

שילוב צ'אט מבוסס AI כמורה בשיעור תכנות לסטודנטים לתואר ראשון במדעי המחשב.

ד"ר מיטל אמזלג
HIT

אלומה אפל
HIT

**Integration of AI-Powered Chat as Primary Instructor in Undergraduate
Computer Science Programming Courses.**

Aluma Appel
HIT

Meital Amzalag, Ph.D
HIT

פרויקט גמר לתואר A.M ב"טכנולוגיות למידה", 21/09/2024

תוכן עניינים

3	מבוא
3	Abstract
4	סקירת ספרות
4	למידה אקדמית
4	שיטות למידה נפוצות
4	למידה עצמאית ושיתופית
5	למידה סינכרונית, א-סינכרונית ולמידה מעורבת
6	בינה מלאכותית יצרנית (GenAI)
7	הוראה ולמידה של תכנות באמצעות בינה מלאכותית יצרנית
10	שאלות המחקר
10	מתודולוגיה
10	אוכלוסיית המחקר
11	הליך המחקר
11	כלי המחקר
15	איסוף וניתוח הנתונים
15	אתיקה
15	ממצאים
15	ביצועים אקדמיים
15	שימושים לימודיים בGenAI
17	חווית הלמידה של הסטודנטים
19	עמדות הסטודנטים בנוגע ללמידה בסיוע GenAI
21	דיון
21	ביצועים אקדמיים
22	חווית למידה
22	מגבלות המחקר
22	מחקרי המשך
23	תודות
23	מקורות

עם התפתחות טכנולוגיות בינה מלאכותית, עולה הצורך לבחון את השפעתן על תהליכי למידה והוראה. מחקר זה בחן את ההשפעה של שימוש בצ'אט מבוסס בינה מלאכותית גנרטיבית (GenAI) על למידת תכנות בקרב סטודנטים מתחילים לתואר ראשון במדעי המחשב. המחקר התמקד בבחינת ההשפעה על הישגים אקדמיים, חוויית הלמידה ועמדות הסטודנטים כלפי השימוש בטכנולוגיה זו. המחקר נערך בגישה מעורבת, המשלבת נתונים כמותיים ואיכותניים, וכלל שתי קבוצות: קבוצת ניסוי שהתנסתה בלמידה באמצעות צ'אט מבוסס GenAI וקבוצת ביקורת שלמדה בשיטה המסורתית. ממצאי המחקר הראו כי אין הבדל מובהק בהישגים האקדמיים בין שתי הקבוצות, אך קבוצת הניסוי הציגה קיצור משמעותי בזמן הלמידה. בנוסף, נמצאה שביעות רצון גבוהה בקרב סטודנטים מקבוצת הניסוי, לצד חששות שעלו לגבי דיוק המידע שניתן על ידי הצ'אט והסתמכות יתר על הטכנולוגיה. המחקר מצביע על הפוטנציאל של GenAI לשפר את יעילות הלמידה בתחום התכנות, אך גם מדגיש את הצורך בשילוב מאוזן של טכנולוגיות אלו עם פיתוח חשיבה ביקורתית וטיפול אסטרטגיות למידה עצמאיות. תוצאות המחקר תורמות להבנת ההשפעות של טכנולוגיות AI על תהליכי למידה בהשכלה הגבוהה ומספקות תובנות חשובות לגבי אופן שילובן בתוכניות לימודים עתידיות, תוך הדגשת החשיבות של הכנת סטודנטים לשימוש מושכל בכלי AI בתהליך הלמידה.

Abstract

With the advancement of artificial intelligence technologies, there is an increasing need to examine their impact on learning and teaching processes. This study investigated the effect of using generative artificial intelligence (GenAI) based chat on programming learning among novice undergraduate computer science students. The research focused on examining the impact on academic achievements, learning experience, and students' attitudes towards the use of this technology. The study was conducted using a mixed approach, combining quantitative and qualitative data, and included two groups: an experimental group that experienced learning through GenAI-based chat and a control group that learned using the traditional method. The findings showed no significant difference in academic achievements between the two groups, but the experimental group demonstrated a significant reduction in learning time. Additionally, high satisfaction was found among students in the experimental group, alongside concerns raised about the accuracy of information provided by the chat and over-reliance on the technology. The research points to the potential of GenAI to improve learning efficiency in programming, but also emphasizes the need for a balanced integration of these technologies with the development of critical thinking and fostering independent learning strategies. The results contribute to understanding the effects of AI technologies on learning processes in higher education and provide important insights regarding their integration into future curricula, while emphasizing the importance of preparing students for the judicious use of AI tools in the learning process.

סקירת ספרות

למידה אקדמית

למידה באופן כללי מוגדרת במגוון דרכים בספרות המקצועית. אחת מאותן דרכים מגדירה למידה כתהליך של רכישת ידע, כישורים, הבנות או התנהגויות חדשות (Kaniel, 2006). למידה נתפשת בתור תהליך טבעי שיכול להתקיים במגוון סביבות שונות – לדוגמה למידה פורמלית, למידה א-פורמלית או למידה בהנחיה עצמית (Manuti et al., 2015). התהליך הזה מבוסס על האינטראקציה שבין הלומד לבין העולם ויכולה להוביל לשינוי קבוע בהתנהגות של האינדיבידואל, או בפוטנציאל שלהם להתנהגות (Vygotksy, 1978). הצלחה בלמידה יכולה להיבחן לפי קריטריונים כמותניים כמו הישגים, ציונים, כשירויות וכו', או לפי התייחסות למאפיינים רגשיים כמו הנאה, התלהבות, אתגר, סקרנות ועוד (Kaniel, 2006).

בשנים האחרונות מודל הכיתה המסורתי בעולם האקדמיה עבר שינויים רבים, כולל השילוב של טכנולוגיות כמו מחשבים. שילוב זה של טכנולוגיות יכול להעצים את הנגישות והאוטונומיה של הלמידה; ובמקביל לשנות את תפקידו של המרצה ולאתגר את הסמכות שלו בתור מקור הידע העיקרי (Kurtz et al., 2023).

בסביבת למידה אקדמית, למידה היא תהליך של תחום דעת ספציפי שדורש הנחיה מפורשת ללמידה – זאת בהשוואה ללמידה טבעית המתרחשת במגוון נושאים במקביל במהלך החיים ובה ידע נרכש מחוויות ללא צורך בהכוונה מפורשת (Sweller, 2015). למידה אקדמית מסורתית מאופיינת לרוב על ידי הרצאות שמבוססות על גישת ה"לימוד באמצעות דיבור". גישה זו מדגישה את התפקיד של המרצה כזה שמעביר את הידע ממנו אל הסטודנט באופן לינארי, כאשר כל נושא נלמד עד תומו לפני תחילתו של הנושא הבא (Freeman et al., 2014; Kolb & Kolb, 2005).

פרימן ועמיתיו (2014) מראים במחקר שלהם ששיטת הלמידה המסורתית, במיוחד במקצועות המדע, הטכנולוגיה ההנדסה והמתמטיקה (STEM) אינה מובילה לתוצאות הרצויות. במאמר שלהם הם מציעים שילוב של למידה פעילה בתהליכי ההוראה גם בתוך הכיתה וגם מחוץ אליה. פעילויות אלה כוללות דיונים, חקרי מקרה, סימולציות ועוד. לפי המחקר שלהם, שינויים בשיטה המסורתית מגבירים את הסיכוי של הסטודנטים להצליח בלימודיהם, עם דגש מיוחד על נשים ועל סטודנטים בעלי רקעים מוחלשים (Freeman et al., 2014).

על אף ההתפתחויות הטכנולוגיות בשנים האחרונות, לא התקיימו שינויים כוללים או רחבי יריעה בשיטת הלימוד באקדמיה. אפילו אחרי מגפת Covid-19 של תחיל שנות ה-20 של המאה ה-21 והמעבר ללמידה דיגיטלית מרוחקת, רוב המוסדות חזרו לבסוף ללמידה מסורתית (Kurtz et al., 2023). ואף על פי כן – חלק מהטכנולוגיה אכן אומץ לשימוש קבוע ומתמשך עם שיטות הלמידה המסורתיות, לדוגמה מערכות מסוג LMS. ההטמעה של טכנולוגיה בלמידה יכולה להוות עזר משמעותי לשינויים שפרימן ועמיתיו קוראים להם ולהגביר את הלמידה הפעילה במוסדות אקדמיים.

שיטות למידה נפוצות

למידה עצמאית ושיתופית

למידה עצמאית היא שיטת למידה שבה הלומד רוכש ידע לבד, בלי אינטראקציה עם לומדים אחרים. גישה זו מאפשרת ללומד לרכוש ידע בצורה עצמאית מאנשים אחרים, ולנהל את תהליכי הלמידה שלו באופן עצמאי. בגישה זו, הלומד מעבד את הידע החדש בעצמו ובוחן אותו בביקורת עצמית. למידה זו יכולה להתקיים באמצעות משאבי למידה המוכנים מראש או באמצעות "מודלינג" שכולל צפייה וחקייו של אחרים (Castaneda & Rios, 2007).

בניגוד ללמידה עצמאית ניתן להפנות את הלומדים ללמידה שיתופית. למידה שיתופית היא גישה הדרכתית/חינוכית בה הלומדים עובדים יחדיו בקבוצות על מנת להשיג מטרה או להגיע ליעד אקדמי משותף. בשיטה זו – הלומדים עוסקים בחומרי הקורס באופן פעיל, חולקים זה עם זה ידע ופותרים בעיות בצורה שיתופית. למידה שיתופית מדגישה אינטראקציות, תקשורתיות ושיתוף פעולה בין הלומדים – מה שיוצר סביבת למידה תומכת ואינטראקטיבית (Leigh Smith & MacGregor, 1993).

למידה סינכרונית, א-סינכרונית ולמידה מעורבת

למידה סינכרונית היא גישת הלמידה הנפוצה ביותר באקדמיה היום, בגישה זו המרצה מלמד את הלומדים בזמן אמת (Cahyani et al., 2021). גישה זו מבוססת על הגדרת זמני למידה קבועים בהם גם המלמד וגם הלומדים עוסקים בתהליכי הלמידה יחדיו (Alhazbi & Hasan, 2021; Cahyani et al., 2021). צורה זו של למידה יכולה להתקיים במרחב פיזי משותף או במרחב וירטואלי משותף, כאשר הדגש הוא על נוכחות מקבילה של המלמד והלומדים באותו המרחב (Cahyani et al., 2021). שיטת לימוד זו מאפשרת למלמד להגיב באופן מידי לשאלות ומעודדת השתתפות ולמידה פעילה מצידם של הלומדים (Alhazbi & Hasan, 2021; Cahyani et al., 2021).

