

בחינת הידע הטכנולוגי-פדגוגי-תוכני בשילוב GenAI בקרב מורים בישראל

גילה קורץ

רעות ביבי

HIT מכון טכנולוגי חולון
gilaku@hit.ac.il

HIT מכון טכנולוגי חולון
Reutbibi123@gmail.com

Examining Technological Pedagogical Content Knowledge in GenAI Integration Among Teachers in Israel

Reut Bibi

Kurtz Gila

HIT Holon Institute of Technology
Reutbibi123@gmail.com

HIT Holon Institute of Technology
gilaku@hit.ac.il

Abstract

Generative Artificial Intelligence (GenAI) is rapidly evolving and impacting various fields, including education. The rapid growth of GenAI presents new opportunities to improve, and even fundamentally transform, teaching and learning processes, while also posing pedagogical, technological, and ethical challenges. The current study aimed to examine the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in integrating GenAI among teachers in Israel using the Intelligent-TPACK model. The study included 140 teachers from schools across the country who completed an online questionnaire. Data collection was conducted in March 2024 and lasted approximately four months. Analysis of the findings reveals significant positive correlations between different knowledge domains. Additionally, teachers who participated in professional development training on GenAI demonstrated higher levels across all types of knowledge compared to those who did not participate. The findings also indicate that teachers who use GenAI tools frequently exhibit higher levels of knowledge in all model components compared to teachers who use these tools less frequently. In light of these findings, it is recommended that the education system work towards developing a comprehensive, practical, and continuous professional development program for integrating GenAI tools in teaching and learning processes, thereby transforming the GenAI revolution into an opportunity to advance the education system into the era of artificial intelligence.

Keywords: Generative Artificial Intelligence (GenAI), Teacher education, Technology integration, TPACK.

תקציר

בינה מלאכותית יוצרת (GenAI) מתפתחת במהירות ומשפיעה על תחומים רבים, כולל תחום החינוך. הצמיחה המהירה של GenAI מציבה הזדמנויות חדשות לשיפור, ואפילו לשנות מהיסוד, תהליכי הוראה ולמידה, אך גם מציבה אתגרים פדגוגיים, טכנולוגיים ואתיים. מטרת המחקר הנוכחי הייתה לבחון את הידע הטכנולוגי-פדגוגי-תוכני בשילוב GenAI בקרב מורים בישראל תוך שימוש במודל Intelligent-TPACK. במחקר השתתפו 140 מורים המלמדים בבתי ספר בכל רחבי הארץ שענו על שאלון מקוון. איסוף הנתונים נערך בחודש מרץ 2024 ונמשך כארבעה חודשים. מניתוח הממצאים עולה כי קיימים קשרים חיוביים ומובהקים בין תחומי הידע השונים. עוד נמצא כי מורים שהשתתפו בהשתלמות מקצועית בנושא ה-GenAI הראו רמות גבוהות יותר בכל סוגי הידע, בהשוואה למורים שלא השתתפו. הממצאים אף מלמדים כי מורים

המשתמשים בכלי GenAI בתדירות גבוהה מציגים רמות גבוהות יותר של ידע בכל רכיבי המודל, בהשוואה למורים המשתמשים בכלים אלו בתדירות נמוכה. לאור ממצאי המחקר, ראוי שמערכת החינוך תפעל למען גיבוש תוכנית הכשרה מקיפה, מעשית ומתמשכת בפיתוח מקצועי בשילוב כלי GenAI בתהליכי ההוראה והלמידה, כך היא תוכל להפוך את מהפכת ה-GenAI להזדמנות להצעת מערכת החינוך לעידן הבינה המלאכותית.

מילות מפתח: בינה מלאכותית יוצרת (GenAI), ידע טכנולוגי, פדגוגי ותוכן (TPACK), מערכת החינוך, טכנולוגיה, מורים.

