



12.11.25

שילוב בינה מלאכותית בביוחקר - מדריך לשימוש מאוזן ואחראי

אנו נמצאים בעיצומה של מהפכה טכנולוגית שאינה פוסחת על מערכת החינוך. הבינה המלאכותית (AI) הופכת לכלי נגיש, והיא טומנת בחובה פוטנציאל אדיר לשמש כמעצים למידה ולסייע לתלמידים לפתח חשיבה מדעית, להתמודד עם מושגים מורכבים ולשפר את איכות כתיבתם.

יחד עם ההזדמנויות, אנו ערים היטב לחשש העולה בשטח. שימוש לרעה ב-AI, הכולל העתקת עבודות שלמות או הסתמכות עיוורת על תוצרים מומצאים, עלול לערער את האותנטיות של תהליך הביוחקר ואת משמעותו הלימודית. כדי לאזן בין ההזדמנויות לבין החששות משימוש לרעה, מדריך זה מציע מסגרת עבודה מקיפה.

לפני שמתחילים, מספר הבהרות חשובות:

- השימוש בבינה מלאכותית המתואר במסמך זה אינו חובה, אלא המלצה ומסגרת עבודה אפשרית עבור מורים ותלמידים המעוניינים בכך.
 - זהו מסמך מתפתח: אנו צופים שהמסמך ישתנה ויתעדכן בהתאם להתפתחויות הטכנולוגיות והתובנות הפדגוגיות מהשטח.
 - מורות ומורים המשלבים את הבינה מלאכותית מוזמנים לשתף בתובנות, דוגמאות או פרומפטים מוצלחים, לסייע בשדרוג והרחבת המסמך. ניתן לפנות לנעמי רייבשטיין biocheker.biology@gmail.com
 - מתוכננת, בהמשך השנה, השתלמות ייעודית בנושא שילוב בינה מלאכותית בביוחקר, בנוסף להשתלמות כללית לכלים בבינה מלאכותית. פרטים נוספים בבוא העת יפורסמו בלוח המודעות בשולחן מפמ"ר ובתפוצה לקשר ביולוגי.
 - ההנחיות במסמך זה מתייחסות לשימוש בכלים טכנולוגיים שאושרו על ידי משרד החינוך, כגון Gemini, ChatGPT, NotebookLM. יש להקפיד על שימוש בכלים אלו בלבד, בהתאם להנחיות המשרד.
- הבהרה לגבי ייעוד הכלים:** כדי לייעל את העבודה, מומלץ להנחות את התלמידים לגבי ההבדלים המהותיים בין הכלים המאושרים:

- * **Gemini / ChatGPT** אלה הם מודלי שפה רחבים ו"יצירתיים". הם מצוינים לשלבים של **סיעור מוחות** (למשל, קבלת רעיונות לנושאי חקר, **הסבר מושגים** מורכבים), וסיוע **בניסוח ראשוני** או שיפור ניסוח קיים. עם זאת, בשימוש בהם קיים הסיכון שהם "ימציאו מידע", ולכן החשיבה הביקורתית כאן היא קריטית.
- * **NotebookLM** כלי זה פועל בצורה שונה – הוא "**מקורקע**" **למקורות מידע שהמשתמש מעלה אליו**. התלמידים יכולים להעלות אליו את המאמרים שהם מצאו, את חוברת ההנחיות לביוחקר, או אפילו טיוטות שהם כתבו. הכלי יסכם, ישווה, ינתח וייצור רעיונות אך ורק על בסיס החומרים הללו.

לכן, מומלץ במיוחד להשתמש ב NotebookLM לשלבים כמו: 1. סיכום והשוואה של מקורות מידע שהתלמיד אסף. 2. בדיקת הבנה של מנגנונים פיזיולוגיים מתוך המאמרים. 3. וידוא התאמה להנחיות (לאחר העלאת חוברת ההנחיות). שימוש בכלי זה מחזק את עקרון החשיבה הביקורתית והאוטנטיות, ומפחית משמעותית את הסיכון להסתמכות על מידע מומצא.

