



דו"ח מחקר סופי

שילוב בינה מלאכותית יוצרת בתהליך כתיבת עבודת גמר:

פיתוח פרקטיקות פדגוגיות לתהלוך עבודת מחקר כחלק מבחינת הבגרות

// ד"ר ליאת אייל ומעיין סייג



רשימת השותפים בניסוי

חברי ועדת ההיגוי:

המינהל הפדגוגי

אלה מוזס, מנהלת אגף א' חינוך על-יסודי, המינהל הפדגוגי
מיכל רלוי, ממונה עבודות הגמר והערכה חלופית, אגף על-יסודי, המינהל הפדגוגי
ד"ר סיגל טלקר, מדריכה ארצית, מרכזת עבודות הגמר במינהל החינוך ההתיישבותי
המכון למחקר יישומי של בינה מלאכותית בחינוך, אגף מו"פ משה"ח

ריבי ארצי - מנהלת מחלקת פיתוח
אפרת שושני בכר - מנהלת פרויקט המכון
ד"ר עינת גיל - יועצת אקדמית ראשית
ד"ר ליאת אייל - יועצת אקדמית לניסוי
מעין סייג - מפתחת, מנהלת הניסוי

מורים ומוסדות חינוך שהשתתפו בניסוי

פרופ' ראובן יוסף, תיכון עירוני ע"ש רבין, אילת
לנה יונגר, תיכון עירוני ע"ש רבין, אילת
דבורה בכר, תיכון עירוני ע"ש רבין, אילת
סיגל לוצקי, חווה חקלאית עין שמר, עין שמר
ענב סלקמן, חווה חקלאית עין שמר, עין שמר
יוסי לבנון, קריית חינוך דרור, מ.א. לב השרון
טל רוזוליו, קריית חינוך דרור, מ.א. לב השרון
שירה סעידיאן, תיכון עירוני ע"ש משה שרת, נתניה
שלומי חנה, תיכון עירוני ע"ש משה שרת, נתניה
תומר דויטש, תיכון ליד האוניברסיטה, ירושלים
יצחק אסולין, תיכון מקיף ג' ע"ש רוגוזין, אשדוד
אוסאמה סח, תיכון עתיד מדעי-חקלאי ראמה, ראמה
ד"ר רות אש ארגיל, תיכון ליאו באק, חיפה
איריס דורסון ישראל, תיכון כפר גלים
ארז חסון, תיכון ע"ש כצנלסון, כפר סבא

תוכן עניינים

7	2. מבוא ורקע תיאורטי
7	2.1. מבוא
9	2.2. רקע תיאורטי
15	2.3. אוריינות של מורים ופיתוח מקצועי בעידן הבמ"י היוצרת
22	2.4. עבודות גמר בתיכון
43	מתודולוגיה
44	1.1. תיאור הניסוי
45	שאלות המחקר
46	שיטת המחקר
50	4.4 כלי המחקר
55	2. כלי מחקר עבור התלמידים (באמצעות המורים)
57	3. כלי תיעוד ומחקר נוספים
62	ניתוח הנתונים
62	ניתוח כמותי
62	ניתוח איכותני
63	ניתוח נתוני תלמידים
63	טריאנגולציה ואמינות
63	תפקיד החוקרות במחקר עיצוב
64	תוקף ואמינות
67	ממצאי המחקר
90	חלק II: ניתוח תמטי של חוויית התלמיד
95	חלק III: התערבויות פדגוגיות הלכה למעשה: שני מקרי מבחן
97	1. הדומיננטיות של מדעי הרוח והחברה: "הפרדוקס של מדעי הרוח"
98	2. מיפוי דיסציפלינרי: מסגרת השוואתית לפדגוגיה מבדלת
99	3. ניתוח דפוסים דיסציפלינריים: פרקטיקות מותאמות לאתגרים ספציפיים
101	4. יישור קו אפיסטמולוגי: מדוע דיסציפלינות משתמשות ב-AI באופן שונה
107	4. השלכות מערכתיות והמלצות להמשך
109	4. סיכום הממצאים
109	4.1 סיכום עיקרי הממצאים בהתייחס לשאלות המחקר
113	4.2 אתגרים מערכתיים קריטיים שזוהו
114	4.3 זיהוי סיכונים פוטנציאליים ודרכי התמודדות מוצלחות
115	4.4 הישגים מרכזיים
116	4.5 תובנות מפתח להטמעה עתידית

116	4.6 המלצות לקידום הפרקטיקות
117	4.7 הכיוון לעתיד: מממצאים לפעולה
117	4.8 מסקנות מרכזיות ומשמעויות רחבות
120	5. תוצרים וכלי יישום
125	חמשת העקרונות הפדגוגיים של מודל נבו"ן בחינוך
126	1.2. כלי יישום (למורות ומורים או למשתמשים אחרים)
133	ערכת הפרקטיקות של מודל נבו"ן
133	המלצות ליישום מודל נבו"ן
133	1. המלצות לבתי ספר ומוסדות חינוכיים
134	2. מדיניות בית ספרית
135	3. תשתיות ומשאבים
136	9. המלצות פדגוגיות
136	9.1 המלצות כלליות
137	12. מדיניות ורגולציה
137	12.1 מסגרת רגולטורית מאפשרת
137	12.2 הקצאת משאבים לאומית
138	13. אתיקה
138	13.1 עקרונות אתיים יסודיים
138	13.2 דילמות אתיות מורכבות
139	13.3 מסגרת לקבלת החלטות אתיות
139	13.5 פיתוח מודעות אתית מתמשכת
140	סיכום ההמלצות
141	2. סיכום
142	תרומת הניסוי לפיתוח תיאורטי ויישומי
142	תרומה תיאורטית
142	תרומה יישומית
144	מודל הוובינרים החדשני: "עמיתים מנחים עמיתים"
144	פרוטוקולים מתקדמים לאימות ובקרת איכות
145	כלים מתודולוגיים מתקדמים להערכה ומדידה
146	תרומה לקהילה המקצועית
147	תרומה לקידום המדיניות החינוכית
148	המלצות מדיניות מבוססות ראיות
149	תרומת המחקר ומשמעויותיו
150	2.1. תובנות הנובעות מהניסוי
150	תובנות תיאורטיות מרכזיות
151	תובנות מתודולוגיות

152	חיזוק מטא-קוגניציה באמצעות כלי AI
152	אתגרים מערכתיים ודרכי התמודדות
153	איזון בין יעילות לאותנטיות
154	השפעות חברתיות רחבות
155	התמודדות עם בעיות אמינות
155	מגבלות המחקר וכיווני המשך
156	סיכום
157	2.2. חזון למחקר ופיתוח המשך
158	מחקרים מתקדמים - הרחבת ההבנה
161	פיתוח טכנולוגי מותאם לחינוך
162	מחקר מדיניותי ומערכתי
164	3. מקורות
181	4. נספחים
181	נספח 1: טופס ממצאים להתנסות בפרקטיקת יצירת מפת מושגים
183	נספח 2: טופס ממצאים להתנסות בכלי בינה מלאכותית לאיתור מאמרים אקדמיים
187	נספח 3: טופס שיתוף לתלמידים בהתנסות בכלי בינה מלאכותית בעבודת גמר
189	נספח 4: טופס משוב לרכז/ת - שימוש בבוט לעבודת גמר
192	נספח 5: טופס שיתוף לתלמידים - שימוש בבוט בתהליך עבודת גמר
193	נספח 6: שאלון סיכום לתלמידים - שימוש בכלי בינה מלאכותית בעבודת הגמר
198	נספח 7: שאלון פרה לרכזים - מחקר ניסוי בינה מלאכותית בעבודת גמר 2.0
	נספח 8: שאלון פוסט לרכזים -
206	מחקר ניסוי בינה מלאכותית בעבודת גמר 2.0

1. תקציר

בעידן שבו מכונות מסוגלות לכתוב, לנתח וליצור טקסטים במהירות, עולה השאלה: כיצד ניתן לרתום את הכוח האדיר של הבינה המלאכותית היוצרת לשיפור תהליך המחקר בעבודות גמר, מבלי ליפול למלכודת "אשליית המידה"?

המחקר "בינה מלאכותית בעבודות גמר 2.0" התמקד בפיתוח ובהטמעת פרקטיקות פדגוגיות המאפשרות למורים, מנחים ותלמידים, שימוש מושכל ומיטבי בכלי GenAI בכל שלבי כתיבת עבודת הגמר. בשנת תשפ"ה השתתפו בו 11 בתי ספר, 15 רכזים ו-230 תלמידים, במטרה לגשר בין היכולות חסרות התקדים של AI לבין הצורך לשמר למידה משמעותית, עצמאות וחשיבה ביקורתית.

"אשליית המידה" היא מצב שבו לומד מרגיש שהוא שולט בחומר, אך בפועל הידע או המיומנות אינם מעוגנים היטב בזיכרון או ביכולת יישום – לרוב עקב חשיפה שטחית או חזרתית, ללא הבנה מעמיקה או תרגול. מטרת המחקר, בין היתר, הייתה להציע פתרונות פדגוגיים שיקדמו למידה ויהווו כלי פרקטי בידי מנחי עבודות הגמר.

ממצאי הניסוי חשפו תמונה מורכבת: מצד אחד, זוהתה סכנת השטחיות ואשליית המידה, כאשר תלמידים עלולים להסתמך על תוצרי AI מבלי להעמיק; מצד שני, הוטמעו פרקטיקות חדשניות שאפשרו לתלמידים לגלות ביקורתיות כלפי התוצרים, להעמיק את ההבנה ולשמר את אחריותם על התהליך. הממצא המרכזי הדגיש את חשיבותן של הוראה מפורשת והנחיה המדגישות תהליך, בחירות, הערכה מעצבת ורפלקציה מתמדת, שהפכו את השימוש ב-AI למנוף להעמקת הלמידה. ממצאים נוספים – כמותיים ואיכותניים – הצביעו על שביעות רצון גבוהה ועל ייעול תהליכים והרחבת אופקים, לצד אתגרים מהותיים: בעיות של אמינות מקורות ("הזיות"), קשיי ניסוח של פרומפטים, חסמי שפה ומגבלות גישה לכלים בתשלום.

בניסוי פותח מודל פדגוגי חדש – **מודל "נבו"ן** (נראות בלמידה ועבודה נתמכת בינה מלאכותית) – המבקש להפוך את תהליכי החשיבה של התלמיד לנראים, גלויים וברי הערכה. המודל נשען על חמישה עקרונות: שקיפות וניהול ידע היברידי, פיגומים קוגניטיביים דינמיים, מטא-קוגניציה מתמשכת, תיעוד תהליכי וביטוי ידע במגוון תוצרים. עקרונות אלו מותאמים לעידן הבינה המלאכותית אך נשענים על תיאוריות למידה מוכרות.

תוצרי המחקר כוללים אוגדן פרקטיקות למנחים ורכזים, מחוון להערכת עבודות גמר בסיוע AI ודו"ח מחקר. ההתנסויות כללו, בין היתר, יצירת מפות חשיבה, איתור מאמרים, פיתוח בוטים וגיבוש קוד אתי. ההמלצות הפדגוגיות מדגישות את פיתוח המיומנות של ניסוח פרומפטים, חינוך לביקורתיות ואימות מידע, לצד התמודדות עם חסמים מערכתיים ורגולטיביים. המחקר ממחיש את הפוטנציאל של AI לעצב מחדש את החינוך, תוך שמירה על פיתוח מיומנויות חשיבה מסדר גבוה ועל תפקיד המורה כמנחה דיאלוגי.

2. מבוא ורקע תיאורטי

2.1. מבוא

הבינה המלאכותית היוצרת (GenAI) הפכה לחלק בלתי נפרד מתהליכי כתיבה ומחקר של לומדות ולומדים בכל הגילים, וכן של סגלי ההוראה. מודלי השפה ויישומי GenAI מציעים יכולות חסרות תקדים בתהליכי למידה ומחקר. אלו פותחים אופקים חדשים לקידום מגוון תהליכי הטיפול במידע, החל מהגדרת הצורך במידע, איתור מידע, ארגון מידע, עיבודו ויצירת מידע חדש. המחקר הנוכחי מהווה המשך לניסוי שבוצע בשנת הלימודים תשפ"ד, שבחן את האפשרות לשלב יישומי בינה מלאכותית בתהליכי מחקר בקרב תלמידי החטיבה העליונה הכותבים עבודות גמר בהיקף של 5 יח"ל כחלק מלימודיהם לתעודת הבגרות. בניסוי דאז, הוצעו פרקטיקות יישומיות. כעת, בשנה הנוכחית, הוחלט לבחון את מידת היישומיות של פרקטיקות אלה בשדה, ולעדכן אותן בהתאם להתפתחויות המהירות בתחום.

עידן הבינה המלאכותית (AI) מציע יתרונות רבים לכתיבת עבודות מחקר, והופך את התהליך למהיר ונגיש יותר לרבים, שאינם יכולים לעמוד ברמה האוריינות הנדרשת בהצלבת גופי מידע מרובים. כלי AI יכולים לסייע באיסוף מידע ממקורות רבים בזמן קצר, לנתח נתונים מורכבים, ולזהות מגמות ותבניות שאולי היו חבויות מעיני החוקר. נוסף על כך, AI יכול לסייע בניסוח ובליטוש הטקסט, לוודא עקביות סגנונית ודקדוקית, ואף להציע שיפורים בהיגיון ובשטף הטיעונים. כלים אלו מאפשרים לחוקרים להתמקד יותר בחשיבה ביקורתית, בניית עמוק וביצירת ידע חדש, במקום להקדיש זמן רב למשימות טכניות כמו למשל איתור מידע. הבינה המלאכותית לא רק מייעלת את תהליך המחקר, אלא גם פותחת דלתות לאפשרויות מחקר חדשות ומעמיקות יותר. יחד עם זאת, הטמעת כלי בינה מלאכותית (AI) בתהליך כתיבת עבודות מחקר, מציבה שורה של אתגרים משמעותיים במספר מישורים - אתגרים המחייבים התייחסות מערכתית ופיתוח פתרונות אדפטיביים. ראשית, הסוגיה של **אמינות המידע ו"הזיות"** מהווה סוגיה קריטית. כלי AI נוטים לעיתים "להזות" מידע, לייצר מקורות פיקטיביים, או לפשט יתר על המידה נתונים מורכבים. תופעות אלו עלולות להטעות את הלומדים, לפגוע ביכולתם לפתח מיומנויות חשיבה ביקורתית ופתרון בעיות, ולערער את בסיס הידע. דרישה מתמדת לבדיקה צולבת ולאימות מידע ממקורות מגוונים היא הכרחית לשמירה על תקפות ואמינות התוצרים המחקריים. שנית, קיים **קושי בניסוח פרומפטים** יעילים. הן תלמידים והן מורים מתמודדים עם האתגר של ניסוח הנחיות מדויקות וברורות לכלי ה-AI. אי דיוקים

בניסוח הפרומפטים עלולים להוביל לתוצרים לא רלוונטיים, חלקיים או שגויים, ובכך לפגוע באיכות העבודה המחקרית. פיתוח אוריינות פרומפטים הופך למיומנות חיונית בעידן זה. שלישית, סוגיית **היושרה האקדמית** עומדת במרכז הדיון. שימוש בכלי AI מעלה חשש ממשי כי תלמידים יתפתו להציג תוצרי AI כעבודה מקורית שלהם, תוך עקיפת תהליכי למידה וחשיבה עצמאיים, ומכאן עלולה להיווצר השטחה של הלמידה וההבנה. הדבר מחייב יצירת מסגרת אתית מוסכמת וברורה, שתספק בהירות למורים ולתלמידים כאחד, לגבי גבולות השימוש הלגיטימי ב-AI בכתיבת עבודות אקדמיות. רביעית, ניכר **פער בין תיאוריה ליישום** בשטח. אף על פי שקיימות מסגרות תיאורטיות העוסקות בשינויים הנדרשים בהוראה-למידה-הערכה בעידן ה-AI (למשל Chiu, 2023), עדיין יש מקום להבנות ולעדכן את השלבים של כתיבת עבודות מחקר בתיכון, באופן שיקדם חשיבה מסדר גבוה על ידי התלמידים וייתן כלים בידי המורים להנחות תהליכים אלו. לבסוף, **מורכבות תהליכי המחקר** מהווה אתגר. מיומנויות כמו ארגון ומיזוג מקורות מידע מרובים וכתיבת טיעון מגובש, מהוות נקודת תורפה עבור חוקרים בכל שכבות הגיל, לרבות השכלה גבוהה, משום שהן דורשות רמת חשיבה ביקורתית ואנליטית גבוהה. כלי AI יכולים לסייע במשימות אלו, אך הם דורשים הנחיה והבנה מעמיקה של המנחים ושל הלומדים, כדי למקסם את תועלתם.

לפיכך, עולה השאלה: **כיצד ניתן להשתמש בכלי בינה מלאכותית יוצרת בתהליכי חקר וכתיבת עבודות גמר, כך שיקדמו הבנה מעמיקה, עצמאות מחשבתית וחשיבה ביקורתית, מבלי להסתפק בקיצור תהליכים או ליפול למלכודת "אשליית הלמידה", שבה תחושת השליטה בידע אינה משקפת הבנה אותנטית?**

מחקרים עדכניים, ובפרט מחקר פורץ דרך של MIT מיוני 2025 (Kosmyrna et al., 2025), מצביעים על כך ששימוש נרחב בבינה מלאכותית יוצרת (Generative AI) עלול לפגוע ביכולות קוגניטיביות חיוניות. המחקר של MIT, שכותרתו "המוח שלך על ChatGPT: צבירת חוב קוגניטיבי בעת שימוש בעוזר AI למשימת כתיבת מאמרים", מצא כי הסתמכות על AI לכתיבה, צמצמה את הפעילות המוחית, פגעה בזיכרון, והובילה לירידה בתחושת הבעלות על הטקסט. באמצעות ניטור פעילות מוחית (EEG), ניתוח לשוני וראיונות, התגלה כי ככל שהייתה יותר מעורבות של AI, כך פחתה הפעילות של הרשתות המוחיות המעורבות בזיכרון, בקשב ובתפקודים הניהוליים. 83% מהמשתמשים ב-ChatGPT התקשו לצטט במדויק ממאמריהם, לעומת אלה שכתבו באופן עצמאי או השתמשו במנועי חיפוש מסורתיים.

ממצאים אלו מעלים חששות משמעותיים לגבי השלכות ארוכות טווח על למידה, על יצירתיות, על פתרון בעיות ועל בריאות קוגניטיבית כללית, ומדגישים את החשיבות של שימוש מושכל ב-AI ככלי תומך ולא כתחליף לחשיבה אנושית.

בהתחשב באתגרים הללו, נדרשת גישה רב-ממדית, הכוללת פיתוח פרקטיקות פדגוגיות עבור המורות והמורים, הגדרת מדיניות אתית ברורה והכשרת סגלי הוראה ותלמידים כאחד, על מנת לרתום את הפוטנציאל הגלום ב-AI לקידום המחקר האקדמי של התלמידים, תוך שמירה על סטנדרטים אקדמיים גבוהים.

2.2. רקע תיאורטי

2.2.1. בינה מלאכותית גנרטיבית (GenAI) - רקע כללי

בינה מלאכותית יוצרת (Generative Artificial intelligence-GenAI) כוללת אלגוריתמים היוצרים באופן אוטונומי תוכן חדש, באמצעות מודלים של למידת מכונה המאומנים על מאגרי נתונים מגוונים (UNESCO, 2023). מאז השקת ChatGPT בנובמבר 2022, חוללה הבינה המלאכותית מהפכה באינטראקציה הדיגיטלית וביצירת תוכן (Ooi et al, 2023). פרק זה מציג את המושגים המרכזיים, את ההתקדמות ואת היישומים של GenAI, ומניח את היסודות לבחינת השלכותיה החינוכיות.

הבינה המלאכותית היוצרת מסמנת מפנה משמעותי מטכנולוגיות בינה מלאכותית קודמות, שהתמקדו בעיקר ביישומים צרים שהופעלו על ידי מפתחים מומחים. ההבדלים המרכזיים טמונים בנגישות חסרת התקדים שלה לציבור הכללי, המאפשרת למשתמשים ללא רקע טכני, לרתום יכולות בינה מלאכותית באמצעות אינטראקציות אינטואיטיביות בשפה טבעית, וביכולתה ליצור באופן דינמי תוכן מקורי בטקסט, חזותי ושמע (Rudolph et al, 2023). שילוב זה של נגישות ויצירת תוכן הוביל לאימוץ נרחב של היישומים הללו בהשוואה לפתרונות בינה מלאכותית קודמים (Ooi et al, 2023). יכולות ה-GenAI מאפשרות יצירת צורות תוכן מגוונות, כולל טקסט, תמונות, שמע ווידאו, בהתבסס על הנחיות משתמש ומאגרי נתונים מאומנים (UNESCO, 2023). מודלים שיחתיים כמו ChatGPT משתמשים במודלים גדולים של שפה (LLMs) כדי לספק תגובות רלוונטיות להקשר (Kasneji et al, 2023), בעוד כלים חזותיים כמו Midjourney ו-DALL-E משתמשים בטכניקות למידה עמוקה ליצירת חומרים חזותיים ייחודיים מתיאורים טקסטואליים (Ooi et al, 2023).

מאז סוף שנת 2022, עברו כלי הבינה המלאכותית התקדמות טכנולוגית משמעותית (Ooi et al., 2023). מודלים שיחתיים חדשים ויוצרי תמונות מבוססי בינה מלאכותית צצו, בעוד פלטפורמות מבוססות כמו Canva, שילבו יכולות GenAI כדי לשפר את חוויית המשתמש ולספק סיוע יצירתי מתקדם (Ooi et al., 2023). כלי GenAI מתרחבים הרבה מעבר ליצירת תוכן בכל הדיסציפלינות - לדוגמה, תכנות אוטומטי, מידול מולקולרי ועוזרים שיחתיים או צ'טבוטים מותאמים אישית המתוכננים לדיאלוג בשפה טבעית (Allouch et al., 2021). מדי יום צצות פלטפורמות ייעודיות ליצירת בוטים, המאפשרות למשתמשים ללא רקע טכני, לייצר סוכני בינה מלאכותית המקיימים שיחה מותאמת אישית באמצעות הנדסת פרומפטים עם מודלי שפה גדולים (LLMs). ככל שיכולות ה-GenAI מתפתחות, הפוטנציאל המשבש שלהן בתחומים שונים הופך לברור יותר ויותר (Ooi et al., 2023; Schmidt et al., 2023).

למרות הנגישות והפוטנציאל היצירתי של יישומי בינה מלאכותית אלה, המהירות שבה היא מתפתחת, מייצרת תחושה של חוסר יכולת להדביק את הקצב (FOMO), אפילו בקרב אנשי מקצועי בעלי אוריינטציה טכנולוגית, וגם עבור מוסדות (Caporusso, 2023). נוסף על כך, ככל שיכולות הבינה המלאכותית פולשות לתחומים יצירתיים, כך עולים חששות לגבי הפיכת תפקידים אנושיים למיותרים - מה שמחייב חינוך והכשרה יעילים בניצול כלים אלה, תוך התמודדות עם חוסר ביטחון תעסוקתי (Budhwar et al., 2023). הפרק הבא יעמיק בהשפעה המהפכנית של GenAI על החינוך, תוך בחינת הפוטנציאל שלה לעצב מחדש תהליכי הוראה, למידה והערכה עבור מחנכים.

2.2.2. הזדמנויות ויתרונות של בינה מלאכותית בחינוך

הבינה המלאכותית הפכה במהירות לכלי משבש בתחום החינוך - כלי שמעצב מחדש סביבות למידה מותאמות אישית ודינמיות (Kshetri, 2023; Rudolph et al., 2023). הוראה, למידה והערכה הן תהליכים נפרדים, אך קשורים הדוקות, והם משפיעים זה על זה, כאשר הוראה יעילה מקדמת למידה אפקטיבית, שבתורה משפרת תוצאות הערכה (Fautley & Savage, 2008). הפרק הנוכחי מבקש לשפוך אור על השפעת הבינה המלאכותית על תהליכי הוראה-למידה-הערכה, כמו גם על האתגרים והסוגיות האתיות העולים בעת יישומה.

2.2.3. השפעת למידה מותאמת אישית מבוססת במ"י על מעורבות ומוטיבציה של תלמידים

הבינה המלאכותית היוצרת מציעה פוטנציאל משמעותי ליצירת חוויות למידה מותאמות אישית, שמשפרות את מעורבות התלמידים ואת המוטיבציה שלהם, באמצעות התאמת תוכן, משוב ותמיכה לצרכים וליכולות

הייחודיים של כל תלמיד (Ooi et al, 2023; Kadaruddin, 2023; Bonner et al., 2023). מחקרים אמפיריים מאשרים את יתרונות השימוש בה, כאשר נמצא כי משוב וחומרים ממודלי שפה תורמים לשיפור במוטיבציה, בעמדות החיוביות ובמעורבות הפעילה של תלמידים (Tang et al., 2024; Meyer et al., 2024; Ali et al, 2024). תלמידים הביעו הערכה רבה לחוויות הלמידה המותאמות אישית שהתאפשרו הודות לבינה המלאכותית - מה שהוביל למעורבות ולשיפור בביצועים (Jauhiainen & Guerra, 2023; Stornaiuolo et al, 2023; Ruiz-Rojas et al., 2024). הבמ"י אף מטפחת מוטיבציה פנימית, חיצונית ואוטונומית בקרב תלמידים, כאשר שימוש מכוון בכלים אלו מסייע בבניית ידע (Ali et al., 2023; Chen et al, 2023). יחד עם זאת, מחקרים מסוימים מצאו רמות מעורבות מתונות בלבד בקרב תלמידים המשתמשים בכלי במ"י (Salinas-Navarro et al, 2024), וכן קיימים חששות בנוגע לדיוק, לאמינות ולהשלכות הפסיכולוגיות של למידה מבוססת במ"י (Lazar et al, 2023; UNESCO, 2023). לפיכך, מודגשת חשיבות השילוב המאוזן של כלים אלה תוך הנחיית מורים, כדי למטב את יתרונות הלמידה המותאמת אישית ולחזק את המעורבות (Yau et al, 2023; Chiu, 2023; Kadaruddin, 2023).

2.2.4. משוב מיידי והערכה מעצבת

הפוטנציאל למתן משוב מיידי והערכה מעצבת באמצעות כלי במ"י הוא מרכיב מרכזי בתחום החינוך. כלים אלה מסוגלים, באופן תיאורטי, לספק משוב אוטומטי על מטלות תלמידים ולנטר את התקדמותם בזמן אמת, ובכך לשפר את תוצאות הלמידה ואת מעורבות הלומדים (Owan et al., 2023; Bonner et al., 2023; Kadaruddin, 2023). מחקרים אמפיריים עדכניים תומכים בפוטנציאל זה. כך למשל, Meyer et al (2024) מצאו כי משוב שנוצר על ידי מודלי שפה גדולים (LLMs), תרם לשיפור ביצועי התלמידים ולשיפור המוטיבציה שלהם ותחושותיהם החיוביות במהלך עריכת טקסט. נוסף על כך, Salinas-Navarro et al (2024) דיווחו על יכולתו של Google Bard (כיום ידוע כ-Gemini) לספק משוב בזמן אמת לשיפור מטלות תלמידים. עם זאת, מספר מחקרים ממליצים על אימוץ מאוזן ומושכל של משוב מבוסס במ"י בשילוב עם הערכה והנחיית מורים, כדי למקסם את היתרונות הפדגוגיים תוך מזעור סיכונים פוטנציאליים (Assayed et al., 2024; Chiu, 2023; Krullaars et al., 2023).

2.2.5. פיתוח מיומנויות חשיבה מסדר גבוה

השימוש בכלי במ"י מדגים פוטנציאל משמעותי בקידום מיומנויות חשיבה מסדר גבוה ויצירתיות בקרב תלמידים ומורים. מחקרים אמפיריים עדכניים הבוחנים את השימוש בפועל בכלי במ"י כמו ChatGPT, מספקים עדויות מעודדות ליכולתם לקדם חשיבה ביקורתית, יצירתיות, פתרון בעיות וחשיבה אתית בקרב תלמידים (Ruiz-Rojas et al, 2023; Chen et al., 2024; Kim et al., 2024; Tang et al., 2023).

סימנס ועמיתיו (Siemens et al. 2023) הכינו מדריך המתאר כיצד ניתן ליישם את טקסונומיה בלום בהקשר של כלים מבוססי בינה מלאכותית, בתהליכי הוראה ולמידה. בכל שלב של הטקסונומיה - זכירה, הבנה, יישום, ניתוח, הערכה ויצירה - נדונים האופנים שבהם עשויים הסטודנטים להיעזר ב-AI לביצוע משימות לימודיות והערכות. במקביל, מודגש תפקידן של מיומנויות אנושיות ייחודיות שחשוב להמשיך לטפח. המדריך מתאים לסגל אקדמי, ללא תלות בעמדתם ביחס לשימוש ב-AI – בין אם הם מעודדים, מונעים או מגבילים את השימוש בו בקורס. מתוך מודעות לכך שהיכולות של AI מתפתחות, מומלץ להתאים את הפעילויות וההערכות כך שישמרו על רלוונטיות ויובילו ללמידה משמעותית, עם ההבנה שיש צורך לבחון באופן מתמיד את תוצרי הלמידה הנדרשים בעידן הטכנולוגי המשתנה. להלן בתרשים 1:



Bloom's Taxonomy Revisited

Use this table as a reference for evaluating and making changes to aligned course activities and assessments (or, where possible, learning outcomes) that account for generative Artificial Intelligence (AI) tool capabilities and distinctive human skills.

All course activities and assessments will benefit from **review** given the capabilities of AI tools; those at the **Remember** and **Analyze** levels may be more likely to need **amendment**.



Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

	RECOMMENDATION	AI CAPABILITIES	DISTINCTIVE HUMAN SKILLS
CREATE	Review	Suggest a range of alternatives, enumerate potential drawbacks and advantages, describe successful real-world cases	Formulate original solutions incorporating human judgement, collaborate spontaneously
EVALUATE	Review	Identify pros and cons of various courses of action, develop rubrics	Engage in metacognitive reflection, holistically appraise ethical consequences of alternative courses of action
ANALYZE	Amend	Compare and contrast data, infer trends and themes, compute, predict	Critically think and reason within the cognitive and affective domains, interpret and relate to authentic problems, decisions, & choices
APPLY	Review	Make use of a process, model, or method to illustrate how to solve a quantitative inquiry	Operate, implement, conduct, execute, experiment, and test in the real world; apply creativity and imagination to idea & solution development
UNDERSTAND	Review	Describe a concept in different words, recognize a related example, translate	Contextualize answers within emotional, moral, or ethical considerations
REMEMBER	Amend	Recall factual information, list possible answers, define a term, construct a basic chronology	Recall information in situations where technology is not readily accessible

תרשים 1: עדכון הטקסונומיה של בלום בעידן הבינה המלאכותית. מקור:

Siemens, G., Marmolejo-Ramos, F., Gabriel, F., Medeiros, K., Marrone, R., Joksimovic, S., & de Laat, M. (2023). Human and artificial cognition. *Computers and Education: Artificial Intelligence* 3.

עם זאת, במחקרים שונים הועלו חששות, שהסתמכות יתר על במ"י עלולה לפגוע בפיתוח מיומנויות חשיבה עצמאית בקרב לומדים (Law, 2023; Rudolph et al., 2023; Dwivedi et al., 2024). למרות זאת, חשיבות הנחיית המורה לשילוב מושכל של כלים אלה, מודגשת בכל המחקרים, ורצויה עם שילוב הכשרה על אודות מגבלות הבינה המלאכותית וטיפול מקביל של יכולות אנושיות ייחודיות (Birenbaum, 2023; Kadaruddin, 2023; Krullaars et al., 2023).

2.2.6 שיפור עבודת המורה והפחתת עומס העבודה

כלי במ"י מציעים פוטנציאל משמעותי לשיפור יעילות עבודת המורים, תוך הפחתת עומס העבודה שלהם. באופן תיאורטי, כלים אלה יכולים לייעל משימות הוראה, באמצעות אוטומציה של תהליכים שגרתיים, מתן משוב מותאם אישית ויצירת תוכן הוראתי יצירתי, המאפשרים למורים יותר זמן לאינטראקציות משמעותיות עם תלמידים (Ooi et al., 2023; Kadaruddin, 2023; Bonner et al., 2023). עדויות אמפיריות תומכות ביתרונות ה-GenAI בהפחתת עומסי עבודה ובגיוון חומרי למידה, כאשר Chiu (2023) מצא שאוטומציה של מתן ציונים ומשוב על ידי בינה מלאכותית משחררת זמן יקר של מורים. מחקרים נוספים, כולל כאלו שבוצעו במשרד החינוך בשנת תשפ"ד, מדגימים את יכולת הבינה המלאכותית לספק משוב מיידי, לשפר את איכות ההוראה, ולסייע בפיתוח מערכי שיעור מפורטים המשלבים תובנות של מורים (DeCarlo et al., 2024; Cun & Huang, 2024; Kehoe, 2023; van den Berg & du Plessis, 2024). עם זאת, חוקרים מדגישים את הצורך בשילוב אסטרטגי של GenAI, בבקרת איכות על תפוקות ובהכשרת מורים נאותה להבטחת שימוש מוצלח ואחראי (Cun, 2023; Yau et al., 2023; Kadaruddin, 2023; Liu & Gu, 2024; & Huang, 2024).

2.2.7 שיקולים אתיים ואתגרים של בינה מלאכותית בחינוך

השימוש בבינה מלאכותית גנרטיבית (GenAI) בחינוך מעלה מגוון סוגיות אתיות ומקצועיות המצריכות התייחסות מעמיקה. במרכז הדיון עומדת הסוגיה של פרטיות נתוני התלמידים, שלפי הארגון לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכלי (OECD, 2023), מעוררת חששות משמעותיים בנוגע לאיסוף, שמירה ושימוש במידע אישי. הסיכונים כוללים חשיפה של מידע רגיש, שימוש משני בנתונים למטרות מסחריות ואבטחת מידע בלתי מספקת. לנוכח אתגרים אלו, נדרשת הטמעה של פרוטוקולים ברורים להגנת הפרטיות ושל קווים מנחים לשימוש אתי בנתוני תלמידים.

סוגיה מרכזית נוספת נוגעת להטיות אלגוריתמיות ולאפליה פוטנציאלית. Cooper & Tang (2024) מצביעים על מגוון הטיות, הכוללות ייצוג לא מאוזן של קבוצות מיעוט, הטיות תרבותיות בתוכן המיוצר והטיות

בתהליכי הערכה ובהמלצות למידה. השלכותיהן של הטיות אלו עלולות להתבטא בהעמקת פערים חינוכיים קיימים, ביצירת אפליה בלתי מכוונת ובחוסר שוויון בנגישות לטכנולוגיה. התמודדות עם אתגרים אלו מחייבת פיתוח מגננוני בקרה והתאמה מתמשכים.

שמירה על יושרה אקדמית ומניעת הונאה מהוות אתגר משמעותי נוסף. בירנבאום (Birenbaum, 2023) מדגישה את הצורך בהתמודדות עם סוגיות כגון זיהוי עבודות שנוצרו באמצעות בינה מלאכותית, הגדרה מחודשת של מקוריות אקדמית ופיתוח מדיניות הערכה מותאמת. לשם כך, נדרש פיתוח אסטרטגיות מקיפות, הכוללות עיצוב מטלות עמידות להעתקה, פיתוח כלים לזיהוי תוכן מבוסס בינה מלאכותית וחינוך לשימוש אתי בטכנולוגיה.

הכשרת מורים מהווה נדבך מרכזי בהתמודדות עם האתגרים האתיים והמקצועיים. ארגון אונסק"ו (ארגון החינוך, המדע והתרבות של האומות המאוחדות) (UNESCO, 2023) מדגיש את החשיבות של פיתוח מיומנויות אוריינות בינה מלאכותית בקרב מורים, של הבנת ההשלכות האתיות של השימוש בטכנולוגיה ושל יכולת הנחיית תלמידים בשימוש אחראי. תחומי ההכשרה המרכזיים כוללים הערכת איכות תוכן, זיהוי הטיות, ופיתוח יכולות לשימוש פדגוגי מושכל בכלי בינה מלאכותית.

מהימנות ודיוק התוכן המיוצר מהווים אתגר משמעותי נוסף. מחקרם של צ'ן ועמיתיו (Chen et al, 2023) חשף קשיים באימות מידע על ידי תלמידים, בזיהוי שגיאות עובדתיות ובהערכת מהימנות מקורות. קופר (Cooper, 2023) מתריע במיוחד על תופעת ה"הזיות" בכלי במ"י, המדגישה את הצורך בבקרת איכות קפדנית ובהנחיה מקצועית מתאימה.

לבסוף, תפקידם של המורים בהבטחת איכות השימוש בבינה מלאכותית הנו קריטי. אונסק"ו (UNESCO, 2023) מדגיש את החשיבות של ההערכה הביקורתית של תוכן, של הנחיית תלמידים בשימוש נכון ושל שילוב פדגוגי מושכל של הטכנולוגיה. האסטרטגיות המומלצות כוללות בדיקה שיטתית של דיוק ומהימנות, התאמה מדויקת לצרכים פדגוגיים ופיתוח חשיבה ביקורתית בקרב תלמידים.

לסיכום, התמודדות מוצלחת עם האתגרים האתיים והמקצועיים בשילוב במ"י בחינוך, מחייבת גישה מערכתית, מאוזנת ואחראית, המשלבת בין הנחיות מדיניות ברורות, הכשרת מורים מקיפה ופיתוח כלים ואסטרטגיות מתאימים. רק כך ניתן יהיה להבטיח שימוש מיטבי בטכנולוגיה, תוך שמירה על ערכים חינוכיים ואתיים בסיסיים.

2.3. אוריינות של מורים ופיתוח מקצועי בעידן הבמ"י היוצרת

2.3.1. רקע

לשילוב הבינה המלאכותית היוצרת (GenAI) במערכות חינוך יש השלכות מרחיקות לכת על תהליכי הוראה-למידה-הערכה מסורתיים, עם פוטנציאל לשינוי דינמיקת מורה-תלמיד ולהשפעה על התפתחות חשיבה ביקורתית ועל מיומנויות פתרון בעיות (Cao & Dede, 2023; UNESCO, 2023). עם זאת, יישומה בחינוך כרוך גם באתגרים מהותיים, וביניהם, חסמים טכנולוגיים ונגישות, התנגדות מצד מורים ובעלי עניין אחרים, והצורך בפיתוח מקצועי נרחב למורים (Eager & Collie & Martin, 2024; Shapiro et al., 2024; Brunton, 2023). אתגרים אלו מחייבים גישה מחושבת, המאזנת בין אימוץ GenAI לבין שמירה על מעורבות אנושית משמעותית בתהליכי ההוראה (Lazar et al., 2023). בסופו של דבר, הצלחת ההטמעה של בינה מלאכותית בחינוך תלויה בהכשרת המורים לשלוט בידע, במיומנויות ובעקרונות האתיים הנדרשים, כאשר תכניות מקיפות לפיתוח מקצועי של מורים מהוות מפתח להעצמת מחנכים לשימוש מיומן בכלים אלה תוך התמודדות עם האתגרים הנלווים.

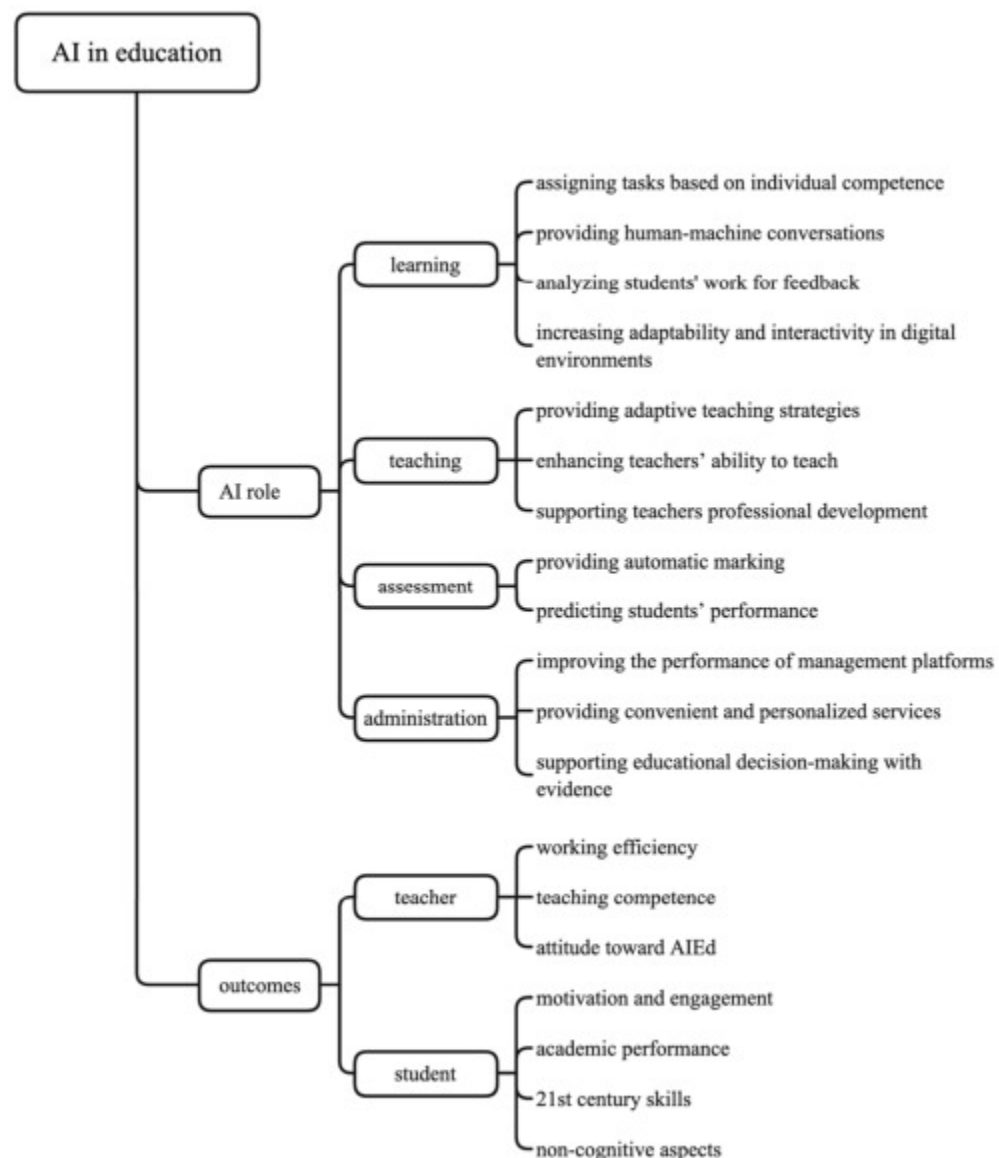
שילוב כלי GenAI במערכות חינוך מחייב אפוא פיתוח אוריינות בינה מלאכותית בקרב מורים והתאמת תהליכי TPD. אוריינות זו כוללת ידע בסיסי, מיומנויות והבנה אתית, הנדרשים לניצול יעיל ולהערכה ביקורתית של GenAI (בהקשרי Langran et al, 2023; UNESCO, 2023; TLA, 2024). כסוכני שינוי, מורים נדרשים לאזן בין ניצול היתרונות של הבינה המלאכותית לבין שמירה על מרכזיות החשיבה הביקורתית (Liu & Gu, 2024). TPD ממוקד בינה מלאכותית צריך לשלב הכשרה באוריינות טכנולוגית ואתית, עדכון יכולות הוראה ותכנון תוכנית לימודים, תוך הדגשת הוראה ממוקדת תלמיד ושיתופי פעולה בין-תחומיים (Baskara, 2023; Casal-Otero et al, 2023).

בהינתן אופיו המתהווה של תחום זה, קיימות כיום מסגרות תיאורטיות מוגבלות המתמקדות באופן ספציפי בפיתוח אוריינות בינה מלאכותית של מורים. הסעיפים הבאים יסקרו מודלים רלוונטיים המתייחסים למיומנויות אלו בהקשר של TPD לשילוב GenAI, ולאחר מכן ייבחנו ממצאי מחקר אמפיריים באשר להשלכות הפיתוח המקצועי על טיפוח אוריינות בינה מלאכותית של מורים ויישומה בפרקטיקה.

2.3.2. אוריינות בינה מלאכותית של מורים

המסגרת של (Chiu, 2023) מאמצת גישה הוליסטית לשילוב אוריינות בינה מלאכותית בסביבת בית הספר הרחבה, תוך התייחסות לשינויים הנדרשים בהוראה ובפרקטיקות הוראה-למידה-הערכה (הל"ה). היא

מדגישה את חשיבות ההכנה של סגל חינוכי איכותי, הכוללת חשיבה ביקורתית, ידע דיסציפלינרי, אתיקה של בינה מלאכותית ותמיכה באוריינות דיגיטלית, כתנאים מקדימים לשימוש יעיל בכלי במ"י. המודל גם קורא לשינוי בפרקטיקות הערכה, ממבחנים מסורתיים להערכת מיומנויות כלליות וידע בבינה מלאכותית. עם זאת, למרות שהוא מספק תובנות מעמיקות לגבי השפעות כלי במ"י על החינוך, המחקר של Chiu, 2023, הוא חסר מודל מובנה המתייחס ספציפית לאוריינות בינה מלאכותית. יתר על כן, אופיו החקרני של מחקר זה וההקשר התרבותי הספציפי שלו מגבילים את יישומו הישיר בסביבות חינוכיות מגוונות.



תרשים 2: תפקידים ותוצרים של יישומי בינה מלאכותית בחינוך. מקור:

The roles and outcomes of AI applications in education(Khatun et al. 2024)

במחקר שערכו קאתן ועמיתיה (Khatun et al. 2024), הן ביצעו סקירה שיטתית תוך שימוש במסגרת PRISMA, כדי לחקור את השילוב בין תפיסות של התפתחות טכנולוגית לבין אינטגרציה של בינה מלאכותית (AI) בחינוך. ייחודו של המחקר הוא בסיתתה של מחקרי AI בחינוך (AIED), תוך הדגשת טכנולוגיות ויישומים, הערכת היתרונות המוכחים והפוטנציאליים לחינוך, זיהוי הפערים בין חדשנות טכנולוגית ליישומים חינוכיים, והצעת השראות מעשיות למומחי טכנולוגיה ואנשי חינוך. הסקירה ניתחה באופן שיטתי 175 מאמרים ממאגרי מידע שונים, תוך התמקדות בהשפעת AI על למידה מותאמת אישית. ממצאים מרכזיים מראים ש-AI משפר את יעילות הלמידה, אך מעלה חששות אתיים כגון פרטיות והטיות. על פי תרשים 2 שלעיל, תחום הבינה המלאכותית בחינוך (AIED) מיושם בארבעה תחומים מרכזיים: למידה, הוראה, הערכה ומינהל. בתחום הלמידה, טכנולוגיות אלו מסייעות בהתאמת משימות לרמתו של כל תלמיד, ביצירת דיאלוגים בין אדם ומכונה, בניית עבודות תלמידים לשם מתן משוב, ובהגברת ההסתגלות והאינטראקטיביות בסביבות דיגיטליות. בתחום ההוראה, יישומי AIED תומכים בפיתוח אסטרטגיות הוראה מותאמות אישית, משפרים את יכולות ההוראה של מורים, ומסייעים בהתפתחות המקצועית שלהם. בתחום ההערכה, הטכנולוגיות מאפשרות סימון אוטומטי של מבחנים ותחזיות ביצועים של תלמידים, מה שמקל על עבודת המורים בהערכת תלמידים. בתחום המינהל, AIED משפר את הביצועים של פלטפורמות ניהול, מספק שירותים מותאמים אישית ונוחים (בין אם אקדמיים ובין אם לא), ותומך בקבלת החלטות חינוכיות מבוססות ראיות.

מודל HCLTF של Yang ו-Kong (2024) מציג מסגרת *ממוקדת-אדם* (human-centred) לשילוב בינה מלאכותית יוצרת (GenAI) במערכת החינוך ב-K-12, במטרה לקדם למידה בוויסות עצמי (self-regulated learning, SRL), המבוססת על למידה בתחום תוכן ספציפי (domain knowledge). המודל מתואר כדיאגרמת Ven (תרשים 3 להלן) המשלבת שלושה מרכיבים: **למידה** – שימת דגש על פיתוח SRL; **הוראה** – תפקיד המחנך כמנחה ומתווך בתהליך הלמידה; ו-**בינה מלאכותית יוצרת** – המאפשרת משוב מיידי, שיפור מעורבות וחזיון מטא-קוגניציה של הלומדים (Kong & Yang, 2024). למרות שקיימים קווי דמיון רעיוניים למודל TPACK של מישרה וקוהלר (Mishra & Koehler, 2006) קונג ויאנג (Kong & Yang, 2024) אינם מציינים קשר ישיר או השראה מ־TPACK. המאמר מתאר יישום של המודל במסגרת בתי ספר ב-K-12, אך אינו מצוין במפורש יישום בבתי ספר תיכוניים או בהקשר של פיתוח מקצועי למורים (TPD), ולכן יש להיזהר מהסקת מסקנות כאלה ללא ביסוס ממחקרים נוספים.

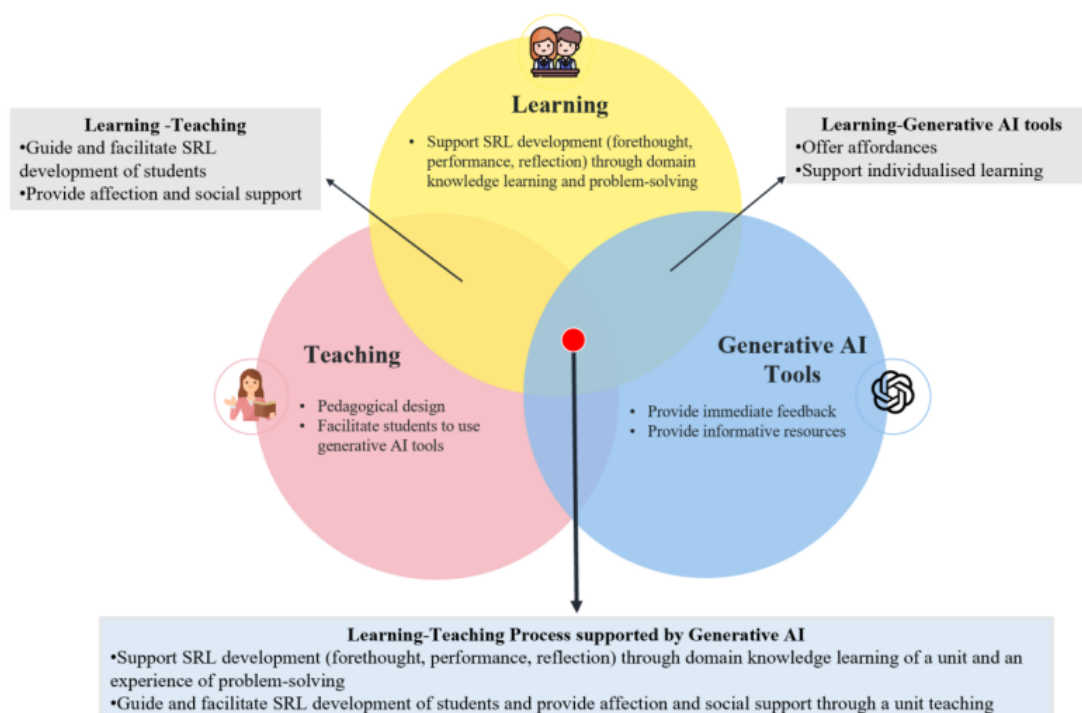
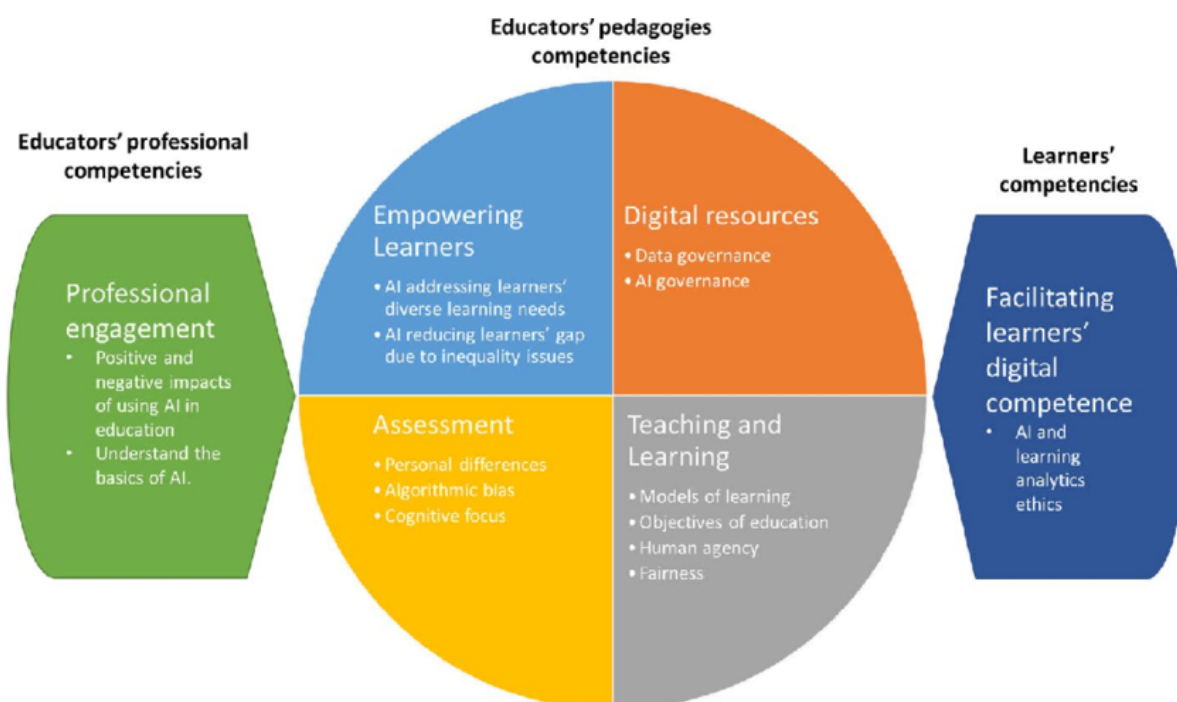


Fig. 1. A human-centred learning and teaching framework (HCLTF) that uses generative AI in K–12 settings.

תרשים 3 : מסגרת ממוקדת אנוש להוראה ולמידה, העושה שימוש בבינה מלאכותית בחינוך (Kong and Yang, 2024)

חוקרים אחרים (למשל, Ng et al. 2021) מגדירים אוריינות בינה מלאכותית ככזו הכוללת ארבעה רכיבים משולבים: ידע והבנה של בינה מלאכותית, שימוש ויישום של כלי בינה מלאכותית, יצירה והערכה של מערכות בינה מלאכותית, ואתיקה של בינה מלאכותית. גישה רב-ממדית זו משלבת מיומנות טכנית בבינה מלאכותית עם אוריינות חברתית רחבה יותר ועם עקרונות אתיים ושיקולים ממוקדי-אדם, תוך התאמה למודל TPACK (Mishra & Koehler, 2006). אף שהמסגרת של Ng et al. (2021) קדמה להופעת כלי GenAI, היא נותרה יסודית בהבנת אוריינות בינה מלאכותית. מחקר עדכני של Ding et al. (2024) תיקף והתאים מודל זה ל-TPD בהקשר של שילוב GenAI - מה שמדגים את הרלוונטיות המתמשכת שלו ואת יכולת ההסתגלות שלו.

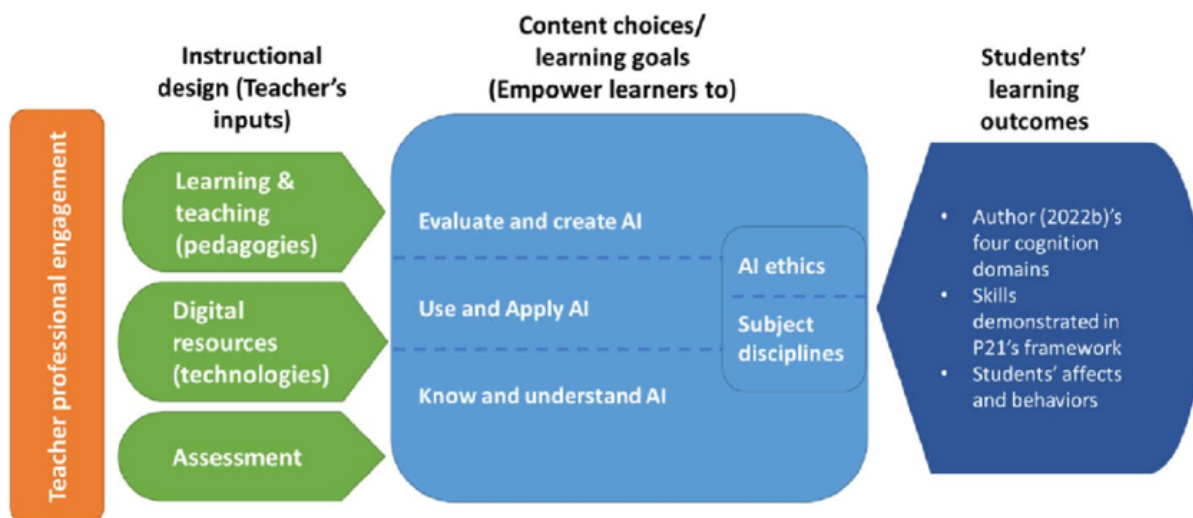
מודל נוסף הוא מודל ה-DigCompEdu של הנציבות האירופית (2022) (תרשים 4 להלן), שהרחיב את מיומנויות המחנכים, כך שיכללו שימוש אחראי ויצירתי בטכנולוגיות בינה מלאכותית, חשיבה ביקורתית, אוריינות מדיה וסוגיות אתיות. עם זאת, הוא לא התייחס באופן מפורש למורכבויות ולהזדמנויות הייחודיות שמציגים כלי GenAI.



תרשים 4: מודל DigCompEdu לכשירות בינה מלאכותית. מקור:

DigCompEdu framework for teachers' AI competency (European Commission, 2022)

Ng et al (2023) זיהו פער זה, והציגו את מסגרת "AI-Enhanced DigCompEdu", המסנתזת מודלים קודמים, תוך שילוב שיקולים ספציפיים להטמעת GenAI. מסגרת מעודכנת זו בנויה על היסודות של DigCompEdu, תוך התאמתו לנוף ה-GenAI המתפתח במהירות בחינוך. מסגרת ה-"AI-Enhanced DigCompEdu" של Ng et al 2023 מציעה גישה מקיפה לפיתוח אוריינות בינה מלאכותית בקרב מורים. היא מאורגנת בשלוש קטגוריות עיקריות: מעורבות מקצועית של מורים, עיצוב הוראה ובחירות תוכן. קטגוריית בחירות התוכן מדגישה ארבעה ממדים מרכזיים: ידיעה והבנה, שימוש ויישום, הערכה ויצירה, וסוגיות אתיות.



תרשים 5: מודל אוריינות בינה מלאכותית של מורים של (Ng et al, 2023)

קטגוריית המעורבות המקצועית של המורים במסגרת זו מדגישה את החשיבות של מעורבות מתמשכת עם טכנולוגיות בינה מלאכותית, באמצעות פיתוח מקצועי, הכשרה ושיתוף פעולה. תחום עיצוב ההוראה מתמקד בשילוב בינה מלאכותית בתהליכי הוראה ולמידה, תוך שימוש באסטרטגיות משולבות בינה מלאכותית, במיומנויות טכנולוגיות ובשיטות הערכה חדשניות שמותאמות ליעדי הלמידה של התלמידים. תחום בחירת התוכן שם דגש על שילוב בינה מלאכותית בתוכן רלוונטי לכל מקצוע, ועל פיתוח אוריינות בינה מלאכותית של התלמידים בדיסציפלינות השונות. חשוב לשים לב לכך שעיצוב ההוראה מתייחס לאופן שבו הבינה המלאכותית מיושמת בפרקטיקות ההוראה, בעוד שבחירת התוכן מתמקדת באלמנטים המשולבים, כגון תכנים ספציפיים למקצוע ופיתוח אוריינות בתחום הבינה המלאכותית.

פיתוח כישורי בינה מלאכותית במסגרת "AI-Enhanced DigCompEdu", מכין מורים ותלמידים לאתגרים ולהזדמנויות בעידן הבינה המלאכותית. גישה זו מעודדת למידה רב-תחומית, פיתוח מיומנויות חדשנות והכנה לקריירה. המסגרת הפדגוגית המשולבת בבינה מלאכותית, מדגישה את החשיבות הטמונה בשילוב אסטרטגי של טכנולוגיות אלה בפרקטיקות ההוראה (Ng et al, 2023). הגישה המשולבת של מסגרת ה-AI-Enhanced DigCompEdu, המשלבת שיקולים טכנולוגיים, פדגוגיים ואתיים, מספקת עדשה תיאורטית רלוונטית למחקר זה. הסעיף הבא יבחן מחקרים אמפיריים על השפעות פיתוח מקצועי של מורים על אוריינות הבינה המלאכותית שלהם, תוך גישור בין תיאוריה להקשרים חינוכיים מעשיים.