מבוא

מהפכת הבינה המלאכותית היוצרת (Generative Artificial Intelligence – GenAI) תפסה תאוצה משמעותית בשנים האחרונות, ובפרט לאור השקת ChatGPT, צ'אטבוט מבוסס AI שפותח על ידי חברת OpenAI (Ogunleye et al., 2024; Jakub & Tomczak, 2024; Gildas & Agbon, 2024). השימוש ההולך וגובר ב-ChatGPT מאלץ מורים וחוקרים להכיר את הטכנולוגיה החדשה ואת ההשלכות של שילובה בתהליכי ההוראה והלמידה (Tseng & Warschauer, 2023). אנו נכנסים לעידן חדש, "עידן הבינה המלאכותית", שיש לו השלכות מרחיקות לכת על מערכת החינוך מגן הילדים ועד להשכלה הגבוהה (Pedro et al., 2019; Wang & Lester, 2023; Ghnemat, et al., 2022). לפיכך, חשוב להיערך לשינויים המהירים הצפויים בעקבות המהפכה הטכנולוגית המשמעותית הזו (Wang & Lester, 2023).

בינה מלאכותית בחינוך (AIED – Artificial Intelligence in Education) מתמקדת בפיתוח כלים מבוססי GenAI לתמיכה בתהליך ההוראה-למידה. המחקר מציין כי תחום זה התפתח משמעותית ב-25 השנים האחרונות (Ogunleye et al., 2024), ומדגיש את הפוטנציאל של בינה מלאכותית בחינוך בעיצוב מחדש של מערכות הוראה, למידה וחינוך. לפיכך, יישום טכנולוגיית ה-GenAI יכול להוביל לשינויים טרנספורמטיביים במערכת החינוך (Sharma & Sharma, 2023; Ezzaim et al., 2022; Hanip, Sarower, & Bhuiyan, 2024; Bahroun, et al., 2023).

הספרות המחקרית מצביעה על יתרונות מגוונים שמציעה טכנולוגיית ה-GenAI לשיפור תהליכי ההוראה והלמידה בכיתות (AlAli & Wardat, 2024; Bahroun et al., 2023). עם זאת, המחקר גם מדגיש את האתגרים והחששות האתיים הנלווים, כגון שקיפות, אחריות והטיות אלגוריתמיות, ואת החשיבות הרבה של הכשרת מורים באמצעות פיתוח מקצועי מובנה, וזאת במטרה להבטיח אימוץ מושכל, אתי ויעיל של טכנולוגיות GenAI במערכת החינוך, תוך מתן כלים פדגוגיים למורים להנחיית תלמידיהם בשימוש מיטבי בטכנולוגיות אלו (Forment, García-Peñalvo, & Camba, 2024; Knight et al., 2023; Sarah et al., 2024).

אחד היתרונות של טכנולוגיית ה-GenAI בתחום החינוך הוא יכולתה לספק למידה מותאמת אישית. המערכות החכמות מנטרות ומנתחות את ביצועי התלמידים כדי להתאים את חומרי הלימוד לקצב ולסגנון הלמידה של כל אחד. כתוצאה מכך, המחקרים מצביעים על שיפור משמעותי בהישגים האקדמיים, עלייה ברמת המוטיבציה של התלמידים, וירידה בשיעורי הנשירה (Chen, Chen, & Lin, 2020; Maher et al., 2023; Sharma, et al., 2023; Katiyar et al., 2024; Kadaruddin, 2023).

מחקרים מצאו כי שילוב GenAI בחינוך יכול להקל על עומס העבודה ולסייע במניעת שחיקה בקרב מורים. על ידי אוטומציה של משימות כגון תכנון שיעורים ובדיקת מבחנים, כלי GenAI מפנים למורים זמן יקר להתמקד בהוראה ובמתן תמיכה אישית לתלמידים (Dmytro & Pokryshen, 2024; Sayed et al., 2022; Mario, et al., 2023; Ayala-Pazmiño, 2023). מחקר שנערך לאחרונה הראה כי שימוש ב-GenAI יכול להפחית משמעותית את זמן ההכנה לשיעורים, עד כדי 50%, ובכך לאפשר למורים להתמקד יותר בהוראה ובמעורבות התלמידים ולא במשימות ניהוליות הקשורות להכנה (Karpouzis et al., 2024).