המסמך מחולק לשלושה חלקים עיקריים:

1. עקרונות יסוד לתלמיד: הגדרת שלושה כללי חובה לעבודה עם AI (שקיפות, חשיבה ביקורתית ואוטנטיות).
2. הנחיות פדגוגיות למורה: כלים מעשיים להפיכת "נספח השקיפות" מכלי טכני לכלי לפיתוח חשיבה מדעית.
3. מפת דרכים מפורטת: יישום ההנחיות והמלצות לשימוש מושכל ב AI בכל אחד משלבי הביחוקר, החל מגיבוש הרעיון ועד להצגת הממצאים.

עקרונות יסוד לתלמיד

1. עיקרון השקיפות המלאה: זהו התנאי המקדים לשימוש בכלי. יש להנחות את התלמידים לתעד את כל הפניותיהם (הפרומפטים) לכלי הבינה המלאכותית בנספח ייעודי. נספח זה, "נספח השקיפות", יוגש בסוף התהליך כחלק בלתי נפרד מהעבודה, וישקף את הדיאלוג של התלמידים עם הכלי ואת תהליך החשיבה הביקורתית שלהם.
2. עיקרון החשיבה הביקורתית: יש להדגיש בפני התלמידים שכלי AI עלולים להמציא מידע, נתונים ומקורות מידע. יש להתייחס לכל פלט של הבינה המלאכותית כאל טיוטה ראשונית בלבד. יש להנחות את התלמידים לאמת כל פיסת מידע, לבדוק שמקורות המידע אכן קיימים ושהתוכן בהם תואם את הנתען על ידי הבינה המלאכותית. יתרה מכך, מומלץ להפוך את היוצרות: להנחות את התלמידים לספק ל-AI מקורות מידע שהם מצאו ואמתו, ולבקש מהכלי לסכם, לנתח או להשוות ביניהם.
3. עיקרון האוטנטיות והקול האישי: יש להבהיר לתלמידים שהכתיבה הסופית חייבת להיות בניסוח שלהם. אף על פי שבמגמת הביולוגיה אין כיום שימוש נרחב בבטים לבדיקת העתקות, אנו מיישרים קו עם הסטנדרטים במערכת החינוך. יש להנחות את התלמידים להתייחס לפלט ה-AI כטייטה, לוודא שהם מבינים כל מושג ורעיון המופיעים בה, ולהטמיע אותה בכתיבתם תוך שמירה על קולם האישי. הכי חשוב – לעולם לא להשתמש במילה או במושג שהם אינם מבינים ויכולים להסביר בעל פה. מומלץ שהתלמידים ישתמשו ב-AI עיקר לאחר שכתבו טיוטה ראשונית משלהם, ולא לפני.
4. עיקרון פרטיות ואתיקה: אין להעלות לכלי ה-AI מידע אישי מזהה (שמות מלאים, תעודות זהות, פרטי קשר) של חברי הקבוצה או תלמידים אחרים. בעת העלאת תמונות ניסוי, יש לוודא שהן אינן כוללות פנים של אנשים.

הנחיות פדגוגיות למורה: יישום והעמקת "נספח השקיפות"

כדי להבטיח שהשימוש בבינה המלאכותית יתרום לפיתוח החשיבה המדעית של התלמידים ולא יחליף אותה, אנו ממליצים לשלב את ההנחיות הפדגוגיות הבאות. הנחיות אלו הופכות את "נספח השקיפות" מכלי תיעוד פסיבי לכלי עבודה אקטיבי ומפתח חשיבה.

יש להנחות את התלמידים לתעד בנספח לא רק את הפניות, אלא גם את העקרונות הבאים:

1. תיעוד דיאלוג מתמשך (עקרון ה"פינג-פונג"): אין להסתפק בהצגת הפרומפט הראשון והתשובה הסופית. יש לדרוש מהתלמידים לצרף לנספח תיעוד של תהליך הדיאלוג (לפחות 5-6 סבבי שאלות ותשובות). תיעוד זה יוכיח תהליך של חשיבה, מיקוד, דיוק ואתגור הכלי, ויראה כיצד התלמיד זיקק את המידע ולא קיבל אותו כ"מובן מאליו".

