את הקוד המתוקן שהתקבל בעקבות השיחה.

(ד) הסבירו בעברית כיצד תרמה השיחה לכם בתהליך ניפוי השגיאות מהקוד.

המענה על סעיף א' מעודד תכנון פתרון באמצעות מעקב ידני אחר ביצוע אלגוריתם, בדיקת בעיה באמצעות יצירת בדיקות (טסטים) וזיהוי מצבי קצה (בייחוד בעיית האיטרציה האחרונה), ותכנון לוגי תוך בחינת השאלה מדוע קלטים מסוימים מפיקים פלטים שגויים. סעיפים ב', ג' וד' מתווים פרוטוקול מובנה לשיחה עם מודל שפה. השיחה בהכרח פותחת בהצגת הקשרה (שיחה עם לומדי תכנות מתחילים). לאחר מכן התלמידים יוצרים מנחים שמטרתם לקבל סיוע בניתוח שגיאה קיימת בקוד ולא לבקש פתרונות. לבסוף הם מפנים למודל שאלות המשך אנליטיות בנוגע להתנהגויות הקוד במצבי גבול. השאלה כולה מכוונת למנוע הסתמכות יתר ופסיביות ("העתק-הדבק" ממודל) ולעודד את התלמידים ככל הניתן לקחת לידיהם את המושכות של תהליך החשיבה: עליהם לתקן תיקונים בקוד בכוחות עצמם, ולאחר מכן להסביר כיצד השיחה עם המודל סייעה להם בניפוי שגיאות. כך הם לומדים להשתמש במודלי שפה ככלי אבחון החושפים פערים בחשיבה ובתכנון, וגם מפתחים מודעות בנוגע לתשובות המודל וליכולותיו. הדרישה לבדוק ידנית לפני השיחה עם המודל מבטיחה שחשיבה חישובית תנחה את ההסתייעות במודל.

(ג) היבטים נוספים של עיצוב השאלות וכתובתן

נבחן כמה היבטים חשובים נוספים שיש לעיצוב השאלות בהוראת תכנות בעידן המודלים. האחד נוגע לבדיקת התרגילים. כפי שאפשר להיווכח מהדוגמות שהוצגו, הגדלת חלקן של שאלות שלפותרונתיהן נדרשים כישורי חשיבה חישובית וכישורי שימוש במודלים מובילה לריבוי בשאלות פתוחות (open-ended questions). שינוי זה מקשה על בדיקה אוטומטית של עבודות התלמידים, כיוון שבדיקת שאלות טקסט חופשי היא עניין מסובך למערכות לבדיקות אוטומטיות של תרגילים. בעיה זו חשובה במיוחד בקורסים מרובי משתתפים. בספרות המחקר הוצע פתרון חלקי לבעיה, והוא נוגע לשאלות שהתשובות עליהן הן מנחים. לפי הפתרון המוצע, בדיקת התשובות תעשה באמצעות השוואת התשובה הנדרשת לפלט המתקבל מהזנת המנחה למודלים. במבט כללי יותר, חוקרים מתחילים לבדוק אם אפשר לקבוע באמצעות מודלים ציונים לשאלות שהמענה עליהן הוא בכתובת טקסט חופשי, הן בהקשר הוראת התכנות הן בהקשרי הוראה אחרים. על אף שחקר הסוגיה הוא בראשיתו, כבר עלו ממנו מספר ממצאים חשובים. על פי אחד מהם, שיעור ההצלחה של מודלים בקביעת ציונים תקינים לשאלות מסוג זה דומה לשיעור הצלחתם של בודקים אנושיים ובמקרים מסוימים גבוה ממנו.

היבט חשוב אחר של עיצוב השאלות קשור בשמירה על יושר אקדמי. נושא זה מדאג מורים רבים ומרתיע אותם מהכללת למידת השימוש במודלים בתכנית הלימודים. כאן יש לציין עיצוב השאלות באופנים מסוימים עשוי לסייע בהפחתת אי יושר מסוג זה. ראשית ריבוי בשאלות פתוחות עשוי לתרום לצמצום, כיוון שקל יותר לזהותו בתשובות לשאלות מסוג זה. בנוסף רצוי לציין לצד כל שאלה במטלה אם במענה עליה אפשר להסתמך על מודלים אם לא; סימון זה מסיר אי הבנות בקרב התלמידים. אפשר גם לדרוש מהתלמידים להסביר את החלטותיהם ושיקוליהם, או להעריך את תשובות המודל. בשאלות שפתרון קוד אפשר לדרוש הוספת הערות לתרגילים המסבירות את קטעי הקוד ומציירות מה ממנו פרי עבודה עצמאית, או הגשת גרסות חלקיות שנוצרו במהלך העבודה על פתרונות לתרגיל והצדקות להחלטות מתודולוגיות שהתקבלו במהלך הפיתוח. ניתן גם להוריד את משקלם של ציוני מטלות שהשימוש במחשב בהן אינו מפקח. מורים שירצו בכך יוכלו לנקוט בשיטות מסורתיות לוודא הוגנות, כגון ראיונות פתע בעל פה, בחינות ללא גישה לאינטרנט, וכו'. כך או כך בהסתייעות במודלים נוכל לנסות ולברר באלו נושאים או באלו סוגי שאלות, או בתגובה לאלו ניסוחי מנחים, יתקשו מודלים להשיב כהלכה. אמנם בסופו של חשבון עלינו להניח כי תלמידים שירצו בכך יוכלו להגיש פתרונות מלאים שהפיקו מודלים בלי שנוכל לזהות זאת בוודאות.