מחקרים אחרונים מצאו כי כלי GenAI יכולים לעזור בצמצום פערים לימודיים ובתמיכה במורים במתן מענה מותאם לצרכים השונים של התלמידים, לרבות תלמידים עם צרכים מיוחדים (Karpouzis et al., 2024; Mpu, 2024; Erich, 2023). מחקר נוסף מצביע על כך שהטמעת יישומי GenAI תורמת לשיפור הישגי תלמידים עם צרכים מיוחדים ומסייעת בצמצום הפערים הדיגיטליים שהחריפו בעקבות משבר הקורונה (Mpu, 2024). יתר על כן, כלי GenAI מאפשרים ניתוח נתונים חינוכיים באמצעות טכניקות מתקדמות כמו למידת מכונה (Machine Learning) ומייצרים דרכים חדשות להבנת תהליכי הלמידה של תלמידים, כולל זיהוי דפוסים של הצלחה וכישלון. השימוש בטכנולוגיות ניתוח נתונים לא רק מועיל לתלמידים אלא גם מספק למורים כלים להבין טוב יותר את ביצועי התלמידים, מה שמוביל לשיפור אסטרטגיות ההוראה (Yan, 2024; Dogan, Goru, et al., 2024; Dogan, & Bozkurt, 2023; Xiong et al., 2024). כלים אלו יכולים לסייע באיסוף וניתוח משוב מתלמידים, מה שמספק למורים תובנות חשובות לשיפור תהליכי הלמידה וההוראה (Mai et al., 2023).

מחקרים מראים כי שילוב GenAI בחינוך יכול לסייע בהכנת תלמידים לעולם העבודה העתידי, ולפתח אצלם כישורים חיוניים כמו חשיבה ביקורתית ויכולת ניתוח נתונים, ומאפשרת להם להסתגל טוב יותר לשינויים המהירים בשוק העבודה (Kadaruddin, 2023; Michael, Bühler, Jelinek, & Nübel, 2022). נמצא כי הכרת מושגי בינה מלאכותית לתלמידים כבר בשלבים מוקדמים של מערכת החינוך יכולה לסייע לטפח דור שמוכן טוב יותר לעתיד מונע בינה מלאכותית, ולחזוק הכלכלה והביטחון הלאומי (Nathan et al., 2022). הספרות המחקרית מצביעה על הצורך בכך שמורים יפתחו הבנה מעמיקה של טכנולוגיות אלו, ישתתפו בפעילויות מעשיות המשלבות אותן, ויקנו לתלמידים את הידע הנחוץ להשתמש בהן באופן אחראי ומושכל, זאת במטרה להשיג שילוב מוצלח של כלי GenAI בפרקטיקות ההוראה והלמידה (Brandão, A., Pedro, L., & Zagalo, N., 2024).

בנוגע לידע המורים להוראה מבוססת GenAI נמצא כי על מנת שמורים יוכלו לעשות שימוש מושכל ויעיל בטכנולוגיות אלו בתהליכי הוראה ולמידה הם צריכים להיחשף לתרומות הפדגוגיות של יישומי GenAI, וכן כי רק במידה והמורים יהיו בעלי ידע פדגוגי מעשי ותיאורטי מספיק דיו על מנת לעשות שימוש מושכל בכלים אלו, טכנולוגיה זו תוכל להוות חלק אינטגרלי להוראה אפקטיבית (Cavalcanti et al., 2021).

המסגרת התיאורטית שעליה מתבסס מחקר זה היא מודל TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge), אשר פותח על ידי קולר ומישרה (Koehler & Mishra, 2008). המודל מהווה מסגרת מושגית לתיאור סוגי הידע הנדרשים ממורים, על מנת ליישם בהצלחה שילוב של טכנולוגיה בהוראה. המודל בוחן את יכולת האינטגרציה של מורים בין שלושה סוגי ידע: ידע טכנולוגי, ידע פדגוגי וידע תוכני. עם פריצת יישומי GenAI הוצע להרחיב את מודל ה-TPACK המקורי ולהוסיף ידע הרלוונטי לשילוב יישומים אלו בהוראה מבוססת בינה מלאכותית. יתרה מכך, בשל סוגיות אתיות חדשות המתייחסות לשילוב ה-GenAI, על המורים להיות בעלי ידע גם להערכת החלטות מבוססות GenAI.