2. **הנחיית ה-AI לשמש כ"מנחה" (ולא כ"פותר"):** יש לעודד את התלמידים (ולדרוש תיעוד לכך) להשתמש בפרומפטים המגדירים ל-AI תפקיד של "מנחה". למשל: "אני רוצה לנסח שאלת חקר. אל תיתן לי את התשובה, אלא שאל אותי שאלות מנחות שיעזרו לי לנסח אותה בעצמי". התלמיד יתבקש לצרף את ההנחיה הזו (הפרומפט) בראש התיעוד של אותה משימה.
3. **קבלת משוב מטא-קוגניטיבי מהכלי:** בסיום כל משימה משמעותית עם ה-AI, יש לחייב את התלמידים לבקש מהכלי משוב על התהליך שהם עצמם ביצעו. למשל: "בהתבסס על השיחה שלנו, איך אתה מעריך את רמת החשיבה הביקורתית שהפגנתי? מה שאלתי היטב, ואיפה יכולתי לדייק יותר כדי לקבל ממך תוצאות טובות יותר?". התלמיד יצרף את המשוב שקיבל כלשונו לנספח התיעוד
4. **דוגמה מהשטח:** יש לעודד את התלמידים לכלול ב"נספח השקיפות" גם תיעוד של מקרה שבו AI טעה או נתן מידע לא מדויק, ואיך התלמיד זיהה זאת ותיקן. זה מלמד חשיבה ביקורתית ומראה שהתלמיד אכן בודק ולא מעתיק בעיוורון.

מפת דרכים מפורטת

הטבלה הבאה מציגה מפת דרכים לשימוש מושכל בכלי בינה מלאכותית לאורך שלבי הביוחקר.

שלב בביוחקר	המלצה לשימוש מושכל	סיכונים ודרכי התמודדות	דוגמאות לפרומפטים מומלצים
הגדרת מסגרת העבודה	"להזין" לכלי ה-AI את חוברת ההנחיות לביוחקר, רשימת ציוד זמין במעבדה, והנחיות בטיחות מרכזיות.	סיכון: קבלת הנחיות כלליות. התמודדות: יש להתחיל צ'ט חדש לגמרי, כדי שהבינה לא תהיה מושפעת משיחה קודמת ותתרכז בהנחיות. יש לעשות זאת ב"צ'אט" חדש ונקי כדי שההנחיות יהיו בבסיס כל השיחה.	"אני תלמיד/ה בתיכון, ואני מתחיל/ה פרויקט 'ביוחקר'. אני מצרף/ת את מסמך ההנחיות הרשמי של הביוחקר: חוברת ההנחיות לביוחקר. קרא אותו בעיון וביסודיות" "בנוסף, זוהי רשימת הציוד והחומרים הזמינים במעבדת בית הספר שלנו: [הדבקת הרשימה]. כל הצעה שלך לניסוי חייבת להתבסס אך ורק על רשימה זו ועל כללי הבטיחות המחייבים".
גיבוש צוות	עזרה בהצעת חלוקת תפקידים מותאמת לכישורי חברי הצוות	סיכון חלוקה לא מאוזנת שמגבילה את תרומת חלק מהתלמידים; התמודדות החלטה סופית ע"י הצוות והמורה	"הצג לי דרכים אפשריות לחלוקת משימות ביוחקר בין שלושה תלמידים בעלי כישורים שונים" "מצורפים מאפיינים של תלמידים בעלי כישורים שונים [צירוף הרשימה]. סייע לי לצור קבוצות מאוזנות לעבודה על הביוחקר, שזו עבודת חקר במגמת הביולוגיה ודורשת חשיבה מדעית, חשיבה ביקורתית, עיבוד תוצאות, תכנון ניסוי, עמידה בלוח, עבודת צוות,