בניגוד ליתרונות המובהקים של שיטה זו – ישנם גם חסמים. הראשון הוא הצורך בכך שכל הלומדים והמלמד יקדישו עצמם לתהליך הלמידה באותו הזמן. השני הוא הצורך בכך שתתקיים למידה בקצב קבוע בין כל הלומדים, גם כאשר ישנם צרכי למידה שונים ביניהם (Cahyani et al., 2021).

למידה אסינכרונית מקוונת היא גישת לימוד בה הסטודנטים לומדים בזמנים שונים וממקומות שונים מבלי שמתקיים צורך לתקשר עם לומדים אחרים או עם המלמד באותו הזמן שבו הם מקיימים את תהליך הלמידה שלהם (Alhazbi & Hasan, 2021; Cahyani et al., 2021). בשיטה זו כל חומרי הלמידה מופקים לפני תחילת תהליך הלמידה ומאוחסנים במערכת דיגיטלית המאפשרת ללומדים לגשת אליה במועד בו הם בוחרים ולהשלים את תהליך הלמידה בהתאם לקצבם האישי (Cahyani et al., 2021; Holmberg, 2005). לגישה זו יש יתרונות מרובים – היא מאפשרת ללומדים שונים לצרוך את תכני הלמידה שלהם בקצב אישי מבלי להיות תלויים בהעדפותיו של המלמד, עם גמישות גבוהה של תזמון ומיקום הלמידה כך שאפילו סטודנטים שלא מסוגלים להגיע פיזית למרחב הלמידה או להגיע בזמן מסוים עדיין יכולים ללמוד (Alhazbi & Hasan, 2021; Cahyani et al., 2021).

למרות זאת, גישה זו יוצרת אתגרים חדשים ומעצימה אתגרים קיימים: לדוגמה הלומדים חייבים לנהל את תהליכי הלמידה שלהם בעצמם מה שדורש משמעת עצמית גבוהה בכדי לצלוח את הקורס (Alhazbi & Hasan, 2021; Cahyani et al., 2021). אתגרים נוספים הם הבדידות אותה חווים לומדים וקושי בניהול זמן אפקטיבי (Cahyani et al., 2021). דאראבי ועמיתיו (2011) צוללים במאמרם לאתגר נוסף של גישה זו – הקושי ברמה הקוגניטיבית, מה שמגביל את היכולות של הלומדים לתפוש ידע חדש ולאמת את ההבנה שלהם באמצעות אינטראקציה מיידית עם מלמד או לומדים אחרים. כך נוצר קושי בהשגת יעדי למידה גבוהים כמו אנליזה. פתרון אפשרי לאתגר זה הוא יצירת דיונים מובנים (אסטרטגיות דיון מבוססות תרחיש) שכוללים ארבעה שלבים: הנחיות המובילות לחשיבה התחלתית, תשאול עצמי ושיתוף בממצאים עם לומדים נוספים, אינטגרציה של המידע שנאסף מלומדים אחרים והסקת מסקנות. (Darabi et al., 2011).

שתי הגישות שצינתי עד כה – למידה סינכרונית ולמידה אסינכרונית, מכילות מגוון הזדמנויות ואתגרים.

גישת למידה מקוונת מעורבת מנסה למצוא את האיזון בין שתי הגישות לעיל על מנת להניב את המיטב משתי שיטות הלמידה. בגישה זו, הלומדים גם משתתפים במפגשי למידה סינכרוניים וגם צורכים תוכן למידה א-סינכרוני באמצעות פלטפורמה מקוונת (Cahyani et al., 2021). לדוגמה, יצירת מפגשי למידה א-סינכרוניים שמחליפים

כמה מתוך המפגשים הסינכרוניים בקורס אך לא את כולם, או יצירה של תוכן למידה אסינכרוני שמקדים את השיעור – כך שרוב השיעור עצמו מוקדש לאינטראקציה בין הלומדים לבין המלמד ולומדים אחרים. המטרה של שיטה זו היא לרתום את היתרונות של סך שתי השיטות שהיא מכילה (למידה סינכרונית ולמידה א-סינכרונית) ובזמן יצירה של מודלי לימוד גמישים יותר שמאפשרים ללומדים להיות מעורבים. בדרך זו הלומדים יכולים להנות גם מזמני למידה גמישים באופן חלקי לפחות, גם מלמידה בקצב אישי יותר וגם מעיבוד ידע באינטראקציה עם לומדים אחרים ועם המלמד. (Cahyani et al., 2021).

בינה מלאכותית יצרנית (GenAI)

GenAI הוא תת-תחום בבינה מלאכותית שמתמקד ביצירת תכנים חדשים כגון תמונות, טקסט, אודיו ותצורות מידע אחרות. מודלי GenAI מתוכננים כך שהם ייצרו תוכן שאינו קיים במפורש בנתוני האימון שלהם, מה שמאפשר להם לייצר פלט חדשני ויצירתי. המודלים האלה למדו דפוסים ומערכות יחסים בתוך הנתונים על מנת להפיק פלטים חדשים שמחקים את המאפיינים של נתוני האימון (Cao et al., 2023).

מערכות בינה מלאכותית קיימות בצורה כזו או אחרת כבר מאז שנות ה-90 של המאה ה-20, כשהן היו שמורות למביני עניין בתחום בלבד. בשנת 2022, הפריצה הגדולה במערכות האלה בציבור החלה כאשר המנוע Chat-GPT נפתח לשימוש ציבורי בחינם ובאופן נגיש. מאז, מגוון רחב של מנועים נוספים להפקת תוכן (טקסט, תמונה, וידאו, אודיו, קוד ועוד) נוצרו ושחררו ברחבי האינטרנט (Kurtz et al., 2023).

שימוש במודלים האלה מאפשר האצה משמעותית ביצירת תכנים, אופטימיזציה של תהליכי עבודה ויצירה של מידע או חוויה אישית יותר אפילו כאשר מדובר בכמויות משתמש גדולות מאוד. אבל מדובר בחרב פיפיות – המנועים האלה לא חופשיים מטעויות ועל המשתמש להיות זהיר כאשר הוא משתמש בהם. הבעיות העיקריות הן יצירה של מידע שאינו נכון, מידע שמכיל הטיות ופרצות אבטחה שנוגעות במידע אותו אנחנו מספקים למנוע (Cao et al., 2023).

השימוש בבינה מלאכותית יצרנית חדר גם לעולם האקדמיה, מחד דרך הנחייתם של המרצים ומאידך דרך חדשנותם של הסטודנטים. השימוש בטכנולוגיה זו התקבל בברכה במקרים מסוימים ובמקרים אחרים בגישה ההפוכה (Shaji, 2023; Zawacki-Richter et al., 2019; Zhang, 2023). החשיפה לטכנולוגיה הזו גררה מגוון רעיונות עבור השילוב שלה בשיטות ההוראה הקיימות, והציפה גם מספר שיטות חדשות מתוך הרצון למטב ולשפר את הלמידה (Bahroun et al., 2023). את ההצעות האלה ניתן לחלק לארבע קטגוריות:

"מדריך אישי" – מערכות מבוססות בינה מלאכותית יצרנית יכולות ליצור משוברים אישיים עבור שאלות של סטודנטים בהקשר לימודי, במיוחד כאשר מדובר במערכת שאומנה באופן ספציפי על הנושאים הנלמדים (Bahroun et al., 2023; Shaji, 2023). המערכות האלה גם מסוגלות להתאים את רמת המורכבות של התשובה בהתאם לרמת ההבנה של הסטודנט הספציפי, וכמה מהן יכולות אף להוביל את הסטודנט אל הפתרון מבלי לפתור את התרגיל עבורו (Bahroun et al., 2023).

"עוזר פדגוגי" – מרצים נדרשים למגוון רחב של משימות הקשורות לעולם ההוראה, כמו בניית מצגות, תכנון סילבוס של קורס, כתיבת תרגילים ומבחנים, תכנון פעילויות למידה ועוד. מערכות מבוססות בינה מלאכותית יצרנית יכולות לסייע למרצים בביצוע הפעולות הללו, בין אם באמצעות הצעת רעיונות מגוונים לפעילויות למידה אשר תואמות את תכנית הלימודים במגוון רמות קושי, ובין אם ביצירת מצגות אשר מותאמות לפי תכנית השיעור של המרצה (Bahroun et al., 2023; BaiDoo-Anu & Owusu Ansah, 2023). בנוסף, המערכות הללו מסוגלות לסייע בהפיכת תוצרי למידה לנגישים למגוון רחב של סטודנטים בין אם בתרגום החומרים לשפות שונות

תוך הבנת ההקשר של הטקסט, ובין אם ביצירת כתוביות למטלות מבוססות אודיו או וידאו והפיכתן לנגישות לסטודנטים אשר סובלים מליקוי בשמיעה (BaiDoo-Anu & Owusu Ansah, 2023).

"עוזר הוראה" – במקרים רבים, המרצים מלמדים כיתות גדולות שמכילות עד מאות סטודנטים בו זמנית. במקרים אלו – למרצה אין את היכולת לספק משוב אישי לכל אחד מהסטודנטים על מטלותיהם. מערכות בינה מלאכותית יצרנית, כאשר מאומנות כראוי למשימה זו, מסוגלות להפיק משוב אישי ומיידי על שאלות פתוחות – משהו שלא היעה אפשרי במצבים אלה עד כה. מערכות אלה יכולות לספק את המשוב באמצעות סט של פרמטרים וקריטריונים מוגדרים מראש, כך שהמרצה יוכל להתאים את המשוב שיתקבל למטרות התרגול (BaiDoo-Anu & Owusu Ansah, 2023; Shaji, 2023).

"עוזר מחקר לסטודנטים" – סטודנטים רבים מתקשים ללמוד את הכישורים הנדרשים לצורך כתיבה אקדמית. מערכות בינה מלאכותית יצרנית יכולות לעזור ולספק תמיכה או הדרכה מלווה במקרים האלה. לדוגמה, עזרה בבניית הקווים הכלליים של סקירת ספרות, עזרה באיתור ואיסוף מחקרים אקדמיים שתואמים את תחום המחקר של הסטודנט, עזרה בסיכום של מאמרים והבנת הנקרא, עזרה בניסוח עבודתו של הסטודנט בפורמט של כתיבה אקדמית ואפילו כתיבת הגרסה הראשונית של סקירת ספרות אותה הסטודנט יכול לפתח.

כל הפעולות האלה הן סביב תמיכה ועזרה לסטודנט ולא החלפה שלו כליל (Shaji, 2023). כפי שהזכרתי קודם לכן, הלמידה שמבוצעת באמצעות מערכות אלה חייבת להיות ממוקדת, משום שהמערכות מספקות לעיתים מידע כוזב או מטעה, מידע מוטעה או שהן פוגעות במטרות הלמידה ובכך פוגעות ביכולתם של הסטודנטים ומחליפות אותם במקום לספק להם תמיכה ועזרה בתהליכי הלמידה (Shaji, 2023; Zawacki- & Richter et al., 2019; Zhang, 2023).