משום כך, המחקר הנוכחי עושה שימוש בעדכון מודל ה-TPACK לסולם מדידה חדש הנקרא Intelligent-TPACK שפותח על ידי החוקר איסמעיל צ'ליק במסגרת מחקר שבחן את הידע שיש למורים בשימוש בכלים מבוססי GenAI בחינוך. למעשה, החוקר פיתח מודל חדש למדידת ידע מורים לשימוש ב-AI להוראה בהתבסס על מודל ה-TPACK המקורי. כמו כן, הוא הוסיף רובד לבחינת היבטים אתיים (Celik, 2023). מסגרת ה-Intelligent-TPACK כוללת את הרכיבים הבאים (איור 1):

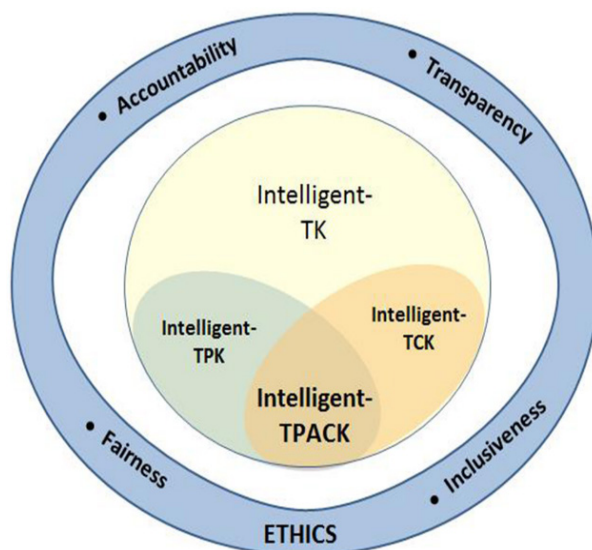
ידע טכנולוגי-אינטליגנטי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TK): הידע והמיומנויות הדרושים כדי להשתמש בכלי בינה מלאכותית ולנצל את הפונקציונליות הבסיסית שלהם. רכיב זה מודד את רמת ההכרות של המורים עם היכולות הטכניות של כלים אלה.

ידע טכנולוגי-פדגוגי-אינטליגנטי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPK): הידע על ההזדמנויות הפדגוגיות המוצעות על-ידי כלי בינה מלאכותית, כגון משוב אישי ובזמן אמת, וניטור למידה של תלמידים. כמו כן, רכיב זה מודד את הבנת המורים לגבי התראות ופרשנות של התראות מכלים אלה.

ידע תוכני-טכנולוגי-אינטליגנטי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TCK): הידע על כלי בינה מלאכותית ספציפיים לתחום התוכן. הוא מודד את מידת השימוש של מורים בכלים אלה כדי לעדכן את הידע התוכני שלהם. רכיב זה עוסק גם בהבנת המורים אודות טכנולוגיות ספציפיות המתאימות יותר ללמידה של נושאי הלימוד בתחום שלהם.

ידע פדגוגי-טכנולוגי-תוכני-אינטליגנטי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPACK): הידע המקצועי המשולב של המורים לבחור וליישם כלי בינה מלאכותית מתאימים (כמו מערכות הדרכה חכמות) לצורך יישום אסטרטגיות הוראה (כמו ניטור ומשוב בזמן אמת) להשגת יעדי ההוראה בתחום מסוים.

אתיקה (Ethics): הערכת עמדות המורה לגבי שימוש בכלי בינה מלאכותית, המבוססת על שקיפות (Transparency), הוגנות (Fairness), אחריות (Accountability) והכלה (Inclusiveness).



איור 1. מודל Intelligent-TPACK (Celik, 2023)

לאור האמור לעיל, מחקר זה מבקש לבחון את הידע הטכנולוגי-פדגוגי-תוכני בשילוב GenAI בקרב מורים בישראל. המחקר יספק תמונה עדכנית של הידע הטכנולוגי, הפדגוגי והתוכני של מורים בנוגע לשילוב מושכל של GenAI לשם הוראה ולמידה.

השערות ושאלות המחקר

השערות המחקר במחקר הנוכחי תורגמו מתוך השערות המחקר שהוצגו במחקרו של צ'ליק (Celik, 2023). טבלה 1 מפרטת את השערות המחקר לגבי הקשרים החזויים בין מרכיבי הידע השונים של מורים בתחום זה.