מסגרת נוספת היא המודל ההוליסטי לפיתוח מקצועי של מורים בעידן הבינה המלאכותית, כפי שתואר על ידי פילו, רבין ומור (2024) - מודל המיישם גישה רחבה הכוללת ארבעה ערכים מרכזיים: חוסן, אמפתיה, אהבה לטבע ושוויון הזדמנויות, ושלושה עקרונות פעולה: למידה מתמדת, יזמות וחשיבה ביקורתית. במסגרת עקרון הלמידה המתמדת, מובאות שלוש מיומנויות יסוד: כשירות בתחום הבינה המלאכותית (כולל זיהוי מנגנוני AI, שימוש יעיל, הפעלת סוכנות ערך ופונקציה אתית) לצד יצירתיות ומיומנויות חברתיות (Filo, Rabin & Mor, 2024).

2.3.3. ממצאים אמפיריים על פיתוח מקצועי ממוקד בינה מלאכותית של מורים

מחקרים עדכניים בחנו את ההשפעה של תוכניות פיתוח מקצועי ממוקדות בינה מלאכותית יוצרת (GenAI) של מורים, על אוריינות בינה מלאכותית של מורים ועל פרקטיקות כיתתיות. Chiu (2023) בחן את השימוש ב-ChatGPT וב-Midjourney בבתי ספר; Ding et al. (2024) חקרו תוכנית פיתוח מקצועי מבוססת-מקרים למורי מדעים; Yang ו-Kong (2024) הציעו מסגרת לשילוב GenAI לשיפור למידה בווידאו עצמי בקרב תלמידי יסודי; ו-Meli et al. (2024) בחנו את השפעת יוזמת *AI in Education Frontiers* על מחנכים באזורים מרוחקים. מחקרים אלה מצביעים על מגוון הקשרים, מודלים ואתגרים בשילוב בינה מלאכותית בחינוך, אך מרביתם מתמקדים בקהלים או בתחומי דעת מסוימים, כגון חינוך יסודי, מקצועות ספציפיים או הקשרים גיאוגרפיים ייחודיים.

היוזמות שנבדקו, התבססו על גישות מגוונות: Chiu (2023) הפעיל סמינר של שיעורים ושתי סדנאות בנות שלוש שעות; Ding et al. (2024) יישמו תוכנית מבוססת-מקרים של ארבע שעות; Meli et al. (2024) שילבו הכשרה א-סינכרונית וסינכרונית עם אפליקציית חונכות מבוססת AI; ו-Yang ו-Kong (2024) פיתחו תוכנית בת 60 שעות למורי יסודי. מגוון זה מחייב כלי ניתוח אחיד, ובפרק זה ייעשה שימוש במסגרת ה-AI-Enhanced DigCompEdu (Ng et al, 2023) לצורך מיפוי הממצאים האמפיריים והבנת הידע, המיומנויות והעמדות שפותחו.

בממד **המעורבות המקצועית**, המחקרים הראו כי פיתוח מקצועי יכול לטפח מעורבות גבוהה יותר בקרב מורים: Chiu (2023) מצא כי נדרשת הכשרה שוטפת, במיוחד בהיבטים אתיים ובכלים חדשים; ו-Kong ו-Yang (2024) ציינו השתתפות פעילה של מורים בפיתוח תוכניות לימודים משולבות AI; Ding et al. (2024) הדגישו את תרומת הלמידה מבוססת המקרים לפתרון בעיות שיתופי; ו-Meli et al. (2024) הראו כיצד יוזמות מובנות בונות קהילות למידה תומכות.

בממד **עיצוב ההוראה** Yang-i , Kong (2024) הדגישו את תרומת ה-GenAI לתמיכה בלמידה בוויסות עצמי, באמצעות הצבת מטרות ורפלקציה; Chiu (2023) דיווח על חיפוש אחר גישות הערכה חדשות, כולל הערכה עצמית של תלמידים; ודינג ועמיתיו (2024) ציינו הסתמכות רבה של מורים על ניסיון אישי, מה שמצביע על צורך בהנחיה מפורשת ליישום יעיל.

בממד **הסוגיות האתיות** Chiu (2023) , Yang-i Kong (2024) תיעדו דאגות של מורים בנוגע להענקות ולהשלכות אתיות; Ding et al (2024) מצאו שדיונים מבוססי-מקרים הגבירו את ההתייחסות לסוגיות אתיות בפרקטיקה.

בישראל, אימוץ הבינה המלאכותית בחינוך מתרחש על רקע מדיניות מתהווה של משרד החינוך, המשלבת הכוונה פדגוגית עם התוויית כללים לשימוש אחראי, ובדגש על שמירה על ערכים חינוכיים, פיתוח חשיבה ביקורתית והגנה על פרטיות התלמידים. ההטמעה מושפעת ממבנה מערכת החינוך, הכולל ריבוי מגזרים, פערים טכנולוגיים בין בתי ספר, וחוזק המסורת של הערכה מבוססת עבודות גמר בבתי ספר תיכוניים. בהקשר זה, המחקר הנוכחי מתמקד בפיתוח מקצועי ממוקד במ"י עבור מנחים ומורים המלווים תלמידי תיכון בתהליכי חקר וכתיבת עבודות גמר – תחום שזכה עד כה להתייחסות מחקרית מוגבלת, אך כזה המהווה זירה קריטית לשילוב מושכל של בינה מלאכותית לצורך טיפוח מיומנויות חקר, חשיבה ביקורתית ועבודה מבוססת פרויקטים.

2.4. עבודות גמר בתיכון

2.4.1. על עבודות גמר בתיכון

עבודת הגמר היא עבודת מחקר עצמית, עיונית או עיונית-מעשית, שהתלמיד רשאי להגישה למשרד החינוך כחלק מהמשימות לקבלת תעודת בגרות, ושהיקפה הוא 5 יחידות לימוד בתחום הדעת בו היא נכתבת. העבודה נכתבת על פי כללים אקדמיים המקובלים בתחום הדעת בו היא נכתבת (בהיקף דומה לעבודה סמינריונית באוניברסיטה בתואר ראשון), לצד דרישות מקצועיות שנקבעו על ידי הפיקוח באגף לחינוך על-יסודי ועל ידי המזכירות הפדגוגית של משרד החינוך.

בעבודת הגמר, על התלמיד להתמודד באופן עצמאי ומעמיק עם סוגיה מחקרית מסוימת. לא מצופה שהוא יגיע בהכרח לחידוש אקדמי/מדעי, אך כן מצופה ממנו לקיים דיון מקיף ושיטתי בסוגיה, לגבש ידע חדש, ולא להסתפק בסיכום של ידע קיים. בהכנת העבודה, על התלמיד

להתבסס על ידע תיאורטי עדכני, על דרכי מחקר מקובלות ועל דרכי עבודה מדעיות - זאת בליווי ובהדרכה של מורים, חוקרים ואנשי מדע. תהליך הכנת עבודת הגמר מעודד למידה עצמאית, ומחייב השקעה עצמית במחקר אישי, עבודה מעבר לשעות הלימוד בכיתה ובית הספר והשקעה באתגר לימודי ייחודי¹.

מי רשאי להגיש עבודת גמר?

כל תלמיד ותלמידה בבית ספר על-יסודי אינטרני שניגשים לבחינות בגרות, רשאים לכתוב עבודת גמר ולהגישה למשרד החינוך כחלק מבחינות הבגרות שלהם. בוגרי מערכת החינוך ונבחני משנה (תלמידים אקסטרניים) אינם רשאים להגיש עבודת גמר. תלמידי קידום נוער (היל"ה) בגילאי 18-16 זכאים להגיש הצעת מחקר, שנה לפני שנת סיום הלימודים, ועבודה בשנתם האחרונה במערכת החינוך. במקרה של תלמידים מעל גיל 18, הגשת העבודה מותנית באישור ועדת חריגים מטעם היל"ה (לפרטים, ראו קישור לאתר עבודות הגמר ולמידעון), ובתנאי שבמועד הגשת ההצעה, נותרה להם שנה נוספת לסיים את כתיבת העבודה, והם עדיין רשומים ולומדים במערכת של מסגרת היל"ה.

כל עבודה מחויבת בהגשת הצעת מחקר ובאישורה. ניתן להתחיל לכתוב הצעה לעבודת גמר (הצעת מחקר) בכיתה י' או י"א. יש להגיש את החלק הכתוב של העבודה בשנה העוקבת - בכיתה י"א או י"ב (בהתאמה לשנת הגשת ההצעה, ובתנאי שזו אושרה). הצעת המחקר ועבודת הגמר יוגשו על ידי תלמיד או תלמידה יחידים בלבד, ולאחר הכנה עצמאית והוגנת של ההצעה/העבודה. שני תלמידים (או יותר) מאותו מוסד או ממוסדות שונים אינם רשאים להגיש עבודה העוסקת בנושא זה (ייתכן נושא דומה, אך נדרש פיתוח עצמאי של מהלך החקר).

כל תלמיד המבקש להגיש עבודת גמר, מחויב בליווי אישי של מנחה, המומחה לתחום הדעת בו נכתבת העבודה. אפשרות כתיבת עבודת גמר מותאמת לעבודה אחת לתלמיד. במקרים חריגים, אם תלמיד מעוניין לכתוב שתי עבודות גמר בתחומים שונים, יפנה המנהל במכתב רשמי אל

¹ פורטל עובדי הוראה, המרחב הפדגוגי, עבודות גמר

הפיקוח על עבודות הגמר, בבקשה מנומקת המתייחסת ליכולותיו של התלמיד ולמידת ההתאמה שלו לכתיבת שתי עבודות גמר.

סוגי עבודות הגמר

עבודת גמר עצמאית (שאינה צמודה)

עבודת גמר בהיקף 5 יח"ל בלבד, בתחום דעת כלשהו שאותו התלמיד מבקש לחקור באופן עצמאי - בין אם תחום הדעת נלמד בבית הספר, ובין אם אינו נלמד בבית הספר, ובתנאי שיש סמל שאלון מוכר לתחום, או עבודת גמר בתחום דעת אותו לומד התלמיד בבית הספר, והוא מעוניין להרחיבו ולהוסיף בו 5 יחידות לימוד נוספות באמצעות הכנת עבודת גמר.

עבודת גמר ממירת בגרות חיצונית (עבודה צמודה)

עבודה הממירה את מבחן הבגרות החיצוני בתחום דעת אותו לומד התלמיד בביה"ס. התלמיד נדרש לנוכחות מלאה בשיעורים בתחום הדעת, להגשת מטלות ולעמידה במבחנים, למעט מבחן הבגרות החיצוני שהעבודה ממירה אותו בלבד. במידה והתלמיד עמד בכל חובות הנוכחות והלמידה והגיש עבודה, עבודה זו תדווח בתעודת הבגרות כעבודת גמר לבגרות בהיקף 5 יח"ל, וזאת במקום יחידות הלימוד של התחום בו נכתבה העבודה.

תהליך כתיבת עבודת גמר

יש להקפיד על עצמאות העבודה של התלמידים בעת הכנת ההצעה ובכל שלבי העבודה ומרכיביה. הצעות מחקר ועבודות שלא יהיו בהן הקפדה מלאה על עצמאות העבודה של התלמיד/ה לכל אורך תהליך ההכנה, ודיוק בפרטים המדווחים על התלמיד ולימודיו – עלולות להיפסל. האחריות על כך מוטלת על התלמיד/ה, על המנחה ועל בית הספר. להנחיות לשימוש מושכל ביישומי בינה מלאכותית – ראו מסמך ההנחיות כללי, ולפרקטיקות וכלים לכתיבת עבודה בסיוע בינה מלאכותית – ראו במאגר הפרקטיקות.

הכתיבה תיעשה בהלימה להצעת המחקר המוגשת (הלימה זו תיבחן בשלב הערכת העבודה). ניתן ורצוי להרחיב את הרשימה הביבליוגרפית שפורטה בהצעה, ולדייק את תתי הפרקים בעבודה. אך

במקרה של שינוי מהותי במתודולוגיה המחקרית, בפרקי העבודה ו/או שינוי בשאלת המחקר לאור ממצאי המחקר, יש להגיש הצעת מחקר מחודשת לאישור הפיקוח על עבודות גמר.

יש חשיבות רבה לכך שהתלמידים יכירו מלכתחילה את תהליך ההערכה ומרכיביו, כפי שהם מופיעים במחווים של תחומי הדעת. על בית הספר מוטלת האחריות ללוות את התלמיד, וכן לוודא שכל תהליך החקר והכתיבה נעשה ע"י התלמיד עצמו. אין להסתפק בהעברת אחריות זו אל המנחה.

לעיתים, תהליך כתיבת העבודה מחייב הוספת/החלפת מנחה. תהליך כזה דורש הגשת הצעה מחודשת וקבלת אישור הפיקוח על עבודת גמר והמפמ"ר.

2.4.2. חשיבות המחקר בנושא

הקשר בין המחקר בשנת תשפ"ד למחקר הנוכחי בתשפ"ה

השימוש בכלים מבוססי בינה מלאכותית בתהליכי מחקר זוכה לתשומת לב הולכת וגוברת, בייחוד בזירה האקדמית. הכלים הדיגיטליים החדשניים שמשלבים יכולות של בינה מלאכותית, פותחים אפשרויות חדשות לקידום יכולות המחקר והכתיבה של תלמידים, לרבות תלמידי החטיבה העליונה.

סקירה שיטתית של 24 מחקרים שפורסמו מאז 2019, זיהתה שישה תחומי מפתח שבהם בינה מלאכותית משפיעה משמעותית על העבודה האקדמית: (1) סיוע ביצירת רעיונות ותכנון מחקר, (2) שיפור תוכן ומבנה, (3) תמיכה בסקירת ספרות וסינתזה, (4) שיפור ניהול וניתוח נתונים, (5) תמיכה בעריכה, סקירה ופרסום, ו-6) סיוע בתקשורת, הנגשה ועמידה בדרישות אתיקה (Khalifa & Albadawy, 2024).

המחקר בשנת תשפ"ד בחן את האפשרות לשילוב יישומי בינה מלאכותית בתהליך כתיבת עבודת גמר לבגרות, והתמקד בשלב הראשון של העבודה – כתיבת ההצעה – תוך זיהוי והצעה של פרקטיקות ליישום (ראו: ערכה למורה, באתר המכון ליישומי בינה מלאכותית; גפן, 2024). כבר אז עלתה המחשבה להרחיב את המחקר והפיתוח לשלבים נוספים של כתיבת עבודת הגמר ולשלב מחקר מלווה הטמעה, אך מהלך זה לא התקיים בפועל, מאחר שלא נערכה השתלמות ייעודית. מאז, נוספו והתעדכנו יישומים וכלים רבים. הניסוי הנוכחי נועד לתקף את מסקנות

הניסוי הראשון, להרחיב ולעדכן אותן, אך הוא אינו עוסק בתהליכי יישום והטמעה מערכתיים – לא אשתקד וגם לא השנה. לפיכך, בניסוי הנוכחי עודכנו פרקטיקות קודמות, וכן גם נבחנו פרקטיקות שונות המאפשרות עריכת מחקר וכתובת עבודת גמר בהתאם לשלבים השונים בתהליך, על פי דרישת משרד החינוך. המחקר המלווה את הניסוי, נועד להרחיב את תשתית הידע בנושא שילוב יישומי במ"י במחקר, הבנת ההזדמנויות והאתגרים הכרוכים בכתיבה מחקרית, שיפור היכולת לעצב פרקטיקות של הוראה באופן מיטבי ושיפור התוצרים המופקים על ידי הלומדים.

2.4.3. שימוש בבינה מלאכותית לצורך זיהוי נושא למחקר וניסוח שאלת מחקר

שילוב בינה מלאכותית בשלבים הראשונים של תהליך המחקר מאפשר לחוקרים לזהות פערי ידע ומגמות מחקר מתפתחות (Vacalares et al., 2023). כלים מבוססי AI מסוגלים לנתח כמויות גדולות של פרסומים אקדמיים, לזהות נושאים מתפתחים ופערים בספרות, ולסייע בניסוח שאלות מחקר פוטנציאליות ומיקודן (Gao & Wang, 2023). כך למשל היישום Monica מחולל שינוי באופן שבו מתבצעים סקירת הספרות האקדמית וחיפוש מקורות מחקריים: באמצעות ויזואליזציה מתקדמת של קשרים בין מאמרים, הכלי מאפשר לחוקרים למפות במהירות שדות מחקר חדשים ולזהות מגמות מרכזיות בתחומם. היתרון המשמעותי של הכלי טמון ביכולתו לחשוף קשרים בין מאמרים מעבר לציטוטים ישירים, ולהציג באופן חזותי את התפתחות הידע בתחום מסוים לאורך זמן. הכלי מציע מספר פונקציות מפתח: יצירת מפה ויזואלית של תחום מחקר חדש, זיהוי מאמרים חשובים שייתכן שפוספסו, סיוע בבניית ביבליוגרפיה מקיפה, וחיפוש עבודות מוקדמות ונגזרות משמעותיות.

2.4.4. שימוש בבינה מלאכותית לצורך איתור מקורות וסינונם

כמות המידע העצומה הזמינה באינטרנט עלולה להיות מציפה עבור תלמידי תיכון העורכים מחקר. מנועי חיפוש ומערכות אחזור מידע מבוססי בינה מלאכותית, יכולים לסייע לתלמידים לנווט בין מקורות המידע הזה ביעילות רבה יותר, על ידי מתן תוצאות חיפוש מותאמות והקשריות. מערכות אלו מסוגלות להבין את כוונת המשתמש, לנתח את הרלוונטיות ואת האיכות של המקורות, ולהציג את המידע המהימן והרלוונטי ביותר לתמיכה בתהליך המחקר (White, 2024). מנועי חיפוש מבוססי בינה מלאכותית כגון: Scispace, Undermind, Consensus, Perplexity, יכולים להשתמש בעיבוד שפה טבעית להבנת שאלת המחקר של התלמיד ולזיהוי מקורות המידע הרלוונטיים ביותר. מנוע החיפוש יכול אז לתעדף ולדרג את התוצאות על בסיס גורמים כמו אמינות, עדכניות והתאמה לנושא המחקר, ואף לספק תקציר על אודות הנושא. יחד

עם זאת, במחקר שנעשה באוניברסיטת הרווארד, בהקשר של איתור מקורות מידע רפואיים, נמצא כי אף שמודלים לשוניים מבוססי AI לאחזור מידע עשויים לסייע לחוקרים, עדיין קיים צורך מהותי במערכות חיפוש שיציגו הקשר ספציפי של מידע ושיהיו אמינות ועדכניות (Hersh, 2024).

במחקר שבו ניתחו החוקרים את השימוש בפלטפורמות בינה מלאכותית שניתן להשתמש בהן לצורך הנחיית תהליכים הקשורים לכתיבה בקרב 30 תלמידי תיכון, הם נעזרו בכלי AI כשותפים בתהליכי חשיבה וכתיבה. החוקרים המשיגו 3 רמות של מעורבות ביקורתית: ללא מעורבות, מעורבות רדודה ומעורבות עמוקה. במקביל, הוגדרו 5 ממדים של אינטראקציה ביקורתית עם AI, ליצירת מסגרת CIAW (אינטראקציה ביקורתית עם AI לכתיבה), כמודגם בטבלה שלהלן: אינטראקציה ביקורתית לצורך תכנון והעלאת רעיונות, אינטראקציה ביקורתית לצורך חיפוש מידע והערכתו, אינטראקציה ביקורתית לצורך כתיבה ופרזנטציה, אינטראקציה ביקורתית לצורך רפלקציה על כתיבה עם בינה מלאכותית, ואינטראקציה ביקורתית לצורך מעורבות דיאלוגית (ר' טבלה להלן). מניתוח תוכן איכותני של 49 מטלות כתיבה של תלמידים, נצפו בעיקר רמות רדודות של מעורבות עם ChatGPT במהלך משימת כתיבה אותנטית, למעט ברפלקציה העצמית שלהם. אינטראקציה ביקורתית חשובה כיום יותר מתמיד עבור לומדים, מכיוון שהבינה המלאכותית הג'נרטיבית משפיעה על שלבים רבים בכתיבה. תהליך משמעותי שמושפע, הוא חיפוש מידע, כאשר AI עלול להמציא או לפשט יתר על המידה מידע, להטעות לומדים ולפגוע בפיתוח מיומנויות פתרון בעיות. ממצא זה מצביע על הצורך בשינויים בתכנון תוכניות לימודים והערכה שיכללו יותר הכשרה ופיתוח מיומנויות ללומדים לעבודה בשותפות יעילה עם AI. כאשר הסתמכות על AI פוגעת בלמידה, יש ללמד אותם לדחות את הטקסטים. רק באמצעות התנסות והבנה של שימוש מושכל בבינה מלאכותית, ניתן יהיה לרתום את הפוטנציאל שלה לתמיכה בלמידה ובחשיבה (Shibani, 2024).

טבלה 1: המסגרת המוצעת לאינטראקציה ביקורתית עם בינה מלאכותית לכתיבה (CIAW)

ממד	קוד	תיאור
אינטראקציה ביקורתית לתכנון ופיתוח רעיונות	עמוק	הלומד מפגין אינטראקציה ביקורתית ומחושבת עם הבינה המלאכותית בשלבים המוקדמים של הכתיבה ליצירה, תכנון וארגון של הרעיונות שלו לתוכן הכתיבה. הדבר עשוי לכלול הפניות לז'אנר/קהל היעד של הכתיבה, מתן מבנה מפורט/משימות ספציפיות מההוראה, והתנסות עם הבינה המלאכותית לבדיקת רעיונות.
	רדוד	הלומד מפגין אינטראקציה שטחית ובסיסית עם הבינה המלאכותית בשלבים המוקדמים, לקבלת רעיונות נוספים לתוכן הכתיבה שלו. הדבר עשוי לכלול קבלת רעיונות לכתיבה בהתחלה וסיעור מוחות, בקשה למקומות מתאימים למצוא מידע, וקבלת בהירות ביחס למסלול הנרטיב.
	נעדר	הלומד אינו מפגין אינטראקציה עם הבינה המלאכותית בשלבים המוקדמים של הכתיבה.
אינטראקציה ביקורתית לחיפוש מידע	עמוק	הלומד מפגין אינטראקציה ביקורתית ומחושבת עם הבינה המלאכותית לניתוח דיוק המידע באמצעות הבינה המלאכותית. הדבר עשוי לכלול בדיקת מידע לא מעודכן, חיפוש מקורות אחרים, בדיקת עובדות והשוואה עם מקורות מידע אמינים.

רדוד	הלומד מפגין אינטראקציה שטחית ובסיסית עם הבינה המלאכותית לבדיקת מידע. הדבר עשוי לכלול פנייה לבינה מלאכותית למציאת תוכן רלוונטי או לקבלת מקורות מידע מוסק ולא נכון או מידע לא אמין.
נעדר	הלומד אינו מפגין אינטראקציה עם הבינה המלאכותית למציאת מידע.
עמוק	הלומד מפגין אינטראקציה ביקורתית ויסודית עם הבינה המלאכותית לסיוע בכתיבה או הגהה. הדבר עשוי לכלול שימוש בבינה מלאכותית לשיפור הזרימה, הקוהרנטיות או התוכן של הכתיבה מעבר לעריכות שטחיות.
רדוד	הלומד מפגין אינטראקציה שטחית ובסיסית עם הבינה המלאכותית לסיוע בכתיבה. הדבר עשוי לכלול בקשה להגהה בסיסית, ניסוח מחדש, עיצוב, בדיקת איות או דקדוק. הדבר עשוי גם לכלול שילוב טקסט מתגובות הבינה המלאכותית כפי שהוא ללא עריכה נוספת משמעותית.
נעדר	הלומד אינה מפגין אינטראקציה עם הבינה המלאכותית בזמן יצירת הכתיבה שלו.
עמוק	הלומד מפגין אינטראקציה ביקורתית ומחושבת עם הבינה המלאכותית כשהוא מתבונן על השימוש שלו בבינה מלאכותית במהלך תהליכים שונים. הדבר עשוי לכלול הצהרות על תפקיד הבינה המלאכותית, היתרונות, וכן אזורים בהם הבינה המלאכותית סייעה, הדגשת מגבלות הבינה המלאכותית והסיכונים הקשורים או הבעת יתרונות בולטים ושימושויות של הבינה המלאכותית לעומת בני אדם, כגון תמיכה בטיעונים של אנשים להביע דברים כמו תלות יתר.

רדוד	הלומד מפגין אינטראקציה שטחית ובסיסית עם הבינה המלאכותית, כשהוא מתבונן על השימוש שלו בבינה מלאכותית במהלך תהליכים שונים. הדבר עשוי לכלול רפלקציה מכוונת משימה ואת הדברים שהוא מצפה מהבינה המלאכותית, אך ללא הבנה אמיתית של ההשלכות והמחשבה האישית.	
נעדר	הלומד נכשל בכתיבת הצהרה רפלקטיבית אישית עם הבינה המלאכותית.	
עמוק	הלומד עוסק בדיאלוג מעמיק, רפלקטיבי ואינטראקטיבי עם הבינה המלאכותית. הדבר כולל שאילת שאלות מעקב, בקשת הבהרות, ומעורבות משמעותית עם תגובות הבינה המלאכותית.	מעורבות דיאלוגית
רדוד	הלומד עוסק בדיאלוג הנחייתי וטרנזקציונאלי עם הבינה המלאכותית. הדבר עשוי לכלול מענה לבינה מלאכותית, עם הצהרות של משפט אחד, בקשות או שאילת מידע ספציפי, ללא המשך אינטראקציה עם התגובה.	
נעדר	הלומד אינו מפגין מעורבות דיאלוגית עם הבינה המלאכותית.	

2.4.5 שימוש בבינה מלאכותית לצורך ארגון ומיזוג מידע

התהליך של ארגון ומיזוג מקורות מידע, כולל איסוף, סינון ושילוב של מקורות שונים ליצירת תמונה כוללת ומדויקת של הנושא. תהליך זה דורש חשיבה ביקורתית לבחינת אמינות ואיכות המקורות, לצד חשיבה אנליטית, כדי לקשר בין רעיונות ממקורות שונים ולבנות נרטיב מגובש. תהליך זה מהווה חלק בלתי נפרד מכתובה אקדמית, שכן השלב של ארגון ומיזוג מקורות הוא זה שמאפשר לבנות טיעון מבוסס היטב, להציג פרספקטיבות שונות ולהתמודד עם סתירות בין מחקרים. כתיבה כזו דורשת מיומנות בהצגת רעיונות באופן ברור ומובנה, כך שהקורא יוכל לעקוב אחרי ההיגיון והעומק של הניתוח. עבור תלמידי תיכון, זהו

אתגר, הנחשב לעיתים אף כ'מאבק', משום שנדרשות כאן כמה מיומנויות חדשות ומתקדמות לבניית נרטיב משכנע ומובנה בתהליך הכתיבה (Graham & Sandmel, 2011).

כלים מבוססי בינה מלאכותית יכולים לסייע בתהליך זה, על ידי חילוץ אוטומטי של מידע מפתח, זיהוי קשרים בין מושגים, ויצירת תקצירים או מתווים לעזור לתלמידים לבנות את המחקר שלהם. לדוגמה, אלגוריתמים לסיכום טקסט מבוססי בינה מלאכותית יכולים לנתח את התוכן של מאמרי מחקר ופרקי ספרים (Cajueiro et al, 2023)(Tovar, 2023)(Torre-López et al., 2023), תוך חילוץ הנקודות הבולטות ביותר ויצירת תקצירים תמציתיים. חוסר בני וטרבלסי טוענים כי תקצירים אלה יכולים לשמש כנקודות התחלה חשובות לתלמידים להבנת הרעיונות והממצאים המרכזיים ממקורותיהם (Khosravanian and Trabelsi, 2023). נוסף על כך, כלי ניהול ציטוטים מבוססי בינה מלאכותית יכולים לסייע לתלמידים בארגון ובציטוט המקורות, תוך סיוע בעמידה בסטנדרטים של יושרה אקדמית ובהורדת העומס של ניהול ציטוטים ידני (Dong, 2023).

2.4.6. שימוש בבינה מלאכותית לצורך שיטת המחקר

תכנון שיטת מחקר הוא התהליך שבו חוקרים מגדירים ומעצבים את האופן שבו הם יאספו, ינתחו ויפרשו נתונים במטרה לענות על שאלת מחקר מסוימת. שלב זה חיוני להצלחת המחקר, שכן הוא משפיע על תוקף ומהימנות הממצאים. בתכנון שיטת המחקר, החוקרים בוחרים את סוג המחקר המתאים (כמותי, איכותני או משולב), את אוכלוסיית המחקר, את כלי האיסוף (כגון סקרים, ראיונות או תצפיות) ואת שיטת הניתוח המתאימה. מטרת תכנון שיטתי היא להבטיח כי המחקר יהיה מובנה ומדויק, וכי ניתן יהיה לחזור עליו ולהפיק ממנו תובנות משמעותיות לגבי סוגיית המחקר.

פיתוח מתודולוגיית מחקר מתאימה הוא היבט קריטי בתהליך כתיבת המחקר, אך הוא עשוי להיות מאתגר עבור תלמידי תיכון, משום שהוא דורש הבנה של תהליך החקר על כל שלביו, ידע של מושגים מדעיים וסטטיסטיים, יכולות של תכנון וארגון וחשיבה ביקורתית, וכן יכולות של ניסוח שאלות מחקר ברורות (Hesselbach et al, 2012).

ניתן לשפר משמעותית את שלב תכנון המתודולוגיה המחקרית עבור תלמידי תיכון, באמצעות מערכות בינה מלאכותית העשויות לספק תמיכה בתהליך. מודלי השפה הג'נרטיביים יכולים לספק המלצות מותאמות אישית לשיטות מחקר, בהתבסס על שאלות המחקר של התלמידים, רמת הניסיון שלהם והמשאבים העומדים לרשותם. כלי הבינה המלאכותית יכולים לסייע בתכנון המחקר, באמצעות הצעת מתווה מחקר, עזרה בהגדרת משתנים ומדדים, המלצה על גודלי מדגם מתאימים והצעת כלי מחקר רלוונטיים. יתר על כן, מערכות אלה יכולות להציע תמיכה מתודולוגית, באמצעות דוגמאות למחקרים

דומים, הסברים על היתרונות והחסרונות של שיטות שונות וזיהוי אתגרים פוטנציאליים (2019, Longo). בהיבט של ניתוח נתונים, הבינה המלאכותית יכולה להמליץ על שיטות ניתוח מתאימות של מחקר איכותני או כמותי, ולספק הדרכה בשימוש בכלים מגוונים וכן בפירוש התוצאות. המערכות יכולות גם לתמוך בכתיבה מדעית, באמצעות אספקת תבניות להצעות מחקר והנחיות לתיעוד המתודולוגיה. בקרת האיכות משתפרת, באמצעות זיהוי פערים במערך המחקר והצעות לשיפור התקפות והמהימנות. באמצעות יכולות למידה אדפטיבית, מערכות הבינה המלאכותית יכולות להתאים את רמות ההוראה להתקדמות התלמיד ולספק משוב מותאם אישית. נוסף על כך, בינה מלאכותית מציעה נגישות בלתי מוגבלת בזמן ובמקום להדרכת התלמידים בנוגע לנושאים אלה. אולם חשוב להדגיש כי יש להיעזר במערכות אלה להשלמת הלמידה ולא להחלפת ההנחיה האנושית (2024, Velazquez).

דוגמה מעניינת לתמיכה והדרכה אפשריות באמצעות בינה מלאכותית היא תת מערכות כגון בוטים (Bot) שניתן לפתח. במחקר פורץ דרך שנערך באוניברסיטת הרווארד בסתיו 2023, פיתחו חונך מבוסס בינה מלאכותית. המחקר, שכלל 194 סטודנטים לתואר ראשון בקורס מבוא בפיזיקה, בחן מערכת הוראה מתקדמת המבוססת על טכנולוגיית 4-GPT ומתוכננת בקפידה על פי עקרונות פדגוגיים. המערכת, שכונתה "PS2 Pal", משלבת מגוון מרכיבים חינוכיים, הכוללים חומרי עבודה מובנים, הקדמות מוקלטות בווידאו, והנחיה מדורגת המאפשרת אינטראקציה דו-כיוונית עם התלמידים. העקרונות הפדגוגיים המנחים את המערכת, כוללים מתן תשובות קצרות וממוקדות, הצגת מידע בשלבים מדורגים לניהול העומס הקוגניטיבי, ועידוד התלמידים לפתרון עצמאי לפני קבלת סיוע, תוך שמירה על טון תומך המקדם למידה פעילה וגישת צמיחה. הממצאים המרכזיים מראים כי הסטודנטים שהשתמשו במערכת, השיגו שיפור משמעותי בהישגי הלמידה, והציגו רמות גבוהות יותר של מעורבות ומוטיבציה, וזאת בזמן למידה קצר יותר בהשוואה ללמידה המסורתית בכיתה. עם זאת, המחקר מעלה שאלות חשובות לגבי יכולת ההכללה של התוצאות מעבר לאוכלוסיית הסטודנטים של הרווארד, לגבי השימור ארוך הטווח של הלמידה, ולגבי היכולת לפתח מיומנויות חשיבה מסדר גבוה באמצעות חונכות מבוססת בינה מלאכותית. המחקר מדגיש את הצורך בחשיבה מחודשת על האופן שבו אנו מיישמים טכנולוגיות בינה מלאכותית בחינוך, תוך התייחסות לאפשרות לפיתוח מודלים חינוכיים חדשניים שחורגים מהפרדיגמה המסורתית של העברת ידע בהובלת מורה או חונך (2023. Kestin et al).

2.4.7 שימוש בבינה מלאכותית לצורך ניתוח נתונים וויזואליזציה

ניתוח ופרשנות של נתוני מחקר יכולים להיות משימה מאתגרת עבור תלמידי תיכון, שייתכן שעדיין חסרות אצלם המיומנויות הסטטיסטיות והחשוביות הנדרשות (2003, Groth). כלי ניתוח והדמיית נתונים

מבוססי בינה מלאכותית יכולים לסייע לתלמידים להבין ולתקשר את ממצאי המחקר שלהם ביעילות רבה יותר (Israel-Fishelson et al., 2024). כלי ניתוח נתונים מונעי בינה מלאכותית יכולים לבצע את תהליך ניקוי הנתונים, עיבודם וניתוחם הסטטיסטי באופן אוטומטי, תוך מתן תובנות ופרשנויות שעשויות להיות מעבר ליכולותיהם האנושיות או ההתפתחותיות הנוכחיות של התלמידים. לדוגמה, כלים מבוססי בינה מלאכותית יכולים לזהות דפוסים, מגמות וקורלציות בתוך הנתונים, וליצור ייצוגים חזותיים והמחשות שמתקשרים ביעילות את ממצאי המחקר.

דיקשיס (Deekshith, 2020) דן באפשרויות שבהן בינה מלאכותית (AI) תורמת לשיפור מדע הדאטה, ובפרט בתחום ויזואליזציה ופירוש של נתונים. הוא מדגים כיצד טכניקות AI, כגון זיהוי תבניות, יצירת גרפים אוטומטיים ויצירת נרטיבים טקסטואליים, מאפשרות למשתמשים, גם ללא רקע טכני, להבין מגמות, אנומליות וקשרים במערכי נתונים מורכבים. לדוגמה, כלים עם עיבוד שפה טבעית (NLP) מאפשרים להמיר נתונים מורכבים לנרטיבים המסבירים את הממצאים, כך שגם תלמידים ומשתמשים אחרים יכולים להבין את הנתונים ולהסיק מהם תובנות חשובות. החוקרים מציגים דוגמאות לכלים וטכנולוגיות קיימים המדגימים את השימוש ב-AI להפקת ויזואליזציות דינמיות, אינטראקטיביות ואוטומטיות התומכות בתהליכי קבלת החלטות בזמן אמת. המתודולוגיה כוללת גם סקירה של אתגרים אתיים, כמו הטיות אפשריות ודיוק בפרשנות, לצד דיון בדרכים שבהן ניתן להתמודד עם אתגרים אלו כדי להבטיח שהשימוש בבינה מלאכותית יתרום להבנת נתונים מושכלת ונגישה (Deekshith, 2020).

בינה מלאכותית עשויה לסייע גם במחקר איכותני. כריית טקסט, המבוססת על בינה מלאכותית ועיבוד שפה טבעית, מתגלה כפתרון מחולל שינוי. ולסקז (Duarte Velazquez, 2024) מציג במאמר, כיצד תוכנות לניתוח נתונים איכותני משולבות בינה מלאכותית, כגון ATLAS.ti ו-MAXQDA, ייעלו תהליכים כמו קידוד אוטומטי וסיכום מאז תחילת 2023. כלים אלה מאפשרים כעת סקירות מקדימות מהירות באמצעות תכונות סיכום, ומייתרים את הצורך במומחיות בתכנות, באמצעות ממשקים אינטואיטיביים. היתרונות המרכזיים כוללים קיצור דרמטי של זמן הקידוד הידני באמצעות קידוד מבוסס בינה מלאכותית, העשרת מערכות קידוד אינדוקטיביות באמצעות הצעות לתתי-קודים המבוססים על ניתוח סמנטי וסיכומים המקדמים תובנות. מודלים של למידה עמוקה בכלים אלה עשויים לאפשר זיהוי של דפוסים מורכבים יותר, תוך שיפור התערבויות חינוכיות באמצעות אסטרטגיות בזמן אמת המבוססות על ממצאים אמפיריים. עם זאת, שימוש אחראי מחייב פיקוח אנושי, לצורך עידון הקידוד ופירוש תוצאות מדויקות תוך שמירה על אתיקה. שילוב של כלים אלה וניתוחים טקסטואליים בקנה מידה גדול באופן אחראי, עשוי לחולל מהפכה במחקרים של מדעי החברה ובהבנת תהליכים חינוכיים מורכבים.

2.4.8. שימוש בבינה מלאכותית לצורך תהליך הכתיבה והעריכה

גישת התהליך בהוראת הכתיבה היא אחת השיטות הנפוצות ביותר להוראת כתיבה בבתי ספר. בגישה זו מושם דגש על תהליך הכתיבה עצמו, ולא רק על התוצר הסופי, ויש לה השפעה חיובית מסוימת על איכות הכתיבה (Graham & Sandmel, 2011). אולם, תהליך הכתיבה והעריכה הוא לעיתים קרובות ההיבט המאתגר והתובעני ביותר בכתיבת מחקר עבור תלמידי תיכון (Hesselbach et al., 2012). עוזרי כתיבה מבוססי בינה מלאכותית יכולים לספק תמיכה חשובה לאורך שלב זה, תוך מתן משוב בזמן אמת על דקדוק, איות, סגנון, ואפילו על קוהרנטיות התוכן. לדוגמה, כלי כתיבה מבוססי בינה מלאכותית יכולים לנתח את הטקסט של התלמיד, ולספק הצעות לשיפור מבנה המשפט, בחירת המילים והבהירות הכללית. כלים אלה יכולים גם לעזור לתלמידים לזהות ולתקן שגיאות כתיבה נפוצות. יתר על כן, כלי עריכה מבוססי בינה מלאכותית יכולים לחרוג מבדיקות דקדוק ואיות בסיסיות, ולספק משוב מתוחכם יותר על הזרימה הלוגית של המאמר, על חוזק הטענות ועל הקוהרנטיות הכללית של נרטיב המחקר (Song & Song, 2023).

מספר מחקרים מתארים את החשש, לפיו השימוש בכתיבה בעזרת בינה מלאכותית עלול לפגוע בכישורי חשיבה ביקורתית ואוטנטיות של הכותבים. בינה מלאכותית יכולה לספק תשובות מהירות, בהירות וממוקדות, אך לעיתים תשובות אלו מגיעות עם נטייה כללית וקבועה, שמכוונת לפתרונות "נכונים" או נפוצים בלבד. משום כך, משתמשים עלולים להסתמך על המידע שה-AI מספק, במקום לנתח את הדברים בעצמם, לחקור דברים לעומק ולהגיע למסקנות מקוריות או אישיות. כאשר כותבים בעזרת בינה מלאכותית, הכותבים עלולים לאבד את הקול האישי והסגנון הייחודי שלהם. כתיבה אוטנטית מתאפיינת בחוויות, תובנות ורגשות אישיים שמייחדים את הפרספקטיבה של הכותב, ובשימוש ב-AI יש נטייה לספק נוסחאות ותשובות כלליות יותר, ללא התעמקות במורכבות האינדיבידואלית של הנושא. כדי להתמודד עם האתגרים הללו, יש להדגיש פיתוח אוריינות בינה מלאכותית בקרב המשתמשים, כך שהם יידעו מתי להשתמש בכלי הכתיבה האוטומטיים, ומתי להוסיף תובנות, חשיבה ביקורתית ואוטנטיות אישית, כדי לשמור על איכויות אלו גם בתהליכי כתיבה המסתייעים בבינה מלאכותית (Darwin et. al. ; 2024, Cardon et. al, 2024).

במחקר שערכו בולאנט ועמיתים, הם ערכו השוואה בין ביצועי כתיבה בסיוע בינה מלאכותית לבין כתיבה ללא סיוע בקרב תלמידי כיתה י', וכן בדקו את הגישה של תלמידים כלפי שימוש בכלי כתיבה מבוססי בינה מלאכותית, מבחינת השימושיות, התועלת וההשלכות השליליות. נמצא שגישת התלמידים כלפי כלי כתיבה מבוססי בינה מלאכותית אינה חיובית במיוחד. למרות שהשימוש בכלים אלו שיפר את ביצועי הכתיבה של התלמידים, הם התקשו להעריך את תרומתם, בשל המודעות שלהם להשלכות השליליות.

התלמידים הפגינו ידע מוגבל לגבי התועלת האמיתית של הכלים הללו, ותפסו אותם בעיקר ככלי לאיסוף מידע בדומה לגוגל, ולא ככלי עזר לכתיבה. גם במחקר זה ממליצים החוקרים, שלפני שילוב כלי בינה מלאכותית בתהליכי כתיבה, יש להכשיר את התלמידים לאוריינות כלים אלה, כולל הבהרת היתרונות והחסרונות שלהם ועידוד לשימוש נאות בהם (Bulante et al, 2024).

2.4.9. לסיכום: הזדמנויות, אתגרים ואיזון בתהליך שילוב במ"י בעבודות גמר בתיכון

השימוש בכלי כתיבה מבוססי בינה מלאכותית בכתיבת מחקר בתיכון, מציע מספר יתרונות פוטנציאליים. ראשית, כלים אלה יכולים לספק משוב מותאם אישית ובזמן אמת לתלמידים, מסייעים להם לזהות תחומים לשיפור, ומכוונים אותם לאסטרטגיות כתיבה יעילות יותר. דבר זה יכול להיות בעל ערך במיוחד עבור תלמידים המתקשים בהיבטים מסוימים של כתיבת מחקר, כאשר המשוב מבוסס הבינה המלאכותית יכול לעזור להם להתמודד עם אתגרים אלה ביעילות רבה יותר. נוסף על כך, כלי כתיבה מבוססי בינה מלאכותית יכולים לעזור להגביר את המוטיבציה של התלמידים, על ידי מתן חוויית כתיבה אינטראקטיבית ומעורבת יותר. תלמידים עשויים למצוא את המשוב המיידי וההצעות מכלי הבינה המלאכותית, משכנעים יותר מאשר משוב כתיבה מסורתי, שלעיתים קרובות נתפס כפחות מותאם אישית או כפחות מיידי (Fontenelle-Tereshchuk, 2024). עם זאת, שילוב הבינה המלאכותית בכתיבת מחקר בתיכון מציג גם אתגרים. אתגר משמעותי אחד הוא הפוטנציאל להסתמכות יתר על כלי בינה מלאכותית, כאשר תלמידים עלולים להפוך לתלויים מדי בטכנולוגיה, ולא להצליח לפתח את כישורי החשיבה הביקורתית והכתיבה העצמאיים שלהם (Dong, 2023). קיים גם חשש שהשימוש בכלי כתיבה מבוססי בינה מלאכותית עלול להוביל לבעיות של יושרה אקדמית (Mohammadkarimi, 2023; Liang, 2023; Chan, 2023), כאשר תלמידים עלולים להתפתות להסתמך על הפלט של הבינה המלאכותית במקום ליצור את עבודתם המקורית.

כדי להתמודד עם האתגרים הללו, חיוני שמחנכים יפתחו גישה מקיפה לשילוב כלי כתיבה מבוססי AI בכתיבת מחקר בתיכון. היבט מרכזי בגישה זו הוא להבטיח שהתלמידים מבינים את המגבלות ואת השימוש הנאות בכלים אלה (Bulante et al, 2024). על המחנכים לספק הנחיות ברורות והדרכה כיצד להשתמש בכלי כתיבה מבוססי AI באופן יעיל, תוך הדגשת חשיבות השמירה על יושרה אקדמית ועל פיתוח כישורי חשיבה ביקורתית וכתיבה עצמאיים שלהם (Chauncey & McKenna, 2023; Tan & Maravilla, 2024). באמצעות יצירת איזון בין יתרונות הסיוע בכתיבה מבוססת AI לבין הצורך לפתח יכולות כתיבה עצמאיות של תלמידים, מחנכים יכולים למנף את כוח ה-AI כדי לשפר את כתיבת המחקר

בתיכון, תוך הבטחת רכישת המיומנויות החיוניות הנדרשות לקריירה האקדמית והמקצועית שלהם (Shen et al., 2021). הכשרת מורים בשימוש מושכל בכלי בינה מלאכותית נמצאה כמרכיב קריטי להצלחת שילובם במערכת החינוך (Meylani, 2024).

2.4.10. אתגרים וסוגיות בהערכת עבודות מחקר שנכתבו בסיוע בינה מלאכותית

על אף הפוטנציאל המשמעותי שטמון בכלים מבוססי בינה מלאכותית (AI) לכתיבת עבודות מחקר, כפי שהוצג לעיל, עולות שאלות מהותיות בנוגע לתהליכי ההערכה של המורים את העבודות שנכתבו על ידי הלומדים ולאתגרים הכרוכים בכך (Mollick & Mollick, 2023). פיתוח מתודולוגיות הערכה המותאמות לעידן הבינה המלאכותית, מציב אתגרים משמעותיים המתועדים זה מכבר גם בספרות המחקרית. על פי מחקרים, אחד האתגרים בהערכת עבודות אקדמיות בעידן הנוכחי טמון בקושי המובנה בזיהוי ובהבחנה בין תוצרים שנכתבו על ידי אדם לבין אלו שנוצרו בסיוע בינה מלאכותית. מכיוון שממצאי מחקרים אמפיריים מעלים כי השימוש בכלי בינה מלאכותית עשוי להשפיע באופן משמעותי על עומק החשיבה והניתוח האקדמי, ברור כי המורה צריכה לקחת זאת בחשבון בתהליכי ההערכה. אך טרם גובשה מתודולוגיה מוסכמת להערכת מידת ההשפעה של כלים אלו על איכות המחקר והכתיבה האקדמיים (Zhao et al., 2024; Daskalaki et al., 2024). עם זאת, מחקרים עדכניים מצביעים על הצורך בפיתוח מערכות הערכה רב-ממדיות, המשלבות הערכה של מספר ממדים, שכוללים גם את תהליכי העבודה, גם את התוצרים הסופיים וגם את יכולות החשיבה הביקורתית (Zhao et al., 2024; Elkhatat et al., 2023). סוגיית היושרה האקדמית מקבלת משנה תוקף בהקשר זה, כאשר גם מוסדות אקדמיים נדרשים להעריך עבודות של סטודנטים. הנושא נחקר רבות באקדמיה, ונראה כי גם במרחב זה, מוסדות מתמודדים עם אתגרים חסרי תקדים בשמירה על יושרת ההערכה תוך התאמה להתפתחויות טכנולוגיות. יישום אסטרטגיות הערכה מקיפות, המשלבות סטנדרטים אקדמיים מסורתיים עם שיטות הערכה חדשניות, נראה כהכרחי להתמודדות יעילה עם אתגרים אלו (Neumann et al., 2019; Pellegrino & Quellmalz, 2010).

מחקרים השוואתיים בין מוסדות מראים כי שילוב מוצלח של שיקולי בינה מלאכותית בהערכה אקדמית דורש גישה מאוזנת, המכירה הן ביתרונות והן באתגרים של טכנולוגיית בינה מלאכותית בכתיבה אקדמית. איזון זה הוא קריטי לשמירה על קפדנות אקדמית תוך אימוץ התקדמות טכנולוגית (Grieve et al., 2021). ניתוחים סטטיסטיים חושפים הבדלים משמעותיים בתוצאות ההערכה בין מוסדות בעלי מדיניות מובנית לשימוש בבינה מלאכותית לבין כאלו ללא מסגרות כאלה, והם מדגישים את חשיבות המוכנות המוסדית

וההנחיות הברורות לשימוש בבינה מלאכותית בעבודה אקדמית (Perkins et al., 2023; Bulut et al., 2024). אחד הפתרונות המוצעים במוסדות האקדמיים הוא פיתוח של מדיניות ברורה בנוגע להצהרה על שימוש בכלי בינה מלאכותית בהגשת עבודות. נתונים אמפיריים מצביעים על קורלציה חיובית בין שקיפות בשימוש בכלי בינה מלאכותית לבין איכות התוצרים האקדמיים (The Rise of Artificial Intelligence in Educational Measurement: Opportunities and Ethical Challenges, 2024). מוסדות המעודדים דיווח פתוח על השימוש בכלים אלו, מדווחים על שיפור באיכות העבודות המוגשות ובעומק הניתוח האקדמי (Chaudhry et al., 2022). אולם, יש הטוענים כי דבר זה אינו מספיק. קיים צורך בפיתוח פרוטוקולים סטנדרטיים לדיווח ומעקב אחר השימוש בכלים אלו על ידי הסטודנטים (Grieve et al., 2021). אחת האפשרויות היא שימוש בכלים טכנולוגיים לזיהוי השימוש בבינה מלאכותית. אולם, הספרות המחקרית מצביעה על אפקטיביות מוגבלת של כלים טכנולוגיים לזיהוי תוכן שנוצר באמצעות בינה מלאכותית, ומדגישה כפי שנאמר קודם, את הצורך בפיתוח גישות הערכה המשלבות מדדים איכותניים וכמותיים. מחקרים מראים כי שילוב של הערכת תהליך, תוצר ורפלקציה, מספק תמונה מהימנה יותר של יכולות הסטודנט (Zawacki-Richter et al., 2019).

אתגר משמעותי נוסף הוא תופעת "אשליית הלמידה" או "אשליית היכולת" – מצב שבו לומדים מפתחים תחושה מוטעית של הבנה עמוקה או של שליטה בחומר, בעוד שבפועל הידע שרכשו הוא שטחי, זמני, או נשען במידה רבה על עזרים חיצוניים (Bjork & Bjork, 2020). תחושה כוזבת זו עלולה לנבוע ממעורבות פסיבית בתהליך הלמידה, כגון קריאה בלבד, או מהסתמכות מוגזמת על כלים טכנולוגיים המספקים פתרונות מיידיים. "אשליית היכולת" מתארת תפיסה עצמית מופרזת של יכולת או ידע, הנובעת לעיתים קרובות מלמידה שטחית, שבה המידע נשמר רק בזיכרון לטווח קצר ואינו מקודד לזיכרון לטווח ארוך – מה שמוביל לשכחה מהירה.

הפער בין תפיסת הלומד את הבנתו לבין הידע האמיתי שרכש הוא משמעותי. כאשר הלמידה נתפסת כקלה מדי, כתוצאה מנגישות גבוהה לפתרונות מיידיים שמספקת הבינה המלאכותית, המוח של הלומד עלול שלא להפעיל את המאמץ הקוגניטיבי העמוק הנדרש לשימור ידע לטווח ארוך ולהבנה אמיתית (Bjork & Bjork, 2020). יעילות הנרכשת באמצעות AI, עלולה לחתור תחת תהליכים קוגניטיביים הדורשים מאמץ החיוניים ללמידה עמוקה, על ידי יצירת תחושה כוזבת של שליטה. משמעות הדבר היא, שעל מחנכים לתכנן חוויות למידה שיחזירו במכוון מאמץ קוגניטיבי הולם ואתגר, גם כאשר כלי AI הנם זמינים, כדי למנוע את השתרשות האשליה ולהבטיח שהידע יופנם באמת.

האינטגרציה המהירה של בינה מלאכותית בסביבות חינוכיות העלתה את 'אשליית הלמידה' למרכז הדיון. בעוד ש-AI מציעה פוטנציאל עצום להתאמה אישית וליעילות בלמידה (Alam, 2022; Kamalov et al.,), היא גם מציגה דרכים חדשות ללומדים לפתח תחושה כוזבת של שליטה (UNESCO, 2021a; 2023), היא גם מציגה דרכים חדשות ללומדים לפתח תחושה כוזבת של שליטה (Bjork & Bjork, 2020). היכולת של AI לייצר טקסט, לסכם מידע ולספק תשובות מיידיות, עלולה לגרום לתלמידים להעביר מאמץ קוגניטיבי משמעותי לבינה המלאכותית - מה שעלול להקשות את הפעילות העצבית ולעכב את פיתוח המיומנויות הקוגניטיביות החיוניות ללמידה עמוקה (Kosmyna, 2025). שינוי זה במעורבות הופך את בעיית אשליית הלמידה לנפוצה ודחופה יותר.

טבלה 2: השוואה בין למידה שטחית לבין למידה עמוקה

מאפיין	למידה שטחית	למידה עמוקה
קשרים אישיים	היעדר חיבור אישי לחומר; לימוד מתוך חובה בלבד	חיבור אישי ורגשי לנושא, סקרנות ורצון להבין לעומק
הבנת קישורים	שינון פרטים ללא הבנת היחסים ביניהם	הבנת יחסים מורכבים בין מושגים ושילוב ידע חדש עם ידע קיים
רפלקציה	היעדר רפלקציה על משמעות ויישום	רפלקציה מעמיקה על משמעות הידע והשלכותיו
מטרת הלמידה	מיקוד במבחנים או ביעדים מוגדרים לטווח קצר (למשל, ציון עובר)	יישום ידע לחיים האמיתיים, פיתוח הבנה רחבה ומתמשכת
מעורבות קוגניטיבית	מעורבות פסיבית, צריכת מידע ללא עיבוד	עיבוד קוגניטיבי פעיל, ניתוח, סינתזה והסקת מסקנות
שימור ידע	שימור לטווח קצר, נטייה לשכחה מהירה	שימור לטווח ארוך, ידע מופנם ונגיש לשימוש חוזר

הגורמים לאשליית הלמידה

אשליית הלמידה אינה תופעה אקראית, אלא היא תוצאה של שילוב גורמים המשפיעים על תהליך הלמידה. הבנת גורמים אלו חיונית לפיתוח אסטרטגיות התמודדות יעילות.

- **טכניקות למידה שגויות:** האשליה נובעת בעיקר משיטות למידה שאינן מקלות ביעילות את העברת המידע מהזיכרון לטווח קצר לזיכרון לטווח ארוך (Bjork & Bjork, 2020). הדבר כולל קריאה פסיבית, שינון בעל פה ללא הבנה, והיעדר מעורבות פעילה בחומר.
- **קבלת מידע פסיבית:** כאשר לומדים הופכים למקבלי "תשובות" או מידע פסיביים, במקום למחפשי אמת פעילים המעורבים בעיבוד קוגניטיבי הדורש מאמץ, הם עוקפים את העבודה המנטלית ההכרחית להבנה עמוקה (Kosmyna, 2025). יכולתה של AI לספק תשובות מיידיות עלולה להחריף פסיביות זו.
- **פישוט יתר של משימות:** בעוד שכלי AI יכולים להיראות מועילים בתחילה על ידי הפחתת עומס קוגניטיבי, הסתמכות ממושכת על כלים כאלה עלולה להוביל ל"ניתוק קוגניטיבי". הדבר מצמצם למעשה את המאמץ המנטלי ההכרחי ללמידה משמעותית ולשימור מיומנויות, ומרחיק לומדים מהאתגרים ההכרחיים המעוררים למידה לטווח ארוך וגיבוש סכמות (Bjork & Bjork, 2020; Sweller et al, 2011).
- **חוסר מודעות מטא-קוגניטיבית:** תלמידים עלולים שלא להיות בעלי מודעות מספקת לתהליכי הלמידה שלהם או לעומק האמיתי של הבנתם. חוסר מטא-קוגניציה זה מונע מהם להעריך במדויק את הידע שלהם ולזהות מתי יש להם רק הבנה שטחית של החומר (Bransford, Brown, & Cocking, 2000; Joița, 2009).

הגורמים המפורטים (טכניקות שגויות, קבלה פסיבית, פישוט יתר, חוסר מטא-קוגניציה) אינם מבודדים, אלא מקיימים אינטראקציה דינמית. הבינה המלאכותית מחריפה באופן משמעותי בעיות אלו, על ידי הפיכת הקבלה הפסיבית לקלה יותר ופישוט משימות עד כדי ניתוק קוגניטיבי (Bjork & Bjork, 2020; Kosmyna, 2025). הדבר יוצר לולאת משוב מזיקה: AI מציעה נוחות, מה שמעודד למידה פסיבית, מה שמונע עיבוד קוגניטיבי עמוק, ובסופו של דבר מוביל לאשליית היכולת. המגמה הבסיסית היא שטכנולוגיה, אף שהיא מניע רב-עוצמה ללמידה, יכולה גם להפוך למחסום משמעותי ללמידה אמיתית, אם היא אינה משולבת עם עקרונות פדגוגיים נכונים המעניקים עדיפות פעילה ומטפחים מעורבות קוגניטיבית עמוקה ופיתוח מטא-קוגניטיבי. ההתמקדות צריכה להיות בהבנת האופן שבו AI מקיימת אינטראקציה עם קוגניציה אנושית ותהליכי למידה, ולא רק ביכולות הטמונות בה. מחנכים צריכים ליישם

את תיאוריית העומס הקוגניטיבי לא רק להפחתת עומס מיותר, אלא גם להכנסת אתגרים אסטרטגיים ופרודוקטיביים המקלים על גיבוש סכמות ולמידה עמוקה (Sweller et al., 2011). האינטגרציה של AI בתחום החינוך הולידה ביטויים חדשים ומורכבים של 'אשליית הלמידה', המשפיעים על אופן הלמידה, ההבנה והיושרה האקדמית.

הסתמכות יתר על כלי AI ופגיעה בחשיבה ביקורתית

תלמידים נוטים יותר ויותר להתייחס ל-AI כ"חנות אחת לכול" למשימות אקדמיות, תוך שימוש בה ליצירת סיכומים, מדריכי לימוד ומציאת תשובות, ובכך הם עוקפים את הצורך לעסוק לעומק בחומר או לבקש עזרה ממורים אנושיים (Ahmad et al., 2023; Estrada et al., 2024a; University of North Texas, 2025). הסתמכות יתר נרחבת זו עלולה לגרום ל"שחיקת מיומנויות", המשפיעה באופן ספציפי על מיומנויות קוגניטיביות בסיסיות כגון שימור זיכרון, פתרון בעיות אנליטי וחשיבה ביקורתית (Bjork & Microsoft & Carnegie Mellon University, 2020; Bjork, 2025). הסתמכות יתר זו מקדמת אינטראקציה פסיבית ושטחית עם משימות שבאופן מסורתי דרשו מעורבות אינטלקטואלית קפדנית (Bjork & Bjork, 2020). מחקרים מצביעים על כך שהעברת חשיבה ל-AI עלולה "להקהות את הפעילות העצבית" שלנו, מה שמרמז על מעורבות מוחית מופחתת, ועלול לעכב את הפיתוח של מסלולים קוגניטיביים חזקים (Kosmyrna, 2025).

הנתונים חושפים מגמה ברורה של תלמידים המשתמשים ב-AI מטעמי יעילות ונוחות (Ahmad et al., 2023; Estrada et al., 2024a) - מה שמוביל ישירות לאינטראקציה פסיבית ולניתוק קוגניטיבי (Bjork & Bjork, 2020). קשר סיבתי ישיר מתקיים: הסיפוק המיידי והקלות הנתפסת שמציעה AI, מצמצמים את הצורך הנתפס במאמץ מנטלי, שבתורו שוחק באופן שיטתי מיומנויות קוגניטיביות חיוניות (כמו חשיבה ביקורתית וזיכרון), ועלול לערער את תחושת המסוגלות העצמית של התלמידים - את אמונתם ביכולתם לבצע משימות באופן עצמאי (Microsoft & Carnegie Mellon University, 2025). אם AI מספקת באופן עקבי תשובות "נכונות", תלמידים עלולים שלא לפתח את החוסן, את אסטרטגיות פתרון הבעיות או את המודעות המטא-קוגניטיבית שבדרך כלל נובעים מהתמודדות עם אתגרים ועם למידה מטעויות (Kamalov et al., 2023). לכן, על מחנכים להתנגד באופן פעיל למנטליות "הדרך הקלה" הזו, על ידי תכנון משימות המחייבות מאמץ קוגניטיבי אמיתי, חשיבה עצמאית ויישום מיומנויות חשיבה מסדר גבוה, גם כאשר כלי AI הם זמינים.