לפני השימוש במערכות האלה בתהליך ההוראה, על המרצים להתנסות בהם בעצמם, לאשש את האמינות של התשובות אותן המערכת מספקת ולאשר את התוכן שמופק על ידה (Shaji, 2023). בנוסף, הלומדים צריכים להיות מונחים בשימוש בבינה מלאכותית יצרנית כך שהמערכות המופעלות על ידם יתמכו בתהליך הלמידה ולא יבטלו אותו, תוך חיזוק כישורי החשיבה הביקורתית שלהם (Bahroun et al., 2023; BaiDoo-Anu & Owusu Ansah, 2023; Shaji, 2023).

הוראה ולמידה של תכנות באמצעות בינה מלאכותית יצרנית

תכנות הוא התהליך של עיצוב ויצירת סדרת הנחיות (קוד) שיכולות להיות מבוצעות על ידי מחשב על מנת לבצע משימה ספציפית או לפתור בעיה. זה כולל כתיבה, בדיקה, דיבאגינג (איתור תקלות קוד) ותחזוקת קוד המקור של תוכניות מחשב באמצעות שפות תכנות (Medeiros et al., 2019; Nelson et al., 2017). הוראת תכנות (עם דגש על הוראת מתכנתים מתחילים) משלבת למידה של שפה חדשה (שהיא שפת התכנות אשר נבחרה עבור הקורס), ולמידה של כישורי פתרון בעיות וחשיבה אלגוריתמית ברמה גבוהה.

הבחירה בשפה עצמה היא מאוד חשובה, יש לבחור שפה שמתאימה לצרכי התעשייה ולמקצוע הנרכש על ידי הסטודנטים. הבחירה בשפת התכנות יכולה להשפיע רבות על חוויית הלמידה של הסטודנט, על התפתחות הכישורים שלהם ובאופן כללי על האפקטיביות של תהליך הלמידה (Medeiros et al., 2019). הבחירה בשפה היא כלי הדרכת, לפי רובינס ושות' (2003), המרצה חייב ללמד את הסטודנטים את העקרונות הבסיסיים ואת התחביר הספציפי של השפה ורק אז ניתן ללמד את הסטודנטים כישורי עיצוב קוד ולבסוף גם כישורי פתרון בעיות שאותם הלומד יוכל ליישם גם בשפות תכנות אחרות.

כאשר שוקלים את רצף הלימוד, על הסטודנט ללמוד ראשית את העקרונות הבסיסיים של תכנות ברמה מתגברת תוך כדי שהוא לומד את שפת התכנות אשר נבחרה (Medeiros et al., 2019; Robins et al., 2003). בזמן

למידת הרעיונות, הסטודנט יכול להתחיל לתרגל פתרון של בעיות ברמת קושי מתגברת (Nelson et al., 2017; Pears et al., 2007). על מנת להפיק למידה אפקטיבית, חשוב לשלב בין למידה לבין חוויות התנסותיות. רצוי שחוויות התנסותיות אלו יכללו אתגרים שנלקחו מן העולם האמיתי – לדוגמה פיתוח של יישומן לטלפון חכם אשר מבצע מעקב GPS אחר אימון אופניים, כך הסטודנטים חווים את האתגרים איתם הם ייפגשו בתעשייה (Nelson et al., 2017).

בזמן הטמעת למידה פעילה, חשוב מאוד לספק לסטודנטים משוב על התפקוד שלהם (Nelson et al., 2017; Robins et al., 2003), כאשר נלטון ושות' (2017) אפילו מציעים שילוב של למידה שיתופית בה הסטודנטים פותרים בעיות ואתגרים יחדיו על מנת לשפר גם את הלמידה האישית שלהם וגם את כישורי עבודת הצוות שלהם.

בלימודי תכנות, מאוד חשוב לנקוט בגישה להוראה אשר שמה את הלומד במרכז, משום שמדובר ברכישה של כישורים מורכבים. אחד מהדגשים הוא יצירת למידה אשר מתאימה את עצמה ללומד, דבר זה יכול להתבטא מהזווית של דרגת הקושי של התרגולים, מהזווית של סיפוק של משוב אישי על מנת ללמוד על הביצועים של כל לומד וגם דרך התאמה אישית של קצב הלמידה (Nelson et al., 2017; Pears et al., 2007; Robins et al., 2003).

עד כה, התקיימו מספר מחקרים שהשתמשו בבינה מלאכותית יצרנית על מנת להפיק למידת תכנות אפקטיבית יותר ומותאמת אישית ללומד. קזמיטאבער ושות' (2023) חקרו את ההשפעה של מחוללי קוד מבוססי בינה מלאכותית על לומדים חובבים של תכנות למתחילים. המחקר סבב ניסוי מבוקר בו 69 לומדים מתחילים בגילאי 10-17 ללא רקע קודם בכתיבת קוד מבוססת טקסט. המשתתפים חולקו לשתי קבוצות, אחת בעלת גישה למחולל קוד מבוסס בינה מלאכותית (קודקס של OpenAI) והשנייה ללא גישה – וזאת על מנת להשוות את ההשפעה על מטלות התכנות שלהם. הממצאים העיקריים של המחקר הראו שהקבוצה עם גישה למחולל קוד מבוסס בינה מלאכותית הראתה שיפור מובהק בביצועי כתיבת הקוד שלהם בהשוואה לקבוצה השנייה. הלומדים שהשתמשו במחולל קוד מבוסס בינה מלאכותית הפיקו קוד ביעילות רבה יותר ובדיוק רב יותר, במיוחד במטלות כתיבת קוד. לעומת זאת, עלו גם דאגות בנוגע להישענות יתר על מחוללי הקוד מבוססי הבינה המלאכותית מה שעשוי להוביל להשפעות שליליות פוטנציאליות על תהליכי הלמידה ושימור הידע אצל מתכנתים מתחילים.

מחקר נוסף בתחום בוצע על ידי פארטר' ושות' (2024), במחקר זה הם התמקדו באופן בו הלומדים משתמשים במנועי בינה מלאכותית יצרנית (קופיילוט של גיטהאב, אשר מבוסס על קודקס של OpenAI) ובחווית המשתמש שלהם. במחקר השתתפו 19 סטודנטים בגילאי 19-22. כל המשתתפים היו מתכנתים מתחילים עם ניסיון מועט או ללא ניסיון כלל בתכנות. המשתתפים נצפו בזמן שהם פתרו את מטלות הבית ששלחם בסגנון דומה למטלות אחרות בקורס, כאשר ניתנה להם גישה לכלי קופיילוט. לאחר השלמת המשימה, המשתתפים נשאלו מספר שאלות בנוגע לחוויה שלהם. המחקר גילה שמתכנתים מתחילים תופשים את קופיילוט בתור כלי שיש לו את הפוטנציאל להיות לעזר לכתיבת קוד מהירה יותר, אך הביעו חששות בנוגע להבנה של הקוד שהופק על ידי המחולל, ובנוגע להישענות יתר על כלים כאלה. שני דפוסים ייחודיים נצפו: באחד הסטודנטים הנחו את קופיילוט לכיוון הפתרון באמצעות שאילתות, ובשני הסטודנטים נאבקו עם הצעות לא נכונות מה שהוביל לבלבול ולהסתה מהמסלול. על אף היתרונות הנתפשים של קופיילוט בתמיכה בפתרון בעיות, המשתתפים הביעו את חששותיהם לגבי השלכות אתיות, השפעה על שוק העבודה ודאגות בנושא פרטיות והעתקה. המחקר מדגיש את החשיבות של הטמעת מחוללי קוד מבוססי בינה מלאכותית כמו קופיילוט בתוך הוראת תכנות תוך כדי התייחסות לבעיות השימוש והסוגיות האתיות.

היכולות של קופיילוט של גיטהאב נבחנו גם על ידי וורמלינגר (2023), במחקר זה הושוו הביצועים של קופיילוט בפתרון בעיות תכנותיות פשוטות למחקרים קודמים שהשתמשו ב"דה-וינצ'י". הכותב השתמש בקופיילוט עם שני

סטים של בעיות מדעי המחשב 1 וניתח איכותנית את ההצעות שהופקו, תוך הדגשה של טעויות וסיפוק של דוגמאות נבחרות. היתרונות של קופיילוט זהו במאמר בתור היכולת שלו לספק ניסיון ראשון איכותי בפתרון בעיות, חיסכון בזמן לסטודנטים דרך השלמת שורות קוד עם כמות מופחתת של טעויות תחביר, והצעה של מספר הצעות שיכולות לסייע בהבנה של מבנים לא מוכרים וזיהוי של טעויות בקוד. אף על פי כן – החסרונות של קופיילוט כוללים סיפוק של הצעות שאינן נכונות הדורשות הבנה טובה של תחביר השפה בכדי לתקן, הצעה של הסברים לוקים בחסר, והגבלה פוטנציאלית של הזדמנויות למידה דרך פישוט של פתרונות לבעיות ו-וויטור על המאפיינים המתגרים בהן. המסקנה העיקרית שהופקה מהמחקר היא שבעוד שימוש בקופיילוט יכול להיות משאב רב ערך להפקת קוד ולסיוע בכתיבתו, סטודנטים עדיין צריכים לפתח את הכישורים ההכרחיים והבסיסיים כמו חשיבה אלגוריתמית, הבנת תכנה, איתור תקלות ותקשורת אפקטיבית – על מנת להניב את הערך המירבי מהמערכת בלימודי התכנות.

הערכה נוספת של אותו כלי בינה מלאכותית (קודקס של OpenAI) בוצעה על ידי פיני-אנסלי ושות' (2022). המחקר העריך את הדיוק של מודל "דה-וינצ'י" של קודקס בהפקת פתרונות קוד לבעיות תכנות מסוג מדעי המחשב 1 באמצעות שתי הערכות. ההערכה הראשונה כללה 23 שאלות תכנות אשר שומשו בהערכה מסכמת של מבחני מעבדה במדעי המחשב 1, כאשר סופקו לקודקס השאלות בדיוק באותו אופן שבו הן הוצגו לסטודנטים. ההערכה השנייה התמקדה בווריאציות של בעיית מפל הגשם מהספרות וחומרי הלימוד. הממצא העיקרי של המחקר היה שקודקס הדגים יכולת להפיק תוכניות נכונות פונקציונלית באחוז מובהק של הניסיונות, מה שהדגים את הפוטנציאל שלו בתמיכה במשימות תכנותיות. אף על פי כן – זהו גם הגבלות, לדוגמא, קודקס נאבק עם ספציפיקציות ארוכות וברמה גבוהה. המסקנה העיקרית שהופקה מהמחקר הדגישה את הצורך בכך שתחום הוראת מדעי המחשב יתאים עצמו לקיומם של כלים כמו קודקס, מה שמדגיש את הצורך בהערכת קוד, בקרת איכות, ואתגרים פוטנציאליים הקשורים להסתמכות סטודנטים על פתרונות מופקי בינה מלאכותית.