לסיום נעיר הערות אחדות בנוגע לשאלות העוסקות בכתובת מנחים. בכתובת שאלות מסוג זה, ובכלל בעיצוב ההוראה החותרת לפתח כישורי כתיבה של מנחים, יש לבחון עד לאיזו מידה רצוי ללמד שיטות לעיצוב מנחים שהוצעו בשדה הידע והלמידה המקצועי ההולך ומתפתח – הנדסת מנחים (prompt engineering). כמו כן יש לתת את הדעת כי לכתיבה מיטבית של מנחים מועילה היכרות עם מילון מונחים מקצועיים, ובהם מונחים הנכללים כתבנית הלימודים, מונחים בהנדסת מנחים, ומונחים מהוראת התכנות וממחשוב בכלל, כגון אלגוריתם, קלט-פלט, פירוק בעיה, בדיקה, אימות וכן הלאה. לכן על מורים שעד כה נזהרו לדרוש מתלמידיהם זכירה של מונחים טכניים לבחון מחדש הימנעות זו. היבט זה של כתיבת המנחים קשור גם לשאלה אם במקומות שבהם שפת הלימוד אינה אנגלית, יתבקשו הסטודנטים לכתוב את המנחים ולנהל את שיחותיהם באנגלית, וכן לסוגיה הרחבה יותר של כישורי הכתיבה של תלמידים בשפה טבעית.

העיון בשאלת עיצובן של שאלות במטלות ובבחינות בעידן המודלים הוא בראשית דרכו. ככל שתתרחב התאמת הוראת התכנות לעידן זה כך תשתפר הבנת הסוגיה וככלל הבנתנו בנוגע למהלכים הנדרשים בצעידתנו לקראת הוראת התכנות החדשה

אני מודה לאורית חזן וליעל ארז על שיתוף הפעולה, העזרה והתמיכה בתהליך חשיבה שהוליד את המאמר. לוולנטין ונצק תודותיי שלוחות על שעיין בטייטה מוקדמת של מאמר זה והעיר הערות חשובות.

רשימת מקורות

Cipriano, B.P. and Ferreira, L.S. 2025. Programmers aren't obsolete yet: A syllabus for teaching CS students to responsibly use large language models for code generation. arXiv abs/2502.15493 (2025). DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.15493>.

Denny, P., Prather, J., Becker, B. A., Finnie-Ansley, J., Hellas, A., Leinonen, J., Luxton-Reilly, A., Reeves, B. N., Santos, E. A., and Sarsa, S. 2024. Computing Education in the Era of Generative AI. *Communications of the ACM* 67, 2, 56–67. <https://doi.org/10.1145/3624720>

Erez, Y., Mike, K., and Hazzan, O. 2023. Leveraging computational thinking in the era of generative AI. *Communications of the ACM Blog*. <https://cacm.acm.org/blogcacm/leveraging-computational-thinking-in-the-era-of-generative-ai/>

Matobobo, C., Ncube, P.D.N., Ngesimani, N.L., Dzvapatsva, G.P., and Chinhamo, E. 2025. Enhancing computational thinking and problem-solving in programming education through generative AI: A scoped review. In Proceedings of the 2025 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). IEEE, London, United Kingdom, 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1109/EDUCON62633.2025.11016317>.

Reeves, B. N., Prather, J., Denny, P., Leinonen, J., MacNeil, S., Becker, B. A., and Luxton-Reilly, A. 2024. Prompts First, Finally. *CoRR* abs/2407.09231. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.09231>.

Vadaparty, A., Zingaro, D., Smith, D. H. IV, Padala, M., Alvarado, C., Gorson Benario, J., and Porter, L. 2024. CS1-LLM: Integrating LLMs into CS1 instruction. In *Proceedings of the 29th Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '24)*. ACM, New York, NY, USA.

Wing, J. M. 2006. Computational Thinking. *Communications of the ACM* 49, 3, 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>

משוב לגיליון 53(2), "הבטים בהוראת מדעי המחשב"

פברואר 2026

קוראים וקוראות יקרים.ות,

לאחר שסיימתם/ן לקרוא את העיתון, אנא מלאו ושלחו משוב זה בהקדם למינהלת מל"מ.
מינהלת מל"מ

המסילה 19, קומה 1, נשר מיקוד 3688519

פקס : 04-6238207

תודה על שיתוף הפעולה
צוות המרכז הארצי למורי ומורות מדעי המחשב

1. שם בית הספר _____
2. שם המשיב/ה _____ מספר המורים שעיינו בגיליון זה בבי"ס _____
3. סמנו במשבצת המתאימה את חוות דעתכם/ן :

הערות				
	טובה מאד	טובה	לא טובה	חוות דעת כללית על הגיליון
	גבוהה מאד	גבוהה	לא חשוב	חשיבות כתב העת
	מעניין מאד	מעניין	לא מעניין	מידת העניין בתכני הגיליון
	תורם מאד	תורם	לא תורם	מידת תרומת הגיליון לעבודתי

4. אתם/ן מוזמנים/ות להוסיף הערות נוספות :