שלב בביוחקר	✓ המלצה לשימוש מושכל	⚠ סיכונים ודרכי התמודדות	💡 דוגמאות לפרומפטים מומלצים
			חלוקת תפקידים, עיצוב אסמטי, חיפוש, סיכום ומיזוג מקורות מידע" "הצע לי רעיונות לחלוקת הכיתה לשלשות עבור עבודת ביוחקר במגמת הביולוגיה ואת היתרונות והחסרונות של כל דרך"
זיהוי נקודת המוצא לחקר	רעיונות לנושאים ביולוגיים רלוונטיים AI לזיהוי נושאים חדשניים ורלוונטיים בביולוגיה אשר ניתן לחקור אותם באמצעים הקיימים בבית הספר	חשוב לוודא שהבעיה המוצגת אותנטית ולא מומצאת סיכון בחירת נושא לא ישים או גנרי התמודדות : - המורה מנחה את הבחירה הסופית ומאשר את הנושא - בדיקת ההצעה במקורות מידע נוספים	"הצע לי 10 תופעות ביולוגיות מעניינות ונגישות לחקר במעבדת בית הספר להצגה ביריד תופעות: יריד פיזי שבו התלמידים צופים בתופעות ומתרשמים מהן, לקראת בחירת נושא לביוחקר" "הצע 10 בעיות ביולוגיות מעניינות ונגישות לחקר במעבדת בית הספר תיכוני ברמה של מגמה ביולוגית כיתה י"א-י"ב בנושא [ציין נושא]"
הרחבת בסיס הידע על נקודת המוצא לחקר	- הסבר מושגים מדעיים מורכבים - סיכום מאמרים אקדמיים (בעיקר באנגלית) - כיוונים למקורות מידע נוספים - השוואה בין מקורות מידע - מיזוג מידע	סיכון - העתקה מלאה של פרק הרקע - שימוש במקורות מומצאים התמודדות - דרישה לסיכום המידע המתקבל במילים של התלמידים - דרישה לאימות מקורות המידע על המורים לכוון את התלמידים לראות בפלט ה-AI (סיכומים, ניסוחים, מסקנות שהוצעו) טיוטה ראשונית בלבד שיש לבקר, לשפוט ולשפר	"קראתי מאמר על השפעת המלח על הנביטה. עזור לי להבין את המנגנון הפיזיולוגי ברמה של תלמיד במגמה ביולוגית בתיכון" "סכם לי את הנקודות העיקריות שבמאמר [צירוף המאמר]" השווה בטבלה בין שני המאמרים המצורפים [צירוף המאמרים] "סכם לי את המקורות הבאים על [נושא] ובדוק את האמינות שלהם"
גיבוש שאלת חקר	- סיעור מוחות לרעיונות חקר בתחום העניין (נקודת המוצא לחקר) - קבלת משוב על שאלת החקר שהתלמידים נסחו - עזרה בניסוח שאלת חקר ברורה ושניתנת למדידה - זיהוי משתנים ובדיקת התאמה למטרות החקר - דיוק בניסוח המשתנים	סיכון הסתמכות יתר על בינה מלאכותית לניסוח השאלה התמודדות המורה מנחה את התלמידים לנסח את השאלה בעצמם, בכיתה ורק לאחר מכן, המשך עבודה עם הבינה המלאכותית	"אני מתעניין/ת בבטיט זרעים. הצע לי 3 שאלות חקר שניתן לבדוק בבית הספר עם ציוד בסיסי" "אנחנו חוקרים השפעה של מיצוי שום על שיעור התסיסה של שמרים. שאלת חקר בביוחקר מנוסחת על פי תבנית: מה ההשפעה של משתנה בלתי תלוי על משתנה תלוי באורגניזם X? או מה הקשר