כמו פיני-אנסלי ושות' (2022), גם בקר ושות' (2023) מדגישים את החשיבות של התאמת לימוד תכנות לעידן בו בינה מלאכותית יצרנית היא נגישה לסטודנטים ולמפתחים. במאמרו – הוא מציע מספר דרכים להטמיע את הטכנולוגיה הזו לתהליכי ההוראה. הצעה אחת מרכזית היא לשנות את הדגש מהפקה של קוד לקריאה והערכה של קוד, באופן שמתיישר עם הגישה הפדגוגית שמקדמת הבנה עמוקה יותר וכישורי חשיבה ביקורתית. בנוסף, מרצים יכולים להשתמש בטכנולוגיה הזו על מנת להפיק משאבי למידה מגוונים כמו תרגולי תכנות והסברי קוד כל מנת להפעיל את הלומדים ברמות גבוהות של הטקסונומיה של בלום ולעודד דיון סביב גישות חלופיות לקוד ואיכותו. יתר על כן – המאמר מדגיש את החשיבות של התייחסות לדילמות ומצבים אתיים מוקדם יחסית במערך הלימוד על מנת להכין את הסטודנטים להשלכות האתיות של שימוש בבינה מלאכותית יצרנית בתכנות.

בסך הכול – המחקרים שנסקרו מראים יישומים ראשוניים של הטמעת בינה מלאכותית יצרנית לתוך הוראת תכנות. רוב המחקרים שהוצגו פה השתמשו במחולל קודקס של OpenAI והראו סממנים של תמיכה איכותית בכתיבת קוד למתכנתים מתחילים. המחקרים מצביעים על החשיבות של שינוי שיטות ההוראה – כאשר המיומנות של הערכת קוד וביצוע שינויים לקוד קיים הופכות לחשובות יותר. המחקרים מזהירים מהסתמכות יתר של הסטודנטים על המחוללים הללו. על אף השינויים שהוצעו, המחקרים מצביעים כי עדיין חשוב ללמד בסיס יציב של ידע תכנות גם ברמת ההבנה של הרעיונות וגם ברמת התחביר, כך שסטודנטים יוכלו להפיק ערך מהטכנולוגיה.

סקירת הספרות במחקר זה מדגישה את הצורך בשינוי של שיטות הלימוד המסורתיות והטמעה של אסטרטגיות למידה פעילות בעידן של בינה מלאכותית יצרנית. אף שהפוטנציאל של הטכנולוגיה הזו בעולם הלמידה הוא משמעותי, ישנו פער מהותי בין מחקר יישומי לבין ההשפעה האמיתית על חוויית הלמידה של סטודנטים. בכדי

לגשר על הפער, הכרחי לקיים מחקר אשר יבחן את חוויית הלמידה של סטודנטים לתכנות כאשר הם נדרשים לבצע למידה מלאה של נושא דרך כלי GenAI. דבר זה יספק תובנות רבות ערך לאופן בו בינה מלאכותית יצרנית יכולה לסייע לסטודנטים בתהליכי הלמידה ולהוות חלק אינטגרלי מתוכניות לימוד עתידיות. מכך, מטרתו של מחקר זה היא לחקור את ההשפעה של שילוב בינה מלאכותית יצרנית לתוך תהליכי הלמידה של סטודנטים לתכנות. זאת בהתחשב בפריצה האחרונה של בינה מלאכותית יצרנית והפוטנציאל שגלום בה למהפכה בלמידה האקדמית – באופן ספציפי על ידי "החלפת" מקור הידע של הסטודנטים מן המרצה אל עבר צ'אט מבוסס GenAI, ובחינה של שינוי זה על איכות הלמידה, התנהלות הסטודנטים בלמידה מסוג זה וחויית הלמידה שלהם.

שאלות המחקר

1. האם קיימים הבדלים בהישגים בין סטודנטים מתחילים לתכנות (Novice programmers) בתואר ראשון שלמדו בצורה מסורתית לסטודנטים שלמדו דרך צ'אט מבוסס GenAI?
2. אילו שימושים לימודיים בGenAI מבצעים סטודנטים מתחילים לתכנות (Novice programmers) בתואר ראשון והאם קיים קשר בין שימושים מוקדמים אלו להישגיהם לאחר פעילות למידה הכוללת למידה דרך צ'אט מבוסס GenAI?
3. מהי חוויית הלמידה של סטודנטים מתחילים לתכנות (Novice programmers) בתואר ראשון שלמדו בעזרת צ'אט מבוסס GenAI?
4. מהן עמדותיהם של סטודנטים מתחילים לתכנות (Novice programmers) בתואר ראשון את הלמידה בסיוע צ'אט מבוסס GenAI לאחר התנסות בכלי למידה כזה?

מתודולוגיה

המחקר מבוסס על גישה מעורבת המשלבת גישות מחקר כמותיות ואיכותניות. הגישה הכמותית מאפשרת איסוף נתונים מדידים על הישגי הסטודנטים, חוויית הלמידה שלהם והרקע שלהם בעולם התוכן. הגישה האיכותנית מספקת הבנה מעמיקה יותר על חוויית הלמידה הנתפסת שלהם. שילוב גישות אלה מאפשר לנצל את היתרונות של כל אחת מהגישות, כך שהגישה הכמותית מספקת נתונים אמפיריים מדידים (Creswell & Clark, 2017), בעוד שהגישה האיכותנית מעניקה הקשר ופרשנות לממצאים (Johnson & Onwuegbuzie, 2004).

אוכלוסיית המחקר

אוכלוסיית המחקר כללה 66 סטודנטים לתואר ראשון במדעי המחשב בשנתם הראשונה, שלמדו בקורס "סדנה מתקדמת בתכנות" בסמסטר השני ללימודיהם. הסטודנטים חולקו לשתי קבוצות: קבוצת ביקורת (34 משתתפים) וקבוצת ניסוי (32 משתתפים). ניתן לראות את מאפייני הקבוצות בטבלה 1.

טבלה 1

מאפייני הקבוצות

הקבוצה	n	התפלגות מגדרית		גיל הסטודנטים		נוכחות פרונטלית בכיתה
		גברים	נשים	M	SD	
ביקורת	34	70%	30%	23.9	2.4	73.5%
ניסוי	32	62%	38%	24.3	1.9	75%

מרבית הסטודנטים שהשתתפו במחקר בוגרי 4 או 5 יח"ל באנגלית ומתמטיקה בבחינת הבגרות. כלל הסטודנטים ידעו לתכנת לפחות בשפת תכנות אחת לפני הניסוי, לרוב C, ++C או #C, מלבד שני סטודנטים בקבוצת הביקורת וסטודנט/ית אחת בקבוצת הניסוי שדיווחו שאינם יודעים לתכנת כלל. כמו כן הסטודנטים בקבוצת הניסוי דיווחו על שימוש קודם בבינה מלאכותית כאשר, 90% מהסטודנטים בקבוצה זו דיווחו על שימוש של לפחות חצי שעה בשבוע.

הליך המחקר

במחקר זה הסטודנטים חולקו לשתי קבוצות ניסוי וקבוצת ביקורת, קבוצות אלו התבססו על החלוקה הרנדומלית של הסטודנטים לכיתות לימוד במהלך הסמסטר, כאשר כיתה אחת נברה להיות קבוצת הניסוי. קבוצת הניסוי השתתפה בשיעור שהוסב משיעור הרצאה רגיל לשיעור אינטראקטיבי הכולל הסבר ראשוני על המחקר והשימוש בצ'אט, המלווה במפת למידה שמטרתה הייתה ליצור מסגרת ברורה של היקף החומר אותו הסטודנטים נדרשים ללמוד, היקף זה תאם את החומר הנלמד בקבוצת הביקורת. בנוסף, מפת הלמידה הציגה לסטודנטים את תהליך הלמידה המומלץ, כפי שהמרצה היה מתהלך את השיעור. הסטודנטים בקבוצת הניסוי התבקשו להזין פרומפט ראשוני שנכתב מראש על ידי החוקרת ומרצה הקורס לשיחה עם הצ'אט, פרומפט זה אפשר נקודת התחלה זהה לשיחות של כלל הסטודנטים ללא התבססות על מיומנות מיסגור השיחה שלהם. הפרומפט התנהל בצורה דומה לבוט מבוסס GenAI שלא היה זמין באופן חינוכי בזמן הניסוי. לאחר הזנת הפרומפט הסטודנטים התבקשו לבצע למידה עצמית של תוכן השיעור, תוך אפשרות לעבוד ביחידים או בזוגות, לפי בחירתם¹. קבוצה זו הונחתה לעבוד עם הצ'אט Gemini של גוגל, מנוע זה נבחר עקב קריסתו ביום הניסוי של Chat-GPT של OpenAI. קבוצת הניסוי למדה את התכנים לאורך מפגש אחד של הקורס (במתכונת הפרונטלית) כאשר במהלך מפגש זה כלל הסטודנטים סיימו את הלמידה. מנגד, קבוצת הביקורת השתתפה בשיעור הרגיל ללא כל התערבות, אורך השיעור של קבוצת הביקורת התפרס על מפגש וחצי. זהו משך ההוראה שהמרצה היה זקוק עבורו בשיטה המסורתית. בעשר הדקות האחרונות של השיעור שתי הקבוצות התבקשו למלא באופן מקוון בוחן לבדיקת הבנה, דוגמה לשאלות שהיו בבוחן ניתן לראות באיור מספר 1. בנוסף, שתי הקבוצות התבקשו למלא שאלון מקוון, כאשר קבוצת הניסוי התבקשה למלא שאלון מקיף יותר בו הסטודנטים נשאלו גם על הרגלי השימוש שלהם בבינה מלאכותית וחווית הלמידה שלהם. ניתן לראות פירוט על השאלון ניתן לראות בטבלה מספר 2.

כלי המחקר

נתוני המחקר נאספו בסיום תהליך הלמידה על ידי שני כלים, האחד בוחן לבדיקת הבנה והשני שאלון. ראשית הסטודנטים ענו על הבוחן ולאחר מכן מילאו את השאלון. הבוחן, אשר ניתן לשתי הקבוצות, כלל 19 שאלות סגורות לבדיקת הבנה ברמות קושי משתנות, ציון המענה על הבחינה נע על סקאלה בין 0 ל-100. מטרתו הייתה לבחון את הבנת הסטודנטים את החומר הנלמד בתום יחידת הלימוד. שאלות הבוחן נכתבו על ידי החוקרת ומרצה הקורס. ניתן לראות דוגמה לשאלות הבוחן באיור מספר 1.

¹ לצפייה בתכני השיעור שניתנו ללומדים ניתן להיכנס לקישור: <https://idf-interactive.com/FinalProjectSiteAluma/>

דוגמה לשאלות לבדיקת הבנת הלומדים בבוחן

מה עושה התוכנית? *

קולטת סדרה חשבונית מהמשתמש ומסדרת אותה בקובץ "series.txt".