3.2. הזיות AI ומידע שגוי

מודלי AI, ובמיוחד מודלי שפה גדולים (LLMs), נוטים לייצר "הזיות" – תגובות המכילות מידע כוזב או מטעה המוצג בביטחון כעובדה (Hicks, Humphries, & Slater, 2024). מחקרים מצביעים על כך שצ'אטבוטים עלולים להזות עד 27% מהזמן, כאשר שגיאות עובדתיות קיימות ב-46% מהטקסטים שנוצרו (Hicks, Humphries, & Slater, 2024). "שגיאות אקראיות סבירות" אלו עלולות לגרום למשתמשים, כולל תלמידים, לבנות מודלים מנטליים שונים בתכלית לגבי מה נכון ואמיתי, ובכך לפרק כל בסיס משותף להסקת מסקנות דרך חילוקי דעות, ועלולות להוביל להתמוטטות הדיאלוג (Bender et al., 2021; Hicks, Humphries, & Slater, 2024).

יכולתה המתוחכמת של AI לייצר מידע "שנשמע סביר" אך שגוי עובדתית (Hicks, Humphries, & Slater, 2024), מהווה איום משמעותי וערמומי. נושא זה חורג משגיאות עובדתיות פשוטות; הוא נוגע לביטחון ולשטף שבהם שגיאות אלו מוצגות – מה שהופך אותן לקשות לזיהוי. כאשר תלמידים מסתמכים באופן לא ביקורתי על AI לקבלת מידע, הם עלולים להפנים שקרים אלו ללא אימות נאות – מה שמוביל להבנה מקוטעת או מעוותת של המציאות (Bender et al., 2021). הקשר הסיבתי הוא שיכולות יצירת השפה המתקדמות של AI יכולות למעשה להסוות את חוסר האמינות הטמון בה, לטפח קבלה לא ביקורתית של מידע, ובכך לערער את עצם היסוד של ידע משותף ושיח ביקורתי בסביבה חינוכית. לכן, אוריינות דיגיטלית, הערכה ביקורתית של מקורות ובדיקת עובדות הופכות לא רק לחשובות, אלא גם להכרחיות לחלוטין בנוף החינוכי המושפע מ-AI. יש ללמד תלמידים במפורש כיצד לזהות, לתשאל ולאמת תוכן שנוצר על ידי AI, כדי למנוע הפנמת מידע שגוי.

הופעת כלי ה-AI הפכה את הפלגיאט לגיש ומפתה יותר עבור תלמידים, שכן כלים אלו יכולים לענות על שאלות מורכבות ולכתוב חיבורים שלמים בהנחיה אחת (Khalil & Er, 2025; LTC Illinois, 2025). הדבר מעלה חששות באשר לכך ששימוש יתר בכלי AI עלול לערער את החשיבה הביקורתית והיושרה האקדמית (LTC Illinois, 2025). טקסטים שנוצרו על ידי AI, הופכים לדמויי אדם יותר ויותר – מה שמקשה על כלי זיהוי פלגיאט מסורתיים לזהות אותם במדויק כעבודה לא מקורית (Khalil & Er, 2025). הדבר יוצר "אזור אפור", שבו תלמידים אינם בטוחים אם השימוש שלהם ב-AI מהווה רמאות (University of North Texas, 2025). הסתמכות זו על AI ליצירת תוכן, מעלה חששות לגבי מקוריות, שכן תלמידים עלולים לאבד את סגנון הכתיבה הטבעי ואת כושר ההמצאה הפנימי שלהם – מה שעלול להשפיע על יכולתם לייצר מחשבה ועבודה מקוריות בעולם האמיתי (Khalil & Er, 2025).

קלות ותחכום יצירת התוכן המבוססת על AI, מאתגרים באופן יסודי תפיסות מסורתיות של יושרה אקדמית (LTC Illinois, 2025). העובדה שטקסטים שנוצרו על ידי AI, יכולים לעקוף כלי זיהוי פלגיאט קיימים (Khalil & Er, 2025), מרמזת על כך שאמצעי ההגנה הקיימים הופכים במהירות למיושנים. הדבר מחייב שינוי עמוק באופן שבו מוסדות חינוך מגדירים ומעריכים "עבודה מקורית" ו"למידה" בסביבה הנתמכת על ידי AI. הקשר הסיבתי הוא שהיכולת הטכנולוגית של AI מחייבת באופן ישיר הערכה מחודשת של שיטות הערכה, ודגש רב יותר על תהליך הלמידה ויצירת הידע, ולא רק על התוצר הסופי, שניתן כעת להעביר בקלות ל-AI. לכן, על מוסדות חינוך לחרוג מאיסור פשוט על שימוש ב-AI. במקום זאת, עליהם להתמקד בעיצוב מחדש של משימות, כך שיהיו ממוקדות אדם באופן מהותי, וידרשו חשיבה ביקורתית, רפלקציה אישית, אינטראקציה בזמן אמת ותובנות ייחודיות ש-AI אינה יכולה לשחזר באמת (LTC Illinois, 2025). משמעות הדבר היא גם טיפוח תרבות של יושרה אקדמית, המדגישה למידה ופיתוח מיומנויות על פני תפוקה גרידא.

טבלה 2: סיכום ביטויי אשליית הלמידה בהקשר של AI והשלכותיהם

ביטוי	תיאור	השלכה
הסתמכות יתר על AI	סטודנטים משתמשים ב-AI כקיצור דרך למשימות אקדמיות	ירידה במיומנויות קוגניטיביות (חשיבה ביקורתית, פתרון בעיות, זיכרון)
הזיות AI ומידע שגוי	AI מייצר מידע שגוי אך סביר בביטחון	הבנה מקוטעת של האמת, שחיקת בסיס משותף לדיון ביקורתי
אתגרי יושרה אקדמית	AI מאפשר פלגיאט בקלות, קשה לזיהוי	שחיקת מקוריות, ערעור אמון, קושי בהערכת ידע אמיתי
פגיעה בסוכנות הלומד ובקשר האנושי	AI שולט בנתיבי למידה, מדמה אמפתיה	דיכוי יצירתיות וסקרנות, הפחתת ערך היחסים האנושיים בחינוך
ניתוק קוגניטיבי	לומדים מעבירים מאמץ מנטלי ל-AI	למידה שטחית, שימור ידע ירוד, חוסר גיבוש סכמות ידע

נוסף על כך, הספרות המחקרית מדגישה את חשיבות ההכשרה המקצועית של סגלי ההוראה בהערכת עבודות שנכתבו בסיוע בינה מלאכותית. נמצא כי פיתוח מיומנויות הערכה מותאמות בקרב המרצים מוביל לשיפור משמעותי באיכות ההערכה ובמהימנותה (Perkins et al., 2023), כמו כן, שמוסדות המאמצים גישה אדפטיבית להערכה, נמצאו מצליחים יותר בהתמודדות עם אתגרי ההערכה העכשוויים (Swiecki et al., 2022).

לסיכום, סקירה זו ניתחה את ההשפעות המהפכניות של בינה מלאכותית גנרטיבית (GenAI) על מערכת החינוך. נידון הפוטנציאל העצום של AI לשיפור תהליכי למידה והוראה – החל מהתאמה אישית של הלמידה ומתן משוב מיידי, ועד לקידום חשיבה מסדר גבוה והפחתת העומס על המורים. עם זאת, הוצגו גם האתגרים המרכזיים הנובעים משילוב AI, כגון הצורך באמינות מידע, שמירה על יושרה אקדמית, פערים ביישום, והחשיבות הקריטית של פיתוח אוריינות AI בקרב מורים ותלמידים באמצעות הכשרה מקצועית מקיפה. לבסוף, מיפינו באופן ספציפי כיצד כלי AI עשויים לסייע בכתיבת עבודות גמר בתיכון, תוך זיהוי הזדמנויות לשימוש ב-AI בשלבים שונים של המחקר – מזיהוי נושא וניסוח שאלת מחקר, ועד איתור מקורות, ארגון מידע ותכנון שיטות מחקר.

למרות הדיון המעמיק בפוטנציאל ובאתגרים של הבינה המלאכותית הגנרטיבית בחינוך, והמודלים התיאורטיים הקיימים, ניכר כי חסר עדיין מחקר יישומי מעמיק המתמקד בפיתוח ובבחינה של פרקטיקות פדגוגיות ספציפיות המותאמות לשילוב מושכל של GenAI בשלבי עבודות הגמר המתקדמים בתיכון. בעוד שהסקירה התייחסה ליכולת ה-AI לסייע בזיהוי נושאים ובאיתור מקורות, קיים פער משמעותי בהבנת האופן שבו ניתן לרתום את הטכנולוגיה באופן מיטבי לשכלול מיומנויות חשיבה מסדר גבוה הנדרשות בשלבי הכתיבה, הניתוח, העריכה וההכנה להגנה על עבודת הגמר. נוסף על כך, קיים צורך דחוף בגיבוש נהלים, הנחיות ומחווני ברורים, שיאפשרו לבעלי התפקידים (מורים, מנחים, מעריכים) להקנות כשירות נאותה בשימוש ב-AI, תוך שמירה על יושרה אקדמית ואיכות קוגניטיבית. פערים אלו מצדיקים את המחקר הנוכחי כניסוי עיצוב ופיתוח, שכן הוא בא לספק מענה פרקטי ומוכח לאתגרי היישום בשטח, וליצור מודל פעולה ברור וישים לקידום למידה משמעותית בעזרת AI.

מתודולוגיה

1.1 תיאור הניסוי

1.1.1 מסגרת

הניסוי "שילוב בינה מלאכותית בכתיבת עבודות גמר בתיכון" מהווה מחקר עיצוב מתמשך, שנועד לפתח, לבחון ולהעריך פרקטיקות פדגוגיות לשילוב בינה מלאכותית יוצרת (GenAI) בתהליכי כתיבת עבודות גמר בבתי הספר העל-יסודיים. הוא מתבצע כהמשך לניסוי שבוצע בשנת תשפ"ד (2023-2024), שהציע מספר פרקטיקות ליישום, אך לא בחן את הטמעתן בפועל. הניסוי הנוכחי (תשפ"ה, 2024-2025) נועד לגשר על פער יישומי זה, לעדכן פרקטיקות קיימות ולבחון את פיתוחן של פרקטיקות חדשות.

1.1.2 מטרות הניסוי ושאלות המחקר

הניסוי "שילוב בינה מלאכותית בכתיבת עבודות גמר בתיכון" הוא יוזמה מחקרית של המכון למחקר יישומי בינה מלאכותית בחינוך ושל אגף מו"פ ניסויים ויזמות במשרד החינוך. יוזמה זו ממשיכה ומרחיבה ניסוי קודם, בגישה של התפתחות מתמשכת וחדשנות חינוכית. **מטרת העל של הניסוי** היא לבצע מחקר עיצוב ופיתוח מתמשך של פרקטיקות פדגוגיות שנועדו לאפשר לרכזים, למנחים ולתלמידים שימוש מושכל ומיטבי בכלי בינה מלאכותית יוצרת, תוך התאמה לשלבים השונים של תהליך כתיבת עבודות הגמר.

מטרות המשנה של הניסוי:

- להבטיח שתלמידים יעשו שימוש מיטבי ומושכל בכלי AI יוצרת בתהליך כתיבת עבודות הגמר, בהתאם לפרקטיקות שפותחו בשנה קודמת (תשפ"ד) ובהתאם לפרקטיקות חדשות שיפותחו בשנה הנוכחית (תשפ"ה).
- להכשיר בעלי תפקידים המעורבים בכתיבת עבודות גמר (רכזים, מנחים, מעריכים), כך שיהיו בעלי כשירות (ידע, מיומנויות, גישות, כלים) לשילוב מושכל של כלי AI בתהליכי כתיבת עבודות הגמר. הכשרה זו נפרסת על פני כל שלבי העבודה, מהצעת המחקר ועד להגשת העבודה להערכה.
- לשכלל מיומנויות קריטיות, כגון ניסוח סוגיית מחקר ושאלת מחקר, איתור, סיכום ומיזוג מקורות אקדמיים, כתיבה אקדמית ושיפור טקסטים, עיבוד וניתוח ממצאי המחקר וכתיבת המבוא לעבודה.

- להגדיר נהלים, הנחיות ומחוננים מעודכנים להגשה והערכה של עבודת גמר בסיוע בינה מלאכותית.

המחקר בוחן את התופעה המתפתחת של שילוב בינה מלאכותית בחינוך מזווית מקיפה הכוללת שלושה ממדים מרכזיים:

1. **ממד המורה** - כיצד משתנים תפקידו, מיומנותיו ותפיסתו המקצועית
2. **ממד התלמיד** - כיצד משתפרים תהליכי הלמידה והתוצרים החינוכיים
3. **ממד המערכת** - כיצד ניתן להטמיע את השינוי ברמה מוסדית ומערכתית (יהיה חלק מפיתוח ערכה למורים).

שאלות המחקר

שאלת מחקר ראשית: מהם עקרונותיו והשלכותיו של מודל פדגוגי המטפח מאמץ קוגניטיבי והמונע "אשליית למידה", באמצעות שימוש מושכל בבינה מלאכותית בתהליכי כתיבת עבודות גמר בתיכון, על התלמידים ועל הרכזים?

שאלות משנה:

1. **עקרונות המודל הפדגוגי** - מהם העקרונות והפרקטיקות המרכזיים בשילוב AI, המקדמים מאמץ קוגניטיבי ומונעים אשליית למידה?
2. **התפתחות מקצועית של המורים** - כיצד משתנות תפיסת התפקיד, המסוגלות העצמית וכשירות ה-AI של המורים, ואילו פרקטיקות חדשניות הם מפתחים?
3. **חוויות ותהליכי למידה של תלמידים** - מהן חוויות הלמידה והכתיבה של תלמידים בשילוב AI, כולל התמודדות עם אתגרים, פיתוח או היחלשות מיומנויות, וצרכים מיוחדים?
4. **הבדלים בין תחומי דעת** - מהם ההבדלים בדפוסי השימוש, בפרקטיקות ובחסמים בין תחומי דעת שונים, וכיצד משפיעים מאפייני התחום על ההתאמה הפדגוגית?
5. **אתגרים וחסמים מערכתיים** - מהם האתגרים והחסמים המרכזיים בשילוב AI, ואילו פתרונות פדגוגיים פותחו להתמודדות עימם?

שיטת המחקר

הניסוי "שילוב בינה מלאכותית בכתיבת עבודות גמר בתיכון" התבסס על מתודולוגיה של מחקר עיצוב (Eyal & Gil, 2020; Anderson, & Shattuck, 2012), המשלב גישה איכותנית בתמיכת נתונים כמותיים. גישה זו נבחרה, בשל התאמתה לפיתוח והערכה של פרקטיקות חינוכיות חדשניות בסביבה אותנטית, תוך כדי התאמה מתמדת ושיפור מעגלי. ניסוי זה היווה המשך והרחבה של ניסוי קודם, תוך התבססות על לקחים שנלמדו והרחבת היקף הפעילות וההתמקדות, וכן התעדכנות הכלים הדיגיטליים.

התהליך כלל **חמישה שלבים מרכזיים** שחזרו על עצמם במחזורים איטרטיביים:

1. **פיתוח כלים ופרקטיקות פדגוגיות:** צוות הניסוי עסק בפיתוח ובהתאמה של כלי AI ספציפיים ופרקטיקות הוראה מבוססות AI לשלבים השונים של כתיבת עבודת גמר.
2. **הדרכה ופיתוח מקצועי לרכזים:** הרכזים מבתי הספר המשתתפים עברו סדרה של מפגשי הדרכה, סדנאות וובינרים.
3. **התנסות בשטח:** הרכזים הטמיעו את הכלים והפרקטיקות בעבודתם עם התלמידים הכותבים עבודות גמר.
4. **איסוף נתונים:** נאספו נתונים מגוונים מהרכזים, מהתלמידים וממפגשי ההנחיה.
5. **ניתוח והפקת תובנות:** הנתונים נותחו באופן שוטף על ידי ועדת ההיגוי וצוות המחקר, והתובנות שימשו לעידון התהליך, הכלים והפרקטיקות במחזורים הבאים.

משתתפי הניסוי

הניסוי יצא לדרך בשיתוף פעולה עם 11 בתי ספר, ²14 רכזי עבודות גמר ו-230 תלמידים. הרכזים, שהיוו את שותפי המחקר המרכזיים, הגיעו מרקעים מגוונים מבחינת ותק, גיל ותחומי דעת, כפי שמפורט בטבלאות 2' ו-2ב'. גיוון זה חיזק את התוקף האקולוגי של הממצאים, ואפשר בחינה של יישום

² בפועל השתתפו 15 רכזים, אולם שתי רכזות ייצגו בית ספר אחד, וכל איסוף הנתונים ייצג רכזת אחת.

הפרקטיקות בהקשרים דיסציפלינריים שונים. כמחצית מהרכזים השתתפו בניסוי עבודות גמר שהתקיים בתשפ"ד, וכן רוב הרכזים (12 מתוך 14) הגיעו עם ניסיון קודם בהשתלמות AI - מה שמעיד על כך שהם לא היו טירונים בתחום, והופך את הטרנספורמציה המקצועית שהם עברו, למשמעותית אף יותר. קריטריוני הבחירה לבתי הספר כללו ניסיון של לפחות שלוש שנים בהגשת עבודות גמר ומחויבות של הרכז לתהליך שנתי.

קבוצות השותפים והמשתתפים במחקר כוללות:

1. ועדת היגוי: שהובילה ותכננה את הניסוי, וכללה את גב' מיכל רלוי (הממונה על עבודות הגמר, אגף על-יסודי), ד"ר סיגל טלקר (מינהל חינוך התיישבותי), ד"ר ליאת אייל וגב' מעיין סייג (מכון המחקר). ועדת ההיגוי קיימה פגישות סדירות לתכנון, מעקב, ניתוח והכוונת מהלכי הניסוי.

תפקיד ועדת ההיגוי במחקר עיצוב: ועדת ההיגוי מילאה תפקיד מרכזי לא רק בניהול הלוגיסטי של הניסוי, אלא גם בהנחיה פדגוגית מתמשכת ובעיצוב תכניו באופן דינמי. הפגישות התקיימו בתדירות גבוהה לאורך כל תקופת הניסוי (8 חודשים - מדי שבוע), וכללו דיונים שוטפים על התקדמות הניסוי, אתגרים שעלו מהשטח, פיתוח והתאמה של כלים (כגון בוטים ושאלונים), תכנון מפורט של מפגשי ההנחיה, ניתוח נתונים ראשוני וקבלת החלטות אופרטיביות. דיונים אלו הבטיחו ניהול דינמי ורספונסיבי של הניסוי, תוך ביצוע התאמות ושיפורים מתמידים לאור הצרכים והאתגרים שעלו. הפגישות השבועיות מייצגות את האופי האיטרטיבי והרספונסיבי של מחקר עיצוב, המאפשר התאמות והיגוי מתמיד של ההתערבות בהתבסס על נתונים מהשטח ועל תובנות מתפתחות.

2. רכזי עבודות גמר: שותפי המחקר כוללים 14 רכזי עבודות גמר מ-11 בתי ספר המשתתפים בניסוי.

טבלה 2א': ניסיון מקצועי של הרכזים המשתתפים (N=14)

מספר רכזים כרכזים	מספר רכזים כמנחים	קבוצת ותק (שנים)
4	3	1-3
1	3	4-6
8	8	7+

טבלה 2ב': התפלגות הרכזים לפי תחום דעת (N=14)

תחום דעת	מספר משיבים	אחוז	תחומים ספציפיים
מדעי הרוח	6	42.9%	היסטוריה (5), תנ"ך/מקרא (1)
מדעי הטבע	5	35.7%	ביולוגיה (3), חקלאות (1), פיזיקה ומדעי המחשב (1)
מדעי החברה/רב-תחומי	3	21.4%	מדעי החברה (1), רב-תחומי (2)
סה"כ	14	100%	

נתונים דמוגרפיים והכשרה קודמת:

- **גיל:** טווח הגילאים של הרכזים נע בין 35 ל-68, עם גיל ממוצע של 50.4.
- **ותק בהוראה:** הוותק בהוראה נע בין 3 ל-38 שנים, עם ממוצע של 16.9 שנים.
- **הכשרה קודמת בבינה מלאכותית:** רובם המכריע של הרכזים (12 מתוך 14) הגיעו עם ניסיון קודם מהשתתפות בהשתלמות בנושא בינה מלאכותית.
- **השתתפות בניסוי תשפ"ד:** 10 מתוך 14 הרכזים השתתפו בניסוי שילוב בינה מלאכותית בעבודת הגמר שנערך בתשפ"ד.

3. תלמידים: 230 תלמידים הכותבים עבודות גמר, היו מעורבים בניסוי (לא באופן ישיר, אלא דרך המורים בכיתות), והתנסו בשימוש בכלי בינה מלאכותית במסגרת עבודתם.

קריטריונים לבחירת בתי הספר

תהליך בחירת בתי הספר להשתתפות בניסוי התבסס על מספר קריטריונים מרכזיים, שנועדו להבטיח סביבת מחקר יציבה ומחויבת. כתנאי סף, נדרש מהמוסדות המועמדים להיות בתי ספר תיכוניים מוכרים (או תוכניות ייחודיות על-אזוריות), ובעלי ניסיון מוכח של שלוש שנים לפחות בהגשת עבודות גמר לבגרות. קריטריון מהותי נוסף היה קבלת התחייבות ברורה הן מהנהלת בית הספר והן מרכז/ת עבודות הגמר להשתתפות פעילה ומלאה בתהליך הניסוי השנתי, שכלל נכונות להתנסות, לחשיבה משותפת ולשיתוף בידע ובממצאים. נוסף על כך, ניתנה עדיפות לבתי ספר המפעילים מסגרת ייעודית של "כיתת עבודות גמר", המונה לפחות 12 תלמידים בשכבה, מתוך הבנה שמסגרת כזו מעידה על תשתית ארגונית ופדגוגית מבוססת.

במהלך הגיוס, הושם דגש על יצירת קבוצה מגוונת ככל הניתן, תוך שאיפה לייצוג של תחומי דעת שונים, פיזור גיאוגרפי רחב וכן שפות הוראה (עברית וערבית). ראוי לציין כי הניסוי הנוכחי מהווה הרחבה והעמקה של ניסוי קודם, ועדות לכך היא העובדה ש-10 מתוך 14 הרכזים שנבחרו, לקחו חלק גם בניסוי שהתקיים בשנת תשפ"ד, מה שהעיד על מחויבותם לתהליך, ואיפשר המשכיות ובניית ידע מצטבר.

4.3. ציר הזמן ותהליכי איסוף הנתונים

הניסוי התפרס על פני שנת הלימודים תשפ"ה (ספטמבר 2024 - יולי 2025). ציר הזמן כלל חמישה שלבים מרכזיים, שחלקם התבצעו בחפיפה, כפי שמפורט בטבלה הבאה:

שלב	תקופה	פעילויות מרכזיות
שלב א': התנעה, תכנון וגיוס	ספטמבר-נובמבר 2024	היערכות, חידוד מטרות הניסוי, הפצת "קול קורא" לבתי ספר, בחירת המשתתפים, ותכנון ראשוני של מפגשי ההנחיה ואיסוף הנתונים.
שלב ב': פיתוח מקצועי והתנסות ראשונית	נובמבר 2024 - ינואר 2025	התקיימו מפגשי הנחיה וסדנאות ראשונות לרכזים, שהתמקדו בהיכרות עם כלי AI, פירוק משימות, איתור מאמרים אקדמיים ויצירת בוטים. במקביל, החלו הרכזים והתלמידים להתנסות בכלים ובפרקטיקות וליישם בכיתותיהם.

שלב ג': העמקה, פיתוח תוצרים והפצת ידע	ינואר-מרץ 2025	המשיכו להתקיים מפגשי ההנחיה, תוך התמקדות בנושאים מתקדמים יותר, כמו מפות מושגים מבוססות AI, והרכזים עצמם החלו לפתח ולהנחות וובינרים המיועדים לעמיתיהם. פותחו כלים ייעודיים, כמו "בוט אתיקס" וטבלאות תומכות למידה.
שלב ד': איסוף נתונים, ניתוח וסיכום ביניים	נובמבר 2024 - מאי 2025	איסוף נתונים מקיף מהשטח, ניתוח ראשוני של הממצאים, גיבוש תובנות והכנת דוח התקדמות. תוכננו מפגשי סיכום ושיחות מיקוד עם הרכזים.
שלב ה': ניתוח נתונים והפקת תובנות	מאי-יולי 2025	ריכוז כלל הנתונים שנאספו, ניתוח נתונים כמותיים ואיכותניים, הפקת תובנות וארגון, כתיבת דוח סופי.

כדי לקבל תמונה עשירה ומקיפה, נעשה שימוש במערך מחקר משולב (mixed-methods) שכלל מגוון של כלי איסוף נתונים.

4.4 כלי המחקר

כדי לקבל תמונה עשירה ומקיפה על השפעת שילוב בינה מלאכותית בתהליך כתיבת עבודות הגמר, נעשה שימוש במערך מחקר משולב (mixed-methods), שכלל מגוון כלי איסוף נתונים כמותיים ואיכותניים. הניסוי לווה במערך מחקרי מקיף, שנועד לבחון את השפעת ההתערבות הפדגוגית על עמדותיהם, תפיסותיהם של מורים-רכזים ועל הפרקטיקות שלהם, וכן על חוויותיהם של התלמידים בתהליך כתיבת עבודת הגמר. להלן פירוט מפורט של כל כלי מחקר שהשתמשנו בו:

כלי מחקר עבור הרכזים

1.1 שאלון פְּרָה לרכזים - הערכת כשירות דיגיטלית ועמדות כלפי AI

שם הכלי: שאלון מחקר – ניסוי בינה מלאכותית בעבודת גמר 2.0 (רכזים/ות) – מדידה ראשונית.

מטרת הכלי: להעריך את רמת האוריינות הדיגיטלית, את הכשירות לשילוב כלי בינה מלאכותית (AI), ואת העמדות הקיימות של הרכזים לפני תחילת ההתערבות הפדגוגית.

קהל היעד: 14 רכזי עבודות גמר המשתתפים בניסוי מ-11 בתי ספר שונים.

פיתוח השאלון, תוקף ומהימנות

כדי להבטיח **תוקף תוכן** ועומק תיאורטי, השאלון פותח כסינתזה של מספר מודלים אקדמיים מוכרים ומאוששים.

המבנה הכללי של השאלון נשען על כלי המחקר ³(Alarcón et al., 2020) **DIGIGLO**, שהוא הרחבה מאוששת של מסגרת הכשירויות הדיגיטליות למחנכים של האיחוד האירופי (**DigCompEdu**). מבנה זה כולל שישה תחומי כשירות מרכזיים המשתקפים בסעיפי השאלון:

1. מעורבות מקצועית (Professional Engagement)
2. משאבים דיגיטליים (Digital Resources)
3. הוראה ולמידה (Teaching and Learning)
4. הערכה (Assessment)
5. העצמת לומדים (Empowering Learners)
6. פיתוח כשירות דיגיטלית של לומדים (Facilitating Learners' Digital Competence)

3

מקורות לשאלונים

Alarcón, R., del Pilar Jiménez, E., & de Vicente-Yagüe, M. I. (2020). Development and validation of the DIGIGLO, a tool for assessing the digital competence of educators. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2407–2421. <https://doi.org/10.1111/bjet.12919>

Carolus, A., Koch, M. J., Straka, S., Latoschik, M. E., & Wienrich, C. (2023). MAILS - Meta AI literacy scale: Development and testing of an AI literacy questionnaire based on well-founded competency models and psychological change- and meta-competencies. *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, 1, 100014. <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2023.100014>

Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021b). AI literacy: Definition, teaching, evaluation and ethical issues. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, 58(1), 504–509.

Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Su, J., Ng, R. C. W., & Chu, S. K. W. (2023). Teachers' AI digital competencies and twenty-first century skills in the post-pandemic world. *Educational Technology Research and Development*, 71(1), 273–296. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10203-6>

נוסף על כך, השאלון מאמץ את תרומתו הייחודית של מודל DIGIGLO, המוסיף שני תחומים הבוחנים גורמים חיצוניים-מערכתיים: סביבה דיגיטלית (Digital Environment) ומעורבות דיגיטלית חיצונית (Extrinsic Digital Engagement). תחומים אלו באים לידי ביטוי בסעיף "תנאים וסביבת עבודה" בשאלון הנוכחי, ומדגישים את חשיבות התשתית והתמיכה המוסדית (Alarcón et al., 2020).

מהימנות המקור: שאלון ה-DIGIGLO המקורי הדגים **מהימנות** גבוהה, עם מקדמי אלפא קרונברך שנעו בין 0.913 ל-0.961 בששת התחומים, ומהימנות כוללת טובה של 0.813 (Alarcón et al., 2020).

התוכן הספציפי של הפריטים, העוסק בבינה מלאכותית, פותח בהשראת מודל אוריינות ה-AI של Ng **ועמיתיו** (Ng et al., 2021b; Ng et al., 2023), המחלק את הכשירויות לארבעה תחומי ליבה: ידע והבנה, שימוש ויישום, הערכה ויצירה, ואתיקה. תחומי ליבה אלו משתקפים בסעיפי השאלון העוסקים בידע, ביישום בפועל, ובפיתוח חשיבה ביקורתית ואתית אצל תלמידים.

כדי לכלול את הממד הפסיכולוגי של אימוץ טכנולוגיה, סעיף "רמת מסוגלות (Self-Efficacy)" מבוסס על סולם (Carolus et al., 2023) (Meta AI Literacy Scale) (MAILS). מודל זה מדגיש כי תפיסת המסוגלות העצמית היא גורם מנבא מרכזי להתנהגות ולהתמודדות עם טכנולוגיות חדשות. גם כלי זה הדגים מהימנות טובה עד גבוהה במרבית סעיפיו, עם מקדמי אלפא קרונברך הנעים בין 0.71 ל-0.93 (Carolus et al., 2023).

מבנה השאלון

השאלון כולל 46 שאלות המחולקות לשני חלקים עיקריים:

● חלק א': פרטי רקע מקצועיים (10 שאלות) – כולל נתונים דמוגרפיים, ותק, ניסיון קודם ועמדה

כללית כלפי השימוש ב-AI בעבודות גמר.

● חלק ב': הערכת כשירות בשימוש בבינה מלאכותית (36 שאלות) – מחולק לתתי-תחומים

בהתאם למסגרות התיאורטיות:

- **מעורבות מקצועית** (4 שאלות): תדירות העיסוק בפיתוח מקצועי בנושא AI.
- **רמת ידע והבנה** (7 שאלות): הערכה עצמית של רמת הידע בנושאי AI שונים.
- **רמת מסוגלות עצמית** (5 שאלות): תפיסת היכולת האישית לבצע משימות הקשורות לשילוב AI.

- **רמת יישום בהנחיית תלמידים** (7 שאלות + שאלה פתוחה): מידת היישום בפועל של AI בשלבי עבודת הגמר.
- **הנגשה ופרסונליזציה** (2 שאלות + שאלה פתוחה): התאמת כלים לצרכים מגוונים של תלמידים.
- **הערכה ומשוב** (3 שאלות + שאלה פתוחה): שימוש ב-AI בתהליכי הערכה.
- **פיתוח מיומנויות תלמידים** (6 שאלות + שאלה פתוחה): טיפוח שימוש ביקורתי, אתי ועצמאי ב-AI.
- **תנאים וסביבת עבודה** (6 שאלות + 2 שאלות פתוחות): זמינות משאבים וצרכים מהמערכת.

השאלון משלב שאלות סגורות בסולם ליקרט (4-1), שאלות בחירה, ו-7 שאלות פתוחות לקבלת תובנות איכותניות מעמיקות.

1.2 שאלון פוסט לרכזים - הערכת השפעת ההתערבות

שם הכלי: שאלון פוסט - הערכת ההתנסות בשילוב כלי בינה מלאכותית בעבודות גמר.

מטרת הכלי: למדוד שינויים בכשירות, במסוגלות, בשימוש בפועל ובעמדות כלפי AI בעקבות ההתנסות בניסוי, וכן להעריך את תרומת ההתערבות להתפתחות המקצועית של הרכזים.

קהל היעד: אותם 14 רכזים שמילאו את השאלון הראשוני.

מבנה השאלון: השאלון זהה במבנהו לשאלון הפְּרָה כדי לאפשר השוואה מהימנה, בתוספת חלק ייעודי, שבו 3 שאלות סגורות להערכת תרומת הניסוי, ו-4 שאלות פתוחות נוספות לסיכום ולשיקוף התהליך (פרקטיקות, אתגרים והמלצות).

1.3 טופסי דיווח התנסויות ספציפיות - לתיעוד מפורט של פעילויות

1.3.1 טופס ממצאים להתנסות בפרקטיקת יצירת מפת מושגים

שם הכלי: ניסוי עבודות גמר 2.0 - טופס ממצאים להתנסות ביצירת מפת מושגים

מטרת הכלי: לתעד ולנתח את התנסות הרכזים בשילוב כלי AI ביצירת מפות מושגים עם תלמידיהם, ולאסוף משוב מפורט על אפקטיביות הפרקטיקה.

קהל היעד: רכזים שהתנסו בפרקטיקת מפות מושגים (8 דיווחים התקבלו).

מבנה הטופס: 14 שאלות הכוללות:

- פרטי רקע על ההתנסות (6 שאלות) - תאריך, מספר תלמידים, כלים בהם נעשה שימוש, שלב התלמידים.
- תיעוד ממצאים (שאלה 7) - תיאור עובדתי של מה שקרה.
- הערכה והמלצות (שאלות 8-12) - פיתוח הפרקטיקה, מיומנויות תלמידים, תובנות, טיפים למורים ולתלמידים.
- תיעוד חומרי הוראה (שאלות 13-14).

סוגי השאלות: בעיקר שאלות פתוחות לתיאור עובדתי ורפלקטיבי, עם מעט שאלות סגורות לפרטי רקע.

1.3.2 טופס ממצאים להתנסות בכלי בינה מלאכותית לאיתור מאמרים אקדמיים

שם הכלי: ניסוי עבודות גמר 2.0 - טופס ממצאים להתנסות בכלי בינה מלאכותית לאיתור מאמרים אקדמיים

מטרת הכלי: לבחון ולהשוות את יעילותם של כלי AI שונים לאיתור מקורות אקדמיים, ולתעד את חוויות הרכזים והתלמידים בשימוש בהם.

קהל היעד: רכזים שהתנסו בכלי איתור מאמרים (10 דיווחים התקבלו).

מבנה הטופס: 19 שאלות המחולקות ל-3 חלקים:

- **חלק 1: פרטים כלליים (2 שאלות).**
- **חלק 2: התנסות עצמית עם שני כלים ופיתוח חומרי הוראה (2 שאלות)** - זיהוי הכלים ותיעוד חומרים שפותחו.

- **חלק 3: דיווח על ההתנסות בכיתה (15 שאלות)** - כולל השוואה בין שני כלים (SciSpace,)
(Elicit, Perplexity, Consensus, UnderMined), יתרונות, אתגרים, מקרי הצלחה וכישלון,
וטיפים יישומיים.

סוגי השאלות: שילוב של שאלות בחירה מרובה לזיהוי כלים, ושאלות פתוחות מפורטות לתיאור החוויות והתובנות.

1.4 טופס משוב לרכז/ת - שימוש בבוט לעבודת גמר

שם הכלי: טופס משוב לרכז/ת - שימוש בבוט לעבודת גמר.

מטרת הכלי: לאסוף משוב מקיף על שילוב בוטים מותאמים אישית בתהליך הנחיית עבודות גמר, ולהעריך את תרומתם לתהליך החינוכי.

קהל היעד: רכזים שיצרו או השתמשו בבוטים ייעודיים (7 דיווחים התקבלו).

מבנה הטופס: 18 שאלות הכוללות:

- זיהוי הבוט ומטרתו (שאלות 5-6).
- תיאור אופן השילוב בתהליך ההוראה (שאלה 9).
- הערכת השגת המטרות (שאלה 10 - סקלה 5-1).
- השפעה על התלמידים ותגובותיהם (שאלות 11-13).
- תובנות והמלצות לשיפור (שאלות 14-16).
- קישור לתגובות תלמידים (שאלה 17).

סוגי השאלות: שילוב של שאלות סגורות (סקלת הערכה), שאלות בחירה מרובה לעיתוי השימוש, ושאלות פתוחות מרובות לתיאור החוויות והתובנות.

2. כלי מחקר עבור התלמידים (באמצעות המורים)

2.1 שאלון סיכום לתלמידים - שימוש בכלי בינה מלאכותית בעבודת הגמר

שם הכלי: שאלון סיכום התנסות לתלמידים בשימוש בכלי בינה מלאכותית בעבודת הגמר.

מטרת הכלי: לאסוף חוויות, תובנות ואתגרים של תלמידים כתוצאה מהשימוש בכלי בינה מלאכותית במסגרת עבודת הגמר, ולהעריך את השפעתם על תהליכי הלמידה והכתיבה.

קהל היעד: 230 תלמידים הכותבים עבודות גמר (82 שאלונים התקבלו).

מבנה השאלון: 19 שאלות המחולקות ל-5 חלקים:

- **חלק א': רקע ושימוש כללי (5 שאלות)** - כיתה, בית ספר, תחום דעת, היקף השימוש וזיהוי כלים.
- **חלק ב': שימוש בשלבים ומשימות (3 שאלות)** - זיהוי שלבים בהם נעשה שימוש, דירוג תרומה כללית והסבר.
- **חלק ג': תהליך הלמידה וההבנה (6 שאלות)** - תדירות אימות מידע, שכתוב טקסטים, תחושת הבנה, פעולות להבטחת הבנה עמוקה, שינויים בשימוש לאורך זמן.
- **חלק ד': אתגרים והתמודדות (2 שאלות)** - זיהוי אתגר מרכזי ודרכי התמודדות עם תשובות לא מדויקות.
- **חלק ה': אתיקה וסיכום אישי (3 שאלות)** - פעולות להבטחת שימוש אתי, לקח מרכזי והערות נוספות.

סוגי השאלות: השאלון הוא אנונימי, וכולל שילוב של שאלות בחירה מרובה, סקלות דירוג (1-5), ושאלות פתוחות לתיאור חוויות ותובנות.

2.2 טופס שיתוף לתלמידים בהתנסות בכלי בינה מלאכותית

בעבודת גמר

שם הכלי: שיתוף תלמידות ותלמידים בחוויית שילוב כלי בינה מלאכותית בעבודת גמר.

מטרת הכלי: לאסוף חוויות ותובנות מפורטות מהשימוש ביישומי בינה מלאכותית בתהליך כתיבת עבודת מחקר, תוך התמקדות בהתנסויות ספציפיות.

קהל היעד: תלמידים שהתנסו בפעילויות ספציפיות (167 דיווחים התקבלו: 17 מפות מושגים, 31 איתור מאמרים, 32 שימוש בבוט, 18 בוט אתיקה, 69 נוספים).

מבנה הטופס: 12 שאלות הכוללות:

- זיהוי סוג המשימה ושם הכלים (שאלות 1-2).
- פרטי רקע (שאלות 3-4).
- תיאור מפורט של השימוש (שאלה 5).
- הערכת התרומה והתמודדות עם איכות (שאלות 6-7).
- דירוג קלות שימוש והמלצה (שאלות 8, 11)
- יתרונות ואתגרים (שאלות 9-10).
- שמירה על אתיקה (שאלה 12).

סוגי השאלות: שילוב של שאלות בחירה מרובה לזיהוי משימות וכלים, סקלות דירוג (1-5) ושאלות פתוחות מפורטות.

2.3 טופס משוב לתלמידים - שימוש בבוט בתהליך עבודת גמר

שם הכלי: טופס משוב לתלמידים - שימוש בבוט לעבודת גמר.

מטרת הכלי: לאסוף חוויות ותובנות של תלמידים מהשימוש בבוטים מבוססי בינה מלאכותית בתהליך כתיבת עבודת הגמר.

קהל היעד: תלמידים שהשתמשו בבוטים ייעודיים.

מבנה הטופס: 13 שאלות הכוללות:

- פרטי רקע (שאלות 1-4).
- זיהוי הבוט ומטרתו (שאלות 5-6).
- תיאור השימוש והערכת תרומה (שאלות 7-8).
- השפעה, קשיים ותדירות שימוש (שאלות 9-11).
- המלצות לשיפור והערות (שאלות 12-13).

סוגי השאלות: שילוב של שאלות פתוחות, סקלת דירוג (1-5) ושאלות בחירה מרובה.

3. כלי תיעוד ומחקר נוספים

3.1 תמלולי מפגשי הנחיה

מטרת הכלי: לתעד את תהליכי הלמידה המקצועית, הדיונים והתובנות שהעלו המורים במהלך הסדנאות המובנות לפיתוח מקצועי.

רציונל פדגוגי: מערך הפיתוח המקצועי וההנחיה של הרכזים והמורים המשתתפים בניסוי היווה נדבך מרכזי בהשגת מטרותיו. ההבנה כי המורים הם סוכני שינוי ומתווכים פדגוגיים חיוניים להטמעה מוצלחת של כלי AI, הנחתה את תכנון המפגשים. מערך זה כלל מגוון פורמטים, לרבות סדנאות ייעודיות, וובינרים שהונחו על ידי שותפי הניסוי עצמם, מפגשי מליאה לכלל המשתתפים, וכן פגישות ועדת ההיגוי ששימשו גם הן כפלטפורמה להנחיה, לעידון התהליך ולקבלת החלטות שוטפות.

תהליכי בניית קהילת למידה: במסגרת סדנאות אלו, התרחשו תהליכים הקשורים לבניית קהילת למידה בהקשר של הניסוי, כגון קביעת מטרות משותפות, דיון, תהליכי פיתוח, שיתוף התנסויות, רפלקציה משותפת על התהליכים, ותיקוף התוצרים והפרקטיקות שפותחו. בסיכום התהליך, כללנו מבט רפלקטיבי על התהליך שעברו המשתתפים, הצגת המודל הפדגוגי הצומח ותיקוף הפרקטיקות שפותחו, ומבט אל האופק והכיוונים העתידיים.

היקף: תמלולים של 5 סדנאות.

טבלה: סדנאות ומפגשי הנחיה שתומללו

מס' מפגש	תאריך	נושא המפגש	תיאור תוכן המפגש
1	27/11/24	היכרות ומיפוי מושגים	היכרות והצגת שותפים, חידוד מטרות הניסוי והמשימות, תיאום ציפיות, התנסות מעשית במיפוי מושגים מבוסס AI ככלי ליצירת שאלות מחקר וגיבוש תהליכים. הצגת כלים דיגיטליים (Monica, Miro) והדגשת הקשר בין יכולות ה-AI ליושרה אקדמית ולפיתוח כישורים.

2	9/12/24	איתור מקורות אקדמיים וישורה אתית	העמקת ההיכרות עם כלי איתור מקורות אקדמיים (Perplexity, Elicit, Scispace), זיהוי יתרונות ואתגרים, פיתוח פרקטיקות לשימוש אתי בכלים דיגיטליים והתאמת עקרונות יושרה אקדמית לשינויים הטכנולוגיים.
3	12/1/24	פיתוח והערכת בוטים לימודיים	פיתוח בוטים מבוססי AI לפתרון אתגרים בעבודות גמר ובניהול למידה. סקירה תיאורטית על בוטים, יתרונותיהם לתלמידים ולמורים, דילמות ואתגרים (אמינות, פרטיות), זיהוי בעיות מרכזיות והתמודדות עם פיתוח בוטים פרקטיים.
4	11/3/25	ניתוח ממצאים ואשליית למידה	כלים לניתוח נתונים איכותניים וכמותיים, פירוק משימות, למידה נראית, הצגת Julius (כמותי), NotebookLM (איכותני) ו-GPT, הצגת אתגרים כמו פרטיות ועצלנות אינטלקטואלית, עידוד דיאלוג עם הבינה ושמירה על חשיבה ביקורתית.
5	5/5/25	סיכום והצגת "מודל נבו"ן"	מפגש סיכום: הצגת כלי Deep Research, דיון על הפער הדורי בשימוש ב-AI, הצגת מודל "נבו"ן" להתמודדות עם אשליית למידה, עקרונותיו (שקיפות הידיעה, פיגומים דינמיים, מטא-קוגניציה, תיאור תהליכי, מעורבות אקטיבית), סיכום תובנות ודגשים להמשך יישום.

3.2 תמלולי וובינרים של שותפי המחקר

מטרת הכלי: לתעד הצגות מומחיות ודיונים מקצועיים שהועברו על ידי הרכזים המשתתפים עצמם לעמיתיהם, כחלק מתהליך העצמתם והפיכתם למובילי ידע בתחומם.

היקף: תמלולים של 7 וובינרים.

רציונל: הוובינרים פותחו כחלופה לאחד המפגשים המתוכננים, ושיקפו את העצמת המשתתפים ואת הפיכתם למובילי ידע. הם שימשו להפצת הידע והפרקטיקות שנצברו בניסוי לקהל רחב יותר של אנשי חינוך.

טבלה: וובינרים שתומללו

מס'	נושא הוובינר	מנחה/מציג	תיאור הפרקטיקה המרכזית
1	AI: חבר אמת לתלמידי עבודות גמר	פרופ' ראובן יוסף ולנה יונגר חייפץ (תיכון רבין, אילת)	בוט ייעודי לניהול זמן, המנהל דיאלוג עם התלמיד לבניית לוח זמנים מותאם אישית
2	אתיקה בעבודות גמר: אתגרים והזדמנויות ב-AI	יוסי לבנון, טל רוזוליו (קרית חינוך דרור)	דיאלוג סוקרטי לבנייה משותפת של קוד אתי דינמי במקום הנחיית כללים
3	בינה מלאכותית בחקר התנ"ך: גיבוש שאלות מחקר	תומר דויטש (תיכון ליד האוניברסיטה, ירושלים)	הנדסת פרומפטים מותאמת-דיסציפלינה למיקוד בטקסט המקראי ולמניעת "זליגה" לתחומים לא רצויים
4	בינה מלאכותית: ממודיעין לחינוך	דבורה בכר (מגמת BOOM)	"למידה מוכפלת" - לימוד ידני של מיומנות מורכבת לפני החשיפה לכלי AI לאוטומציה
5	חיפוש מידע מדעי אמין בעזרת בינה מלאכותית	ענב כורם סלקמן, סיגל לוצקי (עין שמר)	מתודולוגיה בת 6 שלבים לחיפוש מידע מדעי: תרגום, שם מדעי, פירוק מושגים, חיפוש ממוקד, מאגרים אקדמיים, עיבוד
6	יומן בינה מלאכותית: פיתוח חשיבה ביקורתית	שלומי ושירה סעדיאן (תיכון שרת, נתניה)	תיעוד מטא-קוגניטיבי ("יומן AI") לכל אינטראקציה עם AI כ-30% מהציון + "חיסון" נגד הטיות

7	מרעיון לשאלת מחקר: מוניקה במדעי הרוח	ארז חסון, איריס דורסון ישראלי ("כנפי רוח", "מזח")	פיגום קונספטואלי באמצעות מפת חשיבה ליצירת מבנה ראשוני מרעיון כללי
---	--------------------------------------	---	---

3.2 ניתוח תוצרי מורים ותלמידים

מטרת הכלי: לבחון את איכות התוצרים שנוצרו במהלך הניסוי ואת האופן שבו השפיע השימוש ב-AI על תהליכי העבודה.

תוצרים שנותחו:

- חומרי הוראה שפיתחו הרכזים.
- בוטים שפותחו על ידי הרכזים.
- התכתבויות תלמידים עם בוטים- על פי פרומפטים שדווחו.
- הערכות עמיתים של הכלים והפרקטיקות.

3.3 פגישות ועדת ההיגוי - ניהול דינמי ועיצוב מתמשך

מטרת הכלי: לתעד את התפקיד המרכזי של ועדת ההיגוי לא רק בניהול הלוגיסטי של הניסוי, אלא גם בהנחיה פדגוגית מתמשכת ובעיצוב תכניו באופן דינמי.

היקף: פגישות שבועיות לאורך 8 חודשים (ספטמבר 2024 - מאי 2025).

תוכני הפגישות:

- דיונים שוטפים על התקדמות הניסוי ואתגרים שעלו מהשטח.
- פיתוח והתאמה של כלים (בוטים, שאלונים, פרקטיקות).
- תכנון מפורט של מפגשי ההנחיה והסדנאות.
- ניתוח נתונים ראשוני והפקת תובנות שוטפות.

- קבלת החלטות אופרטיביות והתאמות מתמידות.

הרציונל במחקר עיצוב: הפגישות השבועיות מייצגות את האופי האיטרטיבי והרספונסיבי של מחקר עיצוב (Design-Based Research), המאפשר התאמות והיגוי מתמיד של ההתערבות בהתבסס על נתונים מהשטח ותובנות מתפתחות.

ניתוח הנתונים

ניתוח הנתונים התבצע תוך שילוב שיטתי בין הנתונים הכמותיים והאיכותניים, במטרה לאמת ולבסס את הממצאים (triangulation) ולקבל הבנה רב-ממדית של התופעה הנחקרת. בהתאם לעקרונות מחקר עיצוב (Design-Based Research), הניתוח התקיים במחזורים איטרטיביים לאורך כל תקופת הניסוי, כאשר תובנות שעלו מהניתוח הראשוני, שימשו לעידון ולהתאמה של ההתערבות במחזורים הבאים.

ניתוח כמותי

הנתונים הכמותיים, שנאספו משאלוני ה'פרה' וה'פוסט' של 14 הרכזים המשתתפים, נותחו באמצעות **סטטיסטיקה תיאורית בסיסית**. עבור כל אחד מפריטי סולם ליקרט (4-1), חושבו ממוצעים (Mean) עבור שתי נקודות הזמן. לאחר מכן, נערכה השוואה בין המדדים, כדי לזהות את גודל וכיוון השינוי שחל בעמדות, בתחושת הביטחון ובמסוגלות העצמית של הרכזים.

מגבלות מתודולוגיות והתייחסות לגודל המדגם: המדגם שכולל 14 רכזים, הנו קטן מדי מכדי להסיק ממנו נתונים כמותיים. אולם למרות זאת, הוא מייצג את כלל אוכלוסיית המשתתפים הרלוונטית למחקר זה – קבוצת הרכזים שלקחו חלק בתהליך ההתערבות הפדגוגית שנבחן. לפיכך, הניתוח הכמותי בוצע לא במטרה להסיק מסקנות כלליות או לטעון למובהקות סטטיסטית, אלא כדי לתאר מגמות מרכזיות, דפוסי תשובה ורמות הסכמה בקרב הקבוצה הנחקרת.

ניתוח איכותני

הנתונים האיכותניים, שנאספו מהתשובות הפתוחות בשאלוני העמדות, מדיווחי ההתנסויות המפורטים של הרכזים, מהתכתבויות תלמידים עם בוטים ומתמלולי המפגשים והוובינרים, נותחו באמצעות **ניתוח תמטי (Thematic Analysis)**. תהליך זה כלל מספר שלבים:

1. **היכרות עם הנתונים:** קריאה מעמיקה של כלל הטקסטים (דיווחי התנסויות, תמלולי מפגשים, תשובות פתוחות), כדי לקבל תחושה כללית של התכנים והמגמות המרכזיות.
2. **קידוד ראשוני:** זיהוי יחידות משמעות בטקסט (משפטים או פסקאות), והצמדת "קוד" או תווית המתארים את תוכן. לדוגמה, קודים כמו "חיסכון בזמן הנחיה", "פיתוח חשיבה ביקורתית" או "אתגרי אמינות AI".
3. **זיהוי תמות:** קיבוץ הקודים השונים לקטגוריות רחבות יותר או ל"תמות" מרכזיות החוזרות על עצמן בנתונים. לדוגמה, קודים כמו "שיפור איכות הכתיבה" ו"הרחבת אופקי חשיבה" קובצו תחת התמה "שיפור תהליכי למידה".
4. **ארגון התמות:** התמות המרכזיות אורגנו באופן שיטתי סביב חמש שאלות המחקר, כדי לספק מענה מבוסס-ראיות לכל אחת מהן. ניתוח זה אפשר לחלץ את התובנות העמוקות בהקשר של פיתוח המודל הפדגוגי, וכן של החוויות והתפיסות של הרכזים והתלמידים.

ניתוח נתוני תלמידים

נתוני התלמידים (82 שאלוני סיכום ו-167 דיווחי התנסויות) נותחו בשילוב של **ניתוח כמותי תיאורי** ושל **ניתוח תמטי איכותני**. הניתוח הכמותי התמקד בדפוסי שימוש (תדירות, סוגי כלים, שלבי עבודה), ואילו הניתוח האיכותני חקר את חוויות התלמידים, אתגרים שהם התמודדו עימם ומיומנויות שהם פיתחו.

טריאנגולציה ואמינות

כדי להבטיח את אמינות הממצאים, נעשה שימוש ב**טריאנגולציה** במספר רמות:

- **טריאנגולציית מקורות:** השוואה בין נתוני רכזים לנתוני תלמידים, לזיהוי עקביות או סתירות.
- **טריאנגולציית שיטות:** שילוב נתונים כמותיים ואיכותניים, לקבלת תמונה מקיפה.
- **טריאנגולציית זמן:** ניתוח נתוני פרה-פוסט, לבחינת שינויים לאורך זמן.
- **טריאנגולציית חוקרים:** ניתוח עצמאי על ידי כמה מחברי צוות המחקר, עם דיון ויישוב הבדלים.

תפקיד החוקרות במחקר עיצוב

במסגרת מתודולוגיית מחקר מבוסס עיצוב, תפקידן של החוקרות (ד"ר ליאת אייל ומעיין סייג) היה כפול ומורכב. הן לא היו צופות חיצוניות ואובייקטיביות בלבד, אלא הן שימשו הן כמעצבות ההתערבות והן כחוקרות התהליך.

כמעצבות ההתערבות: החוקרות היו אחראיות על תכנון המסגרת הכוללת של הניסוי, על פיתוח חומרי ההדרכה, על בחירת הכלים הטכנולוגיים ועל הובלת הדיונים וההחלטות בוועדת ההיגוי. הן היו שותפות פעילות בעיצוב הפתרונות הפדגוגיים והטכניים בתגובה לאתגרים שעלו מהשטח.

כאוספות נתונים וחוקרות: במקביל, תפקידן היה לאסוף ולנתח את הנתונים באופן שיטתי ואובייקטיבי ככל הניתן. תפקיד זה כלל ניתוח סטטיסטי של השאלונים, ניתוח תמטי של הדיווחים, תיעוד מדויק של מפגשים, והסקת מסקנות המעוגנות בראיות.

המתח המובנה בין שני תפקידים אלו – מעורבות פעילה בעיצוב, מול ריחוק אנליטי בחקירה – נוהל באמצעות מספר מנגנונים. ראשית, עבודת הצוות בוועדת ההיגוי, שכללה גם נציגות מהשטח (גב' מיכל רלוי וד"ר סיגל טלקר), הבטיחה שהחלטות העיצוב לא יתקבלו על ידי החוקרות לבדן, אלא יהיו תוצר של דיון משותף. שנית, השימוש בכלי איסוף נתונים מובנים (כמו טופסי התנסויות סטנדרטיים) וההקפדה על תיעוד שיטתי (תמלולי מפגשים) סייעו לשמור על שקיפות ואמינות התהליך.

תוקף ואמינות

הניסוי "שילוב בינה מלאכותית בכתיבת עבודות גמר בתיכון" מציג קפדנות מתודולוגית גבוהה, באמצעות אימוץ גישת מחקר עיצוב (Design-Based Research - DBR), המשלבת שיטות כמותיות ואיכותניות בסביבות חינוכיות אותנטיות. מתודולוגיה איטרטיבית זו, הכוללת פיתוח, הטמעה, איסוף נתונים ועידון מתמיד, מבטיחה תוקף אקולוגי משמעותי, שכן הפרקטיקות מפותחות ונבחנות ישירות בהקשרן המעשי ב-11 בתי ספר מגוונים.

תוקף אקולוגי

היותו של המחקר המשך והרחבה של ניסוי קודם, תוך התבססות על לקחים שנלמדו והרחבת היקף הפעילות, מחזק את איתנותו. בחירת ה-DBR, במיוחד כהמשך ("ניסוי 2.0"): ה-DBR מתאפיין במחזוריים איטרטיביים של תכנון, יישום, ניתוח ותכנון מחדש בסביבות אותנטיות. התוקף האקולוגי בוחן האם ממצאי המחקר ניתנים להכללה להקשרים אמיתיים. העיקרון המרכזי של ה-DBR הוא פיתוח ובחינת התערבויות *בתוך* הקשרים חינוכיים אמיתיים (כגון בתי ספר תיכוניים). הטמעה ישירה זו - משמעותה היא שהממצאים רלוונטיים וניתנים ליישום באופן מיידי בסביבה שבה נוצרו, ובכך הם ממקסמים תוקף זה. העובדה שמדובר ב"ניסוי 2.0", מצביעה על כך שהפרקטיקות כבר עברו סבב ראשון של בדיקה ושיפור בשדה, מה שהופך את האיטרציה הנוכחית לתיקוף נוסף.

תוקף פנימי

תוקף פנימי בוחן האם אופן תכנון המחקר, ביצועו וניתוחו מאפשרים מענה מהימן לשאלות המחקר ללא הטיה. בעוד ש-DBR אינו תכנון ניסויי מסורתי לבחינת סיבתיות, הרי שאופיו האיטרטיבי מאפשר ניטור והתאמה מתמשכים של ההתערבות. אם זוהו הטיית ראשוניות או גורמים מבלבלים במחזור אחד, ניתן לתכנן מחדש את המחזור הבא כדי למתן אותם.

גישת "למידה תוך כדי עשייה" ו"תכנון אדפטיבי" זו, במיוחד כאשר היא מודרכת על ידי ועדת היגוי (כפי שמפורט בתיאור הניסוי), פועלת כבדיקת תוקף פנימי מתמשכת. היא משפרת את נאמנות ההתערבות ואת מהימנות ההשפעות הנצפות לאורך זמן. הדבר אינו כרוך בהוכחת סיבתיות בבת אחת, אלא בפיתוח פרקטיקות חזקות ויעילות בהקשרן המיועד - דבר הדורש מידה גבוהה של עקביות פנימית בתוך תהליך העיצוב עצמו.

שילוב מקורות נתונים מגוונים אלו מאפשר טריאנגולציה, התורמת לאמינות הממצאים ולחוסן המסקנות. בכך, המחקר מספק בסיס איתן ומהימן לפיתוח פרקטיקות פדגוגיות חדשניות לשילוב בינה מלאכותית בהוראה.

אתיקה במחקר

הניסוי נערך כניסוי פנימי של המכון למחקר יישומי של בינה מלאכותית, מו"פ משרד החינוך, ובשיתוף עם הממונה על עבודות גמר.

בתיאום עם משרד המדען הראשי, סוכם שנוהל אתי לביצוע מחקרים פנימיים נמצא בשלב גיבוש, ושעד לפרסומו, ביצוען של פעולות חקר פנימיות אינו מחויב בהיתר מטעמם (נוהל פעילות מחקרית במערכת החינוך, 1/10/24, אינו חל עליו).

בניסוי הנוכחי הייתה הקפדה על כללי האתיקה במחקר, תוך שמירה על אנונימיות המשתתפים – מורים, אנשי חינוך ותלמידים - בכלי המחקר הרלוונטיים, באופן שאינו מאפשר את זיהויים ואת שיוכם הבית ספרי. בכל מקרה, לא נעשתה פנייה ישירה אל התלמידים, וכל המידע על התלמידים נאסף באמצעות המורים שלהם. כמו כן, בוצעה שמירה על אחסון נתונים מאובטח לאורך כל התהליך המחקרי.

ממצאי המחקר

פרק זה מציג את הממצאים האמפיריים של מחקר העיצוב והפיתוח שנערך במסגרת ניסוי "בינה מלאכותית בעבודות גמר 2.0" במהלך שנת הלימודים תשפ"ה. המחקר כלל 14 רכזי עבודות גמר ו-230 תלמידים מ-11 בתי ספר, ונועד לפתח ולבחון פרקטיקות פדגוגיות לשילוב מושכל של בינה מלאכותית יוצרת בתהליך כתיבת עבודות גמר בתיכון.