טבלה 1. תרגום לעברית של השערות המחקר המבוססות על סולם ה-Intelligent-TPACK (Celik, 2023)

רכיב/משתנה	
משתנה בלתי תלוי: ידע טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TK)	
H1a	ידע טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TK) מנבא/מסביר באופן חיובי את ידע פדגוגי-טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPK).
H1b	ידע טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TK) מנבא/מסביר באופן חיובי את ידע תוכן-טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TCK).
H1c	ידע טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TK) מנבא/מסביר באופן חיובי את אתיקה (Ethics).
H1d	ידע טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TK) מנבא/מסביר באופן חיובי את ידע פדגוגי-טכנולוגי-תוכן מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPACK).
משתנה בלתי תלוי: ידע פדגוגי-טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPK)	
H2	ידע פדגוגי-טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPK) מנבא/מסביר באופן חיובי את ידע פדגוגי-טכנולוגי-תוכן מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPACK).
משתנה בלתי תלוי: ידע תוכן-טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TCK)	
H3	ידע תוכן-טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TCK) מנבא/מסביר באופן חיובי את ידע פדגוגי-טכנולוגי-תוכן מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPACK).

משתנה בלתי תלוי: אתיקה (Ethics)	
H4a	אתיקה (Ethics) מנבאת/מסבירה באופן חיובי את ידע פדגוגי-טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPK).
H4b	אתיקה (Ethics) מנבאת/מסבירה באופן חיובי את ידע תוכן-טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TCK).
H4c	אתיקה (Ethics) מנבאת/מסבירה באופן חיובי את ידע פדגוגי-טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPK).

בנוסף, נסחו שלוש שאלות מחקר:

1. האם קיים הבדל בממוצעי רכיבי מודל ה- Intelligent TPACK בין מורים שהשתתפו בהשתלמות על שילוב כלי GenAI בהוראה לבין מורים שלא השתתפו?
2. האם קיים הבדל בממוצעי רכיבי מודל ה- Intelligent TPACK בין מורים המשתמשים בכלי GenAI בהוראה (כגון: ChatGPT, Midjourney, DALL-E 2) מספר פעמים בשבוע או מדי יום, לבין מורים המשתמשים בהם אחת או פעמיים בחודש או בין פעם לפעמיים בשבוע?
3. האם השתתפות בהשתלמות בנושא שילוב כלי GenAI ומידת השימוש בכלי GenAI בהוראה מנבאים את רמת ההתפתחות של כל אחד מרכיבי המודל Intelligent-TPACK?

מתודולוגיה

כלי המחקר

כלי המחקר הינו שאלון מקוון הבנוי מ-3 חלקים הכוללים 7 שאלות על נתוני רקע שונים, כגון: מגדר, ותק בהוראה, לאיזה מגזר שייך בית הספר בו אתה מלמד, שתי שאלות המיועדות להעריך את השימוש והידע בתחום ה-GenAI, ו-27 היגדים סגורים המבוססים על מודל ה-Intelligent-TPACK (טבלה 2).

טבלה 2. פירוט ההיגדים המבוססים על מודל ה-Intelligent TPACK של צ'ליק (Celik, 2023)

ידע טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TK)	
TK1	אני יודע איך לפעול עם כלים מבוססי בינה מלאכותית בחיי היומיום.
TK2	אני יודע לבצע משימות עם כלים מבוססי בינה מלאכותית.
TK3	אני יודע איך לבצע משימות מבוססות טכנולוגיות בינה מלאכותית באמצעות טקסט או דיבור.
TK4	יש לי את הידע הנדרש כדי להשתמש בכלים מבוססי בינה מלאכותית.
TK5	אני מכיר כלים מבוססי בינה מלאכותית, את יכולותיהם הטכניות ויודע כיצד לעבוד איתם מבחינה טכנית.
ידע טכנולוגי-פדגוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPK)	
TPK1	אני מבין את התרומה הפדגוגית של כלים מבוססי בינה מלאכותית בתחום ההוראה שלי.
TPK2	אני מעריך את התועלת של משוב מכלים מבוססי בינה מלאכותית עבור הוראה ולמידה.
TPK3	אני מסוגל לזהות כלים מבוססי בינה מלאכותית המתאימים ביותר לתלמידים, כך שיוכלו ליישם את הידע שרכשו באמצעות שימוש בכלים אלה.
TPK4	אני יודע איך להשתמש בכלים מבוססי בינה מלאכותית כדי לנטר ולעקוב אחר התקדמות הלמידה של התלמידים.
TPK5	אני מסוגל לפענח ולנתח התראות מכלים מבוססי בינה מלאכותית, ובאמצעותן לספק משוב רלוונטי, מדויק ובזמן אמת לתלמידים על התקדמותם בתהליכי הלמידה.