מחשבת ומדפיסה סדרה חשבונית על המסך.

כותבת סדרה הנדסית לקובץ בשם "series.txt".

מבצעת סדרת פעולות חשבוניות על מספרים ומכפילה כל מספר בתוך הסדרה במספר 2.

כותבת סדרה חשבונית לקובץ בשם "series.txt", בהתבסס על נתונים שהמשתמש הזין.

מה מטרת הפקודה הבאה בקוד הנתון? *

```
fopen("series.txt", "w");
```

לסגור את הקובץ "series.txt".

לקרוא את הקובץ "series.txt".

ליצור קובץ חדש בשם "series.txt" לכתיבה.

השאלון המלווה שניתן לסטודנטים כלל שאלות סגורות ושאלות פתוחות והכיל את החלקים הבאים: מידע דמוגרפי, ידע קודם, ניסיון קודם של שימוש בGenAl, שאלות על פעילות הלמידה שהם ביצעו, בחינת שביעות הרצון מהלמידה ושאלות פתוחות על חווית הלמידה. השאלות שבחנו את הניסיון הקודם של הסטודנטים בשימוש בGenAl נלקחו והותאמו מתוך מחקרן של Kurtz & Amzalag (בשיפוט). השאלות שעסקו בשביעות הרצון מהלמידה נלקחו והותאמו מתוך מחקרן של דונקור (2011). ניתן לראות הרחבה על מבנה השאלון בטבלה 2.

טבלה 2

תיאור מבנה השאלון

מהימנות	סקלה	דוגמה להיגד	מספר היגדים	שם משתנה המחקר	חלק
				גיל מגדר	(1) משתני רקע
	1-7 שנות לימוד **			שנת לימודים בתואר	
	1-5			מספר יח"ל באנגלית	(2) ידע קודם
	1-5			מספר יח"ל באנגלית	
		#C	16	היכרות עם שפות תכנות שימוש קודם בקבצי טקסט בתכנות	
	מספר דקות בשבוע – מעל שעתיים ביום			זמן שימוש בGenAI	(3) ניסיון קודם בשימוש בAI *
0.81	1-5	פתרון תרגילים בזום	10	שימושים בGenAI לצרכי למידה פלטפורמת למידה בזמן הניסוי משך הלמידה	(4) פעילות הלמידה *
				קישור לשיחה עם הצ'אט שבוצעה במהלך הניסוי	
0.93	1-5	השימוש בצ'אט מבוסס AI שיפר את היכולת שלי ללמוד תוכן חדש	13	שביעות רצון מהלמידה	(5) שביעות רצון מהלמידה *
	שאלה פתוחה			תתאר את היתרונות של הלמידה בעזרת צ'אט מבוסס AI עבורך	(6) חווית הלמידה *

שאלה פתוחה

תתאר את החסרונות של הלמידה בעזרת צ'אט

מבוסס AI עבורך

* חלקים אילו נאספו רק ממשתתפי קבוצת הניסוי.

** חלק מהסטודנטים פורשים את התואר על מספר שנות לימוד

איסוף וניתוח הנתונים

איסוף הנתונים בוצע על ידי מבדק ושאלון מקוון עליו הסטודנטים ענו ממחשביהם האישיים או מטלפונים חכמים. ניתוח הנתונים בוצע ע"י מבחנים סטטיסטיים כגון מבחן T ובדיקת מתאם פירסון. לניתוח המענה על השאלות הפתוחות בוצע ניתוח תוכן. הליך הניתוח כלל קריאת התשובות הפתוחות, זיהוי תמות חוזרות והגדרת קטגוריות נושאים בהתאם. ניתוח זה אפשר זיהוי דפוסים מרכזיים בתגובות הסטודנטים ובחינת חוויותיהם מהשימוש בטכנולוגיות AI בלמידה. לניתוח זה בוצעה בדיקת מהימנות בין שופטים באמצעות חישוב מדד קפא של כהן (Cohen's Kappa), המודד את מידת ההסכמה בין שני שופטים או יותר לגבי קידוד הנתונים האיכותניים (Cohen, 1960). בתהליך נבדקו 15% מהיגדים שנתחו על ידי החוקרת והמנחה. בבדיקה הראשונה לא הייתה הסכמה, עקב כך הוגדרו התמות מחדש. בדיקה שנייה נערכה לאחר מכן עם חלוקת תמות חדשה וציטוטים חדשים, בבדיקה זו הייתה הסכמה של 100% בין החוקרת והמנחה. מדד זה שיקף את רמת הדיוק והעקיבות של תהליך הקידוד, והבטיח כי הנתונים נותחו בצורה מהימנה ועקבית.

אתיקה

כלל משתתפי המחקר קיבלו הסבר מפורט על מטרות המחקר ודרכי ההשתתפות בו, בנוסף המשתתפים יכלו ליצור איתי קשר בכל שלב של המחקר ולהפסיק את השתתפותם בו בכל שלב ללא השלכות מפעולה זו. הובטח למשתתפים שלא תהיה כל פגיעה בהישגיהם בקורס במידה והם יחליטו לא להשתתף במחקר. פרטיות וסודיות המידע הובטחו בכל שלבי המחקר, איסוף הנתונים נעשה בצורה אנונימית, ושמות הסטודנטים קודדו במספרים בין 1 ל-32.

ממצאים

ביצועים אקדמיים

שאלת המחקר הראשונה בחנה האם קיימים הבדלים בהישגים בין סטודנטים מתחילים לתכנות (Novice programmers) בתואר ראשון שלמדו בצורה מסורתית לסטודנטים שלמדו דרך צ'אט מבוטא GenAI. שאלה זו נבדקה לפי ביצועיהם של הסטודנטים בבוחן, כדי לענות על שאלת מחקר זו נערך מבחן T למקרים בלתי תלויים. לא נמצא הבדל מובהק ($p > 0.05$) בין ציוני 32 הסטודנטים בקבוצת הניסוי ($M = 74.3, SD = 10.5$) לבין ציוני 34 הסטודנטים בקבוצת הביקורת ($M = 74.7, SD = 12.6$). מתוך כך לא נמצא הבדל בהישגים הלימודיים של סטודנטים שהשתמשו בGenAI אל מול סטודנטים שלמדו בשיטה המסורתית.

בנוסף בדקנו גם את זמן הלמידה אותו השקיעו הסטודנטים, בקבוצת הביקורת הוקדשו להוראת התכנים שנלמדו שעתים (120 דקות), זה משך ההוראה שנדרש למרצה עבור הוראת כללי התכנים, ואילו בקבוצת הניסוי זמן הלמידה השתנה בין סטודנט לסטודנט על פי צורכו, כאשר הזמן הממוצע היה 49 דקות ($SD = 21.6$). הזמן המינימלי שסטודנט השקיע היה 20 דקות ומשך הזמן המקסימלי היה 120 דקות. לבחינת הבדל זה נערך מבחן T למדגם יחיד. נמצא שזמן הלמידה של הסטודנטים שלמדו בעזרת GenAI היה קצר יותר ($M = 49.37, SD = 21.65$) מהזמן שלמדו הסטודנטים בקבוצת הביקורת (120 דקות), $t(27) = 16.95, p < .001$. בנוסף ראינו שבין הסטודנטים בקבוצת הניסוי, אלו שלמדו בצורה א-סינכרונית, הקדישו ללמידה זמן קצר יותר בממוצע: 40 דקות לעומת 52 דקות בקרב הסטודנטים מקבוצת הניסוי שנכחו בכיתה הפרונטלית.

שימושים לימודיים בGenAI

את השימושים הלימודיים הקודמים של הסטודנטים ב GenAI בחנו בקרב הסטודנטים בקבוצת הניסוי ($n=32$), השימושים העיקריים שזיהינו היו לצרכי כתיבת קוד ופתרון תרגילים, ניתן לראות את שאר השימושים בטבלה 3

ובאיור 2. הסטודנטים דירגו את מידת השימוש שלהם בסקלה הנעה בין 1 (לא משתמש/ת כלל) ל-5 (משתמש/ת הרבה מאוד).

טבלה 3

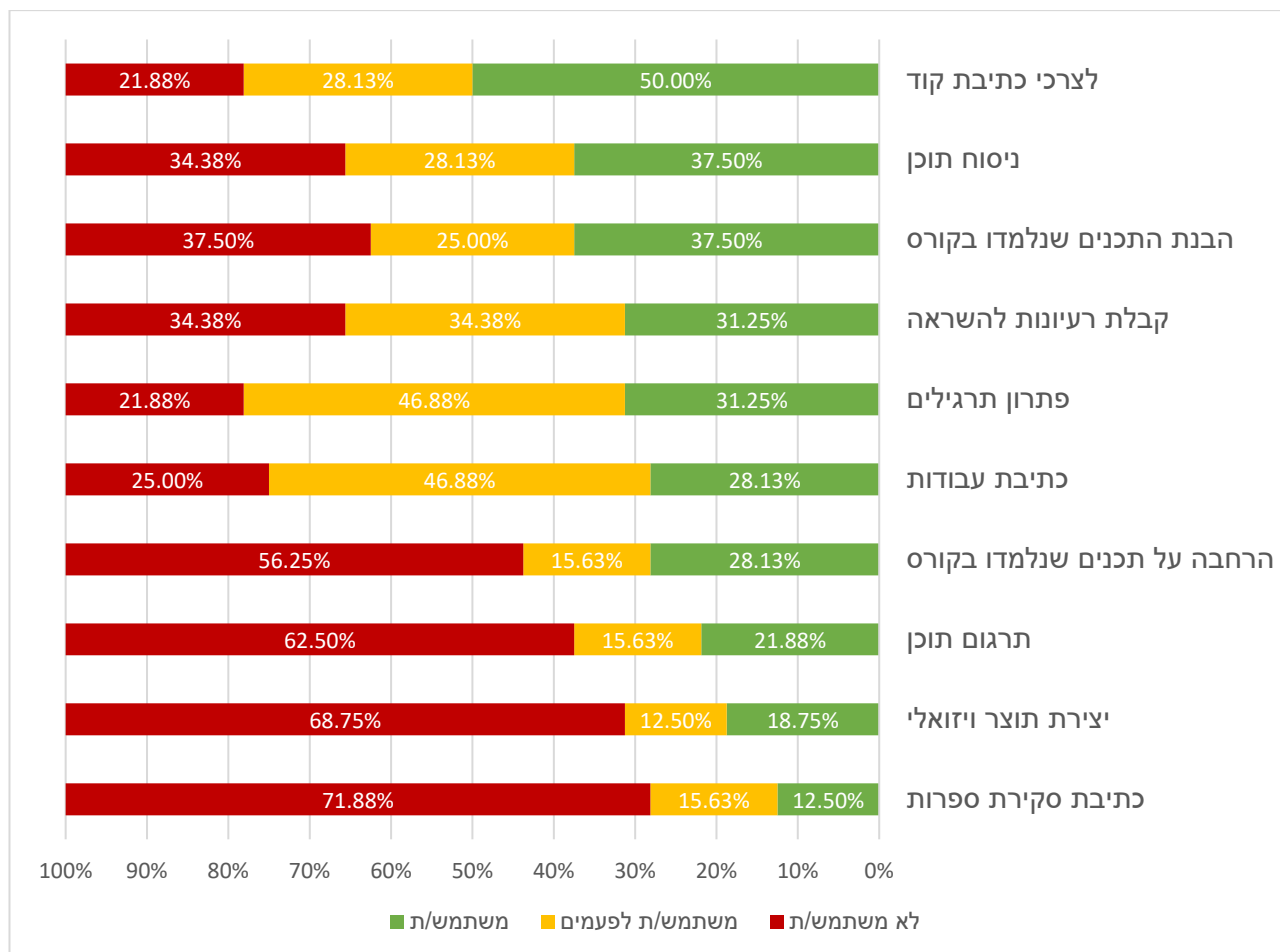
ממוצעים וסטיות תקן של ההיגדים ששימשו לבחינת שימוש קודם ב/GenA