שלב בביוחקר	✓ המלצה לשימוש מושכל	⚠ סיכונים ודרכי התמודדות	💡 דוגמאות לפרומפטים מומלצים
			בין המשתנה הבלתי תלוי למשתנה התלוי באורגניזם X? שאלת החקר שלנו: [שאלת החקר]. תן לנו משוב על איכות השאלה מבחינת הגדרת המשתנים ומבנה השאלה"
השערה והבסיס הביולוגי להשערה	• בדיקת תקינות ניסוח ההשערה • הצעת בסיס ביולוגי מדעי ומבוסס להשערה • בדיקת הקשר שבין ההשערה לבסיס הביולוגי	סיכון העתקת ההשערה והבסיס הביולוגי ללא מחשבה התמודדות • מפגש עם קבוצת התלמידים לשיחה לאחר ניסוח שאלת החקר לדיון על ההשערה והבסיס הביולוגי שלה • הסתמכות על הרקע התיאורטי שהתלמידים כבר מצאו לניסוח ההשערה והבסיס הביולוגי ודרישה לציטוט מתוך המקור. • שימוש ב AI לדיוקים ושיפור ניסוחים	" שאלת החקר שלנו היא [הכנס שאלת חקר]. בהתבסס על הרקע התיאורטי שאספנו, האם הבסיס הביולוגי שניסחנו [הכניסו את הבסיס הביולוגי] מסביר קשר בין המשתנים?". "זו ההשערה שניסחנו: [הכניסו את ההשערה]. תן לנו משוב האם היא מנוסחת היטב, והאם הבסיס הביולוגי שכתבנו [הכניסו את הבסיס ביולוגי] תומך בה באופן לוגי ומבוסס מדעית".
תכנון הניסוי	תכנון מערך הניסוי המרכזי (הגדרת המשתנים, קבוצות הטיפול והבקרה) צריך להיעשות על ידי התלמידים ללא סיוע AI, כדי להבטיח הבנה מלאה של התהליך המדעי. עם זאת, לאחר גיבוש המערך, ניתן להיעזר ב AI- להתייעצות על פרטים טכניים. ניתן להיעזר בבינה מלאכותית עבור דיוק בפרטי הניסוי: כמו טווח טיפולים מומלץ, גורמים שחשוב לשמור קבועים והשפעתם על התהליך הנבדק	סיכון • תכנון תיאורטי בלתי ישים או העתקה בלי הבנה. • תכנון ניסוי שלא עומד בכללי הבטיחות של משרד החינוך. התמודדות • ליווי צמוד + דרישה להסביר הרציונל + אישור מערך הניסוי • שימוש בפרוטוקולים המקובלים במגמת הביולוגיה	"אני רוצה לבדוק השפעת ריכוז מלח על נביטת זרעים. המשתנה הבלתי תלוי הוא ריכוז המלח והמשתנה התלוי הוא שיעור הנביטה. אילו משתנים נוספים אני חייב/ת לקבוע כדי שהניסוי יהיה תקף?"
הכנת הצעת החקר לאישור	בדיקת ההצעה לפני הגשתה למורה	סיכון העתקת הצעת החקר מהבינה המלאכותית התמודדות כתיבת הצעת הביוחקר בקבוצות בכיתה	"כתבתי הצעת חקר על פי ההנחיות של הביוחקר. תן לי משוב עליה. מהן הנקודות שעלי לשפר?"

שלב בביוחקר	✓ המלצה לשימוש מושכל	⚠ סיכונים ודרכי התמודדות	💡 דוגמאות לפרומפטים מומלצים
ביצוע הניסוי	שימוש מינימלי בלבד: למשל, יצירת טבלאות ריקות לאיסוף נתונים מסודר	סיכון: דיווח על ניסוי שלא בוצע או המצאת נתונים התמודדות - ביצוע הניסוי בכיתה בנוכחות המורה - תיעוד תוצאות בכתב יד + תיעוד מצולם + חתימת מורה	"אני אוסף/ת נתונים על קוטר הילת העיכוב של השפעה של 4 סוגי אנטיביוטיקה על עיכוב ההתרבות של חיידקים. לכל סוג אנטיביוטיקה יש 5 חזרות. צור/צרי לי טבלה ריקה בפורמט שאוכל להדפיס ולמלא במעבדה. אל תשכח להוסיף עמודה עבור טיפול הבקרה ללא אנטיביוטיקה"
עיבוד תוצאות ומסקנות	- שיפור ניסוח של מסקנות שהתלמיד כבר כתב - סיוע בהבהרת הקשר בין התוצאות להשערה - אישוש או הפרכת ההשערה - הסברים על מושגים סטטיסטיים - רעיונות להסברים ביולוגיים לתוצאות - הצעת למחקרים עתידיים	סיכון AI "ממציא" מסקנות או התלמיד מאמץ פרשנות שגויה התמודדות על התלמידים לעבד את התוצאות לבד קודם. ה-AI צריך לשמש כלי לדיאלוג עם הנתונים שכבר עובדו, ואין לאפשר ל-AI "להמציא" מסקנות. בנוסף: אין להעלות תמונות של תוצאות הניסוי ל-AI ולבקש ממנו לנתח ישירות. במקום זאת, על התלמיד לתאר את התוצאות במילים ולבקש עזרה בפרשנות. זה חשוב כי זה סוגר פרצה - תלמידים יכולים לצלם את הגרפים ולבקש ניתוח מלא.	"בניסוי שלי מצאתי ש... [תיאור התוצאה, למשל: ריכוז מלח של 2% עיכב נביטה לחלוטין]. הצע/י שני הסברים ביולוגיים אפשריים לתופעה זו" "עזור לי לנתח האם התוצאות תומכות בהשערה ולחבר למנגנונים ביולוגיים" "עזור לי לנתח את התמונות הבאות ולזהות דפוסים בנתונים"
כתיבת עבודת סיכום הביוחקר והגשה	AI לעריכה לשונית, בדיקת מבנה המאמר ושיפור הבהירות - עריכה לשונית רק אחרי כתיבת טיוטה מלאה - שיפור ניסוח מדעי	סיכון כתיבת פרקים שלמים על ידי AI התמודדות שקיפות מלאה - נספח עם כל הפרומפטים + הגנה בע"פ	"כתבתי את הפסקה הבאה לסיכום התוצאות: [הדבקת טקסט מקורי של התלמיד]. עזור/י לי לשפר את הניסוח כך שיהיה יותר מדעי, מבלי לשנות את המשמעות" "עזור לי לערוך את עבודה כך שתהיה בהירה וזורמת ולוודא שהמבנה עומד בדרישות המדעיות"
הצעות להערכה אישית של התלמידים			