TPK6	אני יכול לפענח ולהבין אזהרות והערות המופקות מכלים מבוססי בינה מלאכותית, במטרה לסייע ולתמוך בתהליכי הלמידה של תלמידים.
TPK7	TPK7: אני מכיר כלים מבוססי בינה מלאכותית שיכולים לסייע בעידוד המוטיבציה של התלמידים ללמוד, ויודע כיצד לבחור ולהשתמש בהם באופן יעיל למטרה זו.
ידע תוכני-טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TCK)	
TCK1	אני יודע להשתמש בכלים מבוססי בינה מלאכותית כדי לחפש חומר לימודי בתחום ההוראה שלי.
TCK2	אני מודע למגוון כלים מבוססי בינה מלאכותית שנמצאים בשימוש אצל אנשי מקצוע בתחום ההוראה שלי.
TCK3	אני יכול להעריך את השימוש בכלים מבוססי בינה מלאכותית כדי להבין טוב יותר את תכני תחום ההוראה שלי.
TCK4	אני יודע איך לנצל את הכלים הספציפיים מבוססי בינה מלאכותית לתחום ההוראה שלי (לדוג', צ'אט בוט מתמטי).
ידע פדגוגי-טכנולוגי-תוכני מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPACK)	
TPACK1	בהוראת התחום שלי, אני יודע איך להשתמש בכלים שונים מבוססי בינה מלאכותית עבור משוב מותאם ללומד.
TPACK2	בתחום ההוראה שלי, אני יודע איך להשתמש בכלים שונים מבוססי בינה מלאכותית עבור למידה מותאמת אישית.
TPACK3	בהוראת התחום שלי, אני יודע איך להשתמש בכלים שונים מבוססי בינה מלאכותית עבור משוב בזמן אמת.
TPACK4	אני יכול ללמד נושא באמצעות כלים מבוססי בינה מלאכותית במגוון אסטרטגיות הוראה. לדוגמה, שימוש במערכת המלצה שתמליץ לתלמידים על תוכן רלוונטי בהתאם לרמתם.
TPACK5	אני יכול לשלב באופן מיטבי בין התוכן שאני מלמד בשיעור, כלים מבוססי בינה מלאכותית ואסטרטגיות הוראה.
TPACK6	אני יכול לשמש כמנטור ומוביל חדשנות בהוראה בקרב עמיתיי לשילוב כלים מבוססי בינה מלאכותית בתחום ההוראה שלנו.
TPACK7	אני יודע לבחור במגוון כלים מבוססי בינה מלאכותית כדי לעקוב אחר למידת התלמידים בתהליך ההוראה שלי.
אתיקה (Ethics)	
Ethics1	אני יכול להעריך באיזו מידה כלים מבוססי בינה מלאכותית מביאים בחשבון הבדלים אישיים (למשל, גזע ומגדר) של כל התלמידים שלי.
Ethics2	אני יכול להעריך באיזו מידה כלים מבוססי בינה מלאכותית פועלים בהוגנות כלפי כל התלמידים שלי.
Ethics3	אני יכול להבין את הצידוק לכל החלטה שמתקבלת על ידי כלי מבוסס בינה מלאכותית.
Ethics4	אני יכול לזהות את המפתחים שמשפיעים על תכנון ופיתוח כלים מבוססי בינה מלאכותית.

כל ההיגדים, למעט נתוני הרקע, דורגו באמצעות סולם ליקרט (1 – במידה מועטה מאד/כלל לא, 5 – במידה רבה מאד). הנתונים נותחו בעזרת תוכנת ה-SPSS וכללו מבחני שכיחויות, מבחני T למדגמים תלויים ומתאמים מסוג פירסון.

איסוף הנתונים

השאלון נכתב באמצעות Google Forms והופץ באופן מקוון בעזרת אפליקציית הוואטסאפ וברשתות החברתיות בקרב מורים המלמדים בבתי ספר ברחבי הארץ. ראשית הוא נשלח למורים המוכרים לחוקרות ולאחר מכן הופץ למורים נוספים בדגימת "כדור שלג" (Biernacki, & Waldorf, 1981). איסוף הנתונים החל בחודש מרץ 2024 ונמשך כארבעה חודשים.

משתתפי המחקר

אוכלוסיית המחקר כללה 140 מורים מתוכם 109 מורות ו-31 מורים המלמדים בבתי ספר בכל רחבי הארץ. רובם בני 50-59 (40%) ובעלי תואר שני (74.3%). מרביתם