SD	M	היגד
1.241	3.406	לצרכי כתיבת קוד
0.914	3.063	פתרון תרגילים
1.513	2.969	ניסוח תוכן
1.1	2.938	כתיבת עבודות
1.201	2.906	הבנת התכנים שנלמדו בקורס
1.306	2.813	קבלת רעיונות להשראה
1.214	2.594	הרחבה על תכנים שנלמדו בקורס
1.373	2.281	תרגום תוכן
1.376	2.094	יצירת תוצר ויזואלי
1.218	2.000	כתיבת סקירת ספרות

מנתונים אלו ניתן לראות שהסטודנטים ביצעו לפני הניסוי שימוש ב/GenA כאשר התחומים הבולטים מבניהם הם כתיבת קוד ופתרון תרגילים. בתחתית השימושים עליהם דיווחו הסטודנטים מופיע שימוש עבור כתיבת סקירת ספרות ויצירת תוצרים ויזואליים. שימושים מסוג זה פחות נדרשים מסטודנטים בשנתם הראשונה בתואר ראשון במדעי המחשב, ממצאים אלה ניתן גם לראות באיור 2.

איור 2

שימושים קודמים בGenAI של הסטודנטים (n=32)



המדד נע מ-1 לא עושה שימוש כלל עד 5 משתמש בצורה תכופה. עבור ההצגה הגרפית מענים 1 (כלל לא משתמש/ת), 2 (משתמש/ת מעט מאוד) אוחדו לקטגוריה אחת (לא משתמש/ת), ומענים 4 (משתמש/ת), 5 (משתמש/ת הרבה מאוד) אוחדו לקטגוריה אחת (משתמש/ת).

בנוסף, בחנו את הקשר בין השימושים הקודמים של סטודנטים בGenAI לבין ציונם במבדק, בבחינה זו נמצא קשר שלילי מובהק ($z = -0.354, p < 0.05$). הקורלציה השלילית מראה כי ככל שניסיונם הקודם של הסטודנטים עשיר יותר כך ציונם במבדק נמוך יותר.

חווית הלמידה של הסטודנטים

לבחינת חווית הלמידה של הסטודנטים שהיו חלק מקבוצת הניסוי במהלך שיטת הלימוד החדשה, בחנו 13 היגדים בסקאלה של 1-5 כאשר 1 ציין חוסר שביעות רצון ו-5 ציין שביעות רצון גבוהה, ניתן לראות את פירוט ההיגדים השונים שנמדדו בטבלה 4 ובאיור 3.

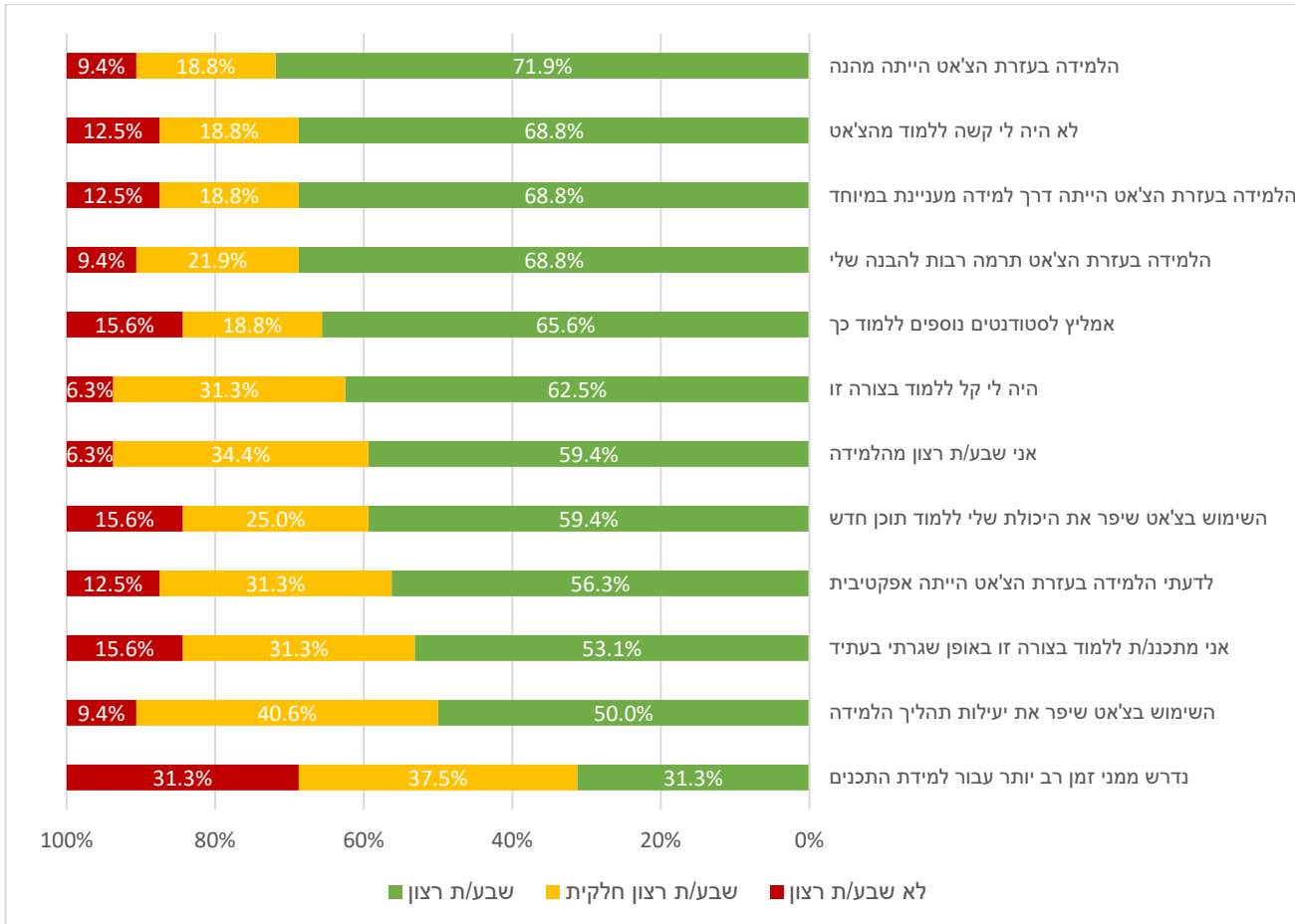
טבלה 4

מומצעים וסטיות תקן של ההיגדים ששימשו לבחינת שביעות הרצון של הסטודנטים (n=32)

SD	M	היגד
1.03	4.34	תפעול השיחה בצ'אט מבוסס AI היה קל עבורי
1.08	3.84	הלמידה בעזרת צ'אט מבוסס AI הייתה מהנה
1.03	3.81	אני שבע/ת רצון מהלמידה בעזרת צ'אט מבוסס AI
1.04	3.78	הלמידה בעזרת צ'אט מבוסס AI הייתה דרך למידה מעניינת במיוחד
1.04	3.78	היה לי קשה ללמוד מצ'אט מבוסס AI
0.95	3.75	הלמידה בעזרת צ'אט מבוסס AI תרמה רבות להבנה שלי של נושא קבצי טקסט בשפת C
1.17	3.72	אמליץ לסטודנטים נוספים ללמוד תכנים חדשים בתכנות בעזרת צ'אט מבוסס AI
0.94	3.62	היה לי קל ללמוד כיצד לתכנת תוך שימוש בקבצי טקסט בעזרת צ'אט מבוסס AI
1.13	3.62	לדעתי הלמידה בעזרת צ'אט מבוסס AI הייתה אפקטיבית במענה על מטרות השיעור.
1.04	3.59	השימוש בצ'אט מבוסס AI שיפר את היכולת שלי ללמוד תוכן חדש
1.01	3.59	השימוש בצ'אט מבוסס AI שיפר את יעילות תהליך הלמידה
1.19	3.5	אני מתכננת/ללמוד תכנות בעזרת צ'אט מבוסס AI באופן שגרתי בעתיד
1.23	3.09	הלמידה בעזרת צ'אט מבוסס AI דרשה ממני זמן רב יותר עבור למידת התכנים

מטבלה 4 עולה כי שביעות הרצון של הסטודנטים מחוויית הלמידה הייתה גבוהה ($M=3.7$, $SD=0.79$) כאשר ההיגדים עם הממוצע הגבוה ביותר עסקו בקלות תפעול הצ'אט והנאה מהלמידה בסיוע צ'אט מבוסס GenAI. כדי להבין בצורה חזותית את חוות הדעת של הסטודנטים על חווית הלמידה ניתן להתבונן באיור הבא (איור 3).

שביעות רצון מלמידה משולבת GenAI (n=32)



המדד נע מ-1 לא עושה שימוש כלל עד 5 משתמש בצורה תכופה. עבור ההצגה הגרפית מענים 1 (לא מסכים/ה כלל), 2 (לא מסכים/ה), אוחדו לקטגוריה אחת (לא שבע/ת רצון), ומענים 4 (מסכים/ה), 5 (מסכים/ה מאוד) אוחדו לקטגוריה אחת (שבע/ת רצון).

ניתן לראות כי מרבית הסטודנטים (71.9%) תפסו את הלמידה בעזרת הצ'אט כמהנה ופשוטה לתפעול (68.8%), בנוסף חלק גדול מהסטודנטים (68.8%) העידו שדרך הלמידה הייתה מעניינת עבורם והם תפסו אותה כתורמת להבנת החומר הנלמד. דעותיהם של הסטודנטים היו חלוקות בכל הקשור לשיפור יעילות הלמידה (50%) או שינוי בזמן הלמידה הנדרש מהם (31.3%).