הניתוח הבא מבוסס על חמש קטגוריות עיקריות של מקורות נתונים שנאספו במהלך הניסוי. שאלוני עמדות כמותיים הועברו לרכזים בתחילת הניסוי ובסיומו, כדי למדוד שינויים בתפיסות ובמסוגלות העצמית. דיווחי התנסויות איכותניים נאספו הן מרכזים והן מתלמידים לאחר פעילויות ספציפיות, וכללו רפלקציות על שימוש בכלי AI שונים. תמלולי מפגשי הנחיה ווובינרים תועדו ונותחו, כדי לעקוב אחר התפתחות התהליך ולזהות תמות חוזרות. ניתוח תוצרים כלל בחינה של בוטים שפותחו על ידי רכזים, של חומרי הוראה שנוצרו ושל התכתבויות של תלמידים עם כלי AI. לבסוף, תצפיות שיטתיות תיעדו התנסויות כיתתיות ומפגשי הנחיה, במטרה לתעד את הדינמיקה החיה של התהליך החינוכי.

מבנה הפרק ושאלות המחקר

הפרק נבנה סביב שאלות המחקר המרכזיות שהוצגו בתחילת הניסוי. התחלנו בבחינת העקרונות הפדגוגיים שהתגבשו במהלך הניסוי - אלו שנועדו להתמודד עם תופעת "אשליית הלמידה" ולקדם מאמץ קוגניטיבי. המשכנו בניתוח ההתפתחות המקצועית של הרכזים, תוך מעקב אחר השינויים בתפיסת התפקיד, במסוגלות העצמית ובאוריינות AI. בהמשך בחנו את חוויות הלמידה של התלמידים, כולל הדרכים שבהן הם מתמודדים עם יתרונות ואתגרים של השימוש בכלי AI. ייחדנו תשומת לב מיוחדת להבדלים בין תחומי דעת שונים ולהשפעת מאפייני התחום על דפוסי השימוש. לסיום, מיפינו את האתגרים והחסמים המערכתיים שזוהו במהלך הניסוי, ואת הפתרונות שפותחו להתמודדות עימם. הסינתזה של כל הממצאים הללו מובילה להצגת מודל "נבו" - נראות בלמידה ועבודה נתמכת בינה מלאכותית - כמסגרת קוהרנטית ליישום הפרקטיקות שפותחו במהלך הניסוי.

מפתח מקורות נתונים

כדי להבטיח שקיפות ואמינות בהצגת הממצאים, כל טענה או ציטוט בפרק זה מלווים בסימון המצביע על מקור הנתונים:

[שפ"ר] - שאלוני פרה ופוסט של רכזים ($N=14$)

[דה"ר] - דיווחי התנסויות רכזים (37 דיווחים על 7 סוגי פעילויות)

[שת] - שאלוני תלמידים מסכמים ($N=82$)

[דה"ת] - דיווחי התנסויות תלמידים (167 דיווחים)

[תמ"ה] - תמלולי מפגשי הנחיה (6 מפגשים)

[תו] - תמלולי וובינרים (7 מפגשים)

[נת] - ניתוח תוצרים (בוטים, חומרי הוראה, התכתבויות).

מערכת הסימון הזו מאפשרת לקוראים לעקוב אחר המקור של כל ממצא, ולהעריך את משקלו במסגרת הכלל.

עקרונות המודל הפדגוגי: מודל "נבו" כמענה ל"אשליית הלמידה"

שאלת המחקר הראשונה בחנה את העקרונות והפרקטיקות המרכזיים בשילוב AI המקדמים מאמץ קוגניטיבי והמונעים אשליית למידה. הממצאים מובילים להצגת מודל פדגוגי מקיף שפותח במהלך הניסוי - **מודל "נבו"** (נראות בלמידה ועבודה נתמכת בינה מלאכותית) - המציע מסגרת תיאורטית ומעשית לשילוב מושכל של כלי AI בתהליכי למידה אקדמיים.

ההקשר התיאורטי: החיבור לתיאוריות למידה מוכרות

המודל שהתגבש בניסוי, לא נוצר בוואקום, אלא נשען על עשרות שנים של מחקר בתיאוריות למידה מוכרות, תוך התאמתן למציאות החדשה של עידן ה-AI. העקרונות מושתתים על התיאוריה הקונסטרוקטיביסטית (Vygotsky, 1977; Piaget, 1978), המדגישה כי ידע נבנה באופן פעיל על ידי

הלומד, ולא מועבר באופן פסיבי. הם משלבים את תפיסת הפיגומים הקוגניטיביים של ויגוצקי (1978) ואת עקרונות המטא-קוגניציה של פלייבל (Flavell, 1979), תוך יישום של עקרונות הלמידה הנראית של האטי (Hattie, 2009).

המודל מכיר בכך שהשימוש ב-AI יוצר מציאות חינוכית חדשה שדורשת התאמה של עקרונות פדגוגיים מוכרים. במקום להתעלם מנוכחות ה-AI או לנסות לחסום אותה, המורים והתלמידים המשתתפים פיתחו גישה מעשית המכירה במציאות ההיברידית החדשה [תמ"ה]. כפי שתיארה אחת הרכזות: "אנחנו כבר לא בשאלה האם להשתמש ב-AI, אלא איך להשתמש בו באופן שיחזק את הלמידה" [תמ"ה].

האתגר המרכזי: "אשליית הלמידה" בעידן AI

הממצא המרכזי שעמד בבסיס פיתוח המודל, הוא זיהוי תופעת "אשליית הלמידה" כסיכון ממשי בשימוש ב-AI [דה"ת, דה"ר]. תופעה זו, שזוהתה במחקרים קוגניטיביים (Bjork & Bjork, 2020), מתבטאת בפער בין תחושת הבנה סובייקטיבית של התלמיד לבין הידע והיכולת האמיתיים שלו.

המורים זיהו את האתגר המרכזי, כמציאת "הקו הדק שמפריד בין שימוש מושכל ככלי תומך לבין העברת הלמידה למודל השפה" [דה"ר]. תלמידים הביעו דאגה כנה מכך שהסתמכות יתר עלולה להוביל לכך ש"החשיבה שלי תרד", ושהם "יאבדו את היכולת לסכם מידע ולהביע את עצמם בכתיבה" [דה"ת].

כפי שתיאר אחד התלמידים: "ה-AI נתן לי הסבר מושלם על הנושא. חשבתי שאני מבין הכול. אבל כשניסיתי לכתוב פסקה בעצמי, התבלבלתי לגמרי" [דה"ת]. ההכרה בחשש זה היא נקודת המוצא לפיתוח עקרונות המודל, שכל מטרתם היא להבטיח שהתלמיד יישאר הסוכן הקוגניטיבי הפעיל בתהליך הלמידה לצד הבינה המלאכותית.

מודל "נבו"ן": חמישה עקרונות ליישום מושכל

כמענה לאתגרים שזוהו, התגבש במהלך הניסוי, מודל פדגוגי מקיף הנשען על חמישה עקרונות יסוד המשולבים זה בזה:

עיקרון 1: שקיפות וניהול ידע היברידי

העיקרון הראשון מכיר במפורש בכך שתהליך יצירת הידע במאה ה-21 הוא היברידי, ומשלב תרומה אנושית וממוכנת. העיקרון עוסק בפיתוח מודעות מתמדת להרכב הידע ההיברידי הנוצר בתהליך העבודה מול הבינה המלאכותית היוצרת, תוך קביעת נורמות ברורות לתיעוד ודיווח על השותפות עם ה-AI. המטרה אינה למנוע את ההיברידיות או לייצר הפרדה נוקשה בין "ידע שלי" ל"ידע של ה-AI", אלא להכיר בה ולנהל אותה תוך מודעות. מודעות להרכב הידע חשובה ליושרה אקדמית, לאיתור ותיקון שגיאות ולפיתוח מומחיות.

הראיות מהשטח מאששות את חשיבות העיקרון: במהלך ההתנסות עם "בוט האתיקה", "שקיפות ויושרה" עלה כאחד מארבעת העקרונות המרכזיים שהתלמידים עצמם גיבשו [דה"ת]. בתרגום לפרקטיקה, 35.4% מהתלמידים דיווחו כי הם מציינים את השימוש בכלי בעבודה או למנחה [שת].

המורים אף פיתחו פרקטיקות ספציפיות לתמיכה בעיקרון זה, כמו "גילוי נאות", המפרט את השימוש בכלי AI בעבודה [דה"ר]. התלמידים הונחו להיעזר בשאלות רפלקטיביות כגון: "מנין הידע הזה? מה חלקי האישי בהבנה זו? באיזה אופן השימוש ב-AI השפיע או עיצב את התפיסה שלי בנושא זה?" [נת].

עיקרון 2: פיגומים קוגניטיביים דינמיים

העיקרון השני, בהשראת ויגוצקי וברנר (Bruner, 1978; Vygotsky, 1966), רואה ב-AI כלי המספק תמיכה קוגניטיבית מותאמת (פיגום), שמשתנה באופן דינמי לפי הצורך הספציפי ורמת השליטה של הלומד. בשונה מהמטרה המקורית, שהיא "להסיר" את הפיגום בסופו של דבר - בלמידה ההיברידית, המטרה היא ללמוד להשתמש בו באופן מומחה ומושכל, כחלק מארגז כלים קוגניטיבי מורחב.

הממצאים מספקים דוגמאות מובהקות לעיקרון זה בפעולה. קבוצה משמעותית של 20.9% מהתלמידים דיווחה על צמצום השימוש ב-AI בשלבים מתקדמים של העבודה [שת]. ההסברים שלהם ממחישים את רעיון התאמת הפיגום: "ככל שההבנה שלי השתפרה, פחות הייתי צריך את ההסברים של ה-AI" [דה"ת]. תלמידה אחרת הוסיפה: "ככל שהתעמקתי בעבודה, השתפרתי במציאת מקורות, ניסוח, ובכללי בהבנת החומר" [דה"ת].

המורים תמכו בעיקרון זה, באמצעות פיתוח "מודל מודולרי של הקניית מיומנויות לפני חשיפת כלי ה-AI" [דה"ר], כאשר הם בונים קודם את היכולת העצמאית, ורק אז מוסיפים את הפיגום הטכנולוגי. התלמידים הפגינו שימוש מותאם בכלים שונים: מפות מושגים לארגון ידע וכלי איתור מידע למחקר [דה"ת].

עיקרון 3: הפיכת החשיבה לנראית (מטא-קוגניציה מתמשכת)

העיקרון השלישי מנצל את האינטראקציה עם ה-AI כזירה שבה התלמידים נדרשים לבטא, לתעד, לנתח ולהרהר בתהליכי החשיבה שלהם. העיקרון מתמקד בתהליך הקוגניטיבי המודע של חשיבה על אודות הלמידה והמחקר, והוא נשען על עשרות שנים של מחקר במדעי הקוגניציה, המראה כי מטא-קוגניציה היא אחד הגורמים המנבאים החזקים ביותר להצלחה בלמידה (Flavell, 1979).

השימוש ב-AI הוא כ"מראה מטא-קוגניטיבית" - כאשר תלמיד מנסח פרומפט ומקבל תגובה, הוא נתקל ב"מראה" לחשיבתו. האם השאלה שניסח הייתה ברורה? האם התוצאה משקפת את כוונתו? תהליך זה מאלץ רפלקציה מיידית על איכות החשיבה והביטוי.

פרקטיקת "יומן AI", שפותחה על ידי מורים בניסוי, מהווה כלי מטא-קוגניטיבי מובהק [דה"ר]. היא מכריחה את התלמידים לתעד את הפרומפטים שניסחו, את התוצאות שקיבלו ואת הרפלקציה הביקורתית שלהם על התהליך. התיעוד כולל את הפרומפט המדויק שנוסח, את התוצאה שהתקבלה, ורפלקציה ביקורתית על התהליך: מדוע נבחר כלי זה? האם התוצאה הייתה מספקת? אילו שינויים נדרשו בפרומפט? מה נלמד מהאינטראקציה? [נת].

הדיאלוג הסוקרטי עם "בוט האתיקה" מהווה דוגמה נוספת ליישום מתוחכם של עיקרון זה. הדיאלוג הסוקרטי, שפותח על ידי סוקרטס ושמוכח במחקרים חינוכיים מודרניים כיעיל לפיתוח חשיבה ביקורתית, דורש מהתלמידים לבצע תהליכים קוגניטיביים: ארטיקולציה, הצדקה ועימות קוגניטיבי [נת]. כפי שציין אחד המורים: "עצם הדיאלוג של תלמיד עם 'מישהו' הוא חיובי כשלעצמו, מכיוון שהוא מאלץ את התלמיד לבצע ארטיקולציה למחשבותיו" [תמ"ה].

עיקרון 4: מעורבות אקטיבית ומאמץ קוגניטיבי

העיקרון הרביעי הוא הנוגדן הישיר ל"אשליית הלמידה". הוא דורש הבניה מכוונת של משימות מבוססות AI, באופן שמחייב את התלמיד במאמץ קוגניטיבי משמעותי, כגון אימות, הצלבה, סינתזה, שכתוב ושיפוט

ביקורתי. העיקרון נשען על תפיסות למידה קונסטרוקטיביסטיות (Piaget, 1977), המדגישות כי ידע נבנה באופן פעיל על ידי הלומד תוך מאמץ קוגניטיבי.

עיקרון זה עומד בלב הממצאים המרכזיים של הניסוי. בניגוד לחשש מפני פסיביות, התלמידים דיווחו על מעורבות אקטיבית גבוהה: 86.3% מאמתים מידע, ו-78.8% משכתבים טקסטים באופן מהותי [שת]. התלמידים פיתחו פרוטוקול "כבדהו וחשדהו" - גישה שמשלבת הערכה לכלי עם ביקורתיות כלפיו.

הרציונל של התלמידים מדגים את העיקרון: "אני מנסח את החומר במילים שלי. כך אני גם קורא וגם מבין" [דה"ת]. פרקטיקת "הלמידה המוכפלת" שפיתחה המורה ד' בכר, מהווה דוגמה להנדסה פדגוגית של מאמץ קוגניטיבי [דה"ר]. במסגרת פרקטיקה זו, התלמידים נדרשים ללמוד ולבצע מיומנות מורכבת באופן ידני (למשל, באמצעות תוכנת Excel), ורק לאחר שהם מפגינים שליטה במיומנות ובהיגיון העומד בבסיסה, הם נחשפים לכלי AI המבצעים אוטומציה של התהליך.

באופן דומה, הפרקטיקה שהציע המורה ר', דורשת מהתלמיד להתמודד תחילה עם משימה, כמו יצירת מפת חשיבה, בכוחות עצמו, ורק לאחר מכן לפנות לסיוע ה-AI [דה"ר]. שלב ההתמודדות העצמית הראשונית מבטיח שהתלמיד יגבש חשיבה מקורית וכיוון אישי, ושה-AI ישמש ככלי להרחבה ועידון.

באופן פרדוקסלי, אפילו הקושי שתלמידים חוו בניסוח שאילתות (פרומפטים) יעילות, התגלה כמנגנון המעודד מאמץ קוגניטיבי. כפי שציינה אחת המורות, הקושי בניסוח "הוכיח להם שעליהם להכיר בצורה מעמיקה יותר את הנושא עליו הם מעוניינים לכתוב" [דה"ר]. המאמץ הנדרש כדי לנסח שאילתה מדויקת, מאלץ את התלמיד לבצע ארטיקולציה למחשבותיו ולחדד את הבנתו.

עיקרון 5: ביטוי ידע במגוון תוצרים

העיקרון החמישי מרחיב את דרכי ההערכה מעבר לטקסט הכתוב המסורתי, ומנצל את ה-AI כדי לסייע לתלמידים לבטא את הבנתם במגוון תוצרים ויזואליים, שמיעתיים ואינטראקטיביים. בעולם שבו ניתן לייצר טקסט איכותי בקלות, היכולת לבטא ידע בטקסט בלבד אינה עוד מדד מספק להבנה עמוקה.

הדרישה מהתלמידים "לתרגם" את הידע שרכשו למגוון פורמטים, מהווה מבחן אותנטי יותר לשליטתם בחומר. עיקרון זה מתיישב עם התפיסה של פרקינס על "לשחק עם הידע" (Perkins, 1992), המדגישה כי הבנה אמיתית מתבטאת ביכולת להעביר ידע בין הקשרים שונים ולבטא אותו בצורות מגוונות.

אמנם זהו העיקרון שזכה להתייחסות הראשונית ביותר בממצאים, אך ניתן למצוא לו ניצנים חשובים. התלמידים דיווחו על שימוש בכלים ליצירת מפות מושגים - תוצר ויזואלי-היררכי [דה"ת]. מורה דיווח על שימוש בכלי הממיר מאמרים כתובים לפודקאסטים [דה"ר]. הדוגמה הבולטת ביותר היא המורים עצמם, שביטאו את הידע הפדגוגי שלהם באמצעות הווינירים שהם נדרשו לפתח ולהעביר, וביצירת תוצר חדש - בוטים פדגוגיים [נת].

השלכות על הוראה ולמידה

מודל "נבו" מציע מסגרת מעשית וגמישה לשילוב מושכל של AI בחינוך, תוך שמירה על התלמיד כמרכז תהליך הלמידה, ועל המורה כמנחה מקצועי ומלווה פדגוגי. הוא מדגים, כי השאלה אינה "האם" לשלב AI בחינוך, אלא "כיצד" לעשות זאת באופן שיעצים את הלמידה ויטפח מיומנויות חשיבה מסדר גבוה. המודל מציע שינוי פרדיגמטי בתפיסת תפקיד המורה, מ"שומר ידע" ל"מלווה דיאלוגי", ומדגיש את החשיבות של חינוך לאוריינות AI כחלק בלתי נפרד מהאוריינות האקדמית הכללית. הדבר כולל פיתוח מיומנויות כמו הנדסת פרומפטים, הערכה ביקורתית של תוצרי AI, ואימות מידע [דה"ר, דה"ת].

טבלה: עקרונות מודל "נבו" ופרקטיקות תואמות שפותחו בשטח

עיקרון	הגדרה קצרה	ממצאים תומכים ופרקטיקות תואמות שפותחו בשטח
1. שקיפות וניהול ידע היברידי	הכרה מפורשת בידע ההיברידי הנוצר בעבודה עם AI, קביעת נורמות לתיעוד ודיווח על השותפות	• דיאלוג סוקרטי לבנייה משותפת של אתיקה - גיבוש קוד אתי דינמי על ידי התלמידים • תיעוד שימוש ב-AI בעבודה (35.4% מהתלמידים) • שאלות רפלקטיביות: "מנין הידע הזה?", "מה חלקי האישי בהבנה זו?" • דרישה לפרק "גילוי נאות" או נספח מתודולוגי
2. פיגומים קוגניטיביים דינמיים	שימוש ב-AI כתמיכה קוגניטיבית משתנה בהתאם לשלב הלמידה, פיתוח שליטה על הפיגום והתאמתו לצרכים המשתנים	• פיגום קונספטואלי באמצעות מפת חשיבה - יצירת "ראשי פרקים" ראשוניים מרעיון כללי • בוט לניהול זמן בסיוע AI - בניית לוח זמנים מותאם אישית • התאמה דינמית של דפוס השימוש לאורך זמן • צמצום השימוש ב-AI בשלבים מתקדמים (20.9% מהתלמידים)
3. הפיכת החשיבה לנראית (מטא-קוגניציה מתמשכת)	שימוש באינטראקציה עם ה-AI כזירה לביטוי, תיעוד, ניתוח והרהור בתהליכי החשיבה של התלמיד	• תיעוד תהליך מטא-קוגניטיבי ("יומן AI") - תיעוד כל אינטראקציה עם AI, כולל פרומפטים, תוצאות ורפלקציה • דיאלוג סוקרטי עם "בוט האתיקה" - ארטיקולציה והצדקה של עמדות • השימוש ב-AI כ"מראה מטא-קוגניטיבית" • רפלקציה מיידית על איכות החשיבה והביטוי
4. מעורבות אקטיבית ומאמץ קוגניטיבי	הבניה מכוונת של משימות הדורשות מאמץ קוגניטיבי משמעותי, כגון אימות, הצלבה, סינתזה ושיפוט ביקורתי	• "למידה מוכפלת" - למידה ידנית, ולאחר מכן בסיוע AI • איתור מידע מדעי מובנה (6 טיפים) - מתודולוגיה שיטתית לחיפוש מידע • הנדסת פרומפטים מותאמת-דיסציפלינה - ניסוח פרומפטים יעילים ומדויקים • "חיסון" נגד הטיות ו"צ'רי פיקינג" - ניתוח ביקורתי של טקסטים מוטים • פרוטוקול "כבדהו וחשדהו" (86.3% מאמתיים מידע, 78.8% משכתבים)

5. ביטוי ידע במגוון תוצרים	הרחבת דרכי ההערכה מעבר לטקסט הכתוב, שימוש ב-AI לביטוי הבנה במגוון תוצרים ויזואליים, שמיעתיים ואינטראקטיביים	• יצירת מפות מושגים ויזואליות • המרת מאמרים לפודקאסטים • פיתוח בוטים פדגוגיים על ידי המורים • תוצרים אינטראקטיביים ומולטימדיה • "תרגום" ידע למגוון פורמטים כמבחן אותנטי לשליטה
---------------------------------------	--	---

הערות:

- הפרקטיקות מתחזקות זו את זו ומיושמות במקביל.
- כל פרקטיקה תורמת למספר עקרונות בו-זמנית.
- הדגש על "חיכוך מכוון" שמעודד מאמץ קוגניטיבי.
- מניעת "אשליית למידה" עומדת במרכז כל הפרקטיקות.

לסיכום, מודל "נבו"ן" וחמשת עקרונותיו מציעים מענה פדגוגי מעשי לאתגר "אשליית הלמידה" בעידן ה-AI. הממצאים מראים, כי התלמידים מפתחים "פדגוגיה של זהירות ביקורתית" - פרוטוקול של "כבדהו וחשדהו", שמשלב הערכה לכלי עם ביקורתיות כלפיו. תהליך זה יוצר מתודולוגיית חקר חדשה, שמבטיחה מאמץ קוגניטיבי מתמיד ושמונעת אשליית הבנה שטחית. עם זאת, הצלחת היישום של מודל זה תלויה במידה רבה בהתפתחות המקצועית של המורים עצמם - בשינוי תפיסת תפקידם, בפיתוח מסוגלות עצמית חדשה ובהתאמת פרקטיקות ההוראה למציאות החינוכית המשתנה.

התפתחות מקצועית של רכזי עבודות גמר בעידן הבינה המלאכותית

פרק זה מציג את ממצאי המחקר הבוחנים את התפתחותם המקצועית של רכזי עבודות הגמר ($N=14$) שהשתתפו בניסוי לשילוב בינה מלאכותית (AI). חשוב להדגיש כי קבוצת המחקר מורכבת ברובה מרכזים שהשתתפו בניסוי גם בשנת הלימודים תשפ"ד, ועל כן הם החלו את התהליך הנוכחי עם ניסיון ראשוני בשילוב כלי AI בהנחיה [שפ"ר]. הממצאים המוצגים כאן מתמקדים בתהליך השינוי וההתפתחות שעברו במהלך הניסוי הנוכחי, ועונים על שאלת המחקר המרכזית: **"כיצד משתנות תפיסת התפקיד, המסוגלות העצמית וכשירות ה-AI של הרכזים, ואילו פרקטיקות חדשניות הם מפתחים?"**.

הניתוח נשען על שילוב שיטתי (טריאנגולציה) של נתונים כמותיים ואיכותניים, ומאורגן סביב שלושה צירים מרכזיים:

1. **השינוי הכמותי:** ניתוח תיאורי של הצמיחה בכשירות ה-AI, במסוגלות העצמית ובעמדות, המבוסס על השוואה בין שאלוני פרה ופוסט.
2. **התפתחות הזהות המקצועית:** ניתוח איכותני של האופן שבו תפיסת התפקיד של הרכזים התפתחה, ממקור ידע למעצבי תהליכי למידה ומכוונים אתיים.
3. **הופעתה של פדגוגיה חדשנית:** קטלוג וניתוח של פרקטיקות ההוראה החדשניות, משולבות ה-AI, שפותחו ויושמו על ידי המשתתפים.

כדי להבטיח שקיפות ואמינות, כל טענה, נתון או ציטוט בפרק זה מלווים בסימון המצביע על מקור הנתונים: **[שפ"ר]** - שאלוני פרה ופוסט של רכזים; **[זה"ר]** - דיווחי התנסויות רכזים; **[תו]** - תמלולי וובינרים; **[נת]** - ניתוח תוצרים.

השינוי הכמותי - צמיחה בכשירות, במסוגלות ובעמדות כלפי AI

חלק זה מציג ניתוח סטטיסטי-תיאורי של השינויים שחלו בקרב הרכזים בעקבות ההתערבות. הנתונים, המבוססים על שאלוני פרה ופוסט ($N=14$), מצביעים על מגמה חיובית ועל עלייה ברוב המדדים שנבחנו.

שינוי מהותי בדפוסי העמדות כלפי שילוב AI

אחד הממצאים הבולטים הוא השינוי בדפוסי העמדות של הרכזים כלפי שילוב AI בהוראה. כפי שמודגם בטבלה 1, בתחילת הניסוי, מחצית מהמשתתפים (50%, 7 מתוך 14) הגדירו את עמדתם כ"חושש/ת אך מבינה את הנחיצות". קטגוריה זו, המעידה על אמביוולנטיות, נעלמה לחלוטין בסיום הניסוי (0 משתתפים). במקביל, נצפתה עלייה של פי חמישה במספר המשתתפים שהגדירו את עצמם כ"תומכת/ת נלהבת", מ-14% בלבד (2 משתתפים) לפני הניסוי, ל-71% (10 משתתפים) אחריו [שפ"ר].

טבלה 1: התפלגות העמדות כלפי שימוש ב-AI לפני ואחרי הניסוי ($N=14$)

עמדה	לפני הניסוי (פרה)	אחרי הניסוי (פוסט)
חושש/ת אך מבינה את הנחיצות	7	0
תומכת/ת בשימוש מבוקר	5	4

10	2	תומכת נלהב/ת
14	14	סה"כ

מקור הנתונים: [שפ"ר]

הנתונים מצביעים על כך שההתנסות המעשית והליווי במסגרת הניסוי סייעו בהפגת חששות ובחיזוק העמדות החיוביות כלפי הטכנולוגיה. השינוי מאמביוולנטיות לתמיכה נלהבת, משקף מעבר מ"אימוץ זהיר לביטחון וחדשנות פדגוגית" [שפ"ר].

התפתחות הוליסטית בכשירות ה-AI של הרכזים

הניתוח הכמותי, המבוסס על השוואת שאלוני פרה-פוסט, מצביע על עלייה בכלל מדדי הכשירות של הרכזים.

טבלה 2: השוואת ממוצעים לפני ואחרי הניסוי ברמת קטגוריות (סולם 4-1)

המשתנה (הקטגוריה)	M (פרה)	M (פוסט)	שינוי
מעורבות מקצועית	3.41	3.57	+0.16
רמת ידע והבנה	2.79	3.21	+0.42
רמת ביטחון ביישום	3.09	3.49	+0.40
הנגשה ופרסונליזציה	2.71	3.29	+0.58
הערכה ומשוב	1.62	2.24	+0.62
פיתוח מיומנויות תלמידים	2.88	3.07	+0.19

מקור הנתונים: [שפ"ר]

למרות שהעלייה הכמותית נראית מתונה על פניה, הניתוח האיכותני מגלה שינוי מעמיק באיכות השימוש, במובנות התהליכים ובעומק ההבנה הפדגוגית. הרכזים לא רק למדו על AI, אלא הפכו לסוכני ידע פעילים, המיישמים את שלמדו, מתאימים את הכלים לצרכים מגוונים, ומטפחים כשירות AI בקרב תלמידיהם. ה-AI הפך מכלי טכנולוגי ל"שותף בתהליך החקר", המשמש לקידום מיומנויות חקר ולא למתן תשובות סופיות [שפ"ר]. הניתוח האיכותני של תשובות הרכזים ממחיש את עומק השינוי בכל אחד מהתחומים:

מעורבות מקצועית (עלייה של 0.16): הממצא המעניין בתחום זה הוא לא גודל השינוי, אלא אופיו. הרכזים שהשתתפו בניסוי, נבחרו מראש על בסיס מעורבות מקצועית גבוהה - כולם כמעט השתתפו בהשתלמויות מגוונות בתחום ה-AI, מקורסים מקוונים של "הכוורת", דרך קורסים אקדמיים בחו"ל, ועד השתלמויות בית-ספריות [שפ"ר]. מצב זה יצר "אפקט תקרה" - העלייה הכמותית הייתה מוגבלת, כי נקודת הפתיחה הייתה כבר גבוהה מאוד. השינוי האמיתי היה איכותני: המעורבות הפכה למובנית ומעמיקה יותר, וממוקדת ספציפית בהנחיית עבודות גמר במקום בלמידה כללית על AI. הם החלו להתעדכן באופן קבוע בהתפתחויות, לחשוב באופן רפלקטיבי על שילוב הכלים, ולפתח בעצמם חומרי הדרכה - מעבר מצרכני תוכן ליוצרי ידע. התהליך הוביל לפיתוח מתודולוגיות סדורות ול"פירוק העבודה לשלבים" [שפ"ר]. שינוי דרמטי בהבנייה ובהיקף השילוב, מודגם בדוגמה של רכז שהרחיב את הוראת ה-AI משני שיעורים בשנה שעברה לשישה שיעורים השנה, ובמעבר מצרכנות השתלמויות להנחיית סדנאות לאחרים [שפ"ר]. כפי שתיארה זאת אחת הרכזות, השינוי התבטא ב"יותר ביטחון, פיתוח מערכים, למידת כלים עצמאית" [שפ"ר]. תחושת הביטחון החדשה הובילה למעורבות גבוהה יותר, כשרכז אחר ציין שההנחיה כוללת כעת "הרבה יותר שימוש בכלי בינה במהלך ההוראה וההנחיה" [שפ"ר].

רמת ידע והבנה (עלייה של 0.42): הזינוק במדד זה משקף מעבר מהיכרות שטחית עם המושג "AI", לידע פונקציונלי עמוק ולמיומנויות מתקדמות. הרכזים פיתחו "ארגז כלים" מגוון, ולמדו להתאים בין כלי למשימה פדגוגית, תוך השוואה פעילה בין כלים והבנת היתרונות והחסרונות הייחודיים של כל אחד [דה"ר]. למשל, הם זיהו ש-SciSpace פשוט לשימוש ומתאים לעבודות גמר, אך מוגבל בתחומים מסוימים, בעוד Perplexity בלט בדיוק ובנגישות לחיפוש מעמיק [דה"ר].

ההתפתחות כללה שלושה רבדים עיקריים: **הנדסת פרומפטים מתקדמת** - הרכזים פיתחו יכולת להנחות תלמידים בניסוח שאלות מדויקות, תוך הבנה ש"ככל שממקדים יותר את ההנחיות, התוצאות משתפרות ונעשות מעניינות יותר" [דה"ר]; **יצירת בוטים מותאמים אישית** - הם התקדמו לפיתוח בוטים

למטרות ספציפיות, כולל אפיון פרסונה לבוט, ניסוח הוראות התנהגות, ותהליך איטרטיבי של בדיקות ותיקונים [דה"ר]; **שילוב כלים ויזואליים** - הם התנסו בכלים מגוונים כמו Monica AI, Miro, Mapify, NAPKIN-AI ליצירת מפות חשיבה, תוך הנחיית התלמידים "לא להישאר רק עם מה שמוניקה יצר, אלא להתנסות ולהוסיף ולערוך מושגים נוספים במפה" [דה"ר].

רכז אחד ציין את "השימוש ב-SciSpace בשביל להתחיל תהליך של סקירה ספרותית" [שפ"ר], בעוד רכזת אחרת תיארה כיצד "השתמשתי בכלי elicit ai למציאת מקורות אמינים. עזר מאוד לתלמידים למצוא מידע אמין בכתבי עת אקדמיים" [שפ"ר]. ידע זה אינו רק טכני, אלא פדגוגי-אסטרטגי, והוא כולל הבנה מעמיקה של מגבלות הכלים ושל הצורך בבקרה אנושית.

רמת ביטחון ביישום (עלייה של 0.40): תחום זה מהווה הוכחה לכך שהלמידה תורגמה מהתיאוריה אל הפרקטיקה. הרכזים הרחיבו והעמיקו את השילוב של AI בפרקטיקות ההנחיה בשלבים שונים של תהליך החקר. הם פיתחו גישה מובנית יותר, כפי שמתארת רכזת אחת: "אני מאוד אוהבת את הפירוק למשימות קטנות ואת הבניית הדרך עד לתוצר, מנחה את תלמידיי להשתמש במחוללי שפה לצורך כך, כדי לראות את הדרך ולדעת ללכת צעד-צעד" [שפ"ר]. רכז אחר הדגיש את השימוש בכלים כמו "Perplexity, Claude ו-SciSpace, [ש]תורמים מאוד בשלב סקירת הספרות" [שפ"ר]. ה-AI הפך ל"כלי לשחרור חסמים", המאפשר לתלמידים לצאת ממצבי קיפאון ולהמשיך בתהליך החקר [שפ"ר].

הנגשה ופרסונליזציה (עלייה של 0.58): ה-AI הפך לכלי רב-עוצמה לקידום, הכלה ומתן מענה לצרכים ייחודיים, תוך צמצום פערים ומתן מענה מותאם אישית לאוכלוסיות מגוונות. רכזים דיווחו על הצלחות מרגשות בהנגשת תהליך החקר לתלמידים שהתקשו בו בעבר. כך למשל, רכז אחד שיתף כי "תלמיד על הרצף האוטיסטי התקשה בכתיבה, והבינה עזרה לו לפרוץ את המחסום" [שפ"ר], ורכז אחר סיפר על "תלמיד עם ליקויי למידה קשים בתחום דיסלקציה - נעזר בכלי בינה... מאוד עזר, ולמעשה אפשר את ההשתתפות של התלמיד בתהליך החקר" [שפ"ר]. דוגמה מרשימה לחדשנות פדגוגית היא השימוש ב-AI כדי לאפשר לתלמיד עם דיסלקציה להאזין למאמרים אקדמיים כפודקאסט, מה שאפשר לו להשתתף בתהליך החקר למרות הקושי בקריאה [שפ"ר]. נוסף על כך, כלי ה-AI שימשו לגשר על פערי שפה, כפי שתיארה רכזת: "היה לי צורך להשתמש בצ'אט בתרגום סימולטני של עברית לערבית, בהנחיה של תלמיד דובר ערבית. הצלחנו... לגשר על מרכיב השפה" [שפ"ר]. חדשנות נוספת התבטאה בפיתוח בוט ייעודי לניהול זמן עבור תלמיד עם קשיי התארגנות, כאשר התוצאה הייתה "משמעותית", והובילה לשיפור ניכר בתפקודו [שפ"ר].

הערכה ומשוב (עלייה של 0.62): תחום זה נמצא עדיין בהתפתחות, אך ניכרת תחילתו של שינוי. הרכזים החלו להשתמש ב-AI כ"שותף" למחשבה בתהליך מתן המשוב. רכזת אחת תיארה כיצד היא "מעלה קבצים בעיקר של דיון ומסקנות, אבל גם של סקירות, שואלת מה חסר, ומבקשת עוד כיווני חשיבה והרחבה" [שפ"ר]. אחרת ציינה: "אני נעזרת בבינה כדי לתת את המשוב. בנוסף, גם מלמדת את התלמידים לבדוק את עצמם לפני הגשה" [שפ"ר].

פיתוח מיומנויות תלמידים (עלייה של 0.19): הרכזים הבינו שתפקידם אינו רק ללמד עם AI, אלא ללמד על AI תוך פיתוח אוריינות AI ביקורתית ואחראית. הם החלו להקנות באופן אקטיבי מיומנויות של חשיבה ביקורתית ושל אוריינות דיגיטלית. רכזת אחת הנחתה את תלמידה: "תמיד לבדוק ולהצליב מול מקורות מהימנים קלאסיים-מחקריים" [שפ"ר]. רכז אחר פיתח פרקטיקה של למידה השוואתית: "עשינו מספר פעמים ניסיונות של ביצוע משימה באופן עצמאי, ואז השוואה לתוצר בינה מלאכותית. כך זיהינו טעויות ובעיות שעלו, וגם יתרונות" [שפ"ר]. הגישה אינה "להילחם" בכלי, אלא ללמד כיצד להשתמש בו נכון, תוך הקניית כלים לזיהוי "הזיות" והטיות, ושמירה על שקיפות ואתיקה בשימוש. התפתחות רב-ממדית זו משקפת צמיחה בידע המשלב טכנולוגיה, פדגוגיה ותוכן (TPACK), כאשר הרכזים למדו "לחשוב עם" הטכנולוגיה בהקשרים חינוכיים מגוונים.

העמקת תחושת המסוגלות העצמית

לצד העלייה בכשירות ה-AI, נרשמה התפתחות משמעותית בתחושת המסוגלות העצמית (Self-Efficacy) של הרכזים. למרות שהעלייה הכמותית הממוצעת (0.21) נראית מתונה, הנתונים האיכותניים חושפים תהליך עומק של בניית ביטחון, התמודדות עם אתגרים ואימוץ תפקיד פרואקטיבי. העלייה הגדולה ביותר נרשמה ביכולת "לשלב כלי בינה מלאכותית בשלבים שונים של המחקר" (עלייה של 0.50) - ממצא המעיד על כך שההתנסות תורגמה ליישום מעשי [שפ"ר].

טבלה 2: שינויים ברמת המסוגלות הנתפסת (סולם 4-1)

תחום מסוגלות	M (פרה)	M (פוסט)	שינוי
לזהות ולהעריך כלי AI המתאימים להנחיה	3.50	3.64	+0.14

+0.21	3.64	3.43	להתאים כלי AI לצרכים ספציפיים של תלמידים
+0.50	3.79	3.29	לשלב כלי AI בשלבים שונים של המחקר
+0.14	3.07	2.93	להתמודד עם בעיות טכניות בשימוש בכלי AI
+0.07	3.36	3.29	להעריך את איכות התוצרים של כלי AI
+0.21	3.50	3.29	ממוצע כולל

מקור הנתונים: [שפ"ר]

הניתוח האיכותני מעמיק ומסביר את מקורותיה של תחושת המסוגלות הגוברת:

ביטחון בהערכה, הנחיה ויכולת שיפור: הרכזים ביטאו ביטחון ביכולתם להעריך את תוצרי ה-AI ולהנחות את התלמידים כיצד לשפרם. רכז ציין כי תלמידיו "בסך הכול מנוסים בעבודה עם כלי בינה מלאכותית, יודעים... לנסח שאלה, לשפר תוצאות". הוא מברר איתם באופן קבוע "האם התוצר שמתקבל הוא טוב, האם הוא מחדש להם, איך כדאי לשפר את הפרומפט" [דה"ר]. תחושת המסוגלות נבעה גם מההכרה ביעילות הכלי. רכז אחר הביע את הפתעתו מכך ש"להגיע לאותה מפת חשיבה... באופן רגיל... היה לוקח לתלמידה כמה שעות, והכלי פשוט נתן לה את זה תוך חצי דקה" [דה"ר].

התמודדות אקטיבית עם אתגרים: תחושת המסוגלות לא נבעה מהיעדר קשיים, אלא מהיכולת להתגבר עליהם. למרות חסימת כלים, רכזים הציעו פתרונות כמו "לנסות לעבוד עם כלים חינוכיים יותר" [דה"ר] או "להשתמש במספר כלים במקביל" [דה"ר]. בהתנסות יצירת הבוטים, רכזים לא נרתעו מ"הזיות", אלא נקטו ב"אימות והצלב תובעני", והתעקשו על פרטים עד שהבוט "הודה די למעשה שהוא פיברק מאמרים" [דה"ר], [נת]. זוהי דוגמה מובהקת למסוגלות עצמית ולנחישות להתגבר על מחסום טכנולוגי.

העצמת התלמידים כמקור למסוגלות הרכז: הצלחת התלמידים חיזקה את תחושת המסוגלות של הרכזים. רכז תיאר את "הברק בעיניים שלהם" ואת השינוי הדרמטי בתפיסתם: "וואוו... עד לפני שנה המילה מאמר הייתה האיום הכי גדול שלהם. היום הם מתמודדים עם מאמרים אפילו באנגלית" [דה"ר].

רכז אחר ציין כי תלמידיו "לא נתקלו בקשיים משמעותיים, ורובם הסתדרו כמעט ללא תיווך מצדי" [דה"ר], מה שמעיד על הצלחת ההנחיה ועל תחושת מסוגלות גבוהה.

תחושת מומחיות והכרה מקצועית: הובלת הוובינרים וההכרה מהעמיתים היוו מקור משמעותי לחיזוק המסוגלות העצמית. רכזים הפגינו ביטחון ומומחיות. רכז שפיתח בוט לניהול זמן, שיתף בגאווה בפידבקים מהתלמידים: "אני לא מאמין, שיש דבר כזה... הם הולכים להשתמש בזה, גם לעבודת גמר, אבל גם לתחומים שונים בחיים שלהם" [תו]. רכז אחר מיצב את עצמו כמומחה באומרו: "היום נדבר על חלק מהדברים שעלו בניסוי, על כל מיני תובנות ועל שיטות עבודה עם בינה מלאכותית" [תו].

התפתחות הזהות המקצועית - ממעביר ידע לארכיטקט למידה דיגיטלית

אחד הממצאים המעמיקים ביותר של המחקר הוא השינוי המהותי שחל בתפיסת התפקיד של הרכזים. הניתוח האיכותני של דיווחי ההתנסויות ושל תמלולי הוובינרים מגלה מעבר פרדיגמטי ממודל הוראה מסורתי למודל חדשני של ארכיטקט למידה דיגיטלית. השינוי התבטא בארבעה ממדים מרכזיים:

ממוביל ידע למנחה ומסייע: השינוי הבסיסי ביותר בתפיסת התפקיד התבטא במעבר ממורה כמקור ידע בלעדי, למנחה המסייע לתלמידים לפתח עצמאות אינטלקטואלית. במקום "להכתיב" את שאלות המחקר או את ראשי הפרקים, הרכזים הפכו למנחים המסייעים לתלמידים לנסח בעצמם את השאלות וההוראות לכלי ה-AI [דה"ר]. כפי שצינה רכזת אחת: "לתלמידים יש קושי בניסוח הוראות או שאלות. הם מצפים שאנחנו 'נכתיב' להם או נעשה עבורם את עבודת חשיבה והניסוח. ובעזרת הבינה המלאכותית, הם יכולים כעת להיעזר בגורם חיצוני. אבל הם יהיו אלו שייצרו את השאלות וההוראות - דבר מאוד חשוב לחוקר טוב" [דה"ר].

התפקיד החדש כולל: **הדרכה בפיתוח אוריינות אקדמית** - הקניית יסודות הידע המסורתיים לפני השימוש ב-AI, **הנחיית הדיאלוג עם ה-AI** באמצעות שאילת שאלות מתקדמות וממוקדות, **ומתן טיפים והכוונה אסטרטגית** לביצוע הפרקטיקות השונות [דה"ר]. כפי שתיאר זאת רכז אחר: "הפרקטיקה נראית לי נכונה. היא למעשה מחקה את תהליך פיתוח מפת החשיבה בשיטה המסורתית ואת תהליך גיבוש שאלות המשנה או תהליך כתיבת ראשי הפרקים" [דה"ר].

מ"שומר סף" ל"אוצר מידע" ומדריך ניווט: תפיסת התפקיד התפתחה ממודל של "שומר סף" של הידע, למודל של "אוצר מידע" ומדריך ניווט בים המידע העצום. במקום להיות המקור הבלעדי לידע, הרכזים

הפכו למנחים המלמדים את התלמידים כיצד לנווט ולהעריך מידע באופן ביקורתי [דה"ר]. תפקיד זה כולל **הקניית חשיבה ביקורתית וזיהוי הטיות** - הרכזים מדגישים את הצורך ללמד את התלמידים "מיומנות זיהוי טעויות, הטיות או פרשנות שגויה", ולעמת ולאמת את התשובות עם מקורות אחרים [דה"ר]. הגישה החדשה מתבטאת במה שרכז אחד כינה: "הנחיה קלאסית לצד הנחיה עתידנית. לא לשכוח שאחרי הכול אנחנו מקור ידע מבוסס יותר" [דה"ר]. המשמעות היא שהמורה עדיין נתפס כמומחה המעניק לגיטימציה למידע, אך גם כמי שפותח דלתות לכלים טכנולוגיים חדשים תוך שמירה על מעמדו כמדריך אקדמי.

מחנך לאוריינות AI ויושרה אקדמית: תפקיד הרכז התרחב משמעותית לכלול חינוך לאוריינות דיגיטלית ואתיקה. הרכזים הפכו למעודדי **חשיבה ביקורתית ואתיקה דיגיטלית**, תוך הדגשת הצורך בבקרת אנוש ובחשיבה ביקורתית על המידע שמספק ה-AI [דה"ר]. הם הנחו על שימוש אחראי ב-AI בכתיבת עבודות מחקר, כולל אזכור השימוש בביבליוגרפיה, ופיתחו תפיסת תפקיד של מחנך לאוריינות AI ויושרה אקדמית. כפי שהדגישה רכזת אחת בוובינר: התפקיד כולל מתן "חכות ולא דגים" - כלומר, הקניית מיומנויות חשיבה ביקורתית, חשיבה מורכבת ומסתעפת, אינטגרציה וסינתזה [תו]. הרכזים שמו דגש רב על פיתוח חשיבה ביקורתית בקרב התלמידים, תוך כדי התמודדות עם הטיות ו"הזיות" של AI [תו].

ארכיטקט של כלי למידה וסוכן שינוי: הממד הרביעי והמתקדם ביותר בהתפתחות הזהות המקצועית הוא המעבר לתפקיד של **ארכיטקט של כלי למידה**. הפעילות ביצירה ובהערכה של בוטים חינוכיים מיקמה את הרכזים במרכז תהליך התכנון, הפיתוח וההערכה של כלי למידה דיגיטליים מתקדמים [דה"ר]. הרכזים הונחו לחשוב כמעצבי מערכות, המגדירים מטרות, קלט, פלט, התנהגות, ואף היבטים פדגוגיים ואתיים של הבוט. תפיסה זו התרחבה לראות את הרכז **כמאפשר (Enabler)**, המצמיח את התלמידים לכיוון השימוש המושכל והיצירתי בטכנולוגיה. למשל, בוט הביבליוגרפיה נועד ללמד את התלמידים "לכתוב את הרשימה בעצמם" ולא לכתוב עבורם [דה"ר]. זה משנה את תפקיד הרכז ממעביר ידע למנחה למידה ביקורתית ומוכוונת עצמית, המצייד את תלמידיו באוריינות דיגיטלית חיונית.

זאת ועוד, הרכזים ראו את עצמם כ"**מורה-מוביל**" ו"**סוכן שינוי**" בתחום ה-AI בחינוך [תו]. הם פיתחו תפיסת תפקיד פרואקטיבית, הדורשת התאמה של המערכת החינוכית למציאות הטכנולוגית המשתנה, כפי שהתבטא אחד הרכזים בביקורת על מדיניות משרד החינוך שחוסמת כלים: "לא מתקבל על הדעת שמשדך החינוך מדבר בשני קולות", ושזה "משאיר את כולנו קומה אחת מתחת" [דה"ר].

מובילי קהילה ושותפים ללמידה: הרכזים פיתחו זהות חדשה כמובילי קהילה ושותפים ללמידה,

הרואים את עצמם כחלק מקהילת לומדים, שבה גם הם וגם תלמידיהם מתפתחים [תו]. הם הפכו למעריכים ומבקרי עמיתים על עבודת פיתוח של אחרים - מה שיצר קהילה של לומדים ומפתחים [זה"ר]. הרכזים רואים חשיבות עצומה ב"שקיפות ומהימנות" בתהליך הלמידה, ומעודדים תרבות ארגונית, שבה כולם "מדברים בשפה אחת" ונותנים לגיטימציה לשימוש מושכל ב-AI [תו].

לסיכום, השינוי בתפיסת התפקיד משקף מעבר מרחיק לכת מהמודל המסורתי של המורה כמעביר ידע, למודל חדשני של מנחה, ארכיטקט למידה ומוביל שינוי בעידן הדיגיטלי. זהו שינוי המעיד על הסתגלות מקצועית מרשימה, ועל יכולת לראות בטכנולוגיה הזדמנות להעמקת הלמידה ולא איום על המקצוע.

הופעתה של פדגוגיה חדשנית - אוגדן פרקטיקות משולבות AI

הממד השלישי בהתפתחות המקצועית של הרכזים הוא הופעתה של פדגוגיה חדשנית המשלבת AI בדרכים יצירתיות ומבוססות מחקר. הרכזים לא רק אימצו כלים קיימים, אלא פיתחו פרקטיקות ייחודיות המתגברות על המתח בין יעילות לחיכוך פדגוגי, והמתאימות את השימוש ב-AI לצרכים דיסציפלינריים שונים. חלק זה מציג קטלוג מובנה של הפרקטיקות שפותחו, המהווה תוצר מרכזי של המחקר וחלק בלתי נפרד מהתוצר היישומי של הניסוי: אוגדן הפרקטיקות.

פרקטיקות מטא-קוגניטיביות: הפיכת החשיבה לנראית

תיעוד תהליך מטא-קוגניטיבי ("יומן AI" - הבסיס של פרקטיקה זו הוא בממצאי ניסוי תשפ"ד, אך בניסוי זה הוא הפך לאחת הפרקטיקות המרכזיות. הרכזים פיתחו מתודולוגיה, שבה התלמידים מנהלים יומן מתמשך לכל אינטראקציה עם AI, הכולל תאריך, כלי, פרומפט, מטרה, תוצאות ורפלקציה ביקורתית [תו]. היומן מהווה 30% מהציון, ומחייב שימוש בלפחות 5 כלי AI שונים [תו]. הרציונל הפדגוגי מתמקד בטיפול מטא-קוגניטיבי, אוריינות AI ביקורתית ושקיפות, תוך העברת מוקד ההערכה מהתוצר הסופי לתהליך הלמידה, והפיכת החשיבה של התלמיד לנראית עבור המנחה [תו]. הפרקטיקה דורשת מהמורה להדגים את התהליך, לספק מחוון ברור, ולהשתמש ביומן למשוב מעצב, תוך יצירת תרבות בית ספרית המעריכה תהליך על פני תוצר [תו].

פרקטיקות אתיקה משתפת: בניית מסגרת ערכית משותפת

במקום להנחית כללי אתיקה מוכנים, רכזים פיתחו **דיאלוג סוקרטי לבנייה משותפת של אתיקה**. המורה מנחה דיאלוג חקרני עם התלמידים לבחינת דילמות אתיות של אותנטיות, פרטיות, שוויון ושקיפות [תו]. העקרונות העולים מההיגיון של התלמידים עצמם, מהווים בסיס לקוד אתי דינמי ובבעלות משותפת [תו]. הגישה מפתחת מוטיבציה פנימית להתנהגות אתית ולקידום סוכנות (agency) של התלמידים, תוך בניית מסגרת אתית עמידה שיכולה להסתגל לטכנולוגיות חדשות [תו].

פרקטיקות למידה מדורגת: מ-ידיניות לאוטומציה

פרקטיקה חדשנית נוספת היא **"למידה מוכפלת": ידנית ואז עם AI**. התלמידים לומדים תחילה מיומנות מורכבת באופן ידני (למשל, הצלבת 8 סוגי מידע באמצעות אקסל או פייתון), ורק לאחר שהם שולטים בתהליך הידני, הם נחשפים לכלי AI המבצעים אוטומציה של התהליך [תו]. הרציונל כולל מניעת התנוונות מיומנויות, בניית הבנה מושגית עמוקה של המשימה המאפשרת הערכה טובה יותר של פלט ה-AI, והדגמת הערך של AI ככלי יעילות ולא כקביים [תו].

פרקטיקות מבניות: מהרעיון למחקר מובנה

פיגום קונספטואלי באמצעות מפת חשיבה פותח כמענה לאתגר ההתמודדות עם תלמידים בעלי "רעיון מגניב" כללי. התלמידים משתמשים ב-Monica AI ליצירת מפת חשיבה מובנית, המספקת "ראשי פרקים" ראשוניים, ממקמת את הנושא בהקשרו, ומפרקת אותו לחלקים ניתנים לניהול [תו]. הפרקטיקה מתגברת על מחסומי כתיבה ואינרציה ראשוניים, מספקת מבנה וכיוון מיידיים, וחוסכת זמן הנחיה אישית של המורה [תו].

פרקטיקות מחקר מתמחות: כלים לדיסציפלינות שונות

הרכזים פיתחו פרקטיקות ייחודיות המותאמות לתחומי דעת ספציפיים.

איתור מידע מדעי מובנה כולל מתודולוגיה בת 6 שלבים: התגברות על מחסום שפה, שימוש בשם מדעי לטיני לדיוק, פירוק מושגים באמצעות מפת חשיבה, חיפוש ממוקד ברשת, חיפוש במאגרים אקדמיים ועיבוד וסיכום [תו]. הפרקטיקה מבטיחה אמינות ודיוק בחיפוש המדעי, והופכת את התלמיד לחוקר עצמאי השולט בתהליך [תו].

הנדסת פרומפטים מותאמת דיסציפלינה פותחה להתמודדות עם מגבלות ספציפיות של AI בתחומי דעת נישתיים. בתנ"ך למשל, הפרקטיקה כוללת מתן הקשר ("תלמיד תיכון"), הנחיה למיקוד בטקסט המקראי ולא בפרשנות, ובקשה להמלצה על פרקים ספציפיים [תו]. המטרה היא מיקוד ה-AI במשימה הרלוונטית, ומניעת "זליגה" לתחומים לא רצויים [תו].

פרקטיקות תמיכה אישית: בוטים מותאמים אישית

אחת הפרקטיקות החדשניות ביותר היא **ניהול זמן בסיוע AI באמצעות בוט ייעודי**. הרכזים פיתחו בוטים המנהלים דיאלוג עם התלמיד לבניית לוח זמנים, כאשר התלמיד מזין תאריכי יעד, חופשות, מבחנים ומחויבויות אישיות, והבוט מייצר לו "ז' שנת, חודשי ויומי, ומציע טיפים לניהול זמן [תו]. הפרקטיקה מתמודדת עם דחיינות וניהול זמן לקוי, שהם חסמים מרכזיים לסיום עבודות, תוך העצמת התלמיד ופיתוח מיומנויות ניהול עצמי [תו].

יצירת הבוטים עצמה הפכה לפרקטיקה פדגוגית חדשנית, הממקמת את המורה כמעצב כלי למידה מבוססי AI, והמעודדת למידה פעילה וביקורתית [דה"ר]. הבוטים עוצבו מתוך עקרונות פדגוגיים שמטרתם לעודד "למידה עצמאית" - הם נועדו לסייע למשתמשים "לנתח, להבין, ולשפר את עבודתם בעצמם", ולא לבצע את המשימה במקומם [דה"ר]. זוהי גישה חדשנית, שבה ה-AI משמש כחונך דיגיטלי, המנחה את התלמיד בתהליך הלמידה, במקום לקצר אותו.

פרקטיקות חשיבה ביקורתית: חיסון נגד מידע מוטה

"חיסון" נגד הטיות ו"צ'רי פיקינג" הפך לפרקטיקה מרכזית לפיתוח אוריינות ביקורתית. התרגיל כולל קריאת טקסט "מדעי" משכנע שנוצר בכוונה להיות מוטה או להכיל "הזיות" AI, חשיפת הכשלים וההטיות בטקסט, דיון ופיתוח קריטריונים להערכה ביקורתית, ויצירת תרגיל דומה על ידי התלמידים [תו]. הפרקטיקה מפתחת חשיבה ביקורתית אקטיבית כלפי תוצרי AI, מדגימה את הסכנה של הסתמכות עיוורת על מידע הנראה כאמין, ומקנה כלים מעשיים לאימות מידע ולהצלבת מקורות [תו].

הבוטים שפותחו, תוכננו גם לעודד "חשיבה ביקורתית תוך שימוש מושכל", כאשר המורים ביקשו מהבוטים לכלול הנחיות לתלמידים כיצד לבדוק את אמינות המקורות ולעשות "שימוש ביקורתי" [דה"ר].

בחינה של מכלול הפרקטיקות מצביעה על כך שהן אינן אוסף אקראי של פעילויות, אלא מצטרפות יחד לכדי מסגרת פדגוגית קוהרנטית. מסגרת זו נשענת על עקרונות ברורים: הנראות של תהליכי החשיבה

(דרך "יומן AI"); הביקורתיות כרכיב ליבה בכל אינטראקציה עם AI; הסוכנות (Agency) של התלמיד כחוקר עצמאי; וההתאמה האישית למענה על צרכים מגוונים. עקרונות אלו לא הוכתבו מראש, אלא צמחו מהשטח, מההתנסות המעשית של הרכזים עצמם. בכך, הניסוי לא רק הניב פרקטיקות, אלא הוביל להתגבשות ספונטנית של פדגוגיה חדשנית וקוהרנטית לעידן ה-AI.

הממצאים שהוצגו בפרק זה, מספרים סיפור ברור של טרנספורמציה. הרכזים שהשתתפו בניסוי, עברו מסע התפתחות מואץ, שהוביל לשינויים עמוקים בכשירותם, בתפיסתם העצמית ובפרקטיקה הפדגוגית שלהם. ניתן לזהות קשר סיבתי ברור בין חלקי התהליך: העלייה בכשירות ה-AI ובתחושת המסוגלות העצמית היוותה תנאי הכרחי שאפשר את השינוי בתפיסת התפקיד. בתורו, השינוי בתפיסת התפקיד – מ"שומר סף" ל"ארכיטקט של תהליכי למידה" – הוא שהניע ונתן לגיטימציה לפיתוח ולהטמעה של הפרקטיקות הפדגוגיות המורכבות והחדשניות.

לסיכום, הניסוי לא רק שיפר מיומנויות טכניות, אלא חולל שינוי מהותי ועמוק. הוא הפך את הרכזים ממשתמשי טכנולוגיה פסיביים לסוכני שינוי פרואקטיביים, המעצבים מחדש את פדגוגיית החקר בעידן הדיגיטלי. הצלחה זו מדגישה את הצורך הקריטי, שעלה באופן עקבי מהשטח, בתמיכה מערכתית רחבה יותר. קריאתם של הרכזים להכשרות המשך ממוקדות, לגישה לכלים מתקדמים בתשלום ולתמיכה טכנית, אינה רק בקשה למשאבים, אלא ביטוי לרצונם להרחיב ולהעמיק את השינוי שהחל, ולהוביל את מערכת החינוך כולה צעד נוסף קדימה.

חוויות תלמידים בשילוב בינה מלאכותית בעבודות גמר

פרק זה מציג את ממצאי המחקר הבוחנים את חוויות הלמידה והכתיבה של תלמידים בשילוב בינה מלאכותית בעבודות הגמר שלהם. הממצאים מבוססים על ניתוח של 247 דיווחי התנסות שנאספו מארבעה מקורות נתונים שונים במסגרת הניסוי. חשוב להדגיש כי הנתונים אינם פרי התנסות ספונטנית, אלא תוצר של התערבות פדגוגית מובנית ומכוונת, שבה התלמידים הודרכו על ידי רכזים שעברו פיתוח מקצועי ייעודי. ההתערבות התבססה על מודל פדגוגי חדש – **מודל "נבו"ן" (נראות בלמידה ועבודה נתמכת בינה מלאכותית)** – שמטרתו להפוך את תהליכי החשיבה של התלמיד לנראים, גלויים וברי הערכה. לפיכך, הממצאים אינם משקפים רק את האופן שבו תלמידים משתמשים ב-AI, אלא מציגים תמונה של מה שאפשרי תחת תנאים של הנחיה פדגוגית מיטבית.

הפרק עונה על שאלת המחקר המרכזית: "מהן חוויות הלמידה והכתיבה של תלמידים בשילוב AI, כולל התמודדות עם אתגרים, פיתוח או היחלשות מיומנויות, וצרכים מיוחדים?"

הניתוח נשען על גישת Convergent Parallel Analysis, המשלבת באופן שיטתי נתונים כמותיים ואיכותניים ממקורות המידע השונים, ומארגן סביב שלושה חלקים מרכזיים:

1. **המפה הכמותית:** ניתוח תיאורי של דפוסי השימוש, הכלים הפופולריים והמשימות המרכזיות, המבוסס על סינתזת נתונים מדיווחי ההתנסות והשאלונים המסכמים.
2. **ניתוח תמטי של חווית התלמיד:** ניתוח איכותני מעמיק של שש תמות מרכזיות, החושפות את המורכבות הקוגניטיבית, הרגשית והאתית של התהליך.
3. **מקרי מבחן:** ניתוח ממוקד של התנסויות בבטים ייעודיים ובבט לדיון אתי, המספקים הוכחה קונקרטית לתמות הרחבות יותר.