שלב בביוחקר	✓ המלצה לשימוש מושכל	⚠ סיכונים ודרכי התמודדות	💡 דוגמאות לפרומפטים מומלצים
רעיונות לשיטות להערכה אישית של תלמידים בביוחקר	קבלת רעיונות להתאמת הדרך שבה המורה יעריך את התלמידים בהערכה האישית. רעיונות להתאמת ההערכה האישית לאופי התלמידים ורמתם.	סיכון קבלת מגוון רעיונות לא מתאימים התמודדות הגדרה מדויקת של אופי התלמידים והמטרות של ההערכה	"הצע לי חמישה רעיונות להערכה אישית של תלמידים שבצעו ביוחקר השנה. הכיתה היא כיתה הטרוגנית, שבה יש תלמידים חזקים בעלי מוטיבציה לצד תלמידים חלשים, שחלקם חרוצים וחלקם לא. לחלק מהתלמידים מתאימה יותר עבודה כתובה ומתן תשובה לשאלות ולחלק אחר מתאימות יותר דרכים יצירתיות"
הכנה להצגה בפני קהל	- סימולציה של שאלות קהל - משוב לשיפור ההסבר - עזרה בעיצוב חזותי של מצגות	סיכון הצגה מוכנה בלי הבנה עמוקה התמודדות - דיון/מבחן בכיתה לבדיקת הבנה אמיתית - שילוב שאלות הנוגעות לניסיון האישי של התלמיד	"אני מכין/ה הצגה על הביוחקר שלי [צירוף עבודה]. שאל אותי 5 שאלות קשות שהקהל יכול לשאול כדי שאוכל להתכונן"
רפלקציה ולמידה (עבור המורה)	- דיון במגבלות החקר - הצעות למחקרים עתידיים - סיכום לקחים נלמדים - תובנות מהחקר	סיכון הסתפקות בתשובת AI במקום חשיבה אישית התמודדות שאלות פתוחות המחייבות חיבור מניסיון אישי	"הצע לי חמישה רעיונות לשאלות רפלקציה שאני יכולה לשאול את התלמידים עבור התהליך שהם עברו בביוחקר" "הצע לי חמש שאלות בנוגע לעבודת הביוחקר של תלמידים בהקשר של הבנת החקר שהם ביצעו, תובנות ממנו, מבט בקורתי עליו" "אני מעוניין ליצור בנק של 20 שאלות רפלקציה לתלמידים בהקשר ביוחקר שהם ביצעו. השאלות יהיו קשורות לתהליך שהם עברו, תובנות שהיו להם על עבודת צוות, על תכנון ניסוי, על ביצוע ניסוי, על איסוף ועיבוד נתונים, על כתיבת עבודת חקר"

מסמך זה נכתב ביוזמת הפיקוח על הוראת הביולוגיה
הובלת כתיבה וריכוז: נעמי רייבשטיין, שותפות לפיתוח: חגית קליין ואדווה גבאי
תודה גם לצוות ההדרכה בביולוגיה על הערותיהם המועילות.