בבחינת הקשר בין שביעות הרצון של הלומדים מחוויית הלמידה בקבוצת הניסוי מאופן הלמידה ששילב צ'אט מבוסס GenAI לבין ציוניהם בבוחן בדיקת ההבנה נערך מבחן פירסון, לא נמצא קשר מובהק ($p > 0.05$). היעדר הקשר מצביע שבמקרה זה, חוויית הלמידה של הסטודנטים לא העידה על הישגיהם הלימודיים.

עמדות הסטודנטים בנוגע ללמידה בסיוע GenAI

לבחינת עמדות הסטודנטים בנוגע ללמידה בסיוע צ'אט מבוסס GenAI לאחר ההתנסות נערך ניתוח תמטי של תגובות הסטודנטים, הניתוח נערך על תשובותיהם של הסטודנטים לשתי השאלות הבאות: "תתאר את היתרונות

של הלמידה בעזרת צ'אט מבוסס AI עבורך", "תתאר את החסרונות של הלמידה בעזרת צ'אט מבוסס AI עבורך". ניתוח זה חשף שתי תמות מרכזיות, האחת יתרונות הלמידה שבבדקה והשנייה חסרונותיה. בתוך היתרונות כלל הסטודנטים התייחסו ללמידה מותאמת אישית, כאשר היו 3 תתי תמות בהקשר זה. כאשר הסטודנטים דיווחו על החסרונות שהם חשו בשיטת הלמידה החדשה הם ציינו 3 נושאים מרכזיים: דיוק החומר הנלמד, הסחת דעת, ושעמום וחוסר מוטיבציה. ניתן לראות את מבנה התמות באיור 4. כל אחת מהתמות הללו מספקת תובנות לגבי היתרונות והאתגרים של שילוב טכנולוגיית AI בסביבת הלמידה האקדמית.

איור 4

מבנה התמות שזוהו בעמדות הסטודנטים לשימוש בצ'אט לאחר ההתנסות בו.



התמה הבולטת ביותר שעלתה מדברי הסטודנטים היא היתרונות אותן ציינו הסטודנטים (51% מהתגובות), כלל התכנים בתמה זו עוסקים בלמידה מותאמת אישית. בתוך תמה זו סטודנטים רבים ציינו את היכולת ללמוד בקצב אישי כיתרון משמעותי. כפי שציין סטודנט 11, "כל אחד יכול ללמוד בקצב שלו ולא מוגבל בקצב של המרצה". יתרון זה מאפשר לסטודנטים להעמיק בנושאים מסוימים מבלי לעכב את שאר הכיתה, כפי שהדגיש סטודנט 2: "נחמד פרטני אפשר לרוץ יותר ולחקור דברים יותר בהרחבה גם כן".

מהירות המענה והיכולת לשאול שאלות ללא הגבלה היו גם הן היבטים מרכזיים של הלמידה המותאמת אישית באמצעות צ'אט מבוסס GenAI, סטודנט 20 תיאר את המענה של הצ'אט כ"מהיר מפורט ומדויק", בעוד שסטודנטית 17 הדגישה את היתרון של שאילת שאלות ללא הגבלה: "הצ'אט הוא לא בן אדם שיכול לאבד סבלנות. יכולה לשאול כמה שאני רוצה ואיך שאני רוצה מבלי להפריע לשאר הכיתה". יתרונות אלו מדגישים את הפוטנציאל של כלי AI ליצור סביבת למידה גמישה ומותאמת אישית.

למרות היתרונות הברורים של הלמידה המותאמת אישית, הניתוח חשף גם אתגרים משמעותיים. הדיוק של החומר הנלמד (31% מהתגובות) היווה נושא מרכזי לדאגה בקרב הסטודנטים. סטודנט 18 הביע חשש לגבי אמינות המידע: "בגלל שיש לצ'אט נטייה לחרטט בביטחון לא תמיד אפשר לסמוך עליו שייתן לך עזרה מבוססת ידע נכון". חשש זה משקף את הצורך בגישה ביקורתית כלפי המידע המתקבל מכלי AI ומדגיש את החשיבות של

אימות המידע ממקורות נוספים. חלק מהסטודנטים הדגישו את הקושי של הערכת אמינות המידע כאשר הם בעצם עדיין אינם בקיאים בחומר, כפי שסטודנט 21 תיאר "אם יש לו טעות כל שהיא אני לא בהכרח יכול לדעת שהיא קיימת אלא אם אני כבר מכיר את החומר מספיק כדי לדעת". אתגר זה מעלה את התהייה האם נכון לשלב כלים מסוג זה כחלופת למידה בקורס בסיס או שמה מדובר על טכנולוגית למידה המתאימה לקורסים מתקדמים יחסית כאשר לסטודנטים כבר קיים בסיס ידע.

בנוסף לבעיות הדיוק, סטודנטים דיווחו על אתגרים הקשורים להסחת דעת (9% מהתגובות) ושעמום וחוסר מוטיבציה (9% מהתגובות). סטודנט 11 ציין כי "אם אומרים לאנשים ללמוד לבד מול המחשב זה קל מאוד שדעתם תוסח לדברים שלא קשורים לקורס", וסטודנט 16 תיאר את הקושי של למידה לבד ללא תקשורת אנושית "מחסור בחיבור אנושי קל "להתנתק" ולעבור לעשות דברים אחרים". תובנה זו מדגישה את הצורך בפיתוח אסטרטגיות לשמירה על מעורבות הסטודנטים בתהליכי למידה המשלבים צ'אטים מבוססי AI.

לסיכום, הממצאים מצביעים על כך שכלי למידה מבוססי AI מציעים יתרונות משמעותיים בהקשר של למידה מותאמת אישית, אך גם מציבים אתגרים בתחומי הדיוק, המוטיבציה והריכוז. ממצאים אלו מדגישים את הצורך בגישה מאוזנת לשילוב טכנולוגיות GenAI בלמידה, תוך שימת דגש על פיתוח מיומנויות חשיבה ביקורתית ואסטרטגיות למידה עצמאית בקרב הסטודנטים. בנוסף יש לבחון פיתוח מערכות למידה משלימות המבוססות על למידה עם צ'אט מבוסס AI המכניסות לתהליך למידה זה פעילויות למידה המגבירות את מעורבות הלומדים ומסוגלות לשמור על רצף הלמידה שהמרצה מגדיר מראש.

דיון

מחקר זה בחן את הקשר בין שימוש בכלי צ'אט מבוססי GenAI לבין הביצועים האקדמיים של הסטודנטים, חוויית הלמידה ועמדותיהם של סטודנטים בשנתם הראשונה בלימודי מדעי המחשב. ממצאי מחקר זה תורמים לגוף הידע ההולך וגדל על תפקיד הבינה המלאכותית בחינוך, תוך הדגשת היתרונות והמגבלות של כלים אלה.

ביצועים אקדמיים

תוצאות המחקר מלמדים שאין הבדל משמעותי בביצועים האקדמיים בין סטודנטים שלמדו עם מורה המלמד בכיתה בצורה המסורתית לבין אלה שהשתמשו בצ'אט מבוסס GenAI. שתי הקבוצות השיגו ציונים דומים במבדק לאחר הלמידה של אותה יחידת לימוד, מה שמרמז על כך שהכנסת הבינה המלאכותית לא שיפרה או הפחיתה את יכולת הסטודנטים להבין את החומר.

ממצא חשוב נוסף הוא קיצור זמני הלמידה, במחקר זה ראינו כי למידה באמצעות צ'אט מבוסס GenAI מאפשר קיצור של זמן הלמידה ללא פגיעה בביצועים. מכך ניתן לשער שכלי בינה מלאכותית עשויים להציע הגברת יעילות תהליך הלמידה, כפי שהועלה במחקרים קודמים (Cao et al., 2023; Kazemitabaar et al., 2023). ממצא זה יכול לרמז על חשיבות תכנון מחדש של השיעורים וקורסים במערכת ההשכלה הגבוהה, אשר תפנה זמן למידה ותאפשר העמקה בתכני הלימוד, למידת תכנים נוספים שאינם נכנסים כיום לתוכנית הלימוד מפאת קוצר זמן או תרגול מיומנויות נדרשות ועדכניות בעולם בו שימוש בצ'אט מבוסס GenAI הולך להיות חלק בלתי נפרד ממנו (Becker et al., 2023; Finnie-Ansley et al., 2022).

ממצאי המחקר אף מלמדים שכלל שניסונום הקודם של הסטודנטים בשימוש בכלי בינה מלאכותית גנרטיבית עשיר יותר כך ציוניהם במבדק נמוך יותר. ממצא זה מעלה חשש מהסתמכות יתר של הסטודנטים על הטכנולוגיה ועולה בקנה אחד עם מחקרים קודמים המזהירים מפני הסתמכות יתר על כלי בינה מלאכותית בסביבות לימודיות,

שבהן החדשנות של הטכנולוגיה עשויה לגרוע מאיכות הלמידה (Kazemitabaar et al., 2023; Shaji, 2023). מנגד, יש לשקול שממצא זה יכול לנבוע מאי-תאימות בין תהליך הלמידה שהסטודנטים מבצעים למשימות הנדרשות מהם בסיום הקורס, ולא בהכרח להצביע על פגיעה בלמידה עצמה של הסטודנטים. לדוגמה כאשר סטודנטים לומדים עם GenAI הם לא בהכרח מתרגלים דקויות סינטקס בכתיבה שלהם, דבר שאכן אינו נדרש ממפתחים שעובדים עם טכנולוגיה זו, אך בבחינה הם עשויים להיכשל על שגיאות מסוג זה. לכן יש לבחון האם קיים פער בין תהליך הלמידה לבחינת הסטודנטים ולבחון האם מפער זה נובעת הנראות של הסתמכות יתר של הלומדים.

חויית למידה

במחקר ראינו שביעות רצון גבוהה מצד הלומדים שהתנסו בלמידה דרך צ'אט מבוסס GenAI באופן כללי. הסטודנטים העידו שהשימוש בצ'אט היה קל לתפעול והם חוו הנאה מצורת הלמידה החדשה. יחד עם זאת, נתקלנו גם נתקלנו בתגובות מעורבות אודות רמת המעורבות שלהם כלומדים והמוטיבציה שלהם ללמידה. בעוד שסטודנטים רבים העריכו באופן חיובי את קצב הלמידה המותאם אישית ואת היכולת לשאול שאלות ללא הגבלה מבלי שהן יתפרשו כ"שטותיות" או "מעקבות", חששות לגבי הדיוק והאמינות של התוכן שנוצר על ידי הבינה המלאכותית היו נפוצות גם הן. היכולת של GenAI לספק תגובות מיידיות ומפורטות נתפסה כיתרון משמעותי, אך הספקנות של הסטודנטים לגבי איכותן ונכונותן של תגובות אלה מדגישה את הצורך במיומנויות חשיבה ביקורתית בסביבות למידה בסיוע בינה מלאכותית. תגובות דומות מסטודנטים הוזכרו גם במחקרים קודמים בתחום (Prather et al., 2024; Wermelinger, 2023). יש לקחת בחשבון שהסטודנטים שהשתתפו במחקר הם סטודנטים מתחילים בעלי ידע קודם מועט המקשה עליהם לבצע הערכה ביקורתית של המידע שהם מקבלים מהצ'אט. יכול להיות שנכון לשלב כלים מסוג זה בקורסים מתקדמים יותר בתואר כאשר קיים לסטודנטים בסיס ידע יציב ומפותח יותר.