כדי להבטיח שקיפות ואמינות, כל טענה, נתון או ציטוט בפרק זה מלווים בסימון המצביע על מקור הנתונים: [דה"ת] – 117 דיווחי התנסות כלליים; [דב"י] – 30 דיווחי התנסות עם בטים ייעודיים; [תב"א] – 18 תמלולי שיחות עם בוט אתיקה; [ש"מ] – 82 שאלוני סיכום.

חלק I: המפה הכמותית של שילוב הבינה המלאכותית

בטרם נצלול לניתוח האיכותני המעמיק של חוויות התלמידים, חיוני להציג תמונת מצב כמותית רחבה המשרטטת את היקף התופעה. חלק זה מבסס את דפוסי האימוץ של הבינה המלאכותית, ומספק הקשר מבוסס-נתונים לניתוח שיבוא בהמשך. הנתונים מסונתזים מדיווחי ההתנסות הראשוניים ($N=117$) ומהשאלונים המסכמים ($N=82$), ומצביעים על אימוץ נרחב אך מבוקר של הכלים, המעיד על שימוש אסטרטגי ומחושב, ולא על תלות גורפת [דה"ת, ש"מ].

1.1. פרופיל המשתמשים ודפוסי אימוץ: "הפרדוקס של מדעי הרוח"

ניתוח משולב של פרופיל המשתתפים חושף שתי מגמות ברורות. ראשית, רוב מוחלט של המשתתפים (81.7%) הם תלמידי כיתות י"א-י"ב, הנמצאים בשלבים המתקדמים של לימודיהם ושל תהליך כתיבת עבודת הגמר [ש"מ]. שנית, קיימת דומיננטיות מובהקת של תלמידים מתחומי מדעי הרוח והחברה. נתוני דיווחי ההתנסות הראשוניים מראים כי היסטוריה (23.28%), לימודי ביטחון ומודיעין (18.10%) ומדעי החברה (9.48%) מהווים יחד את רוב הדיווחים [דה"ת]. מגמה זו, שניתן לכנותה "הפרדוקס של מדעי

הרוח", מצביעה על התאמה עמוקה בין יכולותיהם הנוכחיות של מודלי שפה גדולים (LLMs) לבין צורכי המחקר בתחומים אלה.

1.2. משימות, כלים ואסטרטגיות שימוש: מיקוד בשלבי המחקר

הראשוניים

הנתונים הכמותיים חושפים באופן עקבי כי התלמידים, תחת הנחיית מוריהם, פורסים את כלי ה-AI באופן אסטרטגי. הם אינם משתמשים בהם כדי "לכתוב את העבודה", אלא כדי להתמודד עם שלבים ספציפיים בתהליך. דיווחי ההתנסות הראשוניים מראים כי שלוש המשימות המובילות – "איתור מקורות אקדמיים" (29.31%), "מיפוי מושגים" (13.79%) ו"הגדרת נושא וניסוח שאלת מחקר" (12.93%) – שייכות כולן לשלב הראשוני, האקספלורטיבי של המחקר [דה"ת]. זהו השלב המתאפיין בחוסר ודאות ובצורך להתגבר על "תסמונת הדף הריק". באופן דומה, השאלון המסכם מראה כי המשימות המובילות הן "שיפור ניסוח / עריכת טקסט" (60.0%), "איתור מקורות מידע" (53.8%) ו"סיכום / ניתוח מקורות" (45.0%) [ש"מ]. דפוס זה מצביע על כך שהתלמידים משתמשים ב-AI בעיקר בשלבי "הקצה" של התהליך – שלב הגישוש הראשוני והערפילי, ושלב הליטוש הסופי – תוך שהם שומרים לעצמם את ליבת העבודה האינטלקטואלית של ניתוח וארגון הטיעון.

גם בחירת הכלים מעידה על אסטרטגיה מתוככמת. בעוד ש-ChatGPT הוא הכלי הדומיננטי (87.5%) מהמשתמשים בשאלון המסכם), קיימת מערכת אקולוגית של כלים ייעודיים המשקפת בחירה מושכלת. הפופולריות הגבוהה של Perplexity (30.0% מהמשתמשים), מנוע חיפוש מבוסס AI המתמחה במתן תשובות מגובות במקורות, מתואמת באופן מושלם עם המשימה המובילה של איתור מקורות [ש"מ]. באופן דומה, השימוש בכלים כמו ChatPDF (16.3%) ו-Scispace מעיד על כך שתלמידים לומדים, בהנחיית מוריהם, להתאים את הכלי הנכון למשימה הנכונה. אין מדובר בשימוש בכלי אחד לכל מטרה, אלא בבניית ארגז כלים דיגיטלי אישי.

כדי לספק תמונה כוללת של דפוסים אלו, הטבלה הבאה מסכמת וממזגת את הנתונים ממקורות המידע השונים, ומציגה את הקשר בין שלבי המחקר, המשימות המרכזיות, הכלים הפופולריים והמתח המרכזי שחוו התלמידים בכל שלב.

טבלה 1: דפוסי שימוש משולבים בבינה מלאכותית לאורך תהליך המחקר

שלב המחקר	משימה מרכזית	כלי AI נפוצים	יתרון מרכזי מדווח	אתגר מרכזי מדווח
קונספטואליזציה	גיבוש רעיונות, מיפוי מושגים, ניסוח שאלת מחקר	ChatGPT, Mapify, Miro	התגברות על "מחסום כתיבה", קבלת רעיונות חדשים	תוכן לא מקורי או לא רלוונטי לתלמידים מתקדמים
סקירת ספרות	איתור וסיכום מקורות אקדמיים	Perplexity, ChatGPT, ChatPDF, Scispace, Elicit	חיסכון אדיר בזמן, הרחבת מאגר המקורות	"הזיות" (מקורות מומצאים), מידע שגוי, מקורות מאחורי חומת תשלום
כתיבה וניתוח	שיפור ניסוח, עריכת טקסט, ארגון נתונים איכותניים	ChatGPT, Gemini, Monica	שיפור איכות הכתיבה, בהירות ודיוק, ארגון מבני	ניסוח רובוטי, חזרתיות, טעויות עובדתיות הדורשות עריכה קפדנית
שלבים סופיים	עריכת רשימה ביבליוגרפית, תרגום	ChatGPT, Perplexity	ייעול משימות טכניות, חיסכון בזמן	צורך בבדיקה מדוקדקת של פורמט הציטוט ודיוק התרגום

הטבלה ממחישה את התמונה הכוללת: התלמידים מנהלים שותפות קוגניטיבית מורכבת עם ה-AI. הם ממנפים אותו להתמודדות עם החלקים גוזלי הזמן והמעורפלים ביותר של התהליך, תוך שהם מודעים היטב למגבלותיו ומפתחים אסטרטגיות פיצוי, כפי שיפורט בניתוח התמטי להלן.

חלק II: ניתוח תמטי של חוויית התלמיד

לאחר שהוצגה המפה הכמותית, חלק זה מעמיק בניתוח איכותני של תשובות התלמידים מהשאלון המסכם ($N=82$) ומדיווחי ההתנסות ($N=117$). הניתוח התמטי חושף שש תמות מרכזיות, המאירות את חוויית הלמידה והכתיבה המורכבת והרב-ממדית של תלמידים המשלבים AI בעבודתם, תחת הנחיה פדגוגית מובנית.

AI. 2.1 כמאיץ יעילות וכמשפר איכות

התמה הראשונה והבולטת ביותר שעולה מתשובות התלמידים, היא תפיסת ה-AI ככלי בעל תפקיד כפול: הוא נתפס גם כמאיץ יעילות החוסך זמן ומפחית לחץ, וגם כמשפר איכות המשכלל את התוצר הסופי. שני היבטים אלו אינם נפרדים, אלא קשורים זה בזה בקשר הדוק. ניתן לפרש קשר זה דרך עדשת תיאוריית העומס הקוגניטיבי (Cognitive Load Theory), הגורסת כי זיכרון העבודה האנושי מוגבל. למידה יעילה מתרחשת, כאשר העיצוב הלימודי מצמצם את "העומס החיצוני" (המאמץ הנדרש לעיבוד משימות טכניות), ומאפשר ללומד להפנות את משאביו ל"עומס רלוונטי" (עיבוד המידע עצמו ויצירת הבנה). בהקשר זה, ה-AI מתפקד ככלי לצמצום עומס קוגניטיבי חיצוני. על ידי אוטומציה של משימות טכניות, הוא מאפשר לתלמידים להתמקד בעיקר, ובכך לשפר את איכות ההבנה והכתיבה שלהם.

הזמן שנחסך, אינו פשוט "נצבר" או מנוצל לפנאי; הנתונים מצביעים על כך שהוא מושקע מחדש בעבודה עצמה, במה שניתן לכנות: "אפקט ההשקעה הקוגניטיבית מחדש". החיסכון ביעילות מתורגם לעלייה באפקטיביות. תלמידים מתארים כיצד ה-AI "מקצרת תהליכים שהם בעיקר סידור וניסוח של העבודה, ובכך חוסכת זמן רב" [ש"מ], וכיצד "פעילויות שבד"כ היו יכולות לקחת לי המון זמן, זה קיצר אותם, כמו לדוגמה סיכום וניתוח מקורות" [ש"מ]. חיסכון זה בזמן מפחית לחץ ("הורידו הרבה לחץ ודברים טכניים ארוכים" [ש"מ]), ומפנה את המשאבים הקוגניטיביים, שהתלמיד יכול להשקיע מחדש בשיפור איכות עבודתו.

השקעה זו באה לידי ביטוי בדיווחים רבים על שיפור איכות הכתיבה, הן ברמת המיקרו והן ברמת המאקרו. כפי שעולה מהנתונים הכמותיים, "שיפור ניסוח" הוא המשימה הנפוצה ביותר (60.0%) [ש"מ]. תלמידים מדווחים כיצד ה-AI "עזר לי להתנסות בצורה הרבה יותר טובה, וגם מצא לי מלא מקורות, כיוון אותי איך לכתוב את העבודה בצורה מקצועית" [ש"מ]. הדימוי של ה-AI כ"מורה הכי טוב שיכולתי לבקש, הוא יודע הכול, עונה על הכול, מסביר את הכול בצורה הכי מפורטת וסבלנית שיש" [ש"מ], הוא רב-

עוצמה. הוא חושף תפיסה של הכלי לא רק כעורך לשוני, אלא כפרטנר פדגוגי המספק הדרכה, הסברים והכוונה. התלמידים משתמשים בו כדי ללמוד כיצד לכתוב טוב יותר, ולא רק כדי לקבל טקסט מתוקן.

2.2. ניווט במבוך האמינות:

התמודדות עם "הזיות" ופיתוח "פרוטוקול כבדהו וחשדהו"

לצד היתרונות, התמה הבולטת השנייה היא ההתמודדות המתמדת עם האתגר המרכזי של כלי במ"י: חוסר אמינות ונטייתם לייצר מידע שגוי- אתגר המכונה "הזיות" (Hallucinations). הנתונים הכמותיים ממחישים את היקף הבעיה: קבלת מידע לא מדויק או שגוי היא האתגר המרכזי עבור כמעט מחצית מהתלמידים (43.9%), בפער ניכר משאר האתגרים [ש"מ]. תלמידים מתארים את הבעיה במונחים חיים וברורים: "הוא חרטטן שקרן, ואוהב לעבוד מהר על חשבון אמינות" [ש"מ], או "לפעמים נתן מקורות לא קיימים" [דה"ת].

באופן שנראה פרדוקסלי, חוסר האמינות של ה-AI אינו נתפס כחסם מוחלט, אלא כאתגר שיש לנהל באופן אקטיבי. ייתכן כי למגבלה טכנית זו יש תועלת פדגוגית בלתי צפויה: היא מאלצת את התלמידים לפתח חשיבה ביקורתית ואוריינות מידע, באופן שאולי לא היו מפתחים מול מקור מידע הנתפס כאמין לחלוטין, כמו מאגר אקדמי. חוסר האמינות של הכלי הופך לזרז לפיתוח מיומנויות. תחת הנחיית המורים, התלמידים פיתחו מנטליות של "ספקנות בריאה", ויישמו את מה שניתן לכנות: "פרוטוקול כבדהו וחשדהו" (Trust but Verify) [דה"ת]. פרוטוקול זה הופך אותם מצרכני מידע פסיביים, לחוקרים אקטיביים הנדרשים לאמת כל פיסת מידע.

התלמידים מפתחים ארסנל מגוון של אסטרטגיות התמודדות. הם לומדים לנהל דיאלוג איטרטיבי עם הכלי ("אני מחדד את הבינה המלאכותית, כדי לקבל מידע נכון ומעמיק" [ש"מ]), להתעמת עימו ישירות ("אני כותבת- זוהי תשובה לא נכונה, והוא משנה את תשובתו" [ש"מ]), ובמקרה של כישלון, לנטוש אותו ולחזור לשיטות מחקר מסורתיות ("אם הוא ממשיך להביא מידע שקרי, אני לרוב עובר לחיפוש ידני" [ש"מ]). מגוון אסטרטגיות זה מצביע על כך שהמגבלה המרכזית של הכלי הופכת, באופן אירוני, למנוע לפיתוח מיומנות מרכזית אצל המשתמש: חשיבה ביקורתית, גמישות מחשבתית ויכולת פתרון בעיות.

2.3. הלולאה הביקורתית: פרדיגמת עבודה חדשה לשותפות אדם-

מכונה (תמת-על)

התמודדותם של התלמידים עם יתרונותיו ומגבלותיו של ה-AI מובילה להתפתחותה של תמת-על, החוצה את כל סוגי המשימות וההתנסויות: "הלולאה הביקורתית". זוהי אינה פעולה חד-פעמית, אלא תהליך

עבודה איטרטיבי, מודע ורב-שלבי, המהווה את הביטוי המעשי של כשירות בינה מלאכותית וחשיבה ביקורתית. התפתחות זו היא אולי הממצא המשמעותי ביותר במחקר זה, והיא תוצר ישיר של ההנחיה הפדגוגית המפורשת שקיבלו התלמידים ממוריהם. הלולאה כוללת חמישה שלבים מרכזיים: (1) ניסוח שאילתה ממוקדת; (2) קבלת פלט מה-AI; (3) הערכה ביקורתית של הפלט; (4) אימות חיצוני של עובדות ומקורות; (5) שכתוב עמוק של התוכן, תוך שילובו בידע הקיים של התלמיד והתאמתו לקולו האישי.

תהליך זה אינו רק מנגנון הגנה מפני מידע שגוי, אלא פדגוגיה בפני עצמה. ניתן לראות בו מעין גרסה מודרנית ויישומית של המתודה המדעית המותאמת לעידן המידע. כפי שהמתודה המדעית כוללת השערה, ניסוי, ניתוח נתונים ומסקנה, כך הלולאה הביקורתית כוללת שאילתה (השערה), קבלת פלט (ניסוי), הערכה ואימות (ניתוח נתונים), ושכתוב (מסקנה והפצה). הוראת הלולאה הביקורתית אינה, אם כן, רק הדרכה טכנית על כלי, אלא הקניית מיומנות ליבה של חקר ביקורתי במאה ה-21.

הנתונים הכמותיים מספקים תמיכה חזקה לקיומה של הלולאה כנורמת עבודה רווחת. 75.0% מהתלמידים מדווחים על כך שהם בודקים מקורות, ו-67.5% מדווחים על כך שהם משכתבים תמיד טקסטים מכלי ה-AI במילים שלהם [ש"מ]. תלמידים מתארים תהליך שיטתי של הצלבת מידע: "אני בודק את החומר שהוא נותן לי, עם אתרים ומאמרים נוספים, ומצליב מידע" [ש"מ]. האימות אינו רק טכני, אלא משמש מנוע להעמקת ההבנה: "אני תמיד בודקת את המידע בעוד מקורות, בשביל לקרוא יותר ולהבין יותר ... וככה אני מבינה באמת את החומר, ויכולה לבנות בעצמי את העבודה במקום להעתיק" [ש"מ]. השכתוב - השלב הסופי והקריטי בלולאה - נתפס ככלי קוגניטיבי חיוני להבטחת הבנה והטמעה. תלמידים מדגישים: "אני מנסח את החומר במילים שלי. כך אני גם קורא וגם מבין כשאני כותב אותו במילותיי" [ש"מ].

2.4. פיגומים דינמיים: AI כאזור ההתפתחות המקורב

ניתוח דפוסי השימוש ב-AI לאורך זמן, חושף תמונה דינמית. התלמידים מתאימים את היקף וסוג השימוש לשלב העבודה ולרמת המיומנות שלהם. ניתן לפרש דינמיקה זו דרך המושג: "אזור ההתפתחות המקורב" (Zone of Proximal Development - ZPD) של ויגוצקי. ה-ZPD הוא הפער בין מה שהלומד יכול לעשות באופן עצמאי, לבין מה שהוא יכול להשיג בעזרת תמיכה מ"אחר משמעותי". ה-AI מתפקד עבור התלמידים כ"אחר משמעותי" דינמי ומותאם אישית, המספק "פיגומים" (Scaffolding).

התפתחות זו אינה אוטומטית; התלמיד הוא שמנהל באופן אקטיבי את הפיגומים שלו. הוא מפגין מודעות מטא-קוגניטיבית, בכך שהוא מחליט במודע מתי להישען על ה-AI ומתי לפעול באופן עצמאי. יכולת זו לוויסות עצמי בלמידה היא תוצר חשוב של ההתערבות הפדגוגית. התלמידים מדווחים על שתי מגמות הפוכות לכאורה, המייצגות שני פנים של אותו תהליך התפתחותי. מצד אחד, חלק מהתלמידים מדווחים על שימוש פחות כעדות להפנמת מיומנויות. ה-AI חיוני בשלבים הראשונים, אך לאחר שהם רוכשים שליטה בחומר, הצורך בו פוחת: *"ככל שההבנה שלי השתפרה, פחות הייתי צריך את ההסברים של ה-AI"* [ש"מ]. תלמיד אחר מתאר כיצד השתמש ב-AI לסיעור מוחות ראשוני, אך כעת, בשלבי הכתיבה, *"אני מעדיף לעשות בעצמי, כי אני נהנה מהם"* [ש"מ].

מצד שני, קבוצה אחרת מדווחת על שימוש גובר ב-AI בשלבים המאוחרים. אין זו סתירה, אלא המחשה לגמישות התהליך. תלמידים אלו אינם חוזרים להשתמש ב-AI לאותן משימות ראשוניות, אלא מגייסים אותו כפיגום למיומנויות חדשות ומתקדמות יותר, כמו ליטוש אקדמי ועריכה לשונית. המעבר מתואר כך: *"מהבנת החומר, לעצות בנוגע לניסוח"* [ש"מ], או *"השתמשתי בבינה המלאכותית בשלבים יותר מתקדמים, כי אלו השלבים בהם העבודה כבר הייתה כתובה והייתי צריכה לשפר את הניסוח"* [ש"מ]. שתי המגמות יחד מראות שה-AI אינו כלי סטטי, אלא פיגום גמיש שהתלמידים מתאימים באופן דינמי ל-ZPD המשתנה שלהם.

2.5. הממד האפקטיבי: השפעת AI על חוללות עצמית, מוטיבציה

וחרדת כתיבה

מעבר להיבטים הקוגניטיביים, שילוב ה-AI נושא השפעות רגשיות ופסיכולוגיות עמוקות. ניתן לנתח השפעות אלו דרך תיאוריית החוללות העצמית (Self-Efficacy) של אלברט בנדורה, המגדירה חוללות עצמית כאמונתו של אדם ביכולתו לבצע בהצלחה משימות. ה-AI פועל כמנגנון להגברת החוללות העצמית בכתיבה, על ידי כך שהוא מספק "התנסויות בהצלחה" (ניצחונות קטנים ומהירים כמו ניסוח מוצלח של משפט), ומפחית מצבים רגשיים שליליים (כמו לחץ וחרדה).

הפחתת החרדה אינה רק עניין של הרגשה טובה יותר; היא מאפשרת חיונית למעורבות קוגניטיבית. חרדה גבוהה עלולה לחסום את זיכרון העבודה ולמנוע למידה עמוקה. על ידי הורדת המחסום הרגשי, ה-AI מאפשר לתלמידים לגשת למשאבים הקוגניטיביים שלהם בצורה יעילה יותר. אחד האתגרים המוכרים ביותר הוא "מחסום הכתיבה" או חרדת "הדף הריק". תלמידים מתארים את ה-AI כפרטנר שעוזר להתניע את התהליך: *"הכלי תרם לי מאוד כשנתקעתי ולא ידעתי מה לכתוב. הוא בעיקר נתן לי רעיונות וכיוון"*

אותי בעבודה" [ש"מ]. תלמידה אחרת קושרת זאת ישירות לביטחון עצמי: "אהבתי מאוד את התשובות של הצאט, במיוחד כשהייתי חסרת אמונה בעצמי" [ש"מ]. ה-AI אינו רק מספק רעיונות, אלא משמש כרשת ביטחון רגשית.

נוסף על כך, הפידבק המיידי וההצלחות הקטנות שהכלי מספק, בונים בהדרגה את תחושת המסוגלות. תלמיד מדווח כיצד הכלים "עזרו לי להתנסח באופן ברור יותר ולהביע את עצמי באופן הטוב ביותר" [ש"מ]. היכולת לקבל עזרה "בשנייה" ובדיוק "בחלקים שבהם אתה מתקשה" [ש"מ], מונעת תסכול, ומאפשרת לתלמיד להתקדם תוך צבירת חוויות חיוביות. בכך, ה-AI אינו רק כלי טכני, אלא גם כלי רגשי-מוטיבציוני המטפח עמדה חיובית כלפי תהליך הכתיבה המורכב.

2.6. טכנולוגיה מסייעת דה-פקטו: AI כתומך סמוי בלומדים

מגוונים

התמה האחרונה עונה על החלק בשאלת המחקר הנוגע לצרכים מיוחדים. אף שהשאלון לא אסף נתונים על אבחונים פורמליים, ניתוח דפוסי השימוש חושף, כי האופן שבו תלמידים משתמשים ב-AI, מהווה הלכה למעשה שימוש בטכנולוגיה מסייעת (Assistive Technology). המשימות שהתלמידים בוחרים להעביר ל-AI – ארגון רעיונות, סיכום טקסטים מורכבים ושיפור הבעה בכתב – חופפות באופן כמעט מושלם לאתגרים המרכזיים המאפיינים תלמידים עם קשיי למידה והפרעות קשב (ADHD), דיסלקציה ודיסגרפיה.

התלמידים משתמשים ב-AI כדי "לפרוץ" את החסמים הקוגניטיביים והתפקודיים שלהם. בכך, ה-AI משמש ככלי רב-עוצמה לעיצוב אוניברסלי ללמידה (Universal Design for Learning - UDL). הוא מספק אמצעי ייצוג, הבעה ומעורבות מרובים וגמישים על פי דרישה, ומאפשר התאמה אישית בקנה מידה שמורה יחיד אינו יכול לספק. הדבר מאפשר לתלמידים רבים, ולא רק למאובחנים, לעקוף את קשייהם ולהתמקד בביטוי הידע והרעיונות שלהם.

התמיכה בתפקודים ניהוליים (תכנון, ארגון) בולטת במיוחד. תלמיד מתאר כיצד ביקש מהבוט "לעזור לי לסדר את המבנה של הפרק... הבוט... בנה לי שלד יפה מאוד שעזר לי בכתיבת הפרק" [ש"מ]. אחר מסכם: "הבינה המלאכותית ממש מגישה הרבה יותר את מהלך עבודת המחקר, ועושה יותר סדר בבלגן" [ש"מ]. באופן דומה, תלמידים המתקשים בעיבוד שפה, משתמשים ב-AI כדי "לסכם מאמרים שהיו קשים להבנה ובאנגלית" [ש"מ], או כדי "להוציא את המידע שאני צריכה ממאמרים בקלות" [ש"מ]. ה-AI אינו מבצע את

הלמידה במקומם, אלא מסיר את המחסום הטכני של פענוח הטקסט, ומאפשר להם להתמקד בהבנת הרעיונות המרכזיים.

חלק III: התערבויות פדגוגיות הלכה למעשה: שני מקרי מבחן

חלק זה מציג ניתוח ממוקד של שתי התערבויות ספציפיות שבוצעו במסגרת הניסוי. מקרי מבחן אלו מספקים תמיכה קונקרטית לתמות הרחבות יותר שנדונו לעיל, ומדגימים כיצד ניתן לתרגם עקרונות פדגוגיים לכדי כלים ופרקטיקות מעשיות.

3.1. מקרה מבחן: בוטים ייעודיים ככלים פדגוגיים ממוקדים

כחלק מהניסוי, הרכיז התנסו בפיתוח בוטים ייעודיים המותאמים למשימות ספציפיות, כמו ניהול זמן או איתור מידע בתחום דעת מסוים. ניתוח 30 דיווחי התנסות של תלמידים עם בוטים אלו, משמש כמקרה מבחן ליכולת ליצוק עקרונות פדגוגיים לתוך כלי AI. התוצאות מראות הצלחה ניכרת: שביעות הרצון הכללית הייתה גבוהה, כאשר 93.3% מהתלמידים דיווחו שהבוט עזר להם במידה בינונית ומעלה [דב"י]. הבוטים הצטיינו במיוחד במשימות מובנות כמו ניהול זמן ותכנון (40.0% מהשימושים), ותלמידים תיארו כיצד הבוט "בנה לי טבלה, שבה הימים שאמרתי לו שאני פנויה בהם... וחילק לי את העבודה לפי הזמנים שמתאימים לי" [דב"י].

עם זאת, מקרה המבחן חושף גם את המגבלות. האתגרים שחוו התלמידים – חוסר דיוק ("התשובות לא היו מדויקות מאה אחוז"), קשיחות וחוסר גמישות ("הרגשתי שהוא לא מקשיב לצרכים שלי... המשיך להתעקש עליהן") – מהדהדים את האתגרים הכלליים של עבודה עם AI [דב"י], אם כי חשוב לציין שבשל מגבלת נגישות לכלים, הבוטים נוצרו על פלטפורמה חינוכית בעלת מאפיינים שהיו עלולים לתרום לאתגרים אלו. מקרה מבחן זה משמש כמיקרוקוסמוס של הממצאים הכלליים: הוא מוכיח שניתן להטמיע כוונה פדגוגית בכלי AI, אך האלמנט האנושי – יכולתו של התלמיד להעריך באופן ביקורתי ולכוון את הכלי, ותפקידו של המורה לשפר אותו על בסיס משוב – נותר חיוני להצלחה.

3.2. מקרה מבחן: גיבוש קוד אתי באמצעות דיאלוג סוקרטי

מקרה המבחן השני מדגים גישה חדשנית להוראת אתיקה בעידן ה-AI. במקום להנחית על התלמידים רשימת כללים, פותח בוט ייעודי שניהל שיח סוקרטי עם 18 תלמידים, כדי להוביל אותם לגיבוש עצמאי של קוד אתי. ניתוח תמלולי השיחות מוכיח את יעילותה של גישה קונסטרוקטיביסטית זו [תב"א]. הבוט

הצליח להוביל את התלמידים להפנים עקרונות כמו שקיפות ויושרה ("יציג אותנו בתור אנשים ישרים"), הוגנות ועבודה עצמאית ובדיקת אמינות.

התהליך הדיאלוגי אפשר לתלמידים להגיע בעצמם לקו הגבול הדק שבין שימוש הוגן להסתמכות יתר. תלמיד אחד הבחין במדויק בין שימוש לגיטימי ("לתקן דקדוק ושגיאות כתיב") ללא לגיטימי ("לכתוב את כל העבודה בו") [תב"א]. העובדה שהתלמידים מסוגלים להגיע לתובנות אתיות מורכבות אלו בעצמם, כאשר הם מונחים על ידי שאלות מכוונות, מראה שהם יכולים לפתח חשיבה אתית מפותחת. הבוט לא סיפק להם תשובות; הוא עזר להם למצוא את התשובות בעצמם. מודל זה מציע דרך לעבור מתרבות של פחד ואכיפה לתרבות של אחריות וויסות עצמי אתי.

סינתזת ממצאים ומסקנות: התלמיד כסוכן פעיל וביקורתי בתהליך למידה מודרך-AI

ניתוח מעמיק של חוויותיהם של התלמידים חושף תמונה מורכבת, העומדת בניגוד לחששות הרווחים מפני פסיביות והידרדרות מיומנויות. הממצאים מציגים את התלמיד לא כצרכן פסיבי של תוכן, אלא כסוכן פעיל, ביקורתי ואסטרטגי בתהליך הלמידה והכתיבה, הפועל במסגרת פדגוגית מובנית ותומכת. התלמידים במחקר זה, בהנחיית מוריהם, מנהלים דיאלוג מורכב עם כלי ה-AI. הם מנצלים את יתרונותיו כמאיץ יעילות ומשפר איכות, תוך שהם מיישמים אסטרטגיות מתוחכמות להתמודדות עם חסרונותיו, ובראשם חוסר האמינות.

מתוך התמודדות מודרכת זו צומחת "הלולאה הביקורתית" – תהליך עבודה איטרטיבי של שאילתה, הערכה, אימות ושכתוב – המהווה הלכה למעשה אימון אינטנסיבי במיומנויות חיוניות של אוריינות AI, חשיבה ביקורתית וויסות עצמי בלמידה. יתרה מכך, ה-AI מתפקד כ"פיגום דינמי" המותאם לאזור ההתפתחות המקורב של כל תלמיד, משפיע באופן חיובי על הממד האפקטיבי של הלמידה, וחושף פוטנציאל עצום לשמש כטכנולוגיה מסייעת דה-פקטו ללומדים מגוונים.

הטיעון המרכזי העולה ממחקר זה, הוא שכאשר שילוב ה-AI נעשה במסגרת פדגוגית תומכת ומכוונת, הוא אינו מחליף את החשיבה האנושית, אלא משנה את אופייה. הוא מפנה את המאמץ הקוגניטיבי של התלמיד ממשימות טכניות ושגרתיות למשימות חשיבה מסדר גבוה יותר: הערכת אמינות, הצלבת מקורות, סינתזה של מידע ופיתוח קול אישי ואותנטי בכתיבה.

הבדלים בין תחומי דעת

הנתונים מצביעים בבירור על כך ששילוב יעיל של AI אינו "מידה אחת המתאימה לכולם". הרכזים פיתחו פרקטיקות מותאמות דיסציפלינה, המשקפות את האתגרים והמאפיינים הייחודיים של כל תחום דעת. הניתוח בחלק זה מתבסס על שילוב הנתונים מניתוח הרכזים והתלמידים, ומציג תמונה מורכבת של האופן שבו מאפייני התחום מעצבים את דפוסי השימוש, הפרקטיקות והאתגרים. חשוב לציין כי הנתונים הקיימים מאפשרים לספק תשובה מפורטת לגבי **הבדלים בדפוסי השימוש והשפעת מאפייני התחום על ההתאמה הפדגוגית**. עם זאת, הנתונים אינם מאפשרים ניתוח השוואתי מעמיק של הבדלים בפרקטיקות ובחסמים הספציפיים לכל תחום דעת, שכן אלו נותחו כתמות-על החוצות את כלל המדגם.

1. הדומיננטיות של מדעי הרוח והחברה: "הפרדוקס של מדעי הרוח"

1.1. הבדלים כמותיים בדפוסי השימוש

הנתונים הכמותיים משני מקורות מידע מרכזיים מצביעים באופן עקבי על דפוס שימוש מובהק, עם נטייה ברורה לתחומי מדעי הרוח והחברה:

- מדיווחי ההתנסויות הכלליים [דה"ת]: ניתוח 117 דיווחי ההתנסות הראשוניים חושף כי תחומי מדעי הרוח והחברה מהווים רוב מוחלט של הדיווחים. התחומים המובילים הם היסטוריה (23.28%), לימודי ביטחון ומודיעין (18.10%) ומדעי החברה (9.48%) [דה"ת].
- מהשאלון המסכם [ש"מ]: תמונה דומה עולה גם מ-82 השאלונים המסכמים, שם תחומי הדעת הדומיננטיים במדגם הם ביטחון ומודיעין (24.4%), היסטוריה (13.4%) ומדעי החברה (12.2%) [ש"מ].

1.2. הסבר למגמה: התאמה עמוקה בין טכנולוגיה למשימה

הדומיננטיות של תחומים אלו אינה מקרית, אלא נובעת מהתאמה עמוקה בין יכולות הליבה של מודלי שפה גדולים (LLMs) לבין מיומנויות המחקר הנדרשות בתחומים אלה. הניתוח מכנה תופעה זו בשם: "הפרדוקס של מדעי הרוח", ומסביר אותה כך: מחקר במדעי הרוח והחברה מתבסס במהותו על ניתוח, סינתזה ופרשנות של כמויות עצומות של חומרים טקסטואליים. היכולת של כלי AI לסכם מקורות, לזהות

תמות, להציע קשרים בין אירועים ולנסח טיעונים ראשוניים, הופכת אותם לכלי עזר רבי-עוצמה עבור חוקרים בתחומים אלה [דה"ת].

2. מיפוי דיסציפלינרי: מסגרת השוואתית לפדגוגיה מבדלת

הצלבת הנתונים מדיווחי התלמידים, שאלוני המורים ותמלולי הוובינרים, מאפשרת למפות את דפוסי השימוש הייחודיים בכל תחום. הטבלה הבאה מסנתזת ממצאים אלו, ומספקת מסגרת השוואתית ברורה, המדגישה את הצורך בגישה פדגוגית מותאמת:

טבלה: מסגרת מסונתזת לפדגוגיה מבדלת בשילוב בינה מלאכותית

תחום דעת	משימות נפוצות בסיוע AI	אתגרים וסיכונים מרכזיים	מיקוד פדגוגי מומלץ
מדעי הרוח והחברה	סיעור מוחות, סיכום ופרשנות טקסטים, איתור מקורות, תרגום, הבניית טיעונים	הטיות פרשניות, אובדן קול אישי, המצאת אירועים היסטוריים, עומק ורלוונטיות נמוכים של מאגרי מידע	פירוק הטיות מובנות ב-AI, שמירה על קול ופרשנות אישית, שימוש ב-AI כ"פרקליט השטן" להעלאת טיעוני נגד, אימות מול מקורות ראשוניים
מדעים מדויקים וטבע (STEM)	ניתוח נתונים, הבנת טרמינולוגיה, איתור מאמרים ספציפיים, כתיבת פרקי מתודולוגיה, בדיקת היבטים פרוצדורליים (גודל מדגם)	חוסר דיוק עובדתי, המצאת נתונים, קושי בהבנת הקשרים מדעיים מורכבים, הישענות יתר של תלמידים	אימות קפדני של עובדות ונתונים, הצלבת מידע עם מאגרי מידע מדעיים, שימוש בכלים ייעודיים לתחום, הוראת מתודולוגיה באופן ידני תחילה
אמנויות (מחול, ספרות, תיאטרון, קולנוע)	גיבוש רעיונות, קבלת השראה, שיפור ניסוח של טקסטים נלווים	פגיעה במקוריות וביצירתיות, יצירת תוכן גנרי, טשטוש הבעלות על היצירה, אובדן "האספקט האישי"	שימוש ב-AI ככלי להשראה בלבד, דיון על גבולות המקוריות והבעלות, דגש על פיתוח קול אמנותי ייחודי

מקור: סינתזת ממצאים מדיווחי תלמידים, משאלוני רכזים ומניתוח וובינרים

3. ניתוח דפוסים דיסציפלינריים: פרקטיקות מותאמות

לאתגרים ספציפיים

הטבלה מראה כיצד כל תחום דעת רותם את ה-AI למשימות שונות, ומתמודד עם אתגרים ייחודיים. על בסיס הניתוח המעמיק של פרקטיקות הרכזים, ניתן לזהות ארבע גישות מרכזיות המותאמות למאפיינים הייחודיים של כל תחום:

3.1. מדעי הרוח (היסטוריה, תנ"ך): פיגום קונספטואלי ומיקוד

טקסטואלי

במדעי הרוח, המיקוד הוא על שלב גיבוש הרעיון, הבניה קונספטואלית, ניתוח טקסט ופרשנות. האתגר המרכזי הוא התמודדות עם רעיונות מופשטים ועם טקסטים מורכבים, והצורך בבניית טיעון קוהרנטי, תוך ניהול הניואנסים וההטיות. כלי ה-AI שימשו בעיקר כ"פיגומים" לחשיבה ולארגון ידע.

פרקטיקה מרכזית (היסטוריה): "פיגום קונספטואלי באמצעות מפת חשיבה". רכזים השתמשו בכלים כמו Monica AI, כדי לסייע לתלמידים, שהגיעו עם "רעיון מגניב" כללי, לתרגם אותו למבנה מחקרי. הכלי סיפק "ראשי פרקים" ראשוניים, מיקם את הנושא בהקשרו, ופירק אותו לחלקים ניתנים לניהול. עם זאת, מורה להיסטוריה הצביע על כך שה-AI הציע מאמרים מ"אוניברסיטאות שוליות", מה שמרמז על הטיה במאגרי המידע שלו [תו]. החשש הגדול ביותר בתחום זה הוא מאובדן "הקול האישי" והפרשנות המקורית של התלמיד. פרקטיקה זו נועדה להתגבר על "מחסום הכתיבה" הראשוני, וחסכה זמן הנחיה יקר, מה שאפשר לרכזים לבצע "טריאז" יעיל יותר של צורכי התלמידים בכיתות גדולות [תו], [דה"ר].

פרקטיקה מרכזית (תנ"ך): "הנדסת פרומפטים מותאמת דיסציפלינה". האתגר הייחודי בחקר המקרא הוא מיקוד ה-AI בטקסט המקראי עצמו, ומניעת "זליגה" לפרשנות מאוחרת או למקורות לא רלוונטיים. מורה לתנ"ך ציין את נטיית ה-AI לבלבל בין טקסט המקרא לפרשנויות מאוחרות [תו]. הפתרון שפותח, היה ללמד את התלמידים כיצד לנסח פרומפטים המכילים את "כללי המשחק" של הדיסציפלינה - למשל, מתן הקשר ("אני תלמיד תיכון"), הנחיה למיקוד בטקסט המקראי, ובקשה להמלצה על פרקים ספציפיים. פרקטיקה זו הקנתה לתלמידים מיומנות תקשורת יעילה עם המכונה בהקשר הדיסציפלינרי הספציפי [תו].

3.2. מדעים מדויקים וטבע (STEM): מיקוד בדיוק ואמינות

בתחומי המדעים, השימוש נוטה להיות מובנה ופרוצדורלי יותר, ומתמקד בדיוק, בטיפול בנתונים ובגישה לספרות מדעית פורמלית. הדגש המרכזי הוא על דיוק, אמינות ושיטתיות בתהליך החקר.

כלי ה-AI שימשו בעיקר להבטחת איכות המידע ולייעול תהליך החיפוש המדעי.

פרקטיקה מרכזית: "איתור מידע מדעי מובנה (6 טיפים)". רכזים פיתחו מתודולוגיה שיטתית בת שישה שלבים לחיפוש מקורות מידע אמינים. התהליך כלל שימוש בכלים שונים למטרות שונות: ChatGPT/Gemini לתרגום מונחים לאנגלית, Monica AI ליצירת מפת חשיבה, Perplexity לחיפוש כללי ולמיפוי התחום, וכלים ייעודיים כמו Elicit ו-SciSpace לחיפוש מאמרים אקדמיים. המורים והתלמידים משתמשים בשמות מדעיים (לטיניים) לדיוק מרבי [תו]. מורה למדעים דיווח על שימוש ב-AI ל"בדיקת גודל מדגם" - יישום מתודולוגי מובהק [תו]. הצלחתו של הבוט הייעודי לחקלאות, מדגימה את הערך הגבוה של דיוק וספציפיות תחומית במדעים [תו]. האתגר המרכזי כאן אינו פרשנות, אלא הבטחת הדיוק העובדתי והמתודולוגי, ומניעת הישענות יתר של התלמידים על הכלים. גישה מובנית זו הקנתה לתלמידים תהליך חקר קפדני, ולימדה אותם למנף את היתרונות הייחודיים של כל כלי AI [תו].

3.3. מדעי החברה (לימודי מודיעין): למידה כפולה ומניעת

הידרדרות מיומנויות

בתחום זה, שבו ניתוח מידע מורכב והצלבת מקורות הם מיומנויות ליבה, עלה חשש משמעותי מהתנוונות של מיומנויות קוגניטיביות. הפתרון הפדגוגי התמקד בבניית הבנה מושגית עמוקה לפני השימוש באוטומציה.

פרקטיקה מרכזית: "למידה מוכפלת: ידנית ואז עם AI". התלמידים נדרשו תחילה ללמוד ולשלוט במיומנות מורכבת באופן ידני (למשל, הצלבת 8 סוגי מידע מודיעיני באמצעות Excel). רק לאחר שהפגינו שליטה בתהליך הידני והבינו את עקרונותיו, הם נחשפו לכלי AI המבצעים אוטומציה של אותו תהליך. הרציונל היה למנוע תלות קוגניטיבית, לבנות הבנה מושגית עמוקה של המשימה, ולהדגים את ערכו של ה-AI ככלי יעילות ולא כ"קביים" [תו].

3.4. אמוניות: השראה תוך שמירה על מקוריות

בתחום האמוניות, השימוש ב-AI מתמקד בגיבוש רעיונות, בקבלת השראה ובשיפור ניסוח של טקסטים נלווים. האתגרים המרכזיים כוללים פגיעה במקוריות וביצירתיות, יצירת תוכן גנרי, טשטוש הבעלות על היצירה ואובדן "האספקט האישי".

פרקטיקה מרכזית: AI: כמקור השראה מוגבל". המיקוד הפדגוגי המומלץ כולל שימוש ב-AI ככלי להשראה בלבד, דיון על גבולות המקוריות והבעלות, ודגש על פיתוח קול אמנותי ייחודי. גישה זו מכירה בפוטנציאל של AI לעורר רעיונות חדשים, תוך שמירה על האותנטיות והמקוריות של היוצר.

4. יישור קו אפיסטמולוגי: מדוע דיסציפלינות משתמשות ב-AI

באופן שונה

ההבדלים בדפוסי השימוש אינם שטחיים או מקריים. הם משקפים התאמה עמוקה של השימוש ב-AI לאפיסטמולוגיה של כל תחום דעת. כל דיסציפלינה מגדירה לעצמה מה נחשב ל"ידע", מהן דרכי יצירתו ומהם כללי האימות שלו. מודל שפה גדול (LLM) כללי אינו מבין באופן מובנה את כללי המשחק הללו. התהליך המוצלח של שילוב AI כרוך בכך שהמורה והתלמיד "מאמנים" או "מאלפים" את הבינה המלאכותית לפעול בהתאם לכללים הדיסציפלינאריים. פעולה זו מתבצעת בשני מישורים מרכזיים:

"הנדסת פרומפטים דיסציפלינרית"

המשתמש המיומן לומד להטמיע את כללי הדיסציפלינה בתוך ההנחיות שהוא מספק ל-AI. לדוגמה, מורה לתנ"ך מנחה את ה-AI באופן מפורש להתמקד בטקסט המקראי ולהימנע מפרשנויות מאוחרות [תו]. מורה לביולוגיה משתמש במינוח לטיני מדויק, ומבקש מאמרים שעברו ביקורת עמיתים [תו]. זוהי מיומנות אקדמית גבוהה, ולא רק מיומנות טכנית.

"אימות דיסציפלינרי"

תהליך האימות של תוצרי ה-AI מתבצע גם הוא בהתאם לנורמות התחום. ההיסטוריון יצליב את המידע מול ארכיונים ומקורות ראשוניים. המדען יבדוק את הנתונים מול מאגרי מידע מוכרים, ויבחן את המתודולוגיה המוצעת.

מכאן נובע כי המורים והתלמידים אינם פשוט "משתמשים ב-AI"; הם מכפיפים את הכלי למסגרת האפיסטמולוגית של תחום הדעת שלהם. עבור הביולוג, ה-AI הוא עוזר מעבדה; עבור ההיסטוריון, הוא שותף לסיעור מוחות. הבנה זו מחייבת מעבר מפיתוח מקצועי גנרי, למודלים של הכשרה המותאמים לצרכים ולדרכי החשיבה הייחודיים של כל דיסציפלינה.

לסיכום, הממצאים מצביעים על כך שאנו בתחילתה של מהפכה בהוראה דיפרנציאלית, שבה כלי AI מאפשרים התאמה אישית ברמה שטרם הייתה אפשרית. הצלחת הפרקטיקות מותאמות הדיסציפלינה מוכיחה שאין "גודל אחד המתאים לכולם" בשילוב AI, אלא יש צורך בגישות מותאמות שמבינות את המאפיינים הייחודיים של כל תחום דעת.

המסר המרכזי עבור מערכת החינוך הוא: צורך בפיתוח מדיניות ותוכניות הכשרה מותאמות תחום, המכירות בכך שתלמידים במדעי הרוח והחברה הם בחזית האימוץ של ה-AI, ודורשים תשומת לב מיוחדת. במקביל, יש לפתח מודלים פדגוגיים מותאמים לתחומי מדעי הטבע והמדעים המדויקים, כפי שבא לידי ביטוי במודל נבון ובאוגדן הפרקטיקות הנלווה לו, שיכולים למנף את היתרונות של AI, תוך שמירה על הדגשים הייחודיים של תחומים אלה על דיוק, אמינות ושיטתיות.

אתגרים, חסמים ופתרונות: מבט מערכתי ופדגוגי

פרק זה עונה על שאלת המחקר החמישית, ומציג ניתוח מערכתי של האתגרים והחסמים שעלו במהלך הניסוי, לצד הפתרונות היצירתיים שפותחו בשטח כדי להתמודד עימם. הניתוח חושף דיאלקטיקה מעניינת בין מכשולים מערכתיים וטכנולוגיים לבין יצירתיות פדגוגית, ומציג פורטפוליו עשיר של פתרונות שהרכזים פיתחו והובילו בעצמם.

1. זיהוי ומיפוי של האתגרים והחסמים המרכזיים

הניתוח המשולב של מקורות הנתונים ממפה ארבעה סוגי אתגרים מרכזיים המסדרים את המציאות הפדגוגית והמערכתית של שילוב AI בחינוך:

1.1 האתגר הפדגוגי המרכזי: בעיית האמינות ו"הזיות" AI

זהו האתגר המשמעותי והנפוץ ביותר שעלה מהממצאים. כמותית: קבלת מידע לא מדויק או שגוי היא האתגר המרכזי עבור כמעט מחצית מהתלמידים (43.9%) [ש"מ]. איכותנית: התלמידים מתארים את הבעיה במונחים חריפים וברורים: "הוא חרטטן שקרן ואוהב לעבוד מהר על חשבון אמינות" [ש"מ], "לפעמים נתן מקורות לא קיימים" [דה"ת], ו"אין להסתמך על כלי מלאכותי... כי לפעמים הוא עושה סלט" [ש"מ].

אתגר זה התגלה כמכונן עבור כל תהליך הלמידה עם AI. תלמיד אחד תיאר: "התשובות לא היו מדויקות מאה אחוז" [דב"י], ורכזים דיווחו על הצורך ב"אימות והצלבת תובעני" מתמיד [דה"ר], [נת]. זהו אתגר פרדוקסלי - מצד אחד, הוא מהווה מכשול משמעותי, ומצד שני, כפי שיוצג בהמשך, הוא הופך להיות המנוע להתפתחות מיומנויות ביקורתיות חיוניות.

1.2 האתגר הטכנולוגי-פדגוגי: קושי בהנדסת פרומפטים

הקושי לנסח שאלות יעילות זוהה כאתגר משמעותי הדורש פיתוח מיומנות מורכבת. כמותית: 8.5% מהתלמידים ציינו "קושי בניסוח שאלות (פרומפטים) יעילות" כאתגר מרכזי [ש"מ]. איכותנית: תלמידים מתארים תהליך של ניסוי וטעייה: "לדעת איזה שאלה לשאול ואיך כדי לקבל את התשובה שרציתי" [דה"ת], או הצורך "לדייק כמה וכמה פעמים את הניסוח שלי לבקשה" [דה"ת]. באופן מעניין, מורים הבחינו כי אתגר זה למעשה מקדם למידה עמוקה. כפי שציינה אחת הרכזות: הקושי בניסוח "הוכיח להם שעליהם להכיר בצורה מעמיקה יותר את הנושא עליו הם מעוניינים לכתוב" [שפ"ר]. המאמץ הנדרש לניסוח פרומפט מדויק, מאלץ את התלמיד לבצע ארטיקולציה למחשבותיו ולחדד את הבנתו.

1.3 חסמים מערכתיים ותשתיתיים

קטגוריה זו עלתה בעוצמה רבה מהשטח, והיא כוללת מספר חסמים קריטיים: "חומת התשלום" (הצורך הדחוף ביותר): זהו החסם "הבוער והדחוף ביותר" שעלה כמעט בכל התשובות. רכזים הדגישו את "הפער המשמעותי באיכות התוצר" בין גרסאות חינוכיות לגרסאות פרימיום (כמו ChatGPT-4), וביקרו את הבירוקרטיה המונעת רכישת מנויים [שפ"ר]. החסם הכלכלי הזה יוצר בעיות של שוויון הזדמנויות, ומגביל את יכולתם של מורים ותלמידים למצות את הפוטנציאל של הטכנולוגיה.

קשיי גישה טכניים: תלמידים דיווחו שוב ושוב, כי "הכלי לא עובד במייל של משרד החינוך", או על "בעיית גישה עם המייל הארגוני" [דה"ת]. מדיניות IT החוסמת גישה לכלים, יוצרת תסכול רב, ועומדת בסתירה למטרות הפדגוגיות.

"פער המעריכים": חשש משמעותי שהועלה על ידי הרכזים, הוא שהמעריכים החיצוניים של עבודות הגמר, שאינם בקיאים בפרקטיקות החדשות, עלולים להעניש תלמידים על שימוש לגיטימי וחדשני ב-AI [שפ"ר].

מגבלות תשתיות בסיסיות: בעיות יסוד, כמו אינטרנט לא יציב ומחסור בצידוד קצה (מחשבים) לתלמידים, היוו מכשול בסיסי [שפ"ר].

מקורות מאחורי חומת תשלום: פרדוקס מתסכל, שבו ה-AI מזהה מקורות רלוונטיים אך לא נגישים: "אחד האתגרים הגדולים הוא שרוב המאמרים עולים כסף" [דה"ת], ו"ההגבלה של שלושה מאמרים ליום" בכלי ChatPDF [דה"ת].

1.4 אתגרים ספציפיים לתחום ההערכה

תחום ההערכה נותר כ"חוליה החלשה" בשרשרת השילוב. רכזים דיווחו על "התנסות מאוד לא טובה", וציינו שהכלים נוטים להיות "מרצים", מתקשים לזהות שגיאות מתודולוגיות, ומספקים משוב לא איכותי [שפ"ר]. זהו תחום שטרם פותחו בו פתרונות מספקים, ושנותר כאתגר פתוח.

2. פתרונות פדגוגיים ופרקטיים שפותחו בשטח

הממצא המשמעותי ביותר הוא שלנוכח האתגרים, המשתתפים בניסוי הפגינו יצירתיות פדגוגית יוצאת דופן, ופיתחו פורטפוליו עשיר של פתרונות מעשיים. את פתרונות הללו ניתן לחלק לשתי קטגוריות עיקריות:

2.1 פתרונות פדגוגיים לאתגר האמינות: "הלולאה הביקורתית"

זהו הפתרון הפדגוגי המרכזי והממצא המשמעותי ביותר שעלה מהניסוי. הוא מתואר כהליך עבודה איטרטיבי ומודע של שאילתה, הערכה ביקורתית, אימות חיצוני של עובדות ומקורות, ושכתוב עמוק של התוכן [ש"מ].

הוכחות להטמעה מוצלחת: הנתונים הכמותיים מראים הטמעה מרשימה של הפתרון - 75.0% מהתלמידים מדווחים שהם בודקים מקורות, ו-67.5% מדווחים שהם משכתבים תמיד טקסטים מכלי ה-AI במילים שלהם [ש"מ]. זהו ממצא מעודד, המראה כי התלמידים אכן פיתחו "אוריינות AI ביקורתית".

פרקטיקות ספציפיות שפותחו:

- הצלבת מידע: "אני בודק את החומר שהוא נותן לי, עם אתרים ומאמרים נוספים, ומצליב מידע" [ש"מ]
 - דרישת מקורות מה-AI: "תמיד ביקשתי מהכלי שייתן לי את המקורות" [דה"ת].
 - בדיקה מעמיקה של מקורות: בחינה פעילה של איכות ואמינות המקורות שה-AI מספק.
 - שכתוב מהותי: תרגום התוכן שנוצר על ידי AI, למילים ולהבנה אישית של התלמיד.
- תלמיד אחד תיאר את התהליך: "אני מנסח את החומר במילים שלי, כך אני גם קורא וגם מבין" [דה"ת]. תהליך זה מבטיח שהלמידה תהיה עמוקה, ומונע "אשליית למידה".

2.2 פתרונות לאתגר ההנדסה הפדגוגית של פרומפטים

התלמידים והמורים פיתחו גישה מתוחכמת לשיפור איכות האינטראקציה עם AI: **"הוראות פשוטות" ל"דיאלוג מורכב"**: ההנחיה הפדגוגית הובילה את התלמידים לעבור ממתן הוראות פשוטות, לניהול דיאלוג מורכב עם ה-AI. הם למדו כיצד "לאמן" ולכוון אותו באופן פעיל, כפי שמתאר תלמיד: "הייתי קצת אגרסיבי... אני יודע כבר את סגנון הדיבור איתו. העברתי לו את ההוראות בצורה טובה יותר" [דה"ת].

פיתוח "אמנות הפרומפט": תלמידים פיתחו מיומנות בניסוח שאילתות מדויקות, מבוססות הקשר ומותאמות למטרות הספציפיות. מיומנות זו הפכה למרכיב חיוני באוריינות AI.

2.3 פתרונות פדגוגיים חדשניים

"יומן AI" - כלי מטא-קוגניטיבי: זהו הפתרון הפדגוגי החדשני ביותר שעלה מהשטח. במסגרת פרקטיקה זו, שמקורה בניסויי תשפ"ד, התלמידים נדרשים לתעד באופן שיטתי כל אינטראקציה משמעותית עם כלי AI. התיעוד כולל את:

- הפרומפט המדויק שנוסח
- התוצאה שהתקבלה
- רפלקציה ביקורתית על התהליך

היומן היווה 30% מהציון, והעביר את הדגש מהתוצר לתהליך [תו], [נת]. זהו פתרון שמקדם בו-זמנית שקיפות, מטא-קוגניציה וחשיבה ביקורתית.

דיאלוג סוקרטי לבנייה משותפת של אתיקה: במקום להנחית כללים, רכזים הנחו דיאלוג שבו התלמידים ניסחו בעצמם קוד אתי משותף. גישה זו טיפחה מוטיבציה פנימית להתנהגות אתית, ולא רק ציות חיצוני [תו]. הדוגמה של "בוט האתיקה" מהווה יישום מתוחכם של עיקרון זה.

"חיסון" נגד הטיית: תרגיל כיתתי יזום, שבו נחשפו התלמידים לטקסט מוטה שנוצר על ידי AI, כדי ללמדם לזהות כשלים באופן אקטיבי [תו]. תרגיל זה מפתח חשיבה ביקורתית אקטיבית, ומקנה כלים מעשיים לאימות מידע.

2.4 פתרונות מערכתיים ופרקטיים

פיתוח בוטים ייעודיים: רכזים עברו משימוש בכלים קיימים ליצירת כלים חדשים. דוגמאות לכך כוללות:

- בוט לניהול זמן שסייע לתלמיד עם קשיי התארגנות [דה"ר], [נת].
- בוט לתרגול רישום ביבליוגרפי, שתוכנת בכוונה לא לתקן טעויות, כדי לעודד למידה עצמאית [נת].

מודל פיתוח מקצועי של "עמיתים מנחים עמיתים": הוובינרים שהתקיימו במסגרת הניסוי, היוו פתרון לצורך בהכשרה מעשית ורלוונטית מהשטח, והפכו את הרכזים לסוכני שינוי בקהילתם [תו].

2.5 פתרונות עוקפים (Workarounds)

בהיעדר פתרונות מערכתיים מיידיים, המורים והתלמידים נקטו בפתרונות יצירתיים:

עקיפת חסמי גישה: הם השתמשו בחשבונות אישיים במקום בחשבונות הארגוניים החסומים, ופתחו חשבונות מרובים כדי להתגבר על מגבלות השימוש בגרסאות החינמיות [שפ"ר].

עקיפת מגבלות טכניות: פיתוח פרומפטים הכוללים סיכום של האינטראקציה הקודמת בכל פנייה

חדשה, כדי להתגבר על היעדר "זיכרון" בבטים [שפ"ר].

אף שפתרונות אלו אינם ברי קיימא לטווח ארוך, הם מעידים על המוטיבציה הגבוהה של המשתתפים ועל הדחיפות שבצורך בפתרונות מערכתיים.

2.6 פתרונות שפותחו מנקודת המבט של התלמידים

הנתונים מנקודת המבט של התלמידים מציגים תמונה עשירה של התפתחות "פדגוגיה של זהירות ביקורתית":

פרוטוקול "כבדהו וחשדהו": התלמידים פיתחו גישה מאוזנת, המשלבת הערכה לכלי עם ביקורתיות כלפיו. זהו תהליך מודע של שאילתה, הערכה ביקורתית, אימות חיצוני ושילוב מושכל.

פיתוח מיומנויות אימות מידע: 61.3% מהתלמידים מדווחים שהם תמיד מאמתים מידע, ו-78.8% משכתבים אותו באופן משמעותי [ש"מ]. תהליך זה מהווה למעשה מתודולוגיית חקר חדשה: "חקירה אקדמית בסיוע AI".

3. טקסונומיה של חסמים ופתרונות

הטבלה הבאה מסכמת את מיפוי החסמים והפתרונות שפותחו:

סוג החסם	חסם ספציפי	פתרון/מעקף שפותח בשטח
פדגוגי	"אשליית למידה" והישענות יתר	• פיתוח פרוטוקול "כבדהו וחשדהו" (אימות ושכתוב) • פרקטיקות של "מאבק פרודוקטיבי", כמו "למידה מוכפלת" • שימוש ב"יומן AI" להפיכת החשיבה לנראית
פדגוגי	קושי בהנדסת פרומפטים	• פיתוח "אמנות הפרומפט" ומעבר לדיאלוג מורכב • לימוד הנדסת פרומפטים מותאמת-דיסציפלינה • שימוש בקושי כהזדמנות למאמץ קוגניטיבי
פדגוגי	בעיית האמינות ו"הזיות" AI	• פיתוח "הלולאה הביקורתית" • "חיסון" נגד הטיות באמצעות טקסטים מוטים • הנחיה מתמדת להצלבת מידע
מערכתי	"חומת התשלום" לכלים מתקדמים	• שימוש במספר חשבונות חינוכיים כדי לעקוף מגבלות • קריאה נחרצת למשרד החינוך לרכישת רישיונות מרכזיים

מערכתי	מדיניות IT החוסמת גישה לכלים	• שימוש בחשבונות אישיים במקום בחשבונות ארגוניים • דרישה לרפורמה במדיניות ולפתיחת הגישה
מערכתי	"פער המעריכים"	• קריאה להכשרה ייעודית ולעדכון מחוונים למעריכים חיצוניים
טכני	צנזורת תוכן על ידי ה-AI	• ניסוח פרומפטים עוקפים, חיפוש אחר כלים פחות מגבילים
טכני	היעדר "זיכרון" בבטים	• פיתוח פרומפטים הכוללים סיכום של האינטראקציה הקודמת בכל פנייה חדשה
מערכתי	מקורות מאחורי חומת תשלום	• חיפוש מקורות חלופיים נגישים • פיתוח אסטרטגיות לגישה למידע אקדמי

4. השלכות מערכתיות והמלצות להמשך

4.1 זיהוי צווארי בקבוק מערכתיים

האתגרים שהציפו בניסוי המורים המומחים והמנוסים, אינם תלונות גרידא, אלא הם מהווים אינדיקטור מוביל ומפת דרכים לשינויים המערכתיים הנדרשים. תסכולם של "המאמצים המוקדמים" חושף את צווארי הבקבוק שכלל המערכת תתמודד איתם בעתיד.

4.2 המלצות למדיניות

הרכזים גיבשו המלצות ברורות, ובראשן:

- הצורך הדחוף בתקצוב רכישת מנויים לכלים מתקדמים - זהו החסם הקריטי ביותר.
- הכשרת כלל הגורמים במערכת, כולל מעריכי הבגרויות.
- רפורמה במדיניות IT לפתיחת גישה לכלים פדגוגיים.
- פיתוח מחוונים חדשים להערכה, המתחשבים בשימוש מושכל ב-AI.

4.3 הקשבה כאסטרטגיה פרואקטיבית

הקשבה לצרכים שזוהו בניסוי - גישה למשאבים, מדיניות מאפשרת והכשרה הוליסטית - אינה רק פתרון לבעיותיהם של המשתתפים, אלא עיצוב פרואקטיבי של המערכת לקראת הטמעה רחבה, שוויונית ומוצלחת של בינה מלאכותית בחינוך.