יתר על כן, הועלו סוגיות הקשורות למוטיבציה ללמידה ולמעורבות בתהליך הלמידה. היעדר אינטראקציה אנושית בתהליך הלמידה המונע על ידי בינה מלאכותית צוין כחסרון, המוביל להסחות דעת מוגברות וירידה פוטנציאלית במוטיבציה ללמידה. ממצא זה מרמז על כך שבעוד שGenAI יכול להיות כלי עזר שימושי, הוא אינו תחליף לאינטראקציה עם מרצה אנושי התורמת לחוויית למידה מעורבת ומעוררת מוטיבציה (Alhazbi & Hasan, 2021; Cahyani et al., 2021; Freeman et al., 2014). אלו מדגישים את הצורך בגישה מאוזנת לשילוב טכנולוגיות GenAI בלמידה לצד שמירה על נוכחות המרצה האנושי, תוך שימת דגש על פיתוח מיומנויות חשיבה ביקורתית ואסטרטגיות למידה עצמאית בקרב הסטודנטים. בנוסף יש לבחון פיתוח מערכות ייעודיות ללמידה המבוססות GenAI ולא להסתמך רק על המערכות הכלליות הקיימות כרגע בצורה פתוחה בשוק.

מגבלות המחקר

מחקר זה בוצע במשך זמן קצר יחסית הנוגע לשיעור אחד במהלך הקורס אחד. יש לבחון שינוי מסוג זה על משך למידה ארוך יותר ובמגוון קורסים ודיסציפלינות. בנוסף כיתת הניסוי למדה את שאר הקורס עם מרצה שונה מאשר כיתות הביקורת כך שיכולים להיות פערי של הבנת חומרי הלימוד בין הקבוצות שאינם קשורים לצורת הלמידה החדשה. כמו כן, הסטודנטים בשתי הקבוצות למדו בפלטפורמות מגוונות, חלק בצורה פרונטלית בכיתה וחלקם בצורה מקוונת בעקבות המצב הביטחוני במידת ישראל בזמן ביצוע המחקר, כך שלא הייתה אחידות בצורה שתכני הלמידה הועברו לסטודנטים ובאיכות התכנים שהועברו.

מחקרי המשך

מחקרים עתידיים צריכים לבחון שילוב בקנה מידה רחב יותר של כלים אלו בתוך הלמידה. כמו כן, יש לבחון שילוב מסוג זה גם בתחומי דעת נוספים בהם הסטודנטים נדרשים לפיתוח מיומנויות שונות. בנוסף יש לבחון האם דרכי הערכה הנוכחיות כמו מבחנים ושאלות סגורות תואמות למידה מסוג זה, או שמה יש להתאימן לצורת הלמידה החדשה אשר משנה גם את תהליכי הלמידה וגם את המיומנויות הנדרשות מהסטודנטים בשוק העבודה לאחר סיום לימודיהם.

תודות

תודה רבה לד"ר אילת בוטמן שתמחה בפרויקט מהרגע הראשון, אפשרה לו להתקיים ודחפה אותי קדימה. תודה רבה גם למר ערן אהרונסון שקפץ על ההצעה, שיתף מהידע שלו, תמך ביצירת כלי המחקר והניסוי ונתן לי מקום בכיתה שלו. ותודה למר טוביה רוזנברג שאפשר לי להיכנס לכיתות שלו ולשלב את הסטודנטים שלו בניסוי.

מקורות

קורץ, ג., אמזלג, מ., ברק-מדינה, ע., גל, ע., זגורי, י., זיילר, ג., כהן-וקס, ד., & שקד, נ. (2023). ההשכלה הגבוהה והבינה המלאכותית היוצרת (GenAI): רקע, הזדמנויות, אתגרים וחישוב מסלול מחדש – נייר עמדה. <https://facultyprojects.telem-hit.net/HigherEducationGenAI/He>

קניאל, ש. (2006). *חינוך לחשיבה: חינוך קוגניטיבי לשליטה על התודעה*. רמות. <https://kotar.cet.ac.il/kotarapp/index/Book.aspx?nBookID=92525046>

Alhazbi, S., & Hasan, M. A. (2021). The Role of Self-Regulation in Remote Emergency Learning: Comparing Synchronous and Asynchronous Online Learning. *Sustainability*, 13(19), 11070. <https://doi.org/10.3390/su131911070>

Bahroun, Z., Anane, C., Ahmed, V., & Zacca, A. (2023). Transforming Education: A Comprehensive Review of Generative Artificial Intelligence in Educational Settings through Bibliometric and Content Analysis. *Sustainability*, 15(17), 12983. <https://doi.org/10.3390/su151712983>

BaiDoo-Anu, D., & Owusu Ansah, L. (2023). Education in the Era of Generative Artificial Intelligence (AI): Understanding the Potential Benefits of ChatGPT in Promoting Teaching and Learning. *Journal of AI*, 7(1), 52–62. <https://doi.org/10.61969/jai.1337500>

Becker, B. A., Denny, P., Finnie-Ansley, J., Luxton-Reilly, A., Prather, J., & Santos, E. A. (2023). Programming Is Hard - Or at Least It Used to Be: Educational Opportunities and Challenges of AI Code Generation. *Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*, 500–506. <https://doi.org/10.1145/3545945.3569759>

Cahyani, N.M. w. s., suwastini, n. k. a., dantes, g. r., jayantini, i. g. a. s. r., & susanthi, i. g. a. a. d. (2021). Blended Online Learning: Combining the Strengths of Synchronous and Asynchronous Online Learning in EFL Context. *jurnal pendidikan teknologi dan kejuruan*, 18(2), 174. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v18i2.34659>

- Cao, Y., Li, S., Liu, Y., Yan, Z., Dai, Y., Yu, P. S., & Sun, L. (2023). A Comprehensive Survey of AI-Generated Content (AIGC): A History of GenAI from GAN to ChatGPT. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2303.04226>
- Castaneda, D. I., & Rios, M. F. (2007). From Individual Learning to Organizational Learning. 5(4).
- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. (2007). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage Publications, Inc.
- Darabi, A., Arrastia, M. C., Nelson, D. W., Cornille, T., & Liang, X. (2011). Cognitive presence in asynchronous online learning: A comparison of four discussion strategies. *Journal of Computer Assisted Learning*, 27(3), 216–227. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2010.00392.x>
- Donkor, F. (2011). Assessment of learner acceptance and satisfaction with video-based instructional materials for teaching practical skills at a distance. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 12(5), 74–92. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v12i5.953>
- Shaji, G. (2023). *The Potential of GenAI to Reform Graduate Education*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.10421475>
- Finnie-Ansley, J., Denny, P., Becker, B. A., Luxton-Reilly, A., & Prather, J. (2022). The Robots Are Coming: Exploring the Implications of OpenAI Codex on Introductory Programming. *Proceedings of the 24th Australasian Computing Education Conference*, 10–19. <https://doi.org/10.1145/3511861.3511863>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Holmberg, B. (2005). *Theory and Practice of Distance Education* (0 ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203973820>
- Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). *Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come*. *Educational Researcher*, 33(7), 14–26. <https://doi.org/10.3102/0013189X033007014>
- Kazemitabaar, M., Chow, J., Ma, C. K. T., Ericson, B. J., Weintrop, D., & Grossman, T. (2023). Studying the effect of AI Code Generators on Supporting Novice Learners in Introductory

- Programming. *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–23. <https://doi.org/10.1145/3544548.3580919>
- Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2005). Learning Styles and Learning Spaces: Enhancing Experiential Learning in Higher Education. *Academy of Management Learning & Education*, 4(2), 193–212. <https://doi.org/10.5465/amle.2005.17268566>
- Leigh Smith, B., & MacGregor, J. T. (1993). What is Collaborative Learning. *Washington Center for Improving the Quality of Undergraduate Education*.
- Manuti, A., Pastore, S., Scardigno, A. F., Giancaspro, M. L., & Morciano, D. (2015). Formal and informal learning in the workplace: A research review: Formal and informal learning in the workplace. *International Journal of Training and Development*, 19(1), 1–17. <https://doi.org/10.1111/ijtd.12044>
- Medeiros, R. P., Ramalho, G. L., & Falcao, T. P. (2019). A Systematic Literature Review on Teaching and Learning Introductory Programming in Higher Education. *IEEE Transactions on Education*, 62(2), 77–90. <https://doi.org/10.1109/TE.2018.2864133>
- Nelson, G. L., Xie, B., & Ko, A. J. (2017). Comprehension First: Evaluating a Novel Pedagogy and Tutoring System for Program Tracing in CS1. *Proceedings of the 2017 ACM Conference on International Computing Education Research*, 2–11. <https://doi.org/10.1145/3105726.3106178>
- Pears, A., Seidman, S., Malmi, L., Mannila, L., Adams, E., Bennedsen, J., Devlin, M., & Paterson, J. (2007). A survey of literature on the teaching of introductory programming. *Working Group Reports on ITICSE on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 204–223. <https://doi.org/10.1145/1345443.1345441>
- Prather, J., Reeves, B. N., Denny, P., Becker, B. A., Leinonen, J., Luxton-Reilly, A., Powell, G., Finnie-Ansley, J., & Santos, E. A. (2024). “It’s Weird That it Knows What I Want”: Usability and Interactions with Copilot for Novice Programmers. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 31(1), 1–31. <https://doi.org/10.1145/3617367>
- Robins, A., Rountree, J., & Rountree, N. (2003). Learning and Teaching Programming: A Review and Discussion. *Computer Science Education*, 13(2), 137–172. <https://doi.org/10.1076/csed.13.2.137.14200>
- Sweller, J. (2015). In Academe, What Is Learned, and How Is It Learned? *Current Directions in Psychological Science*, 24(3), 190–194. <https://doi.org/10.1177/0963721415569570>
- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes* (M. Cole, V. Jolm-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.). Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>

- Wermelinger, M. (2023). Using GitHub Copilot to Solve Simple Programming Problems. *Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*, 172–178. <https://doi.org/10.1145/3545945.3569830>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>
- Zhang, B. (2023). Preparing Educators and Students for ChatGPT and AI Technology in Higher Education: Benefits, Limitations, Strategies, and Implications of ChatGPT; *AI Technologies*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32105.98404>