לסיכום, הממצא המפתיע והמעודד ביותר הוא כי האתגרים שזוהו, לא הובילו לזינוק או לתסכול, אלא לפריחה של יצירתיות פדגוגית. המורים והתלמידים הפכו את האתגרים להזדמנויות למידה, והטמיעו פתרונות חדשניים שלא היו קיימים בתחילת הניסוי.

האתגר המרכזי של "הזיות" AI, שיכול היה להיחשב כמכשול מכביד, הפך דווקא למנוע להתפתחות מיומנויות חשיבה ביקורתית חיוניות. התלמידים פיתחו "פדגוגיה של זהירות ביקורתית", שמבטיחה למידה עמוקה ומונעת אשליית הבנה.

הפתרונות שפותרו - מ"יומן AI" ועד פרוטוקול "כבדהו וחשדהו" - מהווים תרומה מהותית לפדגוגיה של עידן ה-AI. הם מדגימים כי השילוב המושכל של AI בחינוך הנה אפשרי ויעיל, בתנאי שהוא נעשה תוך מודעות לאתגרים ופיתוח פתרונות יצירתיים להתמודדות עימם.

הניסוי מוכיח שהמעבר לעידן AI בחינוך אינו חייב להיות טראומטי או הרסני. עם ההנחיה הנכונה ועם הכשרה מתאימה ותמיכה מערכתית, ניתן להפוך את האתגרים להזדמנויות, ולבנות מודל פדגוגי חדשני המשלב את היתרונות של AI עם פיתוח מיומנויות חשיבה ביקורתית שהנן חיוניות למאה ה-21.

המסר המרכזי העולה מניתוח זה הוא כי השאלה אינה "האם לשלב AI בחינוך", אלא "כיצד לעשות זאת בצורה מושכלת, ביקורתית ויעילה". הפתרונות שפותרו במסגרת הניסוי, מציעים מפת דרכים ברורה לשילוב מוצלח זה.

4. סיכום הממצאים

4.1 סיכום עיקרי הממצאים בהתייחס לשאלות המחקר

הניסוי "בינה מלאכותית בעבודות גמר 2.0" חשף תמונה מורכבת ומעודדת של המפגש בין טכנולוגיה מתקדמת לבין חינוך משמעותי. הממצאים מצביעים על הצורך בגישה מתוחכמת ומודעת שמתמודדת עם אתגרים מהותיים. הניתוח המקיף של ארבעת תחומי המחקר מציג תמונה רב-ממדית של השפעות הניסוי על המורים, על התלמידים, על תהליכי היישום ועל האתגרים המערכתיים.

4.1.1 הטרנספורמציה המקצועית של המורים

אחד הממצאים המרכזיים והמרשימים ביותר של הניסוי הוא השינוי העמוק שחל במורים המשתתפים. המסוגלות העצמית שלהם עלתה ב-29.5%, אך מעבר לנתון הכמותי הזה, ניתן למצוא טרנספורמציה מקצועית משמעותית שמשקפת שינוי יסודי בתפיסת התפקיד החינוכי.

מעבר מ"שומרי ידע" ל"מלווים דיאלוגיים": המורים עברו מתפקיד מסורתי של "שומרי ידע" ומספקי תשובות, ל"מלווים דיאלוגיים" שיוצרים מרחב למידה משותף עם תלמידיהם. במקום לספק תשובות ישירות, הם החלו להפנות תלמידים לשאול את הבינה המלאכותית שאלות, ולאחר מכן לבחון יחד את התשובות - גישה שיצרה דינמיקה חדשה של למידה משותפת.

פיתוח יכולות יצירתיות וחדשניות: המורים פיתחו יכולת לא רק להשתמש בכלי AI קיימים, אלא ליצור פתרונות מותאמים לצרכים הפדגוגיים הספציפיים שלהם - מבוססים היסטוריים לתרגול ביבליוגרפיה ועד כלי ניהול זמן מתוחכמים לניסויים מעבדתיים. פרקטיקות חדשניות כמו "יומן AI" (המהווה 30% מהציון הסופי) ובוססים מותאמים אישית הפכו לחלק אינטגרלי מהתהליך החינוכי.

התפתחות אוריינות AI מתחכמת: נרשמה עלייה של 19.9% באוריינות AI הכללית של המורים, עם שיפור משמעותי במיוחד בידע על שילוב AI במחקר (29.4%) ובהכרת סוגי הכלים (26.6%). המורים פיתחו הבנה מעמיקה של המקומות שבהם כלי מסוים מתאים למטרה ספציפית, רכשו מיומנויות בניסוח פרומפטים יעילים, ופיתחו מודעות אתית מתחכמת.

שינוי עמדות דרמטי: העמדה הכללית כלפי שימוש בכלי AI השתנתה באופן דרמטי - מ-28.6% "תומכים נלהבים" בתחילת הניסוי ל-78.6% בסיומו - מה שמצביע על שינוי מהותי בתפיסת הערך והפוטנציאל של הטכנולוגיה.

הפיכה למובילי קהילה מקצועית: הוובינרים במסגרת "חודש הבינה המלאכותית" הדגישו את הפיכתם של המורים ממקבלי ידע פסיביים ליוצרי ידע אקטיביים ומובילי קהילה. מודל "עמיתים מנחים עמיתים" יצר מרחב של למידה מקצועית שיתופית ושל העברת ידע בין-מוסדית.

המעבר הזה לא היה אוטומטי או פשוט. הוא דרש מהמורים לפתח מיומנויות חדשות, לאמץ גישות פדגוגיות חדשניות, ולהתמודד עם הפחדים והחששות הטבעיים מפני טכנולוגיה שמאתגרת הרגלי עבודה מושרשים. הצלחתם של המורים מעידה לא רק על יכולת הסתגלות מרשימה, אלא על הפוטנציאל הטמון

בפיתוח מקצועי מותאם ותומך. נזכיר כי התהליך כלל מחקר עיצוב, שבראשו עמדו חוקרות וצוות היגוי, שהכשירו את המורים בתוך מסגרת מלווה מחקר לפיתוח מקצועי. כלומר, לסביבה שנבנתה סביב הניסוי והמחקר, היה חלק משמעותי ביכולת של המורים לפתח את המיומנויות והפרקטיקות וליישמן בכיתותיהם עם התלמידים.

4.1.2 המהפכה בתהליכי הלמידה של התלמידים

מנקודת מבטם של התלמידים, השינוי היה דרמטי לא פחות. הנתונים הכמותיים מצביעים על שיפור משמעותי במגוון מדדים: **85%** מהתלמידים דיווחו על קיצור זמנים משמעותי, **70%** - על שיפור איכות הכתיבה, ו-**65%** - על הרחבת אופקי החשיבה. עם זאת, מעבר ליעילות הטכנית, נצפה פיתוח של מיומנויות חדשות ורלוונטיות במיוחד לעידן הדיגיטלי.

פיתוח מיומנויות דיגיטליות מתקדמות: התלמידים פיתחו יכולת הנדסת פרומפטים (70% דיווחו על יכולת יצירת פרומפטים מדויקים), חשיבה ביקורתית כלפי מידע דיגיטלי (81.7% פיתחו מיומנויות אימות מידע), וניהול מידע היברידי המשלב מקורות אנושיים ומלאכותיים. מיומנויות אלו הנן חיוניות לפונקציונליות במציאות הדיגיטלית המתפתחת.

פיתוח מודעות אתית גבוהה: תהליך פיתוח קוד אתי באמצעות שיח סוקרטי עם 19 תלמידים, הוביל לגיבוש ארבעה עקרונות מרכזיים: שקיפות ויושרה, הוגנות, שמירה על זכויות יוצרים ושמירה על פרטיות. התחייבות התלמידים לעקרונות אלו הייתה גבוהה מאוד: **9.15 מתוך 10** לחשיבות העקרונות ו-**9.08 מתוך 10** להתחייבות ליישום.

שביעות רצון גבוהה ושימוש נרחב: מדדי שביעות הרצון היו גבוהים: **4.15 מתוך 5** לתרומה כללית, ו-**4.26 מתוך 5** לשביעות רצון מהכלים. 97.6% מהתלמידים השתמשו בכלי AI במהלך עבודת הגמר, כאשר ChatGPT היה הכלי הדומיננטי (82.9% מהתלמידים).

הפוטנציאל של קידום הוגנות ושוויון: הממצא ההחשוב נוגע לפוטנציאל הדמוקרטי של הטכנולוגיה. תלמידים עם דיסלקציה, אוטיזם, או חסמי שפה, מצאו ב-AI "גשר" שאפשר להם להשתתף בתהליכי מחקר שהיו עד כה מעבר להישג ידם. עולים חדשים שהתמודדו עם חסמי שפה, יכלו להתמקד בתוכן במקום במכשול הלשוני. זהו ממצא שמצביע על פוטנציאל אמיתי לצמצום פערים ולהגברת השוויון במערכת החינוך.

שמירה על יושרה אקדמית: למרות החשש מהתלות ב-AI, 63.4% מהתלמידים דיווחו על שכתוב מתמיד של טקסטים במילים שלהם, ו-81.7% בדקו מקורות באופן עצמאי. דבר זה מעיד על הצלחת הפרקטיקות הפדגוגיות בשמירה על עצמאות אינטלקטואלית.

4.1.3 השונוות בין תחומי הדעת והלקחים הפדגוגיים

בהינתן המגבלות של מדגם קטן, הניסוי חשף הבדלים מעניינים ומשמעותיים בין תחומי הדעת השונים בקרב הרכזים, הבדלים המשקפים את הייחודיות הפדגוגית והמתודולוגית של כל תחום.

מדעי הרוח - מובילים בחדשנות ויצירתיות: מדעי הרוח הובילו ברמות המסוגלות העצמית (3.83 לעומת 3.60 במדעי הטבע ו-3.33 במדעי החברה) והיצירתיות. הם פיתחו כלים לשוניים מתוחכמים, בוטים תחומיים מותאמים ופרקטיקות מיפוי מושגים מתקדמות. השימוש בכלים לתרגום ולהתאמת רמת השפה האקדמית עבור עולים חדשים' הדגים הבנה מעמיקה של הפוטנציאל הלשוני של AI.

מדעי הטבע - דיוק מתודולוגי ושיטתיות: מדעי הטבע התמקדו בדיוק המתודולוגי ובכלים ייעודיים לניתוח נתונים, כמו Julius-1 Elicit AI. הם הציגו שימוש מתקדם בבדיקת גודל מדגם, בניתוח סטטיסטי ובשימוש בשפה מקצועית מדויקת. עם זאת, הם התמודדו עם אתגרים של מגבלות תקציב לכלים מתקדמים ועם קשיים באימות נתונים.

מדעי החברה - מודעות אתית וגישה ביקורתית: מדעי החברה הציגו מודעות גבוהה להיבטים האתיים ולצורך באיזון עדין בין תמיכה טכנולוגית לבין שמירה על עצמאות חשיבתית. הם פיתחו מסגרות אתיות ובוטים להגדרת קוד אתי, ותיארו "ניסיון למצוא את הקו הדק שמפריד בין שימוש מושכל ככלי תומך בלמידה/עבודה להעברת הלמידה למודל".

ההבדלים הללו לא היו רק אקדמיים, אלא הם גם הובילו לפיתוח גישות פדגוגיות ייחודיות לכל תחום. הלקח החשוב הוא שאין גישה אחת שמתאימה לכולם, וכי השילוב המוצלח של AI בחינוך דורש התאמה לצרכים הספציפיים של כל תחום דעת ולמאפיינים הייחודיים של כל קהל לומדים.

4.1.4 האתגר המרכזי: אשליית הלמידה

תופעת **"אשליית הלמידה"** (Bjork et al, 2013) מהווה אתגר מרכזי וקריטי בעידן הדיגיטלי. תופעה זו מתבטאת כאשר תלמידים מקבלים תשובות מוכנות מכלי AI ומפתחים תחושה מוטעית של הבנה - הם מרגישים טוב ומפתחים תחושת שליטה ומסוגלות, בעוד שבפועל לא מתרחש כל תהליך משמעותי של

עיבוד קוגניטיבי. העתקה והדבקה של מידע, ללא פיתוח מיומנויות חשיבה ביקורתית וחקר עצמאי, מובילות לפער משמעותי בין תחושת ההבנה של התלמיד לבין הידע האמיתי שנרכש.

במקביל, גם המורים עשויים לעיתים לחשוב כי "התלמידים למדו", וכך נוצרת הערכת יתר של היכולת. אולם מורים שמקיימים תהליכי הערכה מעצבת ומסכמת באופן שוטף, מגלים כי אמנם התוצר נראה איכותי ומרשים, ונראה שהידע או המיומנויות נרכשו, אולם בזמן אמת הם מגלים שזו הייתה אשליה. דוגמאות לתופעה כוללות קריאת טקסט על ידי תלמידים בצורה פסיבית תוך חשיבה שהבינו אותו רק כי הוא "נשמע מוכר", הסתכלות של תלמידים על פתרונות של תרגילים תוך תחושה שהם היו יכולים לפתור אותם בעצמם, וזכירת מידע לטווח קצר ללא יכולת לשלוף אותו לאחר זמן מה.

התופעה חשובה במיוחד בהקשר של למידה עצמאית ושל למידה מקוונת (Rapanta et al, 2021), שם התופעה מתעצמת. בעבודות גמר, קל במיוחד ליפול למלכודת האשליה, משום שהפיתוי גדול, התוצר הכתוב יכול להיראות מרשים, יש פער בין תוצר לתהליך, לא תמיד ניתן לתת משוב בתהליך עצמו ובזמן אמת, יש קושי בקיום מנגנוני בקרה, והעבודה היא תוצר כתוב ברובה. זהו אתגר שלא קיים רק בהקשר הטכנולוגי, אלא הוא מייצג שאלה יסודית יותר על מהות הלמידה ועל הקשר בין נגישות מידע לבין הבנה אותנטית. הכרת התופעה והבנת הדרכים להתמודד איתה יכולות לשפר משמעותית את איכות הלמידה.

פיתוח מודל נבון כמענה פדגוגי: התמודדות עם אתגר זה הולידה רעיון ומודל לחדשנות פדגוגית: מודל נבון (נראות בלמידה ועבודה נתמכת בינה מלאכותית) המבוסס על חמישה עקרונות: שקיפות וניהול הידע, פיגומים קוגניטיביים דינמיים, רפלקציה מתמשכת, תיעוד תהליכי וביטוי ידע במגוון תוצרים. אפשר לראות פירוט של המודל בפרק של תוצרים ויישום.

נוסף על כך, פרקטיקות "חיסון דיגיטלי": מורים פיתחו מגוון פרקטיקות חדשניות: מערכי "חיסון דיגיטלי" שחושפים תלמידים להטיות ו"הזיות" של AI, גישות "למידה מוכפלת" שבונות יסודות חזקים לפני המעבר לכלים מתקדמים, ו"חוזים אתיים" אישיים שיוצרים מסגרת ברורה לשימוש אחראי. רשימת הפרקטיקות ופירוטן מופיעה גם היא בפרק של תוצרים ויישום.

4.2 אתגרים מערכתיים קריטיים שזוהו

4.2.1 "חומת התשלום" - המחסום הכלכלי העיקרי

החסם הבולט והעקבי ביותר שזוהה, הוא "חומת התשלום" - הגישה המוגבלת לכלים מתקדמים. האתגר הזה התבטא במגוון אופנים:

- **פערי גישה בין תלמידים:** "חסימה של תלמידים באמצע דיון כי נגמרים קרדיטים".
- **תסכול של מורים:** "הבדל משמעותי בין כלים לתשלום לבין כלים חינמיים... זה נראה לי לא מתקבל על הדעת שאין דרך לשלם 20 דולר לכלי בתשלום" (א"ח).
- **קריאה למדיניות מערכתית:** דרישה ממשרד החינוך "לאפשר למורים שימוש בחינם ללא הגבלה בכלי הבינה".

4.2.2 חסמי גישה טכניים ובירוקרטיים

חסימות IP ומגבלות מערכתיות: "הקושי בשימוש בכלים בבתי ספר בגלל חסימות IP והבירוקרטיה" (א"א) יצר מכשולים משמעותיים ליישום הפרקטיקות בזמן אמת בכיתות.

יציבות כלים: הצורך ב"יציבות לאורך זמן, כדי לא להשקיע בלימוד כלי שיהיה לא זמין בעתיד" (ת"ד) הדגיש את הקושי בהשקעה בפיתוח מקצועי, כשהכלים עצמם עלולים להשתנות או להיעלם.

4.2.3 היעדר הנחיות מערכתיות וחשש מהערכה

המורים זיהו "צורך קריטי בהנחיות ברורות ובהכשרה של כלל המערכת". החשש המשמעותי ביותר שהועלה: "לזוודא שגם בודקי העבודות מכירים את התחום, ולא יכשילו/יפסלו עבודות שנעשה בהן שימוש לגיטימי בכלי בינה". חשש זה חושף נקודת תורפה קריטית: ניתן להכשיר את המנחים והתלמידים, אך אם המעריכים החיצוניים אינם בקיאים בנורמות החדשות, הם עלולים להעניש תלמידים על שימוש חדשני ולגיטימי.

4.3 זיהוי סיכונים פוטנציאליים ודרכי התמודדות מוצלחות

4.3.1 סיכונים בתחומי למידה שונים

בתחום החשיבה העצמאית: קיים חשש שתלמידים יסתמכו על AI כבר בשלבים הראשוניים של גיבוש רעיונות. ד"ב הציגה את הדימוי של "הדגים והחכה", והדגישה את החשיבות של פיתוח כישורים בסיסיים לפני שילוב AI.

בתחום העמקת הלמידה: מורים הדגישו כי "אין תחליף לקריאה של חומר והעמקה", וציינו חשש שתלמידים יסתפקו בסיכומים מהירים. הודגש הצורך לחנך את התלמידים "להיות ביקורתיים כלפי המידע המתקבל מכלי ה-AI, לאמתו במקורות מידע אמינים".

בתחום הכתיבה המקורית: מורים חששו שאם AI יכתוב חלקים מהעבודה, יכולת התלמידים לסנתז מידע ולנסח טיעונים מקוריים עלולה להיפגע.

4.3.2 דרכי התמודדות מוצלחות שפותחו בשטח

פיתוח קהילות למידה מקצועית: הוובינרים יצרו דפוס מוצלח של התמודדות עם אתגרים, דרך קהילת למידה מקצועית. רכזים שיתפו חוויות, פתרונות והתלבטויות, ויצרו מרחב של "למידה נראית" ו"חכמה קולקטיבית".

גישה הדרגתית ומובנית: המפגשים המובנים יצרו מסלול למידה הדרגתי, שאפשר למורים לעבד כל שלב לפני המעבר הבא. הגישה המודולרית הוכיחה יעילות ברורה.

שילוב חשיבה אתית בתהליך: יצירת "חוזה של התלמיד עם הבינה המלאכותית" - כלי מעשי לגיבוש התחייבות אישית של כל תלמיד לשימוש אתי ושקוף.

4.4 הישגים מרכזיים

הניסוי הוכיח בבירור את יעילותן של הפרקטיקות שפותחו, בשיפור כל הממדים שנבדקו:

4.4.1 שיפור דרכי ההנחיה (מורים)

- עלייה של **29.5%** ברמת המסוגלות העצמית של המורים
- פיתוח פרקטיקות חדשניות (יומן AI, בוטים מותאמים, מודל נבון)
- הפיכה למובילי קהילה מקצועית דרך מודל "עמיתים מנחים עמיתים"

4.4.2 שיפור בתהליך כתיבת עבודות הגמר (תלמידים)

- הרחבת אופקים (65% דיווחו על חשיפה לכיווני חשיבה חדשים)
- שיפור תפיסת איכות הכתיבה (70% דיווחו על שיפור)
- התפתחות מיומנויות ביקורתיות (81.7% פיתחו מיומנויות אימות מידע)

4.4.3 פיתוח אוריינות AI

- עלייה של **19.9%** באוריינות AI של המורים
- פיתוח מודעות אתית מתוחכמת אצל התלמידים (התחייבות 9.08/10) (קבוצת מיקוד תלמידים)
- יישום מודל נבון להתמודדות עם אשליית למידה

4.5 תובנות מפתח להטמעה עתידית

4.5.1 השילוב המוצלח של וובינרים ושל התנסויות מעשיות

השילוב המוצלח של וובינרים של המורים, של התנסויות מעשיות ושל תיעוד שיטתי, יצר מערכת למידה מקצועית מקיפה. הוובינרים שימשו כמודל ל"עמיתים מנחים עמיתים", והפכו את המורים ליוצרי ידע ולא רק לצרכניו. המעבר ממשתתפים לחונכי עמיתים, הדגים את הפוטנציאל של פיתוח מקצועי שיתופי ואותנטי.

4.5.2 המעבר מכלים טכניים לגישה פדגוגית

המעבר מכלים טכניים לגישה פדגוגית הדגים, כי ההצלחה תלויה לא רק בשליטה בכלים, אלא בפיתוח תפיסת עולם חדשה לגבי תפקיד המורה, תהליכי הלמידה ומקומה של הבינה המלאכותית כשותף קוגניטיבי. הטרנספורמציה החינוכית היא תהליכית, ודורשת זמן, תמיכה ורפלקציה מתמשכת.

4.5.3 החשיבות של התאמה דיפרנציאלית

האתגרים המערכתיים שזוהו - עלויות, חסימות גישה, יציבות כלים - מדגישים כי הצלחת השילוב תלויה גם בתמיכה מוסדית ובמדיניות מערכתית תומכת. השונות בין תחומי הדעת מצביעה על הצורך בגישה דיפרנציאלית, המתאימה פתרונות לצרכים הייחודיים של כל תחום.

4.6 המלצות לקידום הפרקטיקות

על בסיס הממצאים שהוצגו, ניתן להמליץ על:

4.6.1 פיתוח מקצועי מדורג ומובנה

- התחלה בהכשרה בסיסית על העקרונות של אוריינות AI
- מעבר לפיתוח פרקטיקות ספציפיות מותאמות תחום
- הגעה לרמה של מנהיגות מקצועית וחונכות עמיתים

4.6.2 תמיכה קהילתית ומערכתית מקיפה

- פתרון אתגרי הגישה הכלכליים והטכניים
- מימון כלים איכותיים וגישה שוויונית
- פיתוח הנחיות ברורות לכלל המערכת, כולל מעריכים חיצוניים
- המשך פיתוח מודל הוובינרים וקהילות העמיתים
- יצירת מנגנונים לשיתוף ידע בין-מוסדי

4.7 הכיוון לעתיד: מממצאים לפעולה

הממצאים מעידים על הצלחה משמעותית של הניסוי, אך גם מצביעים על הצורך בפיתוח מסגרות מובנות שיאפשרו הטמעה רחבה ומוצלחת. האתגרים שזוהו - מאשליית הלמידה ועד לחסמים המערכתיים - דורשים מענה מקיף ומתוחכם, שמשלב גורמים טכנולוגיים, פדגוגיים, אתיים ומדיניותיים.

הניסוי הוליד לא רק הבנה של מה עובד ומה לא, אלא גם פיתח של פתרונות מעשיים ושל מסגרות תיאורטיות להתמודדות עם האתגרים. הידע הזה, יחד עם הפרקטיקות הקונקרטיות שפותחו בשטח, מהווים את הבסיס לשני תוצרים מרכזיים שפותחו במהלך הניסוי: **מודל נבו"ן - מסגרת פדגוגית מקיפה**

לשילוב מושכל של AI בלמידה, ואוגדן פרקטיקות יישומיות המבוסס על ניסיון מעשי של מאות תלמידים ועשרות מורים.

תוצרים אלו אינם רק סיכום של מה שנלמד, אלא הם כלים פעילים שנועדו לאפשר למורים ולמוסדות חינוך נוספים לנצל את הפוטנציאל של הבינה המלאכותית, תוך הימנעות מהמלכודות ומהאתגרים שזוהו. הם מייצגים מעבר מניסוי חלוצי לידע ישים ונגיש לכלל מערכת החינוך.

4.8 מסקנות מרכזיות ומשמעויות רחבות

4.8.1 הוכחת הקונספט

הניסוי הוכיח כי שילוב מושכל של בינה מלאכותית בהנחיית עבודות גמר אינו רק אפשרי, אלא מביא לשיפור משמעותי בכל הממדים הנבדקים. המפתח להצלחה טמון בגישה מקיפה המשלבת פיתוח טכני, פדגוגי ואתי, תוך שמירה על האדם כמרכז תהליך הלמידה.

4.8.2 הזרז לשינוי פרדיגמטי

הממצאים מצביעים על כך שהניסוי לא רק שיפר תהליכים קיימים, אלא יצר בסיס לשינוי פרדיגמטי בתפיסת ההוראה והלמידה. המעבר מ"שומרי ידע" ל"מלווים דיאלוגיים" מייצג שינוי עמוק בתפקיד החינוכי, שעשוי להשפיע על כלל המערכת החינוכית.

4.8.3 הפוטנציאל השוויוני

הממצאים על התמיכה בתלמידים עם צרכים מיוחדים מדגישים את הפוטנציאל השוויוני של הטכנולוגיה. AI לא רק משפר תהליכים עבור התלמידים "הממוצעים", אלא יוצר הזדמנויות חדשות עבור תלמידים שהמערכת המסורתית לא הצליחה לתת להם מענה מספק.

4.8.4 הצורך באיזון בין טכנולוגיה לבין חשיבה עצמאית

הניסוי הדגים כי השימוש המוצלח ב-AI דורש איזון עדין בין יעילות טכנולוגית לבין שמירה על ערכים חינוכיים יסודיים, כמו חשיבה עצמאית, יצירתיות ויושרה אקדמית. מודל נבון ופרקטיקות "החיסון" הדיגיטלי מספקים מסגרת למימוש איזון זה.

4.8.5 החשיבות של תמיכה מערכתית

הממצאים מדגישים כי טכנולוגיה מתקדמת לבדה אינה מספיקה. הצלחת ההטמעה הרחבה תתבסס על יכולתה של המערכת להתמודד עם האתגרים המערכתיים שזוהו - מ"חומת התשלום" ועד להכשרת כלל הגורמים במערכת החינוך.

4.8.6 הלקח לעתיד

הניסוי הוכיח כי שילוב AI בחינוך הוא לא עניין טכנולוגי גרידא, אלא תהליך מורכב הדורש חשיבה מערכתית, פיתוח מקצועי מתמשך ומחויבות לערכים חינוכיים יסודיים. הידע שנצבר והפרקטיקות שפותחו, מספקים מפת דרכים למוסדות חינוך המעוניינים לצאת למסע דומה.

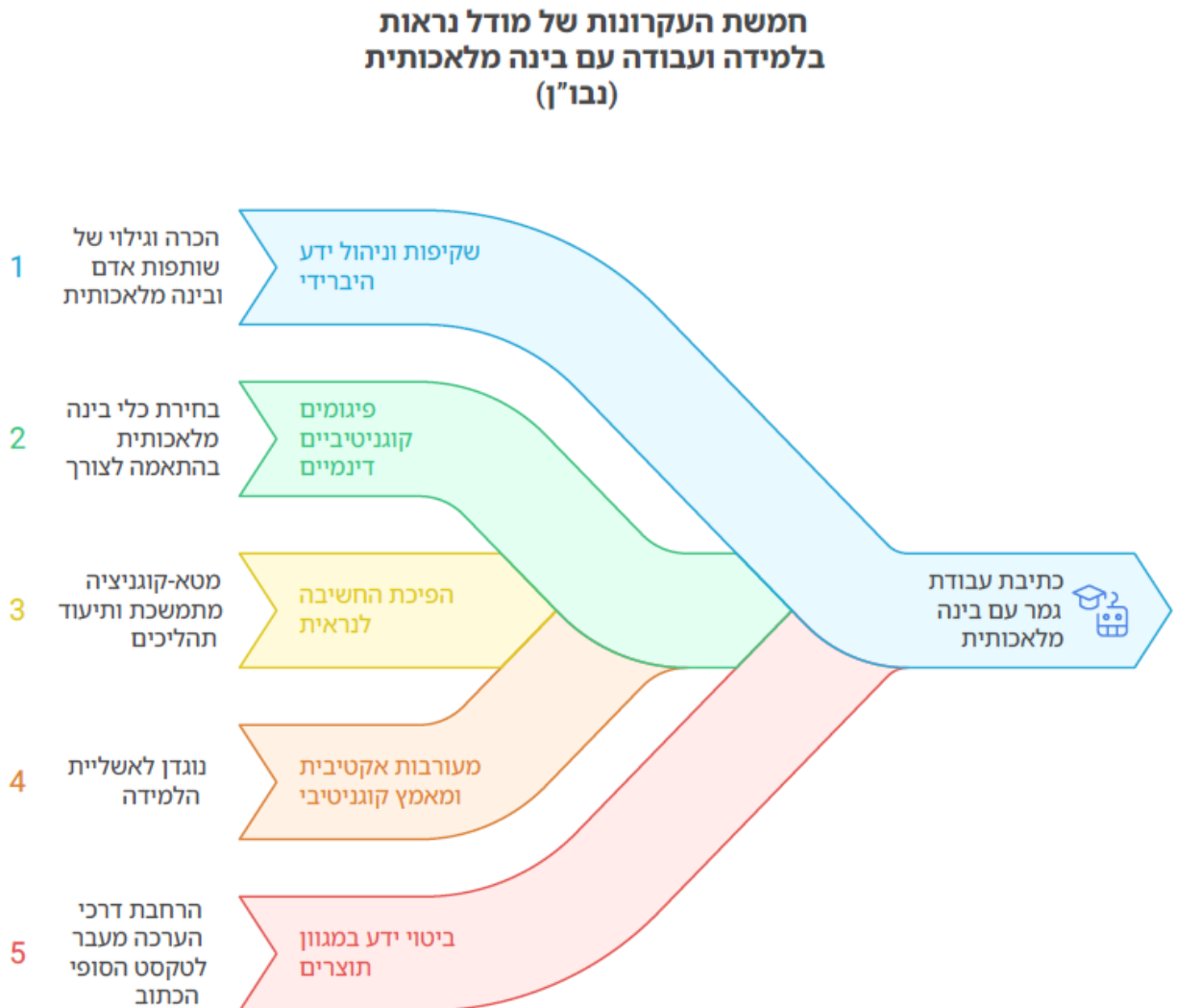
הממצאים מספקים בסיס חזק לקידום שילוב מושכל של כלי AI בתהליכי כתיבת עבודות גמר, תוך הדגשת הפוטנציאל הרב של טכנולוגיה זו לשיפור הוראה, למידה והכלה במערכת החינוך. עם זאת, הצלחת ההטמעה הרחבה תתבסס על יכולת המערכת להתמודד עם האתגרים המערכתיים שזוהו ולפתח מדיניות תומכת ומאפשרת שתבטיח שוויון הזדמנויות ושמירה על איכות החינוך.

הניסוי "בינה מלאכותית בעבודות גמר 2.0" מהווה אבן דרך חשובה בהבנת האופן שבו ניתן לשלב טכנולוגיה מתקדמת בחינוך, תוך שמירה על הערכים החינוכיים המרכזיים ויצירת הזדמנויות חדשות לכלל התלמידים.

5. תוצרים וכלי יישום

הניסוי לא הסתפק רק בהפקת ממצאים ותובנות, אלא הוביל ליצירת תוצרים קונקרטיים וכלים יישומיים המיועדים לאנשי חינוך בשטח. תוצרים אלו מהווים את התרגום המעשי של ממצאי המחקר למסגרת פדגוגית ולפרקטיקות הנחיה, והם נועדו לגשר על הפער בין התיאוריה לבין המציאות בכיתה. חלק זה מפרט את שני התוצרים המרכזיים שצמחו מהניסוי: המודל הפדגוגי "נבו" ו"נ" ואוגדן הפרקטיקות המלווה אותו.

פירוט התוצרים: מודל נבו"ן: ממצאים שהפכו למסגרת פדגוגית



מודל נבו"ן (נראות בלמידה ועבודה נתמכת בינה מלאכותית) הוא התוצר הקונספטואלי המרכזי של הניסוי. הוא פותח כתגובה ישירה לאתגר המרכזי שנצפה בשטח: "אשליית הלמידה" – הפער בין תחושת השליטה וההבנה הסובייקטיבית של התלמיד, הנוצרת מקבלת תשובות מהירות ומרשימות מה-AI, לבין הידע והיכולת האמיתיים שלו. המודל מציע מסגרת פדגוגית, שמטרתה להפוך את תהליכי החשיבה והלמידה של התלמיד ל"נראים", גלויים וניתנים להערכה, ובכך היא מבטיחה למידה עמוקה ואותנטית. המודל מבוסס על חמישה עקרונות יסוד המשולבים זה בזה, כאשר כל אחד מהעקרונות הבאים מגובה בראיות שעלו מהניסוי, ומוצג לצד הרציונל הפדגוגי שלו.

עיקרון 1: שקיפות וניהול ידע היברידי

- הגדרה: הכרה מפורשת בכך שתהליך יצירת הידע הוא היברידי ומשלב תרומה אנושית וממוכנת, וקביעת נורמות ברורות לתיעוד ודיווח על שותפות זו.
- ראיות מהשטח: עיקרון זה מהדהד באופן ישיר את ממצאי הניסוי. במהלך ההתנסות עם "בוט האתיקה", "שקיפות וישרה" עלה כאחד מארבעת העקרונות המרכזיים שהתלמידים עצמם גיבשו, וכלל חובת דיווח על שימוש ב-AI. עיקרון זה תורגם לפרקטיקה: 35.4% מהתלמידים דיווחו כי הם מציינים את השימוש בכלי בעבודה או למנחה. גם המורים אימצו נורמה זו, כאשר מורה דיווח על פיתוח פרקטיקה של רישום "גילוי נאות" בעבודה.
- רציונל פדגוגי: טיפוח יושרה אקדמית ואחריות אינטלקטואלית. כאשר התלמידים נדרשים לדווח בשקיפות על אופן השימוש שלהם, הם מפתחים מודעות לתרומתם הייחודית לעומת תרומת הכלי. הדבר הופך את תהליך המחקר לשקוף ובר-הערכה עבור המנחה, ומאפשר מתן משוב ממוקד על אופן ניהול השותפות עם ה-AI.

עיקרון 2: פיגומים קוגניטיביים דינמיים

- הגדרה: שימוש ב-AI כתמיכה קוגניטיבית מותאמת (פיגום), שמשתנה באופן דינמי לפי הפעולה הנדרשת לביצוע לפי החלטת הלומד. המטרה היא לפתח שליטה במגוון כלים ולהתאים אותם לצורך.
- ראיות מהשטח: הממצאים מספקים דוגמה מובהקת לעיקרון זה בפעולה. הנתונים מראים כי קבוצה משמעותית של 20.9% מהתלמידים דיווחה על צמצום השימוש ב-AI בשלבים מתקדמים של העבודה. ההסברים שלהם ממחישים את רעיון התאמת הפיגום: "ככל שההבנה שלי השתפרה, פחות הייתי צריך את ההסברים של ה-AI". גם פרקטיקות המורים תומכות בכך. מורה שדגל ב"מודל מודולרי של הקניית מיומנויות... לפני חשיפת כלי ה-AI", למעשה בונה קודם את היכולת העצמאית, ורק אז מוסיף את הפיגום

הטכנולוגי. נוסף על כך, התלמידים הפגינו שימוש מותאם בכלים שונים: מפות מושגים לארגון ידע, כלי איתור מידע למחקר, ונוטבוק לתמצות וסיכום.

- **רציונל פדגוגי:** פיתוח יכולת בחירה מותאמת של כלי AI לפי הצורך הספציפי. ה-AI משמש כארגז כלים מגוון שהתלמיד לומד להשתמש בו באופן אסטרטגי ומכוון מטרה, תוך פיתוח מטא-קוגניציה של בחירת הכלי המתאים. גישה זו מבטיחה שהתלמיד מפתח לא רק יכולות טכניות, אלא גם חשיבה אסטרטגית על איך ומתי להשתמש בכל כלי, תוך שמירה על עצמאותו הקוגניטיבית.

עיקרון 3: הפיכת החשיבה לנראית (מטא-קוגניציה מתמשכת)

- הגדרה: שימוש באינטראקציה עם ה-AI כזירה שבה התלמידים נדרשים לבטא, לתעד, לנתח ולהרהר בתהליכי החשיבה של עצמם.
- ראיות מהשטח: זהו אחד העקרונות החדשניים ביותר שעלו מהשטח. פרקטיקת "יומן AI", שפותחה על ידי מורים בניסוי, היא כלי מטא-קוגניטיבי מובהק. היא מכריחה את התלמידים לתעד את הפרומפטים שניסחו, את התוצאות שקיבלו ואת הרפלקציה הביקורתית שלהם על התהליך. גם הדיאלוג הסוקרטי עם "בוט האתיקה" הוא תרגיל בהפיכת החשיבה לנראית, שכן התלמידים נדרשים לנמק את עמדותיהם ולהגן עליהם. מורה אף ציין, כי "עצם הדיאלוג של תלמיד עם 'מישהו'... הוא חיובי כשלעצמו", מכיוון שהוא מאלץ את התלמיד לבצע ארטיקולציה למחשבותיו.
- רציונל פדגוגי: העברת מוקד ההערכה מהתוצר הסופי (שניתן לייצר בקלות יחסית) לתהליך הלמידה. כאשר חשיבת התלמיד הופכת לנראית קודם כול עבור עצמו, ואחר כך הוא מסוגל להסביר ולתאר אותה, אזי גם המורה יכול להעריך את עומק ההבנה, את אסטרטגיות פתרון הבעיות ואת מידת הביקורתיות שלו, ולספק משוב ממוקד ומעצב על תהליך החשיבה עצמו.

עיקרון 4: מעורבות אקטיבית ומאמץ קוגניטיבי

- הגדרה: הבניה מכוונת של משימות מבוססות AI באופן שדורש מהתלמיד מאמץ קוגניטיבי משמעותי, כגון אימות, הצלבה, סינתזה, שכתוב ושיפוט ביקורתי.
- ראיות מהשטח: עיקרון זה עומד בלב הממצאים המרכזיים של הדוח. בניגוד לחשש מפני פסיביות, התלמידים מדווחים על מעורבות אקטיבית גבוהה, הנובעת מהצורך להתמודד עם חוסר האמינות של הכלים. פרוטוקול "כבדהו וחשדהו" הוא התגלמות המאמץ הקוגניטיבי. הנתונים מראים כי 86.3% מאמתיים מידע, ו-78.8% משכתבים טקסטים באופן מהותי. הרציונל, כפי שהסביר תלמיד, הוא "אני מנסח את החומר במילים שלי, כך אני גם קורא וגם מבין". פרקטיקת "הלמידה המוכפלת" של המורה

דבורה בכר, המחייבת למידה ידנית לפני חשיפה לאוטומציה, היא דוגמה להנדסה פדגוגית של מאמץ קוגניטיבי.

- רציונל פדגוגי: זהו הנוגדן הישיר ל"אשליית הלמידה". מאמץ קוגניטיבי הוא תנאי הכרחי ללמידה עמוקה וליצירת זיכרונות ארוכי טווח. על ידי הבניית משימות הדורשות מהתלמיד להתמודד באופן פעיל עם המידע, להטיל בו ספק ולעבד אותו, אנו מבטיחים שהתלמיד נשאר הסוכן הקוגניטיבי המרכזי בתהליך, וה-AI נותר כלי עזר.

עיקרון 5: ביטוי ידע במגוון תוצרים

1. הגדרה: הרחבת דרכי ההערכה מעבר לטקסט הכתוב המסורתי, ושימוש ב-AI כדי לסייע לתלמידים לבטא את הבנתם במגוון תוצרים (ויזואליים, שמיעתיים, אינטראקטיביים).
2. ראיות מהשטח: זהו העיקרון שההתייחסות אליו בממצאים היא הראשונית ביותר, אך ניתן למצוא לו ניצנים חשובים. התלמידים דיווחו על שימוש בכלים ליצירת מפות מושגים – תוצר ויזואלי-היררכי. מורה דיווח על שימוש בכלי הממיר מאמרים כתובים לפודקאסטים. הדוגמה הבולטת ביותר היא המורים עצמם, שביטאו את הידע הפדגוגי שלהם באמצעות יצירת תוצר חדש: בוטים פדגוגיים.
3. רציונל פדגוגי: בעולם שבו ניתן לייצר טקסט איכותי בקלות, היכולת לבטא ידע בטקסט בלבד אינה עוד מדד מספק להבנה עמוקה. הדרישה מהתלמידים "לתרגם" את הידע שרכשו למגוון פורמטים (מצגת, סרטון, פוסטר, בוט), מהווה מבחן אותנטי יותר לשליטתם בחומר, ומפתחת אצלם מיומנויות תקשורת מגוונות ורלוונטיות למאה ה-21.

חמשת העקרונות הפדגוגיים של מודל נבו"ן בחינוך

עיקרון	הגדרה	ראיות מהשטח	רציונל פדגוגי
עיקרון 1: שקיפות וניהול ידע היברידי	הכרה מפורשת בכך שתהליך יצירת הידע הוא היברידי ומשלב תרומה אנושית וממוכנת, וקביעת נורמות ברורות לתיעוד ודיווח על שותפות זו	• "שקיפות ויושרה" עלה כאחד מארבעת העקרונות המרכזיים שהתלמידים גיבשו • 35.4% מהתלמידים דיווחו כי הם מציינים את השימוש בכלי מורים פיתחו פרקטיקה של רישום "גילוי נאות"	טיפוח יושרה אקדמית ואחריות אינטלקטואלית. פיתוח מודעות לתרומתם הייחודית לעומת תרומת הכלי, והפיכת תהליך המחקר לשקוף ובר-הערכה
עיקרון 2: פיגומים קוגניטיביים דינמיים	שימוש ב-AI כתמיכה קוגניטיבית מותאמת (פיגום), שמשתנה באופן דינמי לפי הפעולה הנדרשת לביצוע לפי החלטת הלומד. המטרה היא לפתח שליטה במגוון כלים ולהתאים אותם לצורך	• 20.9% מהתלמידים דיווחו על צמצום השימוש ב-AI בשלבים מתקדמים • "ככל שההבנה שלי השתפרה, פחות הייתי צריך את ההסברים של ה-AI" • מורים בנו "מודל מודולרי של הקניית מיומנויות לפני חשיפת כלי ה-AI" • שימוש מותאם בכלים: מפות מושגים, כלי איתור מידע, נוטבוק לתמצות	פיתוח יכולת בחירה מותאמת של כלי AI לפי הצורך הספציפי. ה-AI משמש כארגז כלים מגוון, שהתלמיד לומד להשתמש בו באופן אסטרטגי ומכוון מטרה, תוך פיתוח מטא-קוגניציה של בחירת הכלי המתאים
עיקרון 3: הפיכת החשיבה לנראית (מטא-קוגניציה מתמשכת)	שימוש באינטראקציה עם ה-AI כזירה שבה התלמידים נדרשים לבטא, לתעד, לנתח ולהרהר בתהליכי החשיבה של עצמם	• פרקטיקת "יומן AI" - תיעוד פרומפטים, תוצאות ורפלקציה ביקורתית • דיאלוג סוקרטי עם "בוט האתיקה", המחייב נימוק והגנה על עמדות • "עצם הדיאלוג... מאלץ את התלמיד לבצע ארטיקולציה למחשבותיו"	העברת מוקד ההערכה מהתוצר הסופי לתהליך הלמידה. הערכת עומק ההבנה, אסטרטגיות פתרון בעיות ומידת הביקורתיות, ואספקת משוב ממוקד על תהליך החשיבה

עיקרון 4: מעורבות אקטיבית ומאמץ קוגניטיבי	הבניה מכוונת של משימות מבוססות AI, באופן הדורש מהתלמיד מאמץ קוגניטיבי משמעותי, כגון אימות, הצלבה, סינתזה, שכתוב ושיפוט ביקורתי	• 86.3% מאמתיים מידע, ו-78.8% משכתבים טקסטים באופן מהותי. פרוטוקול "כבדהו וחשדהו" • "אני מנסח את החומר במילים שלי, כך אני גם קורא וגם מבין" • פרקטיקת "הלמידה המוכפלת" - למידה ידנית לפני אוטומציה	הנוגדן הישיר ל"אשליית הלמידה". מאמץ קוגניטיבי הוא תנאי הכרחי ללמידה עמוקה וליצירת זיכרונות ארוכי טווח. וידוא שהתלמיד נשאר הסוכן הקוגניטיבי המרכזי
עיקרון 5: ביטוי ידע במגוון תוצרים	הרחבת דרכי ההערכה מעבר לטקסט הכתוב המסורתי, ושימוש ב-AI כדי לסייע לתלמידים לבטא את הבנתם במגוון תוצרים (ויזואליים, שמיעתיים, אינטראקטיביים)	• שימוש בכלים ליצירת מפות מושגים • כלי הממיר מאמרים כתובים לפודקאסטים • מורים יצרו בוטים פדגוגיים כתוצר חדש לביטוי ידע פדגוגי	בעולם שבו ניתן לייצר טקסט איכותי בקלות, "תרגום" הידע למגוון פורמטים מהווה מבחן אותנטי יותר לשליטה בחומר, ומפתח מיומנויות תקשורת מגוונות ורלוונטיות למאה ה-21

1.2. כלי יישום (למורות ומורים או למשתמשים אחרים)

אוגדן הפרקטיקות להנחיית עבודות גמר

- אם מודל נבון הוא ה"למה" וה"מה", הרי שאוגדן הפרקטיקות הוא ה"איך". זהו התוצר המעשי המרכזי של הניסוי, המתרגם את עקרונות המודל לכלי עבודה יומיומיים עבור מנחים ותלמידים. האוגדן מאורגן לפי שבעת השלבים המרכזיים של כתיבת עבודת הגמר: החל מבחירת נושא ושאלת מחקר, דרך סקירת ספרות, תכנון מתודולוגיה, איסוף וניתוח נתונים, דיון ומסקנות, ועד לכתיבת המבוא.
- המבנה של כל פרק באוגדן הוא אחיד, ונועד להקל על השימוש:
- פתיח והיגיון פדגוגי למנחה: הסבר קצר על מטרת השלב וחיבורו לעקרונות מודל נבון.
 - מסלול עבודה מומלץ: טבלה המפרטת את רצף הפרקטיקות, מטרתן, כלים מומלצים והתוצר המרכזי הנדרש.

- דפי עבודה לתלמיד: דפים מוכנים לשימוש, המנוסחים בשפה פשוטה ובהירה, והכוללים הוראות ברורות לביצוע כל פרקטיקה.
 - נתיבים לפי תחומי דעת: במידת הצורך, מוצעות התאמות של כלים ופרקטיקות לדיסציפלינות השונות (מדעי הרוח, החברה והמדעים).
- האוגדן כולו, על דפי העבודה שבו, מהווה תשתית גמישה וחיה שנועדה לאפשר למורים לבנות מסלולי למידה מותאמים אישית לתלמידיהם, תוך יישום שיטתי של עקרונות הלמידה הנראית והשימוש המושכל בבינה מלאכותית.

מיפוי אוגדן הפרקטיקות "נבו"ן" לאור עקרונות המודל

שלב בעבודת הגמר	תת-שלב / פרקטיקה	תיאור קצר של הפרקטיקה	הקשר לעקרונות מודל נבו"ן
1. בחירת נושא ושאלת מחקר	1.1 יסודות המסע: קוד אתי	גיבוש חוזה אישי וכללים ברורים לשימוש הוגן ואחראי ב-AI, המבוססים על דיון בדילמות אתיות.	שקיפות (1), הפיכת החשיבה לנראית (3): הופך את השיקולים הערכיים של התלמיד לתהליך ומסמך גלויים, וקובע נורמה לניהול מודע של השותפות עם ה-AI.
	1.2 "יציאה למסע חקר אישי"	תהליך מובנה לחקר מספר כיווני מחקר, להשוואתם, ולבחירה מנומקת של נושא המבוססת על סקרנות אישית ולא רק על פתרון טכני.	מעורבות אקטיבית (4), הפיכת החשיבה לנראית (3): מחייב את התלמיד לחקור, להשוות ולנמק באופן פעיל, והופך את ההתלבטויות לתהליך גלוי ובר-בחינה.
	1.3 מפת הסקרנות שלי	כלי עזר ויזואלי למיפוי תחומי עניין, שאלות וקשרים בין רעיונות, כבסיס לבחירת כיווני חקר.	הפיכת החשיבה לנראית (3), ביטוי ידע במגוון תוצרים (5): הופך את "ענן" הרעיונות המופשט לתוצר ויזואלי

			קונקרטי, המאפשר התבוננות בתהליך החשיבה.
	1.4 מצאתי... או שלא?	כלי עזר לאיתור, סינון והערכה ביקורתית של מקורות מידע ראשוניים עבור כל כיוון חקר פוטנציאלי.	מעורבות אקטיבית (4): דורש מהתלמיד להעריך ולנמק באופן פעיל את בחירת המקורות, ולא רק לקבל רשימה מוכנה מה-AI, ובכך בונה אוריינות מידע.
	1.5 מה אני באמת שואל/ת?	תהליך מובנה לזיקוק נושא המחקר, לשאלת מחקר ברורה, ממוקדת וניתנת לחקירה, תוך שימוש ב-AI כשותף לדיאלוג וחיידוד.	מעורבות אקטיבית (4), הפיכת החשיבה לנראית (3): התלמיד נדרש לתהליך פעיל של ניסוח והשוואה, ותיעוד הגרסאות השונות הופך את תהליך ההתלבטות לגלוי.
2. סקירת ספרות	מערך שיעור מקדים: "חיסון דיגיטלי"	מערך שיעור חווייתי, שבו תלמידים נחשפים לטקסט מוטה או שגוי שנוצר על ידי AI, מנתחים את הכשלים ומגבשים כללים לאימות מידע.	מעורבות אקטיבית (4), הפיכת החשיבה לנראית (3): התלמידים חווים ומנתחים הטיות באופן פעיל, והדיון הופך את תהליכי החשיבה הביקורתית שלהם לגלויים ומשותפים.
	2.1 הרחבת החיפוש ובניית ספרייה אישית	איסוף שיטתי של 10-15 מקורות איכותיים, תוך שימוש במאגרי מידע וכלים ייעודיים ותיעוד תהליך הבחירה ב"יומן מסע החיפוש".	הפיכת החשיבה לנראית (3), מעורבות אקטיבית (4): "יומן החיפוש" הופך את שיקולי הדעת של התלמיד (מדוע בחר או דחה מקור) לתהליך גלוי ורפלקטיבי.

	2.1.1 דף עבודה: "מעבר לחומת התשלום"	הקניית כלים ואסטרטגיות מעשיות לאיתור גרסאות חוקיות וחינמיות של מאמרים הנמצאים מאחורי חומת תשלום (Paywall).	פיגומים קוגניטיביים (2), מעורבות אקטיבית (4): מצייד את התלמידים בכלים המעניקים להם עצמאות, והופך תסכול פסיבי לתהליך אקטיבי של פתרון בעיות.
	2.2 הקמת שולחן עבודה ב- NotebookLM	שלב טכני-ארגוני של ריכוז כל המקורות שנאספו, בסביבת עבודה אחת, אינטראקטיבית ומשותפת עם המנחה.	הפיכת החשיבה לנראית (3), שקיפות (1): הופך את תהליך המחקר מפעולה מבוזרת לתהליך מרוכז ומתועד, ומבסס ניהול שקוף של מקורות הידע.
	2.3 קריאה פעילה ואיסוף תובנות	ניתוח אקטיבי של כל מקור, תוך שימוש ב-AI כנקודת פתיחה לדיאלוג (ולא כמקור סופי), שאילת שאלות המשך ואיסוף הערות ותובנות.	מעורבות אקטיבית (4): נלחם ב"אשליית הלמידה", על ידי דרישה מהתלמיד לנתח סיכומים באופן ביקורתי, לזהות פערים ולנסח שאלות המשך.
	2.4 מפודקאסט לתובנה: בקרת האזנה	תהליך בקרת הבנה: השוואה בין תקציר כתוב לפודקאסט של אותו מאמר, ואיתור מידע ספציפי במקור המקורי לאימות ההבנה.	מעורבות אקטיבית (4), ביטוי ידע במגוון תוצרים (5): מחייב עיבוד של אותו תוכן בפורמטים שונים (טקסט, אודיו, רפלקציה), מה שמעיד על הבנה עמוקה.
	2.5 בניית מטריצת תמות	זיהוי נושאי ליבה (תמות) חוזרים במקורות, ומיפוי ויזואלי של האופן שבו כל חוקר מתייחס לכל תמה, כדי לראות את "השיחה" המחקרית.	ביטוי ידע במגוון תוצרים (5), הפיכת החשיבה לנראית (3): התלמיד "מתרגם" ידע טקסטואלי לתוצר ויזואלי (מטריצה), מה שהופך את תהליך הסינתזה המנטלי לגלוי.

	2.6-2.7 ממטריצה למתווה ולטייטה	תרגום המטריצה הוויזואלית למתווה (ראשי פרקים) מפורט, ולאחר מכן כתיבת טייטה ראשונה תוך שימוש ב-AI כ"מאמן כתיבה" לשיפור הניסוח.	מעורבות אקטיבית (4), פיגומים קוגניטיביים (2): הכתיבה עצמה דורשת מאמץ קוגניטיבי גבוה, וה-AI משמש כפיגום לליטוש בלבד, תוך שמירה על בעלות התלמיד.
3. תכנון מתודולוגיה	3.1-3.2 זיהוי מושא ובחירת שיטת מחקר	הגדרה מדויקת של מושא המחקר ותחום הדעת, והשוואה מנומקת בין שיטות מחקר שונות כדי לבחור את המתאימה ביותר.	הפיכת החשיבה לנראית (3), מעורבות אקטיבית (4): טבלת ההשוואה הופכת את תהליך ההתלבטות והשיקולים לגלוי, ומחייבת את התלמיד להכריע באופן פעיל.
	3.3 מה יכול להשתבש?	זיהוי מראש של אתגרים אתיים, מעשיים ומתודולוגיים, ופיתוח רגישות לשיקולים שמעבר להיבט הטכני של המחקר.	הפיכת החשיבה לנראית (3), פיגומים קוגניטיביים (2): ה-AI עוזר לזהות שיקולים שהתלמיד לא חשב עליהם, אך ההחלטות נשארות אצלו ומתועדות באופן גלוי.
	3.4 בניית כלי המחקר	פיתוח הכלי הקונקרטי (שאלון, ריאיון, פרוטוקול ניסוי) ב"נתיבים" המותאמים לתחום הדעת (מדעי הרוח, החברה, הטבע).	פיגומים קוגניטיביים (2), ביטוי ידע במגוון תוצרים (5): ה-AI משמש כפיגום לבניית הכלי, והכלי המוכן הוא "תרגום" של ידע תיאורטי לתוצר מעשי.
	המלצה פדגוגית: "למידה מוכפלת"	הנחיה ללמוד ולתרגל את המתודולוגיה באופן ידני (למשל, ניסוח שאלות ריאיון ללא עזרה) לפני השימוש	מעורבות אקטיבית (4), פיגומים קוגניטיביים (2): מבטיח הבנה מושגית עמוקה לפני השימוש בפיגום

		בכלי AI לאוטומציה או הרחבה.	הטכנולוגי, ומונע התנוונות מיומנויות.
4. איסוף נתונים	4.1-4.2 תוכנית משחק ויומן שדה	גיבוש תוכנית מפורטת לאיסוף הנתונים, וניהול יומן דיגיטלי מתמשך, המתעד לא רק נתונים אלא גם החלטות, שינויים ואתגרים.	הפיכת החשיבה לנראית (3): היומן הופך את תהליך העבודה בשטח, שלרוב נותר סמוי, לגלוי, מתועד ופתוח למשוב מהמנחה.
	4.3 משהו לא הלך...	פיתוח גמישות מחקרית, על ידי ניתוח ותיעוד של התמודדות עם שיבוש או אתגר בלתי צפוי שצץ במהלך איסוף הנתונים.	הפיכת החשיבה לנראית (3), מעורבות אקטיבית (4): הופך את תהליך פתרון הבעיות לגלוי, ומפתח עצמאות מחקרית, על ידי דרישה לחשיבה עצמאית לפני הפנייה ל-AI.
5. ניתוח נתונים	5.1-5.2 מיפוי וחיפוש דפוסים	ארגון ראשוני של הנתונים וניתוח עמוק לחיפוש תמות, מגמות או קשרים, בנתיבים המותאמים לתחום הדעת.	ביטוי ידע במגוון תוצרים (5): התלמיד מתרגם נתונים גולמיים לממצאים משמעותיים, לעיתים קרובות בפורמט ויזואלי (גרפים, מפות תמות).
	המלצה פדגוגית: "למידה מוכפלת"	הנחיה לבצע ניתוח נתונים בסיסי באופן ידני (למשל, חישוב ממוצעים בסיסיים) לפני השימוש בכלי AI מתקדמים לניתוח סטטיסטי מורכב.	מעורבות אקטיבית (4), פיגומים קוגניטיביים (2): מבטיח שהתלמיד מפתח "תחושה" אינטואיטיבית כלפי הנתונים, ויכול להעריך באופן ביקורתי את הפלט האוטומטי.

	5.3-5.4 בדיקה, הצלבה וסיפור הסיפור	אימות ובקרת איכות של הממצאים, והצגתם באופן ויזואלי וברור כ"סיפור" קוהרנטי.	מעורבות אקטיבית (4): דורש מהתלמיד להיות המבקר של עבודתו, לחפש ראיות נגדיות ולהצליב מידע באופן פעיל.
6. דיון ומסקנות	6.1-6.2 חיבור לספרות וגיבוש תובנות	קישור הממצאים החדשים לסקירת הספרות, זיהוי תמיכה או פערים בידע הקיים, וגיבוש תובנות מקוריות.	מעורבות אקטיבית (4), פיגומים קוגניטיביים (2): הדרישה ליצירת תובנה (ולא רק סיכום) מחייבת עיבוד עמוק, והכלים מספקים פיגום לחיבור בין הידע החדש לקיים.
	6.3 ומה עכשיו?	חשיבה רפלקטיבית על מגבלות המחקר והמלצה על כיווני מחקר עתידיים, תוך הימנעות מהצגת תוצר "מושלם מדי".	הפיכת החשיבה לנראית (3): הדיון במגבלות הופך את המודעות הביקורתית של התלמיד לתהליך גלוי, ומראה על בגרות מחקרית.
7. כתיבת מבוא וסיכום	7.1 מה שעשיתי - במילים אחרות	כתיבת המבוא בסוף התהליך, כסינתזה של כל חלקי העבודה שכבר נכתבו, כדי להבטיח מסגור קוהרנטי.	ביטוי ידע במגוון תוצרים (5): התלמיד מתרגם את כלל רכיבי העבודה (שאלה, שיטה, ממצאים) לנרטיב פתיחה קוהרנטי.
	7.2 לא כל משפט זהב	ליטוש ודיוק של הכתיבה תוך שימוש ב-AI כ"עורך-שותף" באופן מבוקר, כדי לשמור על הקול האישי ולהימנע מניסוח גנרי.	פיגומים קוגניטיביים (2), שקיפות (1): ה-AI מספק פיגום לעריכה, אך תיעוד ההחלטות הופך את השותפות לשקופה, ומבטיח את בעלות התלמיד על הטקסט.

מודל נבון - עקרונות ושאלות מנחות ללומד. הטבלה מתרגמת את עקרונות המודל לשאלות רפלקטיביות מעשיות, המיועדות לשימוש על ידי תלמידים ומנחים לאורך תהליך המחקר.

ערכת הפרקטיקות של מודל נבון

לרכזים ומנחים:

- כל פרקטיקה כוללת הנחיות ברורות למנחה
- ישנם דפי עבודה מוכנים לשימוש התלמידים
- התאמות ספציפיות לתחומי דעת שונים (מדעי הרוח, מדעי החברה, מדעים מדויקים)
- חיבור ברור לעקרונות מודל "נבון" בכל פרקטיקה

לתלמידים:

- מסלול הדרגתי ומובנה המתאים לכל תחום דעת
- שילוב של כלי AI עם חשיבה עצמאית וביקורתית
- דגש על תיעוד תהליכים ורפלקציה מתמשכת
- הכנה לעולם האקדמי והמקצועי

המלצות ליישום מודל נבון

1. המלצות לבתי ספר ומוסדות חינוכיים

1.1 התחלה הדרגתית ומתוכננת

על בסיס הממצאים המצביעים על הצלחת הגישה ההדרגתית, מומלץ לבתי ספר ומוסדות חינוכיים לאמץ אסטרטגיה מתוכננת ורציפה. תהליך ההטמעה צריך להתחיל במיפוי מקיף של הצרכים והמשאבים הקיימים במוסד, תוך הבנה מעמיקה של היכולות הטכנולוגיות והפדגוגיות הנוכחיות. במקביל, יש להגדיר

יעדים ברורים ומדידים לכל שלב בתהליך ההטמעה, כאשר כל יעד מתבסס על התקדמות הדרגתית, ומאפשר הערכה וכוונון מתמידים.

1.2 בניית תשתית ידע מוסדית

פיתוח תשתית ידע מוסדית מחייב מינוי רכז AI בית ספרי מקרב המורים המנוסים והמתלהבים, שימש כמוקד מקצועי וכמקור התייעצות עבור כלל הצוות החינוכי. יש ליצור מאגר ידע מוסדי מקיף, המתעד פרקטיקות מוצלחות, אתגרים שעלו בתהליך ופתרונות יצירתיים שפותחו על ידי המורים. מומלץ להקים קהילת למידה פנימית, הפועלת על בסיס המודל של "עמיתים מנחים עמיתים", והמאפשרת שיתוף ידע וחוויות בין המורים השונים. נוסף על כך, יש לפתח מערכת תיעוד והערכה של תהליכי הלמידה והתוצרים, לצד פיתוח פתרון הדרכתי מותאם למנחי עבודות הגמר כחלק אינטגרלי מתהליך הכתיבה האקדמית.

1.3 התמקדות בתהליך על פני תוצר

על בסיס תובנות מודל נבון, יש להעביר את המיקוד מהתוצר הסופי לתהליך הלמידה עצמו. הדבר מחייב שימת דגש מיוחד על פיתוח מיומנויות חשיבה ביקורתית, אוריינות מידע והנדסת פרומפטים כיכולות מרכזיות. מומלץ ליישם פרקטיקת יומן AI כחלק אינטגרלי מתהליך הלמידה, תוך הקצאת משקל משמעותי לרכיב זה בהערכה הכוללת (עד 30% מהציון). כמו כן, יש לעודד רפלקציה מתמשכת על תהליכי הלמידה והשימוש בטכנולוגיה - רפלקציה המאפשרת לתלמידים לפתח מודעות מטא-קוגניטיבית לתהליכי הלמידה שלהם.

2. מדיניות בית ספרית

2.1 קוד אתי מוסדי

פיתוח קוד אתי מוסדי צריך להתבסס על העקרונות שפותחו עם התלמידים במהלך הניסוי. העיקרון המרכזי של הוגנות אקדמית מדגיש, כי AI משמש ככלי עזר ולא כתחליף לעבודה עצמית של התלמיד. עיקרון נוסף עוסק בהגנה על פרטיות, וכולל איסור מוחלט על הזנת מידע אישי למערכות AI. הקוד האתי צריך להיות מפורט, נגיש ומובן לכל בני הקהילה החינוכית, ולהתעדכן בהתאם להתפתחויות טכנולוגיות ופדגוגיות.

2.2 מסגרת הערכה מותאמת

על בסיס האתגרים שזוהו במהלך הניסוי, יש לפתח קריטריונים חדשים להערכת עבודות הכוללות שימוש ב-AI. הדבר מחייב הכשרה מקיפה של צוות המורים בזיהוי השימוש הלגיטימי לעומת השימוש הלא לגיטימי בכלי AI. מומלץ ליצור "חוזה אישי" של כל תלמיד עם מוסד החינוך - חוזה המגדיר בבירור את הגבולות והציפיות לגבי שימוש ב-AI. יש להקים מגננוני ערעור ובחינה למקרים מורכבים, המאפשרים התייחסות אינדיבידואלית ומאוזנת לכל מקרה.

2.3 מדיניות גישה ושוויון

על בסיס הממצאים על "חומת התשלום" ואתגרי הגישה, יש להבטיח גישה שוויונית לכלי AI איכותיים לכל התלמידים, ללא קשר למצבם הסוציו-אקונומי. המוסד החינוכי צריך להבטיח אפשרות כניסה למאמרים ולמאגרי מידע אקדמיים איכותיים. מומלץ ליצור מלגות דיגיטליות לתלמידים במצב סוציו-אקונומי קשה, וגם לפתח פתרונות יצירתיים כמו רכישות קבוצתיות או הסכמי מוסד עם ספקי הטכנולוגיה.

3. תשתיות ומשאבים

3.1 תשתית טכנולוגית

על בסיס האתגרים הטכניים שזוהו במהלך הניסוי, יש להתמודד עם חסימות IP ומגבלות גישה לכלי AI איכותיים. הדבר מחייב שדרוג משמעותי של רשת האינטרנט במוסד החינוכי כדי להתמודד עם עומסי שימוש גבוהים. נוסף על כך, יש להקים מערכות גיבוי ואבטחה מתקדמות להגנה על מידע רגיש של תלמידים ולשמירה על פרטיותם.

3.2 משאבי ספרייה ומידע

הרחבת המשאבים צריכה להתמקד במאגרי מידע תחומיים איכותיים, במיוחד למדעי הרוח כמו חקר מקרא והיסטוריה, שבהם נמצא מחסור במשאבים דיגיטליים איכותיים. יש לפתח מדריכים ספציפיים לכל תחום דעת על שימוש יעיל בכלי AI. מומלץ ליצור בנק פרומפטים מוכחים המסודרים לפי תחומים ומשימות ספציפיות, לצד מערכת ניהול ידע לשיתוף פרקטיקות יעילות בין מורים.

9. המלצות פדגוגיות

9.1 המלצות כלליות

על בסיס מודל נבו"ן והתובנות המרכזיות שעלו מהניסוי, יש להתמקד בתהליך הלמידה כמוקד המרכזי. הדבר כולל יישום של העיקרון "למידה נראית", המבוסס על תיעוד וחשיפת תהליכי החשיבה של התלמידים. יש לפתח מיומנויות מטא-קוגניטיביות - כלומר "למידת איך ללמוד", המאפשרות לתלמידים להבין את תהליכי הלמידה שלהם ולשלוט בהם. עידוד רפלקציה מתמשכת על איכות ואמינות המידע, הופך להיות כישור יסודי, לצד דגש על בנייה פעילה של ידע במקום על קבלה פסיבית של מידע.

פיתוח חשיבה ביקורתית מחייב חשיפה מבוקרת לטעויות ו"הזיות" של AI כחלק מתהליך הלמידה. יש לפתח מיומנויות אימות והצלבה - בדיקה של מידע, לצד הכשרה בזיהוי הטיות וסילוף מידע. עידוד ספקנות בריאה ושאלת שאלות הופך למרכיב חיוני בתהליך החינוכי.

האיזון בין תמיכה לעצמאות מחייב יישום פיגומים דינמיים המתאימים את עצמם לצורכי התלמיד. יש לתכנן מעבר הדרגתי מליווי צמוד לעבודה עצמאית, תוך הבטחת שליטה של התלמיד בתהליך הלמידה ושמירה על פיתוח מיומנויות בסיסיות.

12. מדיניות ורגולציה

12.1 מסגרת רגולטורית מאפשרת

על בסיס הצרכים שזוהו במהלך המחקר, יש לפתח מסגרת רגולטורית המבוססת על עקרונות ברורים. עקרון הגישה השוויונית מחייב כי כל תלמיד יהיה זכאי לגישה לכלי AI איכותיים. עקרון הבטיחות והפרטיות דורש הגנה מרבית על נתוני תלמידים. החדשנות המאוזנת מחייבת עידוד פיתוח טכנולוגי תוך שמירה על ערכים חינוכיים מרכזיים. השקיפות והאחריות דורשות בהירות מלאה בשימוש ובהשפעות של הטכנולוגיה על תהליכי הלמידה.

12.2 הקצאת משאבים לאומית

יש להקים קרן דיגיטלית לאומית למימון גישה לכלי AI איכותיים עבור כל מוסדות החינוך. הדבר מחייב השקעה משמעותית בתשתיות טכנולוגיות, מימון פיתוח מקצועי מקיף ומתמשך למורים, ותמיכה במחקר ופיתוח של פתרונות מותאמי חינוך.

12.3 סטנדרטים והנחיות

פיתוח מסגרת לאומית מחייב קביעת סטנדרטים פדגוגיים לשימוש ב-AI בתחומי דעת שונים. יש לפתח הנחיות אתיות מפורטות למורים, תלמידים והורים, לצד פרוטוקולי הערכה מותאמים לעידן ה-AI. מסגרת הכשרה אחידה למורים ברחבי המדינה תבטיח יישום עקבי ואיכותי של העקרונות החדשים.

13. אתיקה

13.1 עקרונות אתיים יסודיים

על בסיס הקוד האתי שפותח עם התלמידים והתובנות מהניסוי, ניתן לזהות עקרונות אתיים מרכזיים. עקרון ההוגנות האקדמית מחייב שימוש ב-AI ככלי עזר, ולא כתחליף לחשיבה ולמידה עצמיות. יש לשמור על מאמץ אישי בתהליכי למידה ויצירה, תוך שמירה על איזון מתמיד בין יעילות טכנולוגית לפיתוח יכולות אישיות ומניעת תלות יתר בפתרונות טכנולוגיים.

הכבוד לזכויות יוצרים מחייב אימות מקורות והצלבה של מידע המתקבל מ-AI. יש לתת קרדיט הולם למקורות וליוצרי תוכן מקוריים, תוך הימנעות מהעתקה של תכנים המוגנים בזכויות יוצרים ופיתוח מודעות לסוגיות של קניין רוחני בעידן הדיגיטלי.

ההגנה על פרטיות כוללת איסור מוחלט על הזנת מידע אישי מזהה למערכות AI, שמירה על פרטיות של חברי כיתה ומשפחה, מודעות לסיכונים של שיתוף מידע רגיש, והבנת מדיניות הפרטיות של כלי ה-AI השונים.

13.2 דילמות אתיות מורכבות

האיזון בין יעילות לאוטנטיות מעורר שאלות מורכבות: כיצד לשמור על קול אישי וחשיבה מקורית תוך שימוש ב-AI? מהי הרמה המתאימה של שימוש בתמיכה טכנולוגית מבלי לפגוע בפיתוח העצמי? איך לאזן בין חיסכון בזמן לבין עומק למידה ועיבוד מידע?

סוגיות השוויון וההכלה מחייבות התמודדות עם השאלות: כיצד להבטיח שגישה ל-AI לא תעמיק פערים חברתיים? איך לנצל את הפוטנציאל הדמוקרטי של AI לטובת תלמידים בעלי צרכים מיוחדים? מהו האיזון הנכון בין התאמה אישית לבין שמירה על סטנדרטים משותפים?

שאלות האחריות והשליטה כוללות את השאלות הבאות: מה רמת האחריות של התלמיד על תוצרים שנוצרו בסיוע AI? כיצד לשמור על שליטה אנושית בתהליכי למידה וחשיבה? איך להכין תלמידים לעתיד שבו AI יהיה נוכח יותר ויותר?

13.3 מסגרת לקבלת החלטות אתיות

פיתוח מסגרת לקבלת החלטות אתיות מחייב קביעת שאלות מנחות לתלמידים: האם השימוש ב-AI עוזר לי להבין טוב יותר, או רק לקבל תשובה מהירה? האם אני מסוגל להסביר את המידע שקיבלתי מ-AI ולהגן עליו? האם תיעדתי בכנות ובשקיפות את השימוש שעשיתי בכלים? האם המידע שאני משתמש בו, מדויק ומקורו אמין? האם השימוש שלי הוגן כלפי חברי הכיתה שלי?

שאלות מנחות למורים כוללות את השאלות הבאות: האם הפרקטיקה שאני מיישם, מעודדת למידה אמיתית או רק יעילות? כיצד אני מבטיח שוויון הזדמנויות לכל התלמידים? האם אני מפתח חשיבה ביקורתית או יוצר תלות בטכנולוגיה? כיצד אני שומר על הערכים החינוכיים המרכזיים תוך שילוב חדשנות?

13.5 פיתוח מודעות אתית מתמשכת

פיתוח מודעות אתית מתמשכת מחייב יישום פעילויות מגוונות: דיונים סוקרטיים שבועיים על דילמות אתיות, המאפשרים חקירה עמוקה של נושאים מורכבים; מקרי בוחן מהחיים האמיתיים לפתרון קבוצתי מפתחים יכולת יישום של עקרונות אתיים במצבים מעשיים; ועידות תלמידים בנושאי אתיקה וטכנולוגיה מעודדות מעורבות פעילה ופיתוח מנהיגות; ופרויקטים מחקרניים על השפעות חברתיות של AI מפתחים הבנה מעמיקה של ההשלכות הרחבות של השימוש בטכנולוגיה.

סיכום ההמלצות

המלצות אלו מבוססות על הממצאים המעשיים של הניסוי "בינה מלאכותית בעבודות גמר 2.0", ומהוות מפת דרכים מקיפה לשילוב מושכל ואחראי של AI בחינוך. ההצלחה תלויה ביישום הדרגתי, מתוכנן ומלווה של המלצות אלו, תוך התאמה לצרכים הספציפיים של כל מוסד חינוכי.

המפתח להצלחה טמון באיזון עדין בין ניצול הפוטנציאל הטכנולוגי לבין שמירה על הערכים החינוכיים המרכזיים, תוך הבטחת שוויון הזדמנויות ופיתוח האדם השלם. השילוב המוצלח של AI בחינוך אינו רק עניין טכנולוגי, אלא מהפכה פדגוגית הדורשת מחויבות, חזון ועבודה מתמשכת של כלל הגורמים במערכת החינוכית.

2. סיכום

סיכום: הבנת הממצאים והתרומה הכוללת של הניסוי

הניסוי "בינה מלאכותית בעבודות גמר 2.0" מהווה אבן דרך משמעותית בהבנת האופן שבו ניתן לשלב טכנולוגיה מתקדמת בחינוך תוך שמירה על ערכים חינוכיים יסודיים. המחקר, שכלל 15 מורים ו-230 תלמידים, חשף תמונה מעודדת של טרנספורמציה חינוכית אמיתית, המתבססת על שילוב מושכל של בינה מלאכותית בתהליכי הוראה ולמידה.

הטרנספורמציה המקצועית של המורים מהווה את אחד הממצאים המרכזיים והמרשימים ביותר. העלייה של 29.5% במסוגלות העצמית של המורים אינה רק נתון כמותי, אלא היא משקפת שינוי פרדיגמטי עמוק בתפיסת התפקיד החינוכי. המורים עברו מתפקיד מסורתי של "שומרי ידע", ל"מלווים דיאלוגיים" שיוצרים מרחב למידה משותף עם תלמידיהם. הם פיתחו לא רק יכולת להשתמש בכלי AI, אלא גם ליצור פתרונות חדשניים המותאמים לצרכים הפדגוגיים הספציפיים שלהם, והפכו ממשתתפים לחונכי עמיתים ולמובילי קהילה מקצועית.

מנקודת המבט של התלמידים, השינוי היה דרמטי: 85% דיווחו על קיצור זמנים משמעותי, 70% על שיפור איכות הכתיבה, ו-65% על הרחבת אופקי החשיבה. אך מעבר ליעילות הטכנית, התלמידים פיתחו מיומנויות חדשות וחיוניות: הנדסת פרומפטים, חשיבה ביקורתית כלפי מידע דיגיטלי ומודעות אתית גבוהה. הממצא המרגש ביותר הוא הפוטנציאל הדמוקרטי של הטכנולוגיה: תלמידים עם דיסלקציה, אוטיזם, או חסמי שפה מצאו ב-AI "גשר" שאפשר להם להשתתף בתהליכי מחקר שהיו עד כה מעבר להישג ידם.

האתגר המרכזי שזוהה, היה "אשליית הלמידה" - הפער בין תחושת ההבנה הסובייקטיבית לבין הידע האמיתי. התמודדות עם אתגר זה הולידה חדשנות פדגוגית: פיתוח מודל נבו"ן ופרקטיקות "חיסון דיגיטלי" שמכינות תלמידים להתמודדות ביקורתית עם תוצרי AI.

הבדלים מעניינים בין תחומי הדעת חשפו, כי אין גישה אחת המתאימה לכולם. מדעי הרוח הובילו ביצירתיות ובפיתוח כלים לשוניים, מדעי הטבע התמקדו בדיוק מתודולוגי ובכלים ייעודיים, ומדעי החברה הציגו מודעות גבוהה להיבטים האתיים.

האתגרים המערכתיים שזוהו - "חומת התשלום", חסמי גישה טכניים והיעדר הנחיות ברורות - מדגישים

כי הצלחת השילוב תלויה גם בתמיכה מוסדית ובמדיניות מערכתית תומכת. החשש מפני מעריכים חיצוניים שעלולים להעניש תלמידים על שימוש לגיטימי ב-AI, מצביע על הצורך בגישה מערכתית מקיפה.

התרומה הכוללת של הניסוי טמונה לא רק בהוכחה שהשילוב אפשרי ויעיל, אלא בפיתוח מסגרת פדגוגית מקיפה ואוגדן פרקטיקות מעשיות. הניסוי הדגים כי המפתח להצלחה טמון בגישה הוליסטית המשלבת פיתוח טכני, פדגוגי ואתי, תוך שמירה על האדם כמרכז תהליך הלמידה ויצירת הזדמנויות חדשות לכלל התלמידים.

תרומת הניסוי לפיתוח תיאורטי ויישומי

תרומה תיאורטית

פיתוח מודל נבון: מסגרת תיאורטית חדשה

הניסוי תרם לפיתוח **מודל נבון** (נראות בלמידה ועבודה נתמכת בינה מלאכותית) - מסגרת תיאורטית חדשנית להתמודדות עם "אשליית הלמידה" בעידן הבינה המלאכותית. המודל מבוסס על חמישה עקרונות מרכזיים:

1. **שקיפות וניהול הידע** - מודעות לתהליכי למידה ושימוש מושכל ב-AI
2. **פיגומים קוגניטיביים דינמיים** - תמיכה המתאימה את עצמה לשלב הלמידה
3. **רפלקציה מתמשכת** - חשיבה על תהליכי הלמידה והמחקר
4. **תיעוד תהליכי** - הפיכת החשיבה לנראית וברת בחינה
5. **ביטוי במגוון תוצרים** - בנייה פעילה של ידע במקום קבלה פסיבית שלו

מודל זה מהווה תרומה משמעותית לתיאוריית הלמידה בעידן הדיגיטלי, ומציע מסגרת מעשית להתמודדות עם אתגרים פדגוגיים חדשים.

תרומה יישומית

פרקטיקות פדגוגיות חדשניות ויישומן המעשי

במסגרת הניסוי התקיים פיתוח מקיף של מגוון רחב של פרקטיקות פדגוגיות חדשניות, המיועדות לאפשר שילוב יעיל ואחראי של כלי בינה מלאכותית בתהליכי הלמידה וההוראה. הפרקטיקות שפותחו

מתאפיינות בישימות מיידית ובהתאמה לצרכים הספציפיים של מערכת החינוך המודרנית, תוך מתן מענה לאתגרים הייחודיים הנובעים מהטמעת טכנולוגיות מתקדמות במסגרת אקדמית.

הפרקטיקה הראשונה והמרכזית מתמקדת בפיתוח **מערכי "חיסון דיגיטלי"**, המהווים גישה פדגוגית חדשנית להכנת התלמידים למציאות טכנולוגית מורכבת. מערכים אלה מיועדים לפתח אצל התלמידים יכולות מתקדמות לזיהוי והתמודדות עם הטיות אלגוריתמיות, עם תופעות "הזיה" טכנולוגית המתבטאות בייצור מידע שגוי או מוטעה, ועם בעיות מהימנות המאפיינות מוצרי AI שונים. החשיבות במערכי החיסון הדיגיטלי טמונה ביכולתם לטפח חשיבה ביקורתית מתקדמת ויכולת הערכה מקצועית של תוצרי בינה מלאכותית. תהליך זה מחייב את התלמידים לפתח מיומנויות אנליטיות מורכבות, הכוללות הבנה מעמיקה של אופן פעולתן של מערכות AI, זיהוי מגבלותיהן, והערכת איכות התוצרים הנוצרים על ידן.

הפרקטיקה השנייה מתמחה בפיתוח **כלי "יומן AI"** כמרכיב אינטגרלי בתהליך הלמידה. יומן זה מהווה כלי ליווי מתקדם, שנוצר לתעד באופן מפורט ושיטתי את כלל השימושים בכלי בינה מלאכותית לאורך תקופת הלמידה. הייחודיות בגישה זו טמונה בהענקת משקל משמעותי ליומן במסגרת הערכת התלמיד, כאשר הוא מהווה 30% מהציון הסופי. מבנה היומן כולל תיעוד מקיף של פרמטרים חיוניים, כגון תאריך השימוש, סוג הכלי הטכנולוגי שנעשה בו שימוש, הפרומפט או ההנחיה שניתנה למערכת, המטרה הפדגוגית שהונחתה מהשימוש, והתוצאות שהתקבלו. מעבר לתיעוד הטכני, היומן מעודד תהליך רפלקטיבי מתמשך המאפשר לתלמידים לפתח מודעות מטא-קוגניטיבית לתהליכי הלמידה שלהם ולהשפעת הטכנולוגיה עליהם.

הפרקטיקה השלישית עוסקת ב**פיתוח ויישום של בוטים מותאמים אישית** לצרכים ספציפיים של הלמידה האקדמית. גישה זו מתמקדת ביצירת כלים טכנולוגיים ייעודיים המספקים תמיכה מדויקת ומותאמת בתחומי ליבה של העבודה האקדמית. הבוטים שפותחו במסגרת הניסוי, מתמחים בתחומים מגוונים, כגון ניהול זמן אקדמי מתקדם, תרגול ופיתוח מיומנויות ביבליוגרפיות ופיתוח קוד אתי לצורכי מחקר. הייחודיות בגישה זו טמונה ברמת ההתאמה האישית הגבוהה, כאשר הבוטים מגיעים לרזולוציה של תכנון מפורט ומותאם לצרכים הייחודיים של כל תלמיד. תהליך זה מאפשר יצירת סביבת למידה מותאמת אישית התורמת למקסום הפוטנציאל האקדמי של כל משתתף.

מודל הוובינרים החדשני: "עמיתים מנחים עמיתים"

במסגרת הניסוי, פותח מודל פיתוח מקצועי חדשני המבוסס על גישת "עמיתים מנחים עמיתים" באמצעות פלטפורמת וובינרים מתקדמת. המודל מייצג מהפכה רעיונית בתפיסת הפיתוח המקצועי במערכת החינוך, כאשר הוא מבוסס על העיקרון, שלפיו רכזים ומורים מנוסים מציגים פרקטיקות מוצלחות ותובנות מעשיות לעמיתיהם במסגרת מובנית ומקצועית.

היעילות המוכחת של המודל מתבטאת במספר ממדים מרכזיים. ראשית, המודל הצליח ביצירת קהילת למידה מקצועית חיה ודינמית, המתאפיינת במעורבות גבוהה ובדיאלוג פורה בין המשתתפים. קהילה זו מתפתחת לכדי רשת תמיכה מקצועית הפועלת גם מעבר למסגרת הפורמלית של הוובינרים. שנית, המודל מוכיח יעילות גבוהה בשיתוף ידע מעשי ובהעברת "חווות דעת מקצועית" בין עמיתים - תהליך המאפיין מקצועות מתקדמים והתורם להעלאת הרמה המקצועית הכללית. שלישית, ובעיקר, המודל מצליח בהפיכת המורים והרכזים ממשתתפים פסיביים ליוצרי ידע אקטיביים ומובילי קהילה - תהליך המעצים אותם מקצועית ותורם לפיתוח זהות מקצועית חזקה יותר.

פרוטוקולים מתקדמים לאימות ובקרת איכות

הניסוי הוביל לפיתוח מערכת פרוטוקולים מעשית ומקיפה לאימות מידע ובקרת איכות, המיועדת להבטיח רמה גבוהה של דיוק ואמינות בשימוש בכלי בינה מלאכותית במסגרת אקדמית. הפרוטוקולים שפותחו מתבססים על עקרונות מתודולוגיים מוכחים, ומתאימים לצרכים הספציפיים של העבודה האקדמית.

הפרוטוקול הראשון מתמקד בעקרון האימות הצולב, המתבטא בהנחיה המרכזית: "תמיד לבדוק ולהצליב מול מקורות מהימנים קלאסיים". עיקרון זה מחייב תהליך בדיקה שיטתי של כל מידע המתקבל ממערכות AI, מול מקורות אקדמיים מוכרים ומהימנים. הגישה מבטיחה שמירה על סטנדרטים אקדמיים גבוהים, ומקטינה משמעותית את הסיכון לשילוב מידע שגוי או מוטעה בעבודות אקדמיות.

הפרוטוקול השני מדגיש את החשיבות הטמונה בשימוש במספר כלי AI שונים לצורך השוואה וולידציה. הגישה "לנסות כלי נוסף לצורך השוואה", מבוססת על הבנה שכלי AI שונים עלולים להציג הטיות או מגבלות שונות, ושימוש במספר כלים מאפשר זיהוי של חוסר עקביות או בעיות אמינות. פרוטוקול זה תורם לשיפור משמעותי באיכות התוצרים הסופיים ובמהימנותם.

הפרוטוקול השלישי מתמחה בטכניקת "פירוק מושגים", כאסטרטגיה לשיפור איכות החיפוש ולקבלת תוצאות רלוונטיות יותר. גישה זו כוללת פירוק של שאלות מחקר מורכבות למושגים בסיסיים וחיפוש נפרד עבור כל מושג. הטכניקה מאפשרת קבלת תוצאות מקיפות ומדויקות יותר, ותורמת לפיתוח הבנה עמוקה יותר של הנושא הנחקר.

כלים מתודולוגיים מתקדמים להערכה ומדידה

במסגרת הניסוי פותחה מערכת כלים מתודולוגית מקיפה למדידת התקדמות, הערכת יעילות ומעקב אחר השפעת השימוש בכלי בינה מלאכותית על תהליכי הלמידה. הכלים שפותחו מתאפיינים בגישה מדעית קפדנית ובהתאמה לצרכים הספציפיים של המחקר החינוכי.

המרכיב הראשון במערכת הכלים כולל שאלוני פרה-פוסט מתוחכמים המיועדים למדידת שינויים במסוגלות העצמית (self-efficacy) ובאוריינות AI של המשתתפים. שאלונים אלה מבוססים על מדדים פסיכומטריים מוכחים ומותאמים לבחינת היבטים ספציפיים של עבודה עם בינה מלאכותית. המדידה מתמקדת בהערכת שינויים ברמת הביטחון העצמי של המשתתפים ביכולתם להשתמש בכלי AI, ברמת ההבנה שלהם את אופן פעולתם של כלים אלה, ובפיתוח היכולת להעריך באופן ביקורתי את איכות התוצרים.

המרכיב השני מתמקד במדדי שביעות רצון ובניתוח דפוסי שימוש, המאפשרים הבנה מעמיקה של החוויה הסובייקטיבית של המשתתפים ושל התנהגותם בפועל. מדדים אלה כוללים הערכה של רמת שביעות הרצון מהכלים השונים, זיהוי דפוסי שימוש עדכניים, ומיפוי העדפות אישיות בבחירת כלים טכנולוגיים. הניתוח מאפשר זיהוי מגמות ושיפור מתמיד של הפרקטיקות הפדגוגיות.

המרכיב השלישי והאחרון מתמחה בפיתוח כלי תיעוד והערכה מתקדמים עבור תוצרי ביניים, המאפשרים מעקב שוטף אחר התקדמות התלמידים ואחר איכות העבודות שהם מפיקים בסיוע כלי AI. כלים אלה כוללים רובריקות מותאמות להערכת תוצרי AI, מדדי איכות לסוגי עבודות שונות, וכלי מעקב אחר התפתחות היכולות לאורך זמן. הגישה מאפשרת מתן משוב מתמיד ומותאם אישית לכל תלמיד, ותורמת לאופטימיזציה של תהליכי הלמידה.

הפיתוח של מערכת כלים מתודולוגית זו מהווה תרומה משמעותית לתחום המחקר החינוכי הטכנולוגי, ומספק בסיס מוצק להערכה מדעית של השפעת שילוב בינה מלאכותית על תהליכי הלמידה וההוראה.

הכלים מאפשרים קבלת תמונה מקיפה ומבוססת נתונים של יעילות הפרקטיקות הפדגוגיות החדשניות, ותורמים לפיתוח מתמיד ולשיפור של גישות חינוכיות מתקדמות.

תרומה לקהילה המקצועית

העמקת הטרנספורמציה המקצועית

הניסוי העמיק את ההבנה לגבי תהליכי הטרנספורמציה המקצועית של מורים בהקשר הטכנולוגי. המעבר מ"שומרי ידע" ל"מלווים דיאלוגיים", מייצג לא רק שינוי תפקידי, אלא גם שינוי פרדיגמטי עמוק בתפיסת ההוראה. התיאוריה המתפתחת מדגישה כי השילוב המוצלח של AI בחינוך דורש לא רק רכישת מיומנויות טכניות, אלא גם פיתוח תפיסת עולם חדשה לגבי מקומה של הטכנולוגיה כשותף קוגניטיבי.

יצירת מאגר ידע מעשי

הניסוי הנוכחי תרם ליצירת מאגר ידע מקיף ומבוסס נתונים המהווה תשתית חיונית לפיתוח מחקר ופרקטיקה עתידיים בתחום שילוב הבינה המלאכותית בחינוך. המאגר כולל תיעוד מפורט של 230 התנסויות תלמידים המתעדות את המסע הלמידתי באופן מיקרו-אתנוגרפי, ניתוח איכותני וכמותי של פרקטיקות מוצלחות מ-15 מורים הפועלים בתחומי דעת מגוונים, תמלילי וובינרים ומפגשים מקצועיים המהווים תיעוד של תהליכי למידה קולקטיביים, ודוגמאות קונקרטיות לבוטנים ופרומפטים שפותחו ונבדקו במהלך הניסוי. מאגר זה מספק בסיס אמפירי עשיר למחקרים עתידיים, ומהווה משאב פרקטי למחנכים המעוניינים ליישם טכנולוגיות דומות. הערך המוסף של המאגר טמון בשילוב בין תיאוריה למעשה, ובכך שהוא מתעד תהליכי שינוי בזמן אמת - מה שמאפשר הבנה עמוקה של דינמיקות ההטמעה ושל הגורמים המשפיעים על הצלחתה.

מסגרת מובנית להכשרת מורים

במהלך הניסוי פותחה מסגרת מובנית ומעוגנת תיאורטית להכשרת מורים בשילוב בינה מלאכותית - מסגרת המבוססת על עקרונות הלמידה ההדרגתית והקונסטרוקטיביזם החברתי. המסגרת כוללת ארבעה שלבים מדורגים: שלב ההכרה, המתמקד בפיתוח הבנה יסודית של יכולות ומגבלות הבינה המלאכותית, תוך בניית מודעות ביקורתית לסיכונים ולהזדמנויות; שלב ההתנסות, הכולל שימוש מעשי מונחה בכלים שונים של בינה מלאכותית, תוך ליווי פדגוגי צמוד; שלב הפיתוח, שבו מורים יוצרים פרקטיקות מותאמות לתחום הדעת ולקונטקסט הספציפי שלהם; ושלב ההנחיה, הכולל הובלת קהילה מקצועית ושיתוף ידע

עם עמיתים. מסגרת זו מתבססת על תפיסת הפיתוח המקצועי כתהליך רציף ומשתף, ומדגישה את החשיבות של בניית קהילות למידה מקצועיות כזרז לשינוי חינוכי מתמשך.

תבניות מוכחות לשכפול והתאמה

הממצאים מהניסוי מספקים תבניות ברורות ומוכחות אמפירית למוסדות חינוך המעוניינים לשלב בינה מלאכותית בתהליכי הלמידה וההוראה. תבניות אלה כוללות את מודל ההדרגתיות בהטמעה, המבוסס על עקרונות ניהול שינוי ארגוני ועל הבנת התנגדויות טבעיות לחדשנות טכנולוגית; אסטרטגיות מבוססות מחקר להתמודדות עם אתגרים טכניים, פדגוגיים ומערכתיים המתעוררים בתהליך ההטמעה; דרכי התאמה דיפרנציאליות לתחומי דעת שונים, המתבססות על ההבנה שכל דיסציפלינה מציגה צרכים ואתגרים ייחודיים; ומנגנוני בקרה ואיכות המבטיחים שמירה על סטנדרטים חינוכיים גבוהים תוך ניצול מיטבי של הטכנולוגיה. תבניות אלה פותחו באמצעות תהליך איטרטיבי של תכנון, יישום, הערכה ושיפור, והן מהוות תשתית מעשית למוסדות המבקשים לאמץ גישות דומות תוך התאמה לתנאים הייחודיים שלהם.

תרומה לקידום המדיניות החינוכית

זיהוי חסמים מערכתיים

המחקר הנוכחי הצליח לזהות ולמפות את החסמים המערכתיים המרכזיים הניצבים בפני שילוב אפקטיבי של כלי בינה מלאכותית במערכת החינוך. הניתוח המעמיק של הממצאים חושף ארבעה תחומי מגבלה עיקריים הדורשים התייחסות מערכתית ומתואמת.

החסם הראשון והבולט ביותר הוא מה שהוגדר כ"חומת התשלום", המהווה מחסום משמעותי לשוויון הזדמנויות בגישה לכלי AI מתקדמים. מחסום זה יוצר פערים דיגיטליים הן ברמה המוסדית והן ברמה האישית, כאשר מוסדות חינוך עם תקציבים מוגבלים ועם תלמידים ממשפחות בעלות יכולת כלכלית נמוכה, נמצאים בחיסרון יחסי. הבעייתיות במחסום זה טמונה בפוטנציאל ליצירת אי שוויון מצטבר בהישגים החינוכיים.

החסם השני מתמקד בקשיים טכניים, הכוללים חסימות IP ובעיות נגישות דיגיטלית. חסימות אלה עלולות לנבוע ממגבלות רשתיות, ממדיניות אבטחת מידע מוסדית או מהגבלות גיאוגרפיות. הקושי הטכני

מתבטא גם בחוסר תאימות בין מערכות קיימות לבין טכנולוגיות AI חדשות - מה שדורש השקעות משמעותיות בשדרוג תשתיות.

החסם השלישי נוגע לצורך בהכשרת מערכים חיצוניים ובעלי תפקידים במערכת החינוך. הכשרה זו חיונית לא רק לשימוש יעיל בכלים, אלא גם לפיתוח יכולות הערכה ביקורתית של תוצרי AI ולהבנת המגבלות והסיכונים הכרוכים בשימוש בטכנולוגיות אלה במסגרת חינוכית.

החסם הרביעי מדגיש את החשיבות הקריטית של הנחיות מערכתיות ברורות ומקיפות. היעדר מסגרת רגולטורית ברורה יוצר אי ודאות בקרב אנשי חינוך ומוסדות, ועלול להוביל לשימוש לא עקבי או לא יעיל בכלי AI.

המלצות מדיניות מבוססות ראיות

בהתבסס על הממצאים המפורטים לעיל, המחקר מציע מערך המלצות מדיניות קונקרטיות המיועדות לטיפול יעיל בחסמים שזוהו ולקידום שילוב מושכל ושוויוני של AI במערכת החינוך.

ההמלצה הראשונה מתמקדת בהקצאת תקציבים ייעודיים להבטחת גישה שוויונית לכלי AI. יש ליצור מנגנון מימון רב-שכבתי, הכולל תמיכה ממשלתית ברמה הלאומית, השתתפות רשויות מקומיות וחיפוש מקורות מימון נוספים. מנגנון זה יכלול גם מדיניות הנחות וסיוע ממוקד למוסדות ואוכלוסיות מוחלשים כלכלית.

ההמלצה השנייה עוסקת בפיתוח תשתיות טכניות תומכות, הכוללות שדרוג מערכות IT קיימות, הבטחת רוחב פס מספיק, ופיתוח פלטפורמות אינטגרטיביות המאפשרות שילוב חלק של כלי AI במערכות הלמידה הקיימות. יש לתכנן תשתית גמישה ומותאמת לצרכים המשתנים של המערכת החינוכית.

ההמלצה השלישית מדגישה את הצורך בהכשרת כלל הגורמים במערכת החינוך, החל ממקבלי החלטות בדרגים הבכירים וכלה במורים ובתלמידים. תוכנית ההכשרה צריכה להיות מדורגת ומתמשכת, ולכלול הכשרה טכנית, פדגוגית ואתית. חשוב לפתח מרכזי מצוינות אזוריים שיוכלו לספק הכשרה מתמשכת ותמיכה שוטפת.

ההמלצה הרביעית והאחרונה מתמקדת ביצירת מסגרת רגולטורית מאפשרת, הכוללת פיתוח סטנדרטים ברורים לשימוש חינוכי ב-AI, יצירת מנגנוני בקרה ופיקוח, והקמת גוף מקצועי שיוכל לספק הנחיות

מתעדכנות בהתאם להתפתחויות טכנולוגיות. המסגרת הרגולטורית צריכה לאזן בין עידוד חדשנות לבין הבטחת איכות ובטיחות.

תרומת המחקר ומשמעויותיו

המחקר הנוכחי מהווה תרומה משמעותית ורב-ממדית לתחום שילוב הבינה המלאכותית בחינוך. התרומה התיאורטית שלו מתבטאת בפיתוח מסגרות הבנה חדשות ומקיפות, המאפשרות ניתוח מעמיק של התהליכים המורכבים הכרוכים באימוץ טכנולוגיות חדשניות במערכות חינוך גדולות. מסגרות אלה מספקות בסיס תיאורטי איתן להמשך המחקר בתחום ולפיתוח גישות מחקריות חדשות.

התרומה היישומית של המחקר באה לידי ביטוי בפיתוח כלים מעשיים, פרקטיקות מבוססות ראיות ומדיניות ישימות שניתן ליישם במערכות חינוך שונות. הכלים שפותחו במסגרת המחקר, עברו בדיקה אמפירית, ויכולים לשמש בסיס לפיילוטמים נוספים ולהרחבת היקף היישום.

המחקר תורם ליצירת ידע מעשי ייחודי, הניתן להתאמה לקונטקסטים שונים ולשכפול במערכות חינוך מגוונות. הידע שנוצר מתבסס על ניסיון אמפירי מתועד ומנותח - מה שמגביר את האמינות והרלוונטיות שלו עבור מקבלי החלטות במערכת החינוך. הגישה המתודולוגית שפותחה במחקר, יכולה לשמש מודל למחקרים דומים בהקשרים גיאוגרפיים ותרבותיים שונים.

לבסוף, המחקר מניח יסודות חשובים לקידום איכות החינוך ושוויון ההזדמנויות, באמצעות שימוש מושכל ואחראי בטכנולוגיה מתקדמת. התובנות המתקבלות מהמחקר, מספקות מפת דרכים עבור מדיניות חינוכית עתידית, ותורמות לפיתוח גישה הוליסטית ומאוזנת לאימוץ חדשנות טכנולוגית במערכת החינוך. המחקר מדגיש כי שילוב מוצלח של AI בחינוך דורש לא רק מענה טכנולוגי, אלא גם התייחסות מקיפה להיבטים חברתיים, כלכליים ופדגוגיים.

2.1. תובנות הנובעות מהניסוי

המחקר הנוכחי חושף תובנות מרכזיות על האתגרים וההזדמנויות הטמונים בשילוב בינה מלאכותית בחינוך, בעיקר בתהליך כתיבת עבודות גמר. הדיון הבא מתמקד בניתוח התובנות התיאורטיות, המתודולוגיות והחברתיות שעלו מהניסוי, תוך שילובן עם מחקר עדכני בתחום. הממצאים מצביעים על צורך בגישה אחרת לחינוך בעידן הבינה המלאכותית - גישה המבוססת על הבנה עמוקה של התהליכים הקוגניטיביים ושל ההשפעות הפדגוגיות של טכנולוגיות אלו.

תובנות תיאורטיות מרכזיות

אשליית הלמידה כאתגר פדגוגי מהותי

אחת התובנות החשובות ביותר שעלו מהניסוי, היא זיהוי תופעת "אשליית הלמידה" כאתגר פדגוגי מהותי בעידן הבינה המלאכותית. התופעה מתבטאת בפער המטעה בין תחושת ההבנה הסובייקטיבית של התלמיד לבין הידע והיכולת האמיתיים שלו. ממצאינו מתיישבים עם מחקריהם של Bjork, Dunlosky ו-Kornell (2013), המזהירים מפני הפער המטעה בין תחושת ההבנה הסובייקטיבית לבין הידע הממשי. כפי שמציינים החוקרים, תלמידים נוטים לפתח "אשליית למידה" כאשר המידע נגיש בקלות, כפי שזיהו מחקרים אחרונים, כגון המחקר העדכני של Kosmyna ועמיתיו (2025), שזיהו את תופעת "הצטברות חוב קוגניטיבי" בעת שימוש ב-AI לכתיבת מאמרים.

הניסוי הנוכחי מציע את מודל "נבו" כמענה מעשי לאתגר. התובנה החשובה מצביעה על כך שהאתגר אינו טכנולוגי גרידא, אלא קוגניטיבי-פדגוגי עמוק. המודל מבוסס על עקרון הפיגומים הקוגניטיביים הדינמיים, המתיישבים עם תיאוריית העומס הקוגניטיבי של Sweller ועמיתיו (2011) ועם תפיסת הפיגומים של Vygotsky (1978). בניגוד לפיגומים סטטיים, הגישה שלנו מציעה פיגומים המתאימים את עצמם באופן דינמי לשלב הלמידה הספציפי - מתמיכה אינטנסיבית בהתחלה ועד ליווי עדין בשלבי המומחיות. גישה זו מבטיחה שהשימוש ב-AI יחזק את יכולות התלמיד, במקום ליצור תלות, תוך שמירה על פיתוח חשיבה עצמאית ויכולת פתרון בעיות.

הטרנספורמציה מ"שומרי ידע" ל"מלווים דיאלוגיים"

הניסוי הדגים טרנספורמציה מהותית בתפקיד המורה - ממצא המתיישב עם מחקר רחב בתחום. Siemens ועמיתיו (2023) מדגישים כי עידן ה-AI מחייב הבנה מחודשת של היחסים בין קוגניציה אנושית

ומלאכותית, ושל החשיבות של פיתוח "אוריינות AI" אצל מחנכים. המורים המצליחים ביותר בניסוי שלנו, הם אלו שהצליחו לעבור מתפקיד מסורתי של העברת ידע לתפקיד של מלווים יוצרי מרחב למידה משותף.

תובנה זו מעמיקה את ההבנה על עתיד מקצוע ההוראה. המחקר מצביע על כך שהערך המוסף של המורה אינו טמון עוד בגישה למידע, אלא ביכולת לתווך, להנחות ולפתח חשיבה ביקורתית. ממצא זה תואם את מחקריהם של Ng ועמיתיו (2023), המדגישים את הצורך בפיתוח "כשירויות דיגיטליות" ו"מיומנויות המאה ה-21" אצל מורים, בעקבות מגפת הקורונה ועלייתן של טכנולוגיות AI. המעבר הזה אינו רק טכני, אלא מחייב שינוי זהות מקצועית עמוק.

תובנות מתודולוגיות

חשיבות הגישה ההדרגתית והמובנית

הניסוי הדגים בבירור כי הצלחת השילוב תלויה במידה רבה בגישה ההדרגתית. ממצא זה תואם את המחקרים המדגישים את החשיבות של תהליכי הטמעה מובנים בחינוך דיגיטלי. Ding ועמיתיו (2024) מדגימים כיצד סוגים שונים של מקרי בוחן בפיתוח מקצועי של מורים יכולים לשפר את אוריינות ה-AI ואת האינטגרציה שלה, תוך שימת דגש על גישה הדרגתית המבוססת על התנסות מעשית.

התובנה הזאת קריטית לתכנון תהליכי הטמעה במוסדות חינוך. היא מדגישה כי שילוב AI אינו אירוע חד-פעמי, אלא תהליך מתמשך הדורש תמיכה וזמן להטמעה. הגישה שלנו המבוססת על מחקר עיצוב, מתיישבת עם עקרונות השינוי החינוכי המתמשך כפי שמתואר במסמכי ה-UNESCO (2021, 2023) ו-OECD (2023).

המודל "עמיתים מנחים עמיתים" וקהילות למידה מקצועיות

הוובינרים שהתקיימו במסגרת הניסוי, חשפו את כוחה של למידה מקצועית שיתופית. המודל של "עמיתים מנחים עמיתים" הוכח כבעל יעילות גבוהה ביצירת קהילות למידה וברכישת ידע מעשי. ממצא זה תואם את המחקרים של Trumble ו-Langran, Searson (2024) על טרנספורמציה של חינוך מורים בעידן ה-AI היוצרת, המדגישים את חשיבות הקהילה המקצועית בתהליכי חדשנות. הניסוי הנוכחי מדגיש

כי ידע מעשי נוצר ומתפתח בצורה הטובה ביותר בקהילות של מתרגלים החולקים ניסיון ותובנות. הגישה הזאת הופכת מורים מצרכני ידע ליוצרי ידע - תהליך שהנו חיוני להטמעה מוצלחת.

הצורך בהתאמה דיפרנציאלית לתחומי דעת

הניסוי חשף את הצורך בהתאמה דיפרנציאלית של פרקטיקות AI לתחומי דעת שונים. תובנה זו מתיישבת עם מחקריהם של Tang ו-Cooper (2024), הבוחנים את השימוש ב-AI בחינוך בתחום המדעים, וגם עם מחקרים של Frazier ו-Bonner, Lege (2023) על שימוש ב-AI בכיתות הלומדות שפה. מחקרים אלו מדגישים כי תחומי דעת שונים מציגים דפוסי שימוש, אתגרים ופתרונות ייחודיים.

ממצא זה מצביע על כך שהטמעה מוצלחת דורשת לא רק הכשרה כללית, אלא גם פיתוח מומחיות תחומית. הדבר מחייב גישה מותאמת לכל דיסציפלינה ופיתוח פרקטיקות ייעודיות, כפי שמודגש במסגרת ה-DigCompEdu (European Commission, 2022).

חיזוק מטא-קוגניציה באמצעות כלי AI

אחד הממצאים המעניינים ביותר של המחקר הוא הדרך שבה כלי AI יכולים לחזק תהליכים מטא-קוגניטיביים. פרקטיקת יומן ה-AI שפיתחנו, מתיישבת עם המחקר הבסיסי של Flavell (1979) על מטא-קוגניציה, ועם עבודותיהם של Bjork ו-Bjork (2020) על "קשיים רצויים" בלמידה.

יומן ה-AI שלנו מכון תלמידים לחשוב על החשיבה שלהם, לתעד את התהליכים ולבצע רפלקציה על היעילות שלהם. גישה זו עומדת בהלימה עם תפיסת הלמידה הנראית (Visible Learning) של Hattie (2009), המדגישה את החשיבות של הפיכת תהליכי הלמידה לברורים ומודעים עבור התלמידים עצמם.

המחקר של Mollick ו-Mollick (2023) על שימוש ב-AI ליישום אסטרטגיות הוראה יעילות בכיתות, מדגיש כיצד כלי AI יכולים לתמוך בפיתוח מטא-קוגניציה, כאשר הם משולבים עם פרקטיקות פדגוגיות מתאימות.

אתגרים מערכתיים ודרכי התמודדות

החסמים המערכתיים כמגבלה מרכזית

הניסוי חשף כי "חומת התשלום" וחסמים מערכתיים מהווים מגבלה מרכזית להצלחת שילוב ה-AI. ממצא זה מתיישב עם מחקרים על שוויון דיגיטלי בחינוך ועם המלצות של ארגונים בינלאומיים. מסמכי ה-UNESCO (2021, 2023) מדגישים כי שילוב AI בחינוך צריך להיות זמין ונגיש לכול, ולא להחריף פערים חברתיים קיימים. התסכול של המורים מאתגרים טכניים ומהיעדר הנחיות ברורות, מדגיש כי גם הטכנולוגיה הטובה ביותר לא תצליח ללא תמיכה מערכתית מתאימה. תובנה זו חשובה למקבלי החלטות, ומדגישה כי שילוב AI בחינוך דורש גם מחשבה מדיניותית ותקציבית, כפי שמפורט בהנחיות ה-OECD-Education International (2023).

חשיבות הכשרת כלל הגורמים במערכת

החשש מפני מערכים חיצוניים שעלולים להעניש תלמידים על שימוש לגיטימי ב-AI, חשף תובנה חשובה: הצלחת ההטמעה תלויה בהכשרת כלל הגורמים במערכת. מחקרים מדגישים כי AI בחינוך מחייב גישה מערכתית הכוללת את כל הגורמים בקהילה החינוכית. מחקריהם של Casal-Otero ועמיתיו (2023) על אוריינות AI בחינוך היסודי והתיכוני, מדגישים את הצורך בגישה מקיפה, הכוללת הכשרה של כל הגורמים במערכת החינוכית. תובנה זו מדגישה את הצורך בגישה מערכתית מקיפה, הכוללת הכשרה של מערכים, יועצים חינוכיים, מנהלים והורים.

איזון בין יעילות לאותנטיות

הדילמה המרכזית: יעילות מול עומק למידה

הניסוי חשף דילמה מרכזית: הקונפליקט הפוטנציאלי בין יעילות לבין עומק למידה. 85% מהתלמידים דיווחו על חיסכון משמעותי בזמן ועל שיפור ביעילות, אך במקביל התעורר חשש מפני השטחה של תהליכי למידה.

ממצא זה מתיישב עם מחקרים עדכניים על הערכה אותנטית בעידן ה-AI. Fautley ו-Savage (2008) מדגישים כי הערכה אותנטית צריכה לבחון לא רק תוצרים אלא גם תהליכים - מה שמתחבר לגישתנו ליומן AI ולתיעוד התהליכים. מחקריהם של Owan ועמיתיו (2023) חוקרים את הפוטנציאל של כלי AI במדידה והערכה חינוכית, ומדגישים את החשיבות של שמירה על אותנטיות בתהליכי הערכה. המחקר שלנו מספק מענה לדילמה זו, באמצעות עקרון המעורבות האקטיבית והמאמץ הקוגניטיבי. במקום

להימנע מ-AI, אנו מבנים משימות המחייבות אימות, הצלבה ושכתוב - מיומנויות חיוניות לעידן הדיגיטלי, כפי שמדגישים Säljö ו-Martön (1976) בהבחנתם בין למידה עמוקה לבין למידה שטחית.

המתח בין אוטומציה לעצמאות

הניסוי חשף מתח בסיסי בין הרצון לנצל את יכולות ה-AI לבין הצורך לשמור על עצמאות אינטלקטואלית. מחקרים עדכניים מדגישים את החשיבות של פיתוח אסטרטגיות מטא-קוגניטיביות לעבודה עם AI. Perkins (1992) במחקרו על העברת ידע (Transfer) מדגיש, כי למידה אמיתית מחייבת יכולת להעביר ידע ממצב אחד למשנהו - יכולת שעלולה להיפגע כאשר תלמידים מסתמכים יתר על המידה על AI.

התובנה מעלה שאלות עמוקות על מהות החינוך במאה ה-21: אילו מיומנויות חיוניות יש לשמר, ואילו ניתן "להאציל" לטכנולוגיה? הגישה שלנו מציעה מסגרת לאיזון זה, באמצעות עקרון הפיגומים הדינמיים, המבוסס על עקרונות הקונסטרוקטיביזם של Piaget (1977) ועל תיאוריית אזור ההתפתחות המקורב של Vygotsky (1978).

השפעות חברתיות רחבות

AI כזרז לדמוקרטיזציה של החינוך

הממצאים על התמיכה בתלמידים בעלי צרכים מיוחדים, מצביעים על פוטנציאל רחב של AI כזרז לדמוקרטיזציה של החינוך. מחקריהם של Ali ועמיתיו (2024) על שימוש ב-AI יוצרת לבניית חלומות, מדגימים כיצד הטכנולוגיה יכולה להעצים תלמידים ולאפשר להם לבטא את עצמם בדרכים חדשות. הטכנולוגיה יכולה לא רק לצמצם פערים קיימים, אלא גם ליצור הזדמנויות חדשות לקבוצות שהיו מודרות מחינוך איכותי. תובנה זו חשובה בהקשר של צדק חברתי ושוויון הזדמנויות, כפי שמדגיש מסמך ה-UNESCO (2021) על AI וחינוך. מחקריהם של Ruiz-Rojas ועמיתיו (2023) על העצמה של חינוך באמצעות כלי AI יוצרת, מדגישים את הפוטנציאל של הטכנולוגיה לקדם שוויון חינוכי, כאשר היא משולבת עם עיצוב הוראתי מתאים.

הצורך במסגרת אתית מפותחת

פיתוח הקוד האתי עם התלמידים חשף תובנה חשובה: שילוב AI בחינוך דורש פיתוח מסגרת אתית מפותחת ומתמשכת. השאלות האתיות שמתעוררות, נוגעות לליבת החינוך: יושרה, אותנטיות ופיתוח

אישיות. מחקריהם של Cardon ועמיתיו (2023) על האתגרים וההזדמנויות של כתיבה בסיוע AI מדגישים את החשיבות של פיתוח "אוריינות AI לעידן ה-Birenbaum (2023) AI". באמירה על האתגר של צ'אטבוטים לחינוך, שואלת האם מדובר בהפרעה או בהרס, ומדגישה את הצורך בגישה מאוזנת ומתחשבת.

התובנה מדגישה כי שילוב AI בחינוך אינו רק עניין של "אייך", אלא גם של "למה" ו"עבור מי". היא מצביעה על הצורך בדיון חברתי רחב על הערכים שאנו רוצים להעביר לדור הבא, ועל התפקיד של הטכנולוגיה בתהליך זה, כפי שמפורט בהנחיות ה-OECD-Education International (2023).

התמודדות עם בעיות אמינות

אחד האתגרים המרכזיים שעלו מהניסוי, הוא התמודדות עם "הזיות AI" ובעיות אמינות. מחקריהם של Slater ו-Hicks, Humphries (2024) על הזיות AI, מדגישים כי זהו אתגר טכנולוגי משמעותי שמחייב פיתוח מיומנויות ביקורת אצל המשתמשים. הגישה שלנו של פיתוח "מערכי חיסון דיגיטלי" מתיישרת עם המחקר של Bender ועמיתיו (2021) על הטיות וסיכונים במודלי שפה גדולים. החוקרים מדגישים את החשיבות של הבנת המגבלות והסיכונים הטמונים בטכנולוגיות אלו. הפרקטיקה שלנו של בניית "לולאה ביקורתית" אצל התלמידים - תהליך של ניסוח שאילתה, קבלת פלט, הערכה ביקורתית, אימות חישובי ושכתוב עמוק - מספקת מענה מעשי לאתגר זה. גישה זו מתבססת על עקרונות החשיבה הביקורתית ועל הצורך בפיתוח מיומנויות הערכה של מקורות מידע.

מגבלות המחקר וכיווני המשך

למרות התובנות החשובות שעלו מהמחקר, חשוב לציין מספר מגבלות. ראשית, הניסוי התמקד בתהליך כתיבת עבודות גמר בלבד, ויש צורך במחקר נוסף על יישום מודל "נבו" בהקשרים לימודיים אחרים. שנית, הניסוי נמשך במשך תקופה מוגבלת, ונדרש מחקר אורך לבחינת השפעות ארוכות טווח, כפי שמדגישים Rapanta ועמיתיו (2021) במחקרם על איזון טכנולוגיה ופדגוגיה בעקבות המגפה.

כיווני המשך כוללים: הרחבת הניסוי למקצועות נוספים, פיתוח כלי הערכה לבחינת עמידות הלמידה לאורך זמן (כפי שמציעים Zhao ועמיתיו, 2024, במחקר על זיהוי חומרים שנוצרו על ידי AI), ומחקר השוואתי בין מודל "נבו" לבין גישות אחרות לשילוב AI בחינוך.

סיכום

המחקר הנוכחי מציע תרומה משמעותית להבנת האתגרים וההזדמנויות בשילוב AI בחינוך. התובנות שעלו מהניסוי - זיהוי תופעת אשליית הלמידה, הטרנספורמציה בתפקיד המורה, החשיבות של גישה מערכתית, והצורך באיזון בין יעילות לאוטנטיות - מספקות מסגרת תיאורטית ומעשית לפיתוח מדיניות ופרקטיקות עתידיות.

מודל "נבון" והפרקטיקות הפדגוגיות שפותחו, מהווים תשתית חשובה לשילוב AI מושכל בחינוך. הגישה שלנו מדגימה כי השילוב המוצלח של טכנולוגיה מתקדמת בחינוך אינו דורש ויתור על ערכים חינוכיים יסודיים, אלא דווקא חיזוק שלהם באמצעות פרקטיקות פדגוגיות מתוחכמות.

ההשלכות של מחקר זה חורגות מתחום החינוך, ונוגעות להבנה הרחבה של היחסים בין טכנולוגיה, למידה וחברה. הן מספקות בסיס חשוב לפיתוח מדיניות, פרקטיקות ומחקר עתידי בתחום המתפתח במהירות של שילוב AI בחינוך, בהתאם לקווים המנחים של ארגונים בינלאומיים מובילים כמו UNESCO ו-OECD.

2.2. חזון למחקר ופיתוח המשך

מחקר הערכה אובייקטיבית של איכות עבודות הגמר

אחד החסרונות המרכזיים של הניסוי הנוכחי הוא היעדר הערכה אובייקטיבית של איכות העבודות הסופיות. מחקר עתידי חיוני צריך לכלול:

מתודולוגיה מוצעת:

- השוואה מבוקרת בין עבודות שנכתבו בסיוע AI לבין עבודות מסורתיות
- הערכה עיוורת על ידי מעריכים חיצוניים
- פיתוח קריטריונים מותאמים להערכת עבודות הכוללות שימוש ב-AI
- מעקב אורך אחר התפתחות מיומנויות התלמידים

שאלות מחקר מרכזיות:

- האם השימוש ב-AI משפר את האיכות האובייקטיבית של עבודות הגמר או פוגע בה?
- כיצד משפיע השימוש ב-AI על פיתוח מיומנויות כתיבה ביקורתית לטווח הארוך?
- מהם המדדים המתאימים להערכת איכות בעידן ה-AI?

מחקר השוואתי רחב בין מוסדות

הניסוי הנוכחי התבסס על מדגם יחסית קטן ממוסד אחד. נדרש מחקר רחב יותר שיכלול:

היקף מוצע:

- מדגם של מספר בתי ספר ממגזרים שונים
- השוואה בין שיטות הטמעה שונות
- בחינת ההשפעה של גורמים סוציו-אקונומיים על הצלחת השילוב
- מחקר רב-תרבותי הבוחן הבדלים בין מערכות חינוך שונות

שאלות מחקר מוצעות:

- כיצד משפיעים גורמים מוסדיים וחברתיים על הצלחת השילוב של AI?

- אילו מודלי הטמעה יעילים יותר בהקשרים שונים?
- כיצד ניתן להתאים את הפרקטיקות לצרכים של אוכלוסיות מגוונות ולדיסציפלינות שונות?

מחקר אורך על התפתחות מיומנויות

נדרש מחקר אורך העוקב אחר תלמידים לאורך מספר שנים, כדי לבחון:

מטרות המחקר:

- השפעה לטווח ארוך על מיומנויות חשיבה ביקורתית
- פיתוח יכולות מחקר עצמאיות
- הכנה לתפקודי למידה במוסדות גבוהים

שאלות מחקר מרכזיות:

- האם תלמידים שהשתמשו ב-AI בתיכון, מצליחים יותר במוסדות גבוהים?
- כיצד משפיע השימוש המוקדם ב-AI על פיתוח חשיבה עצמאית?
- מהן ההשלכות ארוכות הטווח על מיומנויות כתיבה ומחקר?

מחקרים מתקדמים - הרחבת ההבנה

מחקר על "אשליית הלמידה" במקומות נוספים

הגילוי של תופעת "אשליית הלמידה" דורש הרחבה והעמקה:

כיווני מחקר מוצעים:

- בדיקת התופעה בתחומי דעת שונים
- פיתוח כלים מתוחכמים לזיהוי וטיפול באשליית למידה
- השוואה בין קבוצות גיל שונות
- מחקר על יעילות מודל נבו"ן במניעת התופעה

שאלות מחקר:

- באילו תחומים התופעה בולטת יותר?
- מהם הגורמים הקוגניטיביים המובילים לאשליית למידה?

מחקר על הפוטנציאל הדמוקרטי של AI

הממצאים על ההשפעה על תלמידים בעלי צרכים מיוחדים דורשים הרחבה:

מחקר מוצע:

- מחקר ממוקד על קבוצות מגוונות (דיסלקציה, ADHD, אוטיזם, חסמי שפה)
- פיתוח פרוטוקולים מותאמים לכל קבוצה
- בחינת ההשפעה על הערכה עצמית ומוטיבציה ללמידה
- מחקר על השפעות חברתיות רחבות

שאלות מחקר:

- אילו סוגי AI מועילים לכל קבוצה ספציפית?
- כיצד להתאים פרקטיקות להבדלים אינדיבידואליים?
- מהן ההשלכות על שילוב חברתי ועל הערכה עצמית?

מחקר על טרנספורמציה מקצועית של מורים

המעבר מ"שומרי ידע" ל"מלוויי דיאלוגיים" דורש מחקר מעמיק יותר:

כיווני מחקר:

- מחקר על שלבי הטרנספורמציה המקצועית
- זיהוי גורמי הצלחה ומכשולים בתהליך השינוי
- פיתוח מודלים להכשרה ולליווי מקצועי
- מחקר על ההשפעה על זהות מקצועית ושביעות רצון

שאלות מחקר:

- מהם השלבים החיוניים בתהליך הטרנספורמציה?
- כיצד ניתן לזרז את תהליך השינוי ולתמוך בו?
- מהן ההשלכות על מקצוע ההוראה בכללותו?

פיתוח טכנולוגי מותאם לחינוך

פיתוח כלי AI מותאמים לסביבה החינוכית

הניסוי זיהה צרכים ספציפיים הדורשים פיתוח טכנולוגי מותאם:

צרכים שזוהו:

- כלי AI מותאמים למאגרי ידע חינוכיים
- ממשקים מותאמים לסביבת בית הספר
- כלי בקרה ומעקב להתקדמות תלמידים
- פתרונות לחסמי גישה ולחסמים כלכליים

כיווני פיתוח:

- שיתוף עם חברות טכנולוגיה לפיתוח פתרונות חינוכיים
- יצירת מאגרי ידע תחומיים מותאמים
- פיתוח כלי AI בקוד פתוח לחינוך
- יצירת פלטפורמות משותפות לבתי ספר

פיתוח כלי הערכה וניטור

נדרש פיתוח כלים מתוחכמים להערכה וניטור.

כלים נדרשים:

- כלי מעקב אחר פיתוח מיומנויות
- מערכות הערכה אוטומטיות מותאמות לעידן AI
- כלי ניתוח למידה (Learning Analytics) מתקדמים

פיתוח סביבות למידה היברידיות

החזון כולל פיתוח סביבות למידה המשלבות AI בצורה אורגנית:

מאפיינים מוצעים:

- שילוב חלק בין כלי AI לכלי למידה מסורתיים
- התאמה אישית לסגנון למידה של כל תלמיד
- מעקב ובקרה פדגוגיים מתמשכים
- שיתוף פעולה בין תלמידים במרחב המתווך בטכנולוגיה

מחקר מדיניות ומערכת

מחקר על מדיניות AI בחינוך

נדרש מחקר מקיף על הצרכים המדיניותיים:

תחומי מחקר:

- מחקר על מודלי מימון גישה שוויונית
- פיתוח מסגרות רגולטוריות מאפשרות
- מחקר על הכשרת אקוסיסטם החינוך השלם
- השוואות בינלאומיות של מדיניות AI בחינוך

שאלות מחקר מרכזיות:

- כיצד להבטיח גישה שוויונית לטכנולוגיות AI?
- מהן המסגרות המשפטיות והאתיות הנדרשות?
- כיצד לאזן בין חדשנות לבין בטיחות ופרטיות?

מחקר על הכשרה מערכתית

הצורך בהכשרת כלל הגורמים במערכת דורש מחקר מעמיק:

תחומי מחקר:

- פיתוח תוכניות הכשרה מותאמות לתפקידים שונים
- מחקר על התנגדות לשינוי ועל דרכי התמודדות

- פיתוח מודלי למידה מקצועית מתמשכת
- יצירת קהילות למידה בין-מוסדיות

פיתוח מיומנויות המאה ה-21

המחקר העתידי צריך להתמקד בהגדרה ובפיתוח של המיומנויות החיוניות:

מיומנויות מרכזיות לפיתוח:

- חשיבה ביקורתית בעידן מידע רווי
- יצירתיות ופתרון בעיות מורכבות
- שיתוף פעולה עם AI ובינו לבין בני אדם
- מיומנויות מטא-קוגניטיביות ואוריינות AI

עתיד מקצוע ההוראה

המחקר צריך לבחון את עתיד מקצוע ההוראה בעידן AI:

שאלות מחקר עתידיות:

- כיצד יתפתח תפקיד המורה בעידן AI מתקדם?
- מהן המיומנויות החיוניות למורי העתיד?
- כיצד לשמור על ההיבט האנושי בחינוך?
- מהו המודל האידיאלי של שיתוף פעולה בין מורים ל-AI?

החזון למחקר ופיתוח המשך מבוסס על ההבנה שהניסוי הנוכחי הוא רק תחילתו של מסע ארוך לעבר שילוב מושכל ואחראי של AI בחינוך. המחקר העתידי צריך להיות רב-תחומי, מבוסס על שיתוף פעולה, ומונחה על ידי חזון של חינוך שוויוני, איכותי ומשמעותי לכלל התלמידים. המטרה הסופית היא יצירת מערכת חינוך שמנצלת את הפוטנציאל הטכנולוגי, תוך שמירה על הערכים האנושיים המרכזיים ופיתוח דור של לומדים ביקורתיים, יצירתיים ואחראים.

3. מקורות

- Ahmad, S. R., Al-Ghazali, S., & Aldhyani, T. H. (2023). Opportunities and challenges of ChatGPT in scientific research. *Journal of Scientific Research*, 1(1).
- Alarcón, R., del Pilar Jiménez, E., & de Vicente-Yagüe, M. I. (2020). Development and validation of the DIGIGLO, a tool for assessing the digital competence of educators. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2407–2421. <https://doi.org/10.1111/bjet.12919>
- Alam, M. (2022). Artificial intelligence in higher education: A review of the opportunities and challenges. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 15(1).
- Ali, J. K. M., Shamsan, M. A. A., Hezam, T. A., & Mohammed, A. A. Q. (2023). Impact of ChatGPT on learning motivation: Teachers and students' voices. *Journal of English Studies in Arabia Felix*, 2(1), 41–49. <https://doi.org/10.56540/jesaf.v2i1.51>
- Ali, S., Ravi, P., Williams, R., DiPaola, D., & Breazeal, C. (2024). Constructing dreams using generative AI. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 38(21), 23268–23275. <https://doi.org/10.1609/aaai.v38i21.30374>
- Allouch, M., Azaria, A., & Azoulay, R. (2021). Conversational agents: Goals, technologies, vision and challenges. *Sensors*, 21(24), 8448. <https://doi.org/10.3390/s21248448>
- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41(1), 16-25.

Assayed, S. K., Alkhatib, M., & Shaalan, K. (2023). *A generative AI chatbot in high school advising: A qualitative analysis of domain-specific chatbot and ChatGPT*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3710923/v1>

Baskara, F. R. (2023). Navigating pedagogical evolution: The implication of generative AI on the reinvention of teacher education. In *Prosiding Seminar Nasional Universitas Jabal Ghafur* (Vol. 2, pp. 409-421).

Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Birenbaum, M. (2023). The chatbots' challenge to education: Disruption or destruction? *Education Sciences*, 13(7), 711. <https://doi.org/10.3390/educsci13070711>

Bjork, R. A., & Bjork, E. L. (2020). Desirable difficulties in theory and practice. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 9(4), 475-479. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2020.10.005>

Bjork, R. A., Dunlosky, J., & Kornell, N. (2013). Self-regulated learning: Beliefs, techniques, and illusions. *Annual Review of Psychology*, 64, 417-444. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143823>

Bonner, E., Lege, R., & Frazier, E. (2023). Large language model-based artificial intelligence in the language classroom: Practical ideas for teaching. *Teaching English With Technology*, 2023(1). <https://doi.org/10.56297/BKAM1691/WIEO1749>

Budhwar, P., Chowdhury, S., Wood, G., Aguinis, H., Bamber, G. J., Beltran, J. R., Boselie, P., Cooke, F. L., Decker, S., DeNisi, A. S., Dey, P. K., Guest, D., Knoblich, A. J., Malik, A., Paauwe, J., Papagiannidis, S., Patel, C., Pereira, V., Ren, S., . . . Varma, A. (2023). Human

resource management in the age of generative artificial intelligence: Perspectives and research directions on ChatGPT. *Human Resource Management*, 33(3), 606-659. <https://doi.org/10.1111/1748-8583.12524>

Bulante, K. M., Morris Jr., D. O. M. I. N. A. D. O. R., Balagan, A., & Torres, M. A. (2024). AI-assisted and non AI assisted writing performances of grade 10 students. *Aza/ Arts and Humanities*, 1(1), 65-94.

Bulut, O., Beiting-Parrish, M., Casabianca, J. M., Slater, S. C., Jiao, H., Song, D., Ormerod, C. M., Fabiyi, D. G., Ivan, R., Walsh, C., Rios, O., Wilson, J. M., Yildirim-Erbasli, S. N., Wongvorachan, T., Liu, J. X., Tan, B., & Morilova, P. (2024). *The rise of artificial intelligence in educational measurement: Opportunities and ethical challenges*. arXiv preprint. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2406.18900>

Cajueiro, D. O., Nery, A. G., Tavares, I. C., Melo, M. K. D., Reis, S. A. D., Weigang, L., & Celestino, V. R. R. (2023). *A comprehensive review of automatic text summarization techniques: Method, data, evaluation and coding*. arXiv preprint. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2301.03403>

Cao, L., & Dede, C. (2023). *Navigating a world of generative AI: Suggestions for educators*. The Next Level Lab at Harvard Graduate School of Education.

Caporusso, N. (2023). *Generative artificial intelligence and the emergence of creative displacement anxiety*. <https://doi.org/10.53520/rdpb2023.10795>

Cardon, P., Fleischmann, C., Aritz, J., Logemann, M., & Heidewald, J. (2023). The challenges and opportunities of AI-assisted writing: Developing AI literacy for the AI age. *Business and Professional Communication Quarterly*, 86(3), 257-295.

Carolus, A., Koch, M. J., Straka, S., Latoschik, M. E., & Wienrich, C. (2023). MAILS - Meta AI literacy scale: Development and testing of an AI literacy questionnaire based on well-founded competency models and psychological change- and meta-competencies. *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, 1, 100014. <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2023.100014>

Casal-Otero, L., Catala, A., Fernández-Morante, C., et al. (2023). AI literacy in K-12: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 10, 29. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00418-7>

Chan, C. K. Y. (2023). *Is AI changing the rules of academic misconduct? An in-depth look at students' perceptions of 'AI-giarism'*. arXiv preprint. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306>

Chaudhry, M. A., Cukurova, M., & Luckin, R. (2022). A transparency index framework for AI in education. In *Artificial Intelligence in Education* (pp. 195-198). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11647-6_33

Chauncey, S. A., & McKenna, H. P. (2023). A framework and exemplars for ethical and responsible use of AI chatbot technology to support teaching and learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100182.

Chen, B., Zhu, X., & Díaz Del Castillo H., F. (2023). Integrating generative AI in knowledge building. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100184. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100184>

Chiu, T. K. F. (2023). The impact of generative AI (GenAI) on practices, policies and research direction in education: A case of ChatGPT and Midjourney. *Interactive Learning Environments*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2253861>

Collie, R. J., & Martin, A. J. (2024). Teachers' motivation and engagement to harness generative AI for teaching and learning: The role of contextual, occupational, and background factors. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6, 100224. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100224>

Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 32(3), 444–452. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10039-y>

Cooper, G., & Tang, K.-S. (2024). Pixels and pedagogy: Examining science education imagery by generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10104-0>

Cun, A., & Huang, T. (2024). Generative AI and TPACK in teacher education: Pre-service teachers' perspectives. *Exploring New Horizons: Generative Artificial Intelligence and Teacher Education*, 62.

Darwin, Rusdin, D., Mukminatien, N., Suryati, N., Laksmi, E. D., & Marzuki. (2024). Critical thinking in the AI era: An exploration of EFL students' perceptions, benefits, and limitations. *Cogent Education*, 11(1), 2290342.

Daskalaki, E., Psaroudaki, K., & Fragopoulou, P. (2024). *Navigating the future of education: Educators' insights on AI integration and challenges in Greece, Hungary, Latvia, Ireland and Armenia*. arXiv preprint. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2408.15686>

DeCarlo, M. J. T., Lynch, W., Lee, V., Moix, D., & Klein, V. (2024). Assessment and instructional decision making: How AI can support data literacy development for

preservice teachers. *Exploring New Horizons: Generative Artificial Intelligence and Teacher Education*, 129.

Deekshith, A. (2020). AI-enhanced data science: Techniques for improved data visualization and interpretation. *International Journal of Creative Research In Computer Technology and Design*, 2(2).

Ding, A.-C. E., Shi, L., Yang, H., & Choi, I. (2024). Enhancing teacher AI literacy and integration through different types of cases in teacher professional development. *Computers and Education Open*, 6, 100178. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100178>

Dong, Y. (2023). Revolutionizing academic English writing through AI-powered pedagogy: Practical exploration of teaching process and assessment. *Journal of Higher Education Research*, 4(2), 52-52. <https://doi.org/10.32629/jher.v4i2.1188>

Duarte Velazquez, U. A. (2024). Artificial intelligence in educational research. In Y. Rybarczyk (Ed.), *Research advances in data mining techniques and applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.113844>

Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Koohang, A., Raghavan, V., Ahuja, M., Albanna, H., Albashrawi, M. A., Al-Busaidi, A. S., Balakrishnan, J., Barlette, Y., Basu, S., Bose, I., Brooks, L., Buhalis, D., . . . Wright, R. (2023). Opinion paper: "So what if ChatGPT wrote it?" Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 71, 102642. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642>

- Eager, B., Brunton, R., & University of Tasmania, Australia. (2023). Prompting higher education towards AI-augmented teaching and learning practice. *Journal of University Teaching and Learning Practice*, 20(5). <https://doi.org/10.53761/1.20.5.02>
- Elkhatat, A. M., Elsaid, K., & Al-Meer, S. (2023). Evaluating the efficacy of AI content detection tools in differentiating between human and AI-generated text. *International Journal for Educational Integrity*, 19(1). <https://doi.org/10.1007/s40979-023-00140-5>
- Entwistle, N. J., & Ramsden, P. (2015). *Understanding student learning* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315718637>
- Eyal, L., & Gil, E. (2020). Design patterns for teaching in academic settings in future learning spaces. *British Journal of Educational Technology*, 51(4), 1061-1077.
- Fautley, M., & Savage, J. (2008). *Assessment for learning and teaching in secondary schools*. Learning Matters Ltd. <https://doi.org/10.4135/9781446278642>
- Filo, Y., Rabin, E., & Mor, Y. (2024). An Artificial Intelligence Competency Framework for Teachers and Students: Co-created With Teachers. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, 26(S1), 93–106. <https://doi.org/10.2478/eurodl-2024-0012>
- Fontenelle-Tereshchuk, D. (2024). Academic writing and ChatGPT: Students transitioning into college in the shadow of the COVID-19 pandemic. *AI and Ethics*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s44217-023-00076-5>
- Gao, J., & Wang, D. (2023). *Quantifying the benefit of artificial intelligence for scientific research*. arXiv preprint. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2304.10578>

Graham, S., & Sandmel, K. (2011). The process writing approach: A meta-analysis. *The Journal of Educational Research*, 104(6), 396–407. <https://doi.org/10.1080/00220671.2010.488703>

Grieve, R., Woodley, J., Hunt, S. E., & McKay, A. B. (2021). Student fears of oral presentations and public speaking in higher education: A qualitative survey. *Journal of Further and Higher Education*, 45(9), 1281-1293. <https://doi.org/10.1080/0309877x.2021.1948509>

Groth, R. E. (2003). High school students' levels of thinking in regard to statistical study design. *Mathematics Education Research Journal*, 15(3), 252-268. <https://doi.org/10.1007/bf03217382>

Hersh, W. (2024). Search still matters: Information retrieval in the era of generative AI. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 31(9), 2159-2161. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocae014>

Hesselbach, R., Petering, D. H., Berg, C. A., Tomasiewicz, H., & Weber, D. N. (2012). A guide to writing a scientific paper: A focus on high school through graduate level student research. *Zebrafish*, 9(4), 246-249. <https://doi.org/10.1089/zeb.2012.0743>

Hicks, B., Humphries, A., & Slater, R. (2024). The truth about AI hallucinations. *AI and Ethics*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s43681-024-00392-4>

Israel-Fishelson, R., Moon, P. F., Tabak, R. G., & Weintrop, D. (2024). Understanding the data in K-12 data science. *Harvard Data Science Review*, 6(2). <https://doi.org/10.1162/99608f92.4f3ac3da>

Jauhiainen, J. S., & Guerra, A. G. (2023). Generative AI and ChatGPT in school children's education: Evidence from a school lesson. *Sustainability*, 15(18), 14025. <https://doi.org/10.3390/su151814025>

Kadaruddin, K. (2023). Empowering education through generative AI: Innovative instructional strategies for tomorrow's learners. *International Journal of Business, Law, and Education*, 4(2), 618–625. <https://doi.org/10.56442/ijble.v4i2.215>

Kasneci, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., ... & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>

Kehoe, F. (2023). Leveraging generative AI tools for enhanced lesson planning in initial teacher education at post primary. *Irish Journal of Technology Enhanced Learning*, 7(2), 172–182. <https://doi.org/10.22554/ijtel.v7i2.124>

Kestin, G., et al. (2023). [Manuscript in preparation/under peer review]. *Department of Physics, Harvard University*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4243877/v1>

Khalifa, M., & Albadawy, M. (2024). Using artificial intelligence in academic writing and research: An essential productivity tool. *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update*, 100145.

Khatun, M., Islam, R., Kumar, S., Hossain, R., & Mani, L. (2024). The impact of artificial intelligence on educational transformation: Trends and future directions. *Journal of Information Systems and Informatics*, 6(4), 2347-2373.

Khosravani, M., & Trabelsi, A. (2023). *Recent trends in unsupervised summarization*. arXiv preprint. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2305.11231>

Kim, Y. J., Kim, K. H., Park, J. H., Yu, J. H., & Kim, M. G. (2024). ChatGPT and higher-order thinking skills in education. *Interactive Learning Environments*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2305268>

Kong, S.-C., & Yang, Y. (2024). A human-centred learning and teaching framework using generative artificial intelligence for self-regulated learning development through domain knowledge learning in K–12 settings. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 1–13. <https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3392830>

Kosmyna, N., Hauptmann, E., Yuan, Y. T., Situ, J., Liao, X. H., Beresnitzky, A. V., ... & Maes, P. (2025). *Your brain on ChatGPT: Accumulation of cognitive debt when using an AI assistant for essay writing task*. arXiv preprint arXiv:2506.08872.

Krullaars, Z. H., Januardani, A., Zhou, L., & Jonkers, E. (2023). *Exploring initial interactions: High school students and generative AI chatbots for relationship development*. <https://doi.org/10.18420/MUC2023-MCI-SRC-415>

Kshetri, N. (2023). The economics of generative artificial intelligence in the academic industry. *Computer*, 56(8), 77–83. <https://doi.org/10.1109/MC.2023.3278089>

Langran, E., Searson, M., & Trumble, J. (2024). Transforming teacher education in the age of generative AI. *Exploring New Horizons: Generative Artificial Intelligence and Teacher Education*, 2.

Law, L. (2024). Application of generative artificial intelligence (GenAI) in language teaching and learning: A scoping literature review. *Computers and Education Open*, 6, 100174. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100174>

Lazar, N., Byrns, J., Crowe, D., McGinty, M., Abraham, A., Guo, M., Mann, M., Narayanan, P., Roberts, L., Sidore, B., & Wager, M. (2023). Perils and opportunities of ChatGPT: A

high school perspective. *Harvard Data Science Review*, 5(4).
<https://doi.org/10.1162/99608f92.9f0adc39>

Liang, Y. (2023). Balancing: The effects of AI tools in educational context. *Frontiers in Humanities and Social Sciences*, 3(8), 7-10. <https://doi.org/10.54691/fhss.v3i8.5531>

Liu, C. C., & Gu, X. Q. (2024). Developing frames for change: The impact of generative AI on the broad practices of teacher educators. *Exploring New Horizons: Generative Artificial Intelligence and Teacher Education*, 225.

Longo, L. (2019). Empowering qualitative research methods in education with artificial intelligence. In *World Conference on Qualitative Research* (pp. 1-21). Springer.

Marton, F., & Säljö, R. (1976). On qualitative differences in learning: I—Outcome and process. *British Journal of Educational Psychology*, 46(1), 4–11.
<https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1976.tb02980.x>

Meli, K., Michalakakis, K., & Papadopoulou, A. (2024). *Empowering educators with generative AI: The GenAI education frontier initiative*. ResearchGate. Retrieved from <https://bit.ly/3xr36Xl>

Meyer, J., Jansen, T., Schiller, R., Liebenow, L. W., Steinbach, M., Horbach, A., & Fleckenstein, J. (2024). Using LLMs to bring evidence-based feedback into the classroom: AI-generated feedback increases secondary students' text revision, motivation, and positive emotions. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6, 100199. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100199>

Meylani, R. (2024). Artificial intelligence in the education of teachers: A qualitative synthesis of the cutting-edge research literature. *Journal of Computer and Education Research*, 12(24), 600-637. <http://dx.doi.org/10.18009/jcer.1477709>

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>

Mohammadkarimi, E. (2023). Teachers' reflections on academic dishonesty in EFL students' writings in the era of artificial intelligence. *Journal of Applied Learning & Teaching*, 6(2). <https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.2.10>

Mollick, E. R., & Mollick, L. (2023). *Using AI to implement effective teaching strategies in classrooms: Five strategies, including prompts*. The Wharton School Research Paper.

Neumann, M. M., Anthony, J. L., Erazo, N. A., & Neumann, D. L. (2019). Assessment and technology: Mapping future directions in the early childhood classroom. *Frontiers in Education*, 4. <https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00116>

Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, K. W. S., & Qiao, M. S. (2021). AI literacy: Definition, teaching, evaluation and ethical issues. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, 58(1), 504–509. <https://doi.org/10.1002/pra2.487>

Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021b). AI literacy: Definition, teaching, evaluation and ethical issues. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, 58(1), 504–509.

Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Su, J., Ng, R. C. W., & Chu, S. K. W. (2023). Teachers' AI digital competencies and twenty-first century skills in the post-pandemic world. *Educational Technology Research and Development*, 71(1), 137–161. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10203-6>

OECD-Education International. (2023). *Opportunities, guidelines and guardrails on effective and equitable use of AI in education*. OECD Publishing.

Ooi, K., Tan, G. W., Al-Emran, M., Al-Sharafi, M. A., Căpățină, A., Chakraborty, A., Dwivedi, Y. K., Huang, T., Kar, A. K., Lee, V., Loh, X., Micu, A., Mikalef, P., Mogaji, E., Pandey, N., Raman, R., Rana, N. P., Sarker, P., Sharma, A., . . . Wong, L. (2023). The potential of generative artificial intelligence across disciplines: Perspectives and future directions. *Journal of Computer Information Systems*. <https://doi.org/10.1080/08874417.2023.2261010>

Owan, V. J., Abang, K. B., Idika, D. O., Etta, E. O., & Bassey, B. A. (2023). Exploring the potential of artificial intelligence tools in educational measurement and assessment. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(8), em2307. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13428>

Pellegrino, J. W., & Quellmalz, E. (2010). Perspectives on the integration of technology and assessment. *Journal of Research on Technology in Education*, 43(2), 119-134. <https://doi.org/10.1080/15391523.2010.10782565>

Perkins, M., Roe, J., Postma, D., McGaughran, J., & Hickerson, D. (2023). *Game of tones: Faculty detection of GPT-4 generated content in university assessments*. arXiv preprint. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305>

Rapanta, C., Botturi, L., Goodyear, P., Guàrdia, L., & Koole, M. (2021). Balancing technology, pedagogy and the new normal: Post-pandemic challenges for higher education. *Postdigital Science and Education*, 3, 715-742.

Rudolph, J., Tan, S., & Tan, S. (2023). ChatGPT: Bullshit spewer or the end of traditional assessments in higher education? *Journal of Applied Learning and Teaching*, 6(1). <https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.1.9>

Ruiz-Rojas, L. I., Acosta-Vargas, P., De-Moreta-Llovet, J., & Gonzalez-Rodriguez, M. (2023). Empowering education with generative artificial intelligence tools: Approach with an instructional design matrix. *Sustainability*, 15(15), 11524. <https://doi.org/10.3390/su151511524>

Salinas-Navarro, D. E., Vilalta-Perdomo, E., Michel-Villarreal, R., & Montesinos, L. (2024). Using generative artificial intelligence tools to explain and enhance experiential learning for authentic assessment. *Education Sciences*, 14(1), 83. <https://doi.org/10.3390/educsci14010083>

Schmidt, D. C., Spencer-Smith, J., Fu, Q., & White, J. (2023). Towards a catalog of prompt patterns to enhance the discipline of prompt engineering. *ADA User Journal*.

Shapiro, A., Schwartz, H. L., Lake, R. J., Rainey, L. R., Doan, S., & Diliberti, M. K. (2024). *Using artificial intelligence tools in K-12 classrooms*. <https://policycommons.net/artifacts/12145670/using-artificial-intelligence-tools-in-k-12-classrooms/13039520/>

Shen, L., Chen, I., Grey, A., & Su, A. (2021). Teaching and learning with artificial intelligence. In *Impact of AI technologies on teaching, learning, and research in higher education* (pp. 73-98). IGI Global.

- Shibani, A., Knight, S., Kitto, K., Karunanayake, A., & Buckingham Shum, S. (2024). Untangling critical interaction with AI in students' written assessment. In *Extended Abstracts of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-6).
- Siemens, G., Marmolejo-Ramos, F., Gabriel, F., Medeiros, K., Marrone, R., Joksimovic, S., & de Laat, M. (2023). Human and artificial cognition. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3.
- Skantz-Åberg, E., Lantz-Andersson, A., Lundin, M., & Williams, P. (2022). Teachers' professional digital competence: An overview of conceptualisations in the literature. *Cogent Education*, 9(1), 2063224. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2022.2063224>
- Song, C., & Song, Y. (2023). Enhancing academic writing skills and motivation: Assessing the efficacy of ChatGPT in AI-assisted language learning for EFL students. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1260843>
- Stornaiuolo, A., Higgs, J., Jawale, O., & Martin, R. M. (2024). Digital writing with AI platforms: The role of fun with/in generative AI. *English Teaching: Practice & Critique*, 23(1), 83–103. <https://doi.org/10.1108/ETPC-08-2023-0103>
- Swiecki, Z., Khosravi, H., Chen, G., Martínez-Maldonado, R., Lodge, J. M., Milligan, S., Selwyn, N., & Gašević, D. (2022). Assessment in the age of artificial intelligence. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100075. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100075>
- Tan, M. J. T., & Maravilla, N. M. A. T. (2024). Shaping integrity: Why generative artificial intelligence does not have to undermine education. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7, 1471224. <https://doi.org/10.3389/frai.2024.1471224>

Tang, K. S., Cooper, G., Rappa, N., Cooper, M., Sims, C., & Nonis, K. (2024). *A dialogic approach to transform teaching, learning & assessment with generative AI in secondary education*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20564.41608>

Torre-López, J. D. L., Ramírez, A., & Romero, J. R. (2023). Artificial intelligence to automate the systematic review of scientific literature. *Computing*, 105(10), 2171-2194. <https://doi.org/10.1007/s00607-023-01181-x>

Tovar, D. A. (2023). *AI literature review suite*. arXiv preprint. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2308.02443>

UNESCO. (2021). *AI and education: Guidance for policy-makers*. UNESCO.

UNESCO. (2023, September 7). *Guidance for generative AI in education and research*. <https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai-education-and-research>

Vacalares, S. T., Clarin, E., Lapid, R., Malaki, M., Plaza, V., & Barcena, M. (2023). Factors affecting the writing skills of the education students: A descriptive study. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 18(2), 1192-1201. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.18.2.0931>

Van Den Berg, G., & Du Plessis, E. (2023). ChatGPT and generative AI: Possibilities for its contribution to lesson planning, critical thinking and openness in teacher education. *Education Sciences*, 13(10), 998. <https://doi.org/10.3390/educsci13100998>

White, R. W. (2024). Advancing the search frontier with AI agents. *Communications of the ACM*, 67(9), 54-65. <https://doi.org/10.1145/3655615>

Yau, K. W., Chai, C. S., Chiu, T. K. F., Meng, H., King, I., & Yam, Y. (2023). A phenomenographic approach on teacher conceptions of teaching artificial intelligence (AI) in K-12 schools. *Education and Information Technologies*, 28(1), 1041–1064. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11161-x>

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 Review of Research in Open and Distributed Learning*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

Zhao, Y., Borelli, A., Martínez, F. J., Xue, H., & Weiss, G. M. (2024). Admissions in the age of AI: Detecting AI-generated application materials in higher education. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75084-0>

4. נספחים

נספח 1: טופס ממצאים להתנסות בפרקטיקת יצירת מפת מושגים

שם הטופס המלא: ניסוי עבודות גמר 2.0 – טופס ממצאים להתנסות ביצירת מפת מושגים
הערה: יש למלא טופס נפרד עבור כל התנסות עם קבוצת תלמידים

1. שם פרטי + שם משפחה:

.....

2. שם בית הספר:

.....

3. התאריך בו התקיימה ההתנסות בכיתה (יום/חודש/שנה):

.....

4. מספר התלמידים/ות שהשתתפו בהתנסות:

.....

5. באיזה כלי/ים השתמשו התלמידים לביצוע ההתנסות?

.....

6. השלב בו מצויים מרבית התלמידים/ות שהשתתפו בהתנסות:

(סמני/י אחת מהאפשרויות)

☐ לפני הגשת הצעת מחקר

☐ הצעת המחקר הוגשה אך טרם אושרה

☐ הצעת המחקר אושרה

☐ אחר: _____

7. ממצאי ההתנסות:

תארי את ממצאי ההתנסות עם התלמידים/ות – מה קרה בפועל, ללא פרשנות או הסברים (הפרשנות תינתן בהמשך).

.....

.....

8. פיתוח הפרקטיקה:

מה היית מוסיפה או גורעת מהפרקטיקה כדי לשפר אותה? אילו הנחיות או פעולות רצוי לעדכן?

.....

.....

9. מיומנויות התלמידים:

האם הבחנת בקושי או בחוסר במיומנות? מה ניתן לעשות כדי לחזק זאת בהתנסות הבאה?

.....

.....

10. 2-3 תובנות מההתנסות והסבר עליהן:

.....

.....

11. 2 טיפים לרכז/מורה לביצוע הפרקטיקה בכיתה:

.....

.....

12. 2 טיפים לתלמידים לביצוע הפרקטיקה בכיתה:

.....

.....

13. חומרי הוראה שפותחו להתנסות (מצגות, קבצים, טופס הסבר וכו'):

(נא לצרף קישור או לתאר בקצרה את החומרים)

.....
.....

14. הערות נוספות:

.....
.....

נספח 2: טופס ממצאים להתנסות בכלי בינה מלאכותית לאיתור מאמרים אקדמיים

שם הטופס המלא: ניסוי עבודות גמר 2.0 – טופס ממצאים להתנסות בכלי בינה מלאכותית לאיתור מאמרים אקדמיים

הערה: יש למלא טופס נפרד עבור כל התנסות עם קבוצת תלמידים

חלק 1: פרטים כלליים

1. שם פרטי + שם משפחה:

.....

2. שם בית הספר:

.....

חלק 2: התנסות עצמית עם שני כלים ופיתוח חומרי הוראה

3. באילו שני כלים התנסית בעצמך?

(סמני/ את שני הכלים שנבחרו)

SciSpace ☐

☐ Elicit

☐ Perplexity

☐ Consensus

☐ UnderMined

☐ אחר: _____

4. שתפ/י את חומרי ההוראה שפיתחת עבור ההתנסות עם התלמידים (מצגות, קבצים, טופסי הנחיות וכו'):

.....

חלק 3: דיווח על ההתנסות בכיתה

5. התאריך בו התקיימה ההתנסות בכיתה (יום/חודש/שנה):

.....

6. מספר התלמידים/ות שהשתתפו בהתנסות:

.....

7. השלב בו מצויים מרבית התלמידים/ות שהשתתפו בהתנסות:

(סמן/י אחת מהאפשרויות)

☐ לפני הגשת הצעת מחקר

☐ הצעת המחקר הוגשה אך טרם אושרה

☐ הצעת המחקר אושרה

☐ אחר: _____

הכלי הראשון

8. באיזה כלי ראשון השתמשו התלמידים בכיתה?

☐ SciSpace

☐ Elicit

☐ Perplexity

☐ Consensus

☐ UnderMined

_____ ☐ אחר:

9. תארי את היתרונות והמאפיינים הייחודיים של הכלי הראשון שנמצאו כרלוונטיים ואפקטיביים

בכיתה:

(התייחס/י למאפיינים כגון: קלות שימוש, רלוונטיות, שפה, גרסה חינוכית, עדכניות, אתיקה, SRL, נגישות, פיצ'רים מתקדמים)

.....

10. תארי את האתגרים או המגבלות של הכלי הראשון וכיצד התמודדת עימם:

.....

הכלי השני

11. באיזה כלי שני השתמשו התלמידים בכיתה?

☐ SciSpace

☐ Elicit

☐ Perplexity

☐ Consensus

☐ UnderMined

_____ ☐ אחר:

12. תארי את היתרונות והמאפיינים הייחודיים של הכלי השני שנמצאו כרלוונטיים ואפקטיביים

בכיתה:

.....

13. תאר/י את האתגרים או המגבלות של הכלי השני וכיצד התמודדת עימם:

.....

14. איזה מבין שני הכלים עדיף לדעתך לשימוש בכיתה? מדוע?

.....

15. תאר/י מקרה שבו הכלי סייע לתלמיד לבצע משימה שלא הייתה אפשרית או קשה מאוד קודם לכן:

.....

16. תאר/י מקרה שבו ההתנסות לא הייתה מוצלחת – פרט/י את הסיבות מנקודת מבטך:

.....

17. שני טיפים לרכז/מורה לביצוע הפרקטיקה בכיתה:

.....

18. שני טיפים לתלמידים לביצוע הפרקטיקה בכיתה:

.....

19. אם יש עוד משהו שתרצה/י להוסיף:

.....

נספח 3: טופס שיתוף לתלמידים בהתנסות בכלי בינה מלאכותית בעבודת גמר

שם הטופס המלא: שיתוף תלמידות ותלמידים בחוויית שילוב כלי בינה מלאכותית בעבודת גמר
מטרה: איסוף חוויות ותובנות מהשימוש ביישומי בינה מלאכותית בתהליך כתיבת עבודת מחקר

1. סוג המשימה שבה התנסית בעבודה עם כלי בינה מלאכותית:

(סמן/י את כל האפשרויות הרלוונטיות)

☐ הגדרת נושא המחקר וניסוח שאלת מחקר

☐ מיפוי מושגים

☐ איתור מקורות אקדמיים

☐ עריכה של סקירת הספרות

☐ פיתוח כלי מחקר

☐ עיבוד, ניתוח וארגון נתונים (איכותני וכמותי)

☐ עריכת רשימת המקורות

☐ אחר: _____

2. שם הכלי/ם שבהם עשית שימוש בהתנסות הספציפית הזו:

(סמן/י את כל האפשרויות הרלוונטיות)

☐ monica

☐ miro

☐ mapify

☐ mymap

☐ mindomo

☐ studio.albus

☐ mermaidchart

☐ ChatGPT

☐ Claude

☐ Gemini

☐ Copilot

☐ Scispace

☐ Elicit

☐ Perplexity

☐ UnderMind

☐ Consensus

☐ אחר: _____

3. שם בית הספר:

.....

4. תחום הדעת של עבודת הגמר שלך:

.....

5. בחר/י כלי אחד שבו השתמשת, ותאר/י כיצד השתמשת בו במסגרת עבודת המחקר שלך:

.....

6. באילו דרכים לדעתך סייע לך הכלי?

.....

7. כיצד התמודדת עם הצורך להעריך את איכות התשובות שקיבלת מהכלי?

.....

8. מה הייתה עבורך קלות השימוש בכלי?

(סמני/י מספר אחד בסקאלה)

☐ 1 - קשה מאוד

☐ 2

☐ 3

4 ☐

5 - קל מאוד ☐

9. מה אהבת בכלי?

10. מה היו האתגרים בשימוש בכלי, וכיצד התמודדת עימם?

11. עד כמה תמליצי/י להשתמש בכלי זה בלמידה עתידית?

(סמני/ מספר אחד בסקאלה)

1 - בכלל לא ממליץ/ה ☐

2 ☐

3 ☐

4 ☐

5 - מאוד ממליץ/ה ☐

12. אילו פעולות ביצעת כדי לשמור על כללי האתיקה והיושרה האקדמית?

נספח 4: טופס משוב לרכז/ת - שימוש בבוט לעבודת גמר

שם הטופס המלא: טופס משוב לרכז/ת - שימוש בבוט לעבודת גמר

מטרה: איסוף משוב על שילוב בוטים בתהליך הנחיית עבודות גמר

1. שם מלא:

2. שם בית הספר:

.....

3. תחום הדעת שבו את/ה מנחה את עבודות הגמר:

.....

4. כיתה/ות בהן נעשה השימוש בבוט:

.....

5. שם הבוט שהתלמידים עשו בו שימוש:

.....

6. מטרת הבוט:

.....

7. מספר התלמידים שהשתמשו בבוט:

.....

8. עיתוי השימוש בבוט בכיתה:

(סמנ/י את כל האפשרויות הרלוונטיות)

☐ במהלך השיעור

☐ כמשימת בית

☐ במסגרת פגישת הנחיה אישית

☐ אחר: _____

9. תאר/י את האופן שבו שילבת את הבוט בתהליך כתיבת עבודת הגמר:

(מה קדם לשימוש, אילו הנחיות ניתנו לתלמידים וכו')

.....

10. באיזו מידה לדעתך הבוט השיג את מטרתו?

(סמנ/י מספר אחד בסקאלה)

☐ 1 – כלל לא

2 ☐

3 ☐

4 ☐

5 ☐ – במידה רבה מאוד

11. כיצד לדעתך השימוש בבוט קידם את תהליך כתיבת עבודת הגמר של תלמידך?

.....

12. אילו קשיים או אתגרים עלו במהלך השימוש בבוט על ידי התלמידים?

.....

13. אילו תגובות קיבלת מהתלמידים על השימוש בבוט?

.....

14. ספרי על תובנות מעניינות מהשימוש בבוט:

.....

15. מה היית ממליצה/ה לשפר בבוט?

.....

16. האם היית ממליצה/ה להשתמש בבוט זה בכיתות נוספות? מדוע?

.....

17. קישור או קובץ של תגובות התלמידים (Google Sheets או Excel):

(אם לא צורף קובץ, נא לציין קישור עם הרשאת צפייה)

.....

18. הערות נוספות:

.....

נספח 5: טופס שיתוף לתלמידים – שימוש בבוט בתהליך עבודת גמר

שם הטופס המלא: טופס משוב לתלמידים – שימוש בבוט לעבודת גמר

מטרה: איסוף חוויות ותובנות של תלמידים מהשימוש בבוטים מבוססי בינה מלאכותית בתהליך כתיבת עבודת הגמר

1. כיתה:

.....

2. שם בית הספר:

.....

3. שם המורה המנחה:

.....

4. תחום הדעת של עבודת הגמר שלך:

.....

5. באיזה בוט השתמשת?

.....

6. מה שם הבוט ומה מטרתו?

.....

7. תארי כיצד השתמשת בבוט לצורך עבודת הגמר שלך:

.....

8. באיזו מידה הבוט עזר לך להשיג את המטרה שלשמה נוצר?

(סמני/י מספר אחד בסקאלה)

☐ 1 – כלל לא

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5 – במידה רבה מאוד

9. באיזה אופן השימוש בבוט תרם לך / היה מועיל?

.....

10. האם נתקלת בקשיים בשימוש בבוט? אם כן – אילו?

.....

11. באיזו תדירות השתמשת בבוט?

☐ פעם אחת

☐ 2-3 פעמים

☐ 4 פעמים או יותר

12. כיצד היית ממליצה/ה לשפר את הבוט?

.....

13. הערות נוספות:

.....

נספח 6: שאלון סיכום לתלמידים – שימוש בכלי בינה מלאכותית בעבודת

הגמר

שם הטופס המלא: שאלון סיכום התנסות לתלמידים בשימוש בכלי בינה מלאכותית בעבודת הגמר
מטרה: איסוף חוויות, תובנות ואתגרים של תלמידים כתוצאה מהשימוש בכלי בינה מלאכותית במסגרת עבודת הגמר
הערה: השאלון אנונימי, וכלל השאלות פתוחות או מדורגות.

חלק א': רקע ושימוש כללי

1. כיתה:

.....

2. שם בית הספר:

.....

3. תחום הדעת של עבודת הגמר:

.....

4. באיזה היקף השתמשת בכלי בינה מלאכותית לצורך עבודת הגמר?

- ☐ לא השתמשתי בשום שלב
- ☐ בשלב אחד או שניים
- ☐ בחלק מהשלבים
- ☐ בכל השלבים של העבודה

5. באילו כלי בינה מלאכותית עיקריים השתמשת?

(ניתן לסמן יותר מאפשרות אחת)

- ☐ ChatGPT ☐ Perplexity ☐ Elicit ☐ SciSpace
- ☐ Monica ☐ Claude ☐ Gemini ☐ Copilot
- ☐ ChatPDF ☐ בוטים שנוצרו על ידי המורה
- ☐ לא השתמשתי בכלים

□ אחר: _____

חלק ב': שימוש בשלבים ומשימות

6. לאילו שלבים/משימות נעזרת בעיקר בכלי בינה מלאכותית?

(סמני את כל הרלוונטיים)

□ גיבוש רעיונות

□ ניסוח שאלת מחקר

□ איתור מקורות

□ מפת מושגים / ראשי פרקים

□ סיכום / ניתוח מקורות

□ שיפור ניסוח / עריכה

□ תרגום

□ עיבוד / ניתוח נתונים

□ תכנון / ניהול זמן

□ עריכת רשימה ביבליוגרפית

□ אחר: _____

7. דרגי את התרומה הכללית של כלי הבינה המלאכותית לעבודה (1 = כלל לא מועיל, 5 = מועיל מאוד):

□ 1 □ 2 □ 3 □ 4 □ 5

8. הסברי את תשובתך:

.....

חלק ג': תהליך הלמידה וההבנה

9. באיזו תדירות את/ה מאמת/ת מידע שקיבלת מהכלי?

☐ 1 – אף פעם ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 – תמיד

10. עד כמה את/ה משכתב/ת את הטקסט שקיבלת לפני השימוש בו?

☐ 1 – אף פעם ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 – תמיד

11. עד כמה את/ה מרגיש/ה שאת/ה באמת מבינ/ה את החומר לאחר שימוש בכלי?

☐ 1 – בכלל לא מסכים/ה ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 – מסכים/ה מאוד

12. תאר/י פעולה שאת/ה עושה כדי לוודא הבנה מעמיקה של החומר:

.....

13. האם היקף השימוש שלך בכלי השתנה לאורך העבודה?

☐ השתמשתי יותר בשלבים מתקדמים

☐ השתמשתי פחות בשלבים מתקדמים

☐ השימוש נשאר דומה

☐ לא השתמשתי כלל

14. תאר/י כיצד השתנה השימוש (אם בכלל):

.....

חלק ד': אתגרים והתמודדות

15. מה היה האתגר המרכזי ביותר שחוויית?

☐ מידע לא מדויק / "חרטוטים"

☐ קושי בניסוח פרומפטים

☐ בעיות טכניות

☐ מחסום שפה

☐ קושי באיתור מקורות

☐ מגבלות של גרסאות חינוכיות

☐ אחר: _____

16. כיצד את/ה מתמודד/ת עם תשובה לא מדויקת או לא מועילה מהכלי?

.....

חלק ה': אתיקה וסיכום אישי

17. אילו פעולות את/ה נוקט/ת כדי להבטיח שימוש אתי?

☐ בדיקת מקורות

☐ שכתוב טקסטים

☐ הצהרה למנחה על שימוש בכלי

☐ שימוש בכלי רק לחיפוש / סיכום

☐ הימנעות מהעתקה

☐ לא מבצע/ת פעולות מיוחדות

☐ אחר: _____

18. מהו הלקח או התובנה המרכזית שלמדת מהשימוש בכלי?

.....

19. הערות נוספות (אם יש):

.....

נספח 7: שאלון פרה לרכזים – מחקר ניסוי בינה מלאכותית בעבודת גמר 2.0

שם הטופס המלא: שאלון מחקר – ניסוי בינה מלאכותית בעבודת גמר 2.0 (רכזים/ות)

מטרה: הערכת אוריינות דיגיטלית וכשירות לשילוב כלי בינה מלאכותית בתהליך הנחיית עבודות גמר

הערה: השאלון אנונימי. זמן מילוי משוער: כ־15 דקות.

מבוא והנחיות קצרות:

- קרא/י כל היגד וסמנ/י את הדירוג המשקף את מצבך הנוכחי.
- התייחס/י למצב הקיים ולא למצב הרצוי.
- בשאלות הפתוחות פרט/י ככל האפשר.
- אין תשובות "נכונות" או "לא נכונות".

חלק א: פרטי רקע מקצועיים

1. גיל:

.....

2. תפקידים בהקשר עבודות גמר (סמנ/י את כל הרלוונטיים):

☐ רכז/ת ☐ מעריכ/ה ☐ מנחה

3. ותק לפי תפקיד (סמנ/י):

• **ותק כרכז/ת:** ☐ 1-3 שנים ☐ 4-6 שנים ☐ 7 שנים ומעלה

• **ותק כמעריך/ה:** ☐ 1-3 שנים ☐ 4-6 שנים ☐ 7 שנים ומעלה

- **ותק כמנחה:** ☐ 1-3 שנים ☐ 4-6 שנים ☐ 7 שנים ומעלה

4. ותק בהוראה (מספר שנים):

.....

5. תחום הדעת בו את/ה מרכז/ת/מנחה/מעריכ/ה:

.....

6. מספר התלמידים שאת/ה מרכז/ת/מנחה בשנת תשפ"ה:

.....

7. השתתפות בניסוי עבודות גמר בשנת תשפ"ד:

☐ כן ☐ לא

8. השתתפות בהשתלמות אחרת על שילוב בינה מלאכותית בחינוך/הוראה:

☐ כן ☐ לא

9. פירוט ההשתלמות (אם צוין "כן"):

.....

10. עמדה כללית לגבי שימוש בכלי בינה מלאכותית בעבודות גמר:

☐ מתנגד/ת

☐ חושש/ת אך מבינ/ה את הנחיצות

☐ תומכ/ת בשימוש מבוקר

☐ תומכ/ת נלהב/ת

חלק ב: הערכת כשירות בשימוש בבינה מלאכותית

מעורבות מקצועית

באיזו תדירות את/ה מבצע/ת את הפעולות הבאות?

(1 = אף פעם, 2 = לעיתים רחוקות, 3 = לפעמים, 4 = באופן קבוע)

4 3 2 1

היגד

☐ ☐ ☐ ☐

משתתפ/ת בתוכניות פיתוח מקצועי בנושא בינה מלאכותית

☐ ☐ ☐ ☐

מעורב/ת בקהילות מקוונות (ווטסאפ/פייסבוק) לעדכון בכלי בינה מלאכותית

☐ ☐ ☐ ☐

מתעדכנ/ת בהתפתחויות חדשות בכלי בינה מלאכותית

☐ ☐ ☐ ☐

חושב/ת באופן רפלקטיבי על שילוב כלי בינה מלאכותית בהנחיה

רמת ידע והבנה

כיצד את/ה מעריך/ת את רמת הידע שלך בנושאים הבאים?

(1 = אין ידע, 2 = ידע בסיסי, 3 = ידע טוב, 4 = ידע מעמיק)

4 3 2 1

נושא

☐ ☐ ☐ ☐

סוגי כלי בינה מלאכותית והשימוש בהם

☐ ☐ ☐ ☐

היבטים אתיים בשימוש בבינה מלאכותית

☐ ☐ ☐ ☐

שיטות להערכת איכות תוצרי בינה מלאכותית

☐ ☐ ☐ ☐

דרכים לשילוב בינה מלאכותית בתהליכי מחקר

☐ ☐ ☐ ☐

פרטיות ואבטחת מידע בשימוש בכלי בינה מלאכותית

☐ ☐ ☐ ☐

ערכת ההדרכה למורה (משרד החינוך) לשימוש בינה מלאכותית
בעבודות גמר

☐ ☐ ☐ ☐

מדיניות משרד החינוך לגבי שימוש בבינה מלאכותית

רמת מסוגלות (Self-Efficacy)

באיזו מידה את/ה מרגיש/ה מסוגל/ת לבצע את הפעולות הבאות?

(1 = כלל לא, 2 = במידה מועטה, 3 = במידה בינונית, 4 = במידה רבה)

4 3 2 1

פעולה

☐ ☐ ☐ ☐

לזהות ולהעריך כלי בינה מלאכותית המתאימים להנחיית
עבודות גמר

☐ ☐ ☐ ☐

להתאים כלי בינה מלאכותית לצרכים ספציפיים של
תלמידים

☐ ☐ ☐ ☐ לשלב כלי בינה מלאכותית בשלבים שונים של המחקר

☐ ☐ ☐ ☐ להתמודד עם בעיות טכניות בשימוש בכלים

☐ ☐ ☐ ☐ להעריך את איכות התוצרים של כלי בינה מלאכותית

רמת היישום בהנחיית תלמידים

באיזו מידה את/ה מיישם/ת את הפעולות הבאות?

(1 = כלל לא, 2 = באופן בסיסי, 3 = באופן חלקי, 4 = באופן מלא)

פעולה **1** **2** **3** **4**

☐ ☐ ☐ ☐ סיעור מוחות וגיבוש רעיונות
למחקר

☐ ☐ ☐ ☐ סקירת ספרות וחיפוש מקורות

☐ ☐ ☐ ☐ בניית מערך מחקר

☐ ☐ ☐ ☐ יצירת כלי מחקר

☐ ☐ ☐ ☐ ניתוח נתונים

☐ ☐ ☐ ☐ כתיבה ועריכה של פרקי העבודה

☐ ☐ ☐ ☐ עריכת מקורות ביבליוגרפיים

שאלת פתוחה – יישום בפועל:

תאר/י דוגמה ספציפית לשילוב כלי בינה מלאכותית בתהליך הנחיית עבודת גמר (שלב החקר, הכלי, והתרומה לקידום עבודת התלמיד/ה):

.....

הנגשה ופרסונליזציה

באיזו מידה את/ה מיישמת את הפעולות הבאות?

(1 = כלל לא, 2 = במידה מועטה, 3 = במידה בינונית, 4 = במידה רבה)

4 3 2 1

פעולה

☐ ☐ ☐ ☐ בחירה והתאמה של כלי בינה מלאכותית לצורך הנגשה והשתתפות מלאה של כל התלמידים

☐ ☐ ☐ ☐ שימוש בכלים להתאמת ההנחיה לסגנון ולקצב האישי של כל תלמיד/ה

שאלת פתוחה – התאמה לצרכים ייחודיים:

תאר/י מקרה בו התאמת את השימוש בכלי לצרכים ייחודיים של תלמיד/ה. כיצד זה השפיע על התקדמותו/ה ועל תהליך החקר?

.....

הערכה ומשוב

באיזו מידה את/ה מיישמת את הפעולות הבאות?

(1 = כלל לא, 2 = במידה מועטה, 3 = במידה בינונית, 4 = במידה רבה)

4 3 2 1

פעולה

☐ ☐ ☐ ☐ איסוף וניתוח נתונים על אופן השימוש של התלמידים בבניה מלאכותית

☐ ☐ ☐ ☐ שימוש בכלים לבדיקת ולהערכת חלקים שונים של עבודות התלמידים

☐ ☐ ☐ ☐ שימוש בכלים למתן משוב מפורט ומדויק

שאלת פתוחה - הערכה ומשוב:

תאר/י כיצד את/ה משלב/ת כלי בינה מלאכותית בתהליכי הערכה ומשוב:

.....

פיתוח מיומנויות אצל תלמידים

באיזו מידה את/ה מצליח/ה לפתח אצל תלמידיך את המיומנויות הבאות?

(1 = כלל לא, 2 = במידה מועטה, 3 = במידה בינונית, 4 = במידה רבה)

4 3 2 1

מיומנות

☐ ☐ ☐ ☐ חשיבה ביקורתית בשימוש בכלי בינה
מלאכותית

☐ ☐ ☐ ☐ שימוש אתי ואחראי תוך שמירה על יושרה
אקדמית

☐ ☐ ☐ ☐ יכולת להעריך את איכות המידע המתקבל

☐ ☐ ☐ ☐ עצמאות בשימוש בכלים

☐ ☐ ☐ ☐ שימוש יצירתי לפתרון בעיות בתהליך המחקר

☐ ☐ ☐ ☐ הקפדה על פרטיות ואבטחת מידע

שאלת פתוחה - פיתוח שימוש ביקורתי ואחראי:

הדגמי/ כיצד את/ה מפתח/ת שימוש ביקורתי ואחראי בכלים אצל תלמידיך:

.....

תנאים וסביבת עבודה

מידת זמינות משאבים בבית הספר:

(1 = לא זמין, 2 = זמין חלקית, 3 = זמין במלואו)

| משאב | 1 | 2 | 3 |

| --- | --- | --- |

חומרה מתאימה (מחשבים/ציוד)	□	□	□
גישה יציבה ואיכותית לאינטרנט	□	□	□
גישה לכלי בינה מלאכותית נדרשים	□	□	□
תמיכה טכנית	□	□	□
הכשרות והדרכות פנימיות	□	□	□
משאבי למידה והוראה לבית הספר	□	□	□

שאלות פתוחות – צרכים ומשאבים:

- אילו משאבים/תשתיות/הכשרות היית רוצה שיהיו זמינים לשיפור ההנחיה בעידן הבינה המלאכותית?

.....

- אילו הנחיות/תמיכה/משאבים היית רוצה לקבל ממשדד החינוך? מהם הצרכים המרכזיים שלך מהמערכת?

.....

נספח 8: שאלון פוסט לרכזים – מחקר ניסוי בינה מלאכותית בעבודת גמר 2.0

שם הטופס המלא: שאלון פוסט – הערכת ההתנסות בשילוב כלי בינה מלאכותית בעבודות גמר

מטרה: להעריך את תרומת ההתנסות המקצועית לניסיון, למסוגלות, ולשימוש בפועל בכלים מבוססי בינה מלאכותית בתהליך הנחיית עבודות גמר

הערה: השאלון אנונימי. זמן מילוי משוער: 15 דקות.

חלק א: פרטי רקע מקצועיים

1. גיל:

.....

2. תפקידים שמולאו (סמנ/י את כל הרלוונטיים):

☐ רכז/ת ☐ מעריכ/ה ☐ מנחה

3. ותק בתפקידים (סמנ/י בטבלה):

תפקיד	3-1 שנים	4-6 שנים	7 שנים ומעלה
רכז/ת	☐	☐	☐
מעריכ/ה	☐	☐	☐
מנחה	☐	☐	☐

4.

ותק בהוראה (מספר שנים):

.....

5. תחום הדעת בו הנך עוסק/ת בהנחיית עבודות גמר:

.....

6. מספר התלמידים שליווית בפועל בשנת תשפ"ה:

.....

7. האם השתתפת בניסוי בשנת תשפ"ד?

☐ כן ☐ לא

8. האם השתתפת בהשתלמות נוספת בנושא שילוב AI בהוראה?

☐ כן ☐ לא

9. פירוט ההשתלמות (אם רלוונטי):

.....

10. עמדתך הכללית לגבי שילוב AI בעבודות גמר:

☐ מתנגד/ת ☐ חושש/ת אך מבינה ☐ תומכ/ת בשימוש מבוקר ☐ תומכ/ת נלהב/ת

חלק ב: הערכת כשירות בשימוש בבינה מלאכותית

מעורבות מקצועית (במהלך השנה האחרונה)

(1 = אף פעם, 4 = באופן קבוע)

פעילות

4 3 2 1

☐ ☐ ☐ ☐ השתתפות בפיתוח מקצועי בנושא AI

☐ ☐ ☐ ☐ פעילות בקהילות מקוונות בתחום AI

☐ ☐ ☐ ☐ התעדכנות בכלים חדשים

☐ ☐ ☐ ☐ חשיבה רפלקטיבית על שילוב AI

רמת ידע והבנה

נושא

אין ידע

ידע בסיסי

ידע טוב

ידע מעמיק

☐ ☐ ☐ ☐ סוגי כלי AI והשימוש בהם

☐ ☐ ☐ ☐ אתיקה בשימוש ב-AI

☐ ☐ ☐ ☐ הערכת איכות תוצרי AI

☐ ☐ ☐ ☐ שילוב AI במחקר

☐ ☐ ☐ ☐ פרטיות ואבטחת מידע

☐ ☐ ☐ ☐ ערכת ההדרכה למורה (משרד החינוך)

☐ ☐ ☐ ☐ מדיניות משרד החינוך לגבי AI

רמת מסוגלות בביצוע

פעולה	כלל לא	במידה מועטה	בינוני ת	רב ה
-------	--------	-------------	----------	------

☐ ☐ ☐ ☐ זיהוי והערכה של כלים מתאימים

☐ ☐ ☐ ☐ התאמה לצרכים ספציפיים של תלמידים

☐ ☐ ☐ ☐ שילוב בשלבי מחקר שונים

☐ ☐ ☐ ☐ התמודדות עם בעיות טכניות

☐
☐
☐
☐
הערכת איכות תוצרים

רמת יישום בהנחיה

פעולה	כלל לא	בסיס י	חלק י	מל א
סיעור מוחות וגיבוש רעיונות	☐	☐	☐	☐
חיפוש מקורות / סקירת ספרות	☐	☐	☐	☐
בניית מערך מחקר	☐	☐	☐	☐
פיתוח כלי מחקר	☐	☐	☐	☐
ניתוח נתונים	☐	☐	☐	☐
עריכת פרקים	☐	☐	☐	☐
ביבליוגרפיה	☐	☐	☐	☐

שאלת פתוחה:

תאר/י דוגמה לשילוב AI בהנחיית עבודת גמר בעקבות הניסוי (שלב, כלי, תרומה):

.....

הנגשה ופרסונליזציה

פעולה	כלל	מועט	בינוני	רב
	לא	ה	ת	ה

התאמת כלי AI לשם נגישות	☐	☐	☐	☐
-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

התאמת הכלי לסגנון אישי של תלמידים	☐	☐	☐	☐
-----------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

שאלת פתוחה:

תאר/י מקרה של התאמה לצורך ייחודי והשפעתו על התלמיד:

.....

הערכה ומשוב

פעולה	כלל	מועט	בינוני	רב
	לא	ה	ת	ה

איסוף נתונים על שימוש ב-AI	☐	☐	☐	☐
----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

שימוש ב-AI לבדיקה/הערכה של עבודות	☐	☐	☐	☐
-----------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

שימוש ב-AI למתן משוב ☐ ☐ ☐ ☐

שאלת פתוחה:

כיצד את/ה משלב/ת AI בתהליכי הערכה ומשוב?

.....

פיתוח מיומנויות תלמידים

מיומנות	כלל לא	מועט ה	בינוני ת	רב ה
חשיבה ביקורתית	☐	☐	☐	☐
שימוש אתי ואחראי	☐	☐	☐	☐
הערכת מידע מ-AI	☐	☐	☐	☐
עצמאות בשימוש בכלים	☐	☐	☐	☐
שימוש יצירתי ב-AI	☐	☐	☐	☐
שמירה על פרטיות ואבטחת מידע	☐	☐	☐	☐

שאלת פתוחה:

כיצד את/ה מפתח/ת שימוש ביקורתי ואחראי ב-AI אצל תלמידך?

.....

תנאים וסביבת עבודה

משאב	לא זמין	זמין חלקית	זמין במלואו
מחשבים / ציוד	☐	☐	☐
אינטרנט איכותי	☐	☐	☐
גישה לכלים	☐	☐	☐
תמיכה טכנית	☐	☐	☐
הכשרות בבית הספר	☐	☐	☐
חומרי הוראה של בית הספר	☐	☐	☐

שאלות פתוחות - צרכים ומשאבים:

- אילו משאבים ותשתיות חסרים בבית הספר?

.....

- מה תצטרך/י ממשרד החינוך כדי להתמודד טוב יותר עם שילוב AI בהנחיה?

.....

תרומת הניסוי להתפתחות המקצועית

היגד	כלל	מועט	בינוני	רב
	לא	ה	ת	ה
הניסוי הרחיב את הכלים הדיגיטליים שלי	☐	☐	☐	☐
הניסוי חיזק את תחושת המסוגלות לחדשנות פדגוגית	☐	☐	☐	☐
אני מתכוונת/ת להמשיך לשלב AI בהוראה	☐	☐	☐	☐

שאלות פתוחות נוספות לסיכום:

- תארי/ פרקטיקה או כלי חדשים שהטמעת בעקבות הניסוי:

.....

- מהם האתגרים המרכזיים שחווית בעבודה עם תלמידים באמצעות AI?

.....

- כיצד השתנה תהליך ההנחיה שלך לעומת תחילת השנה?

.....

- הצעות/המלצות להמשך פיתוח מקצועי בתחום:

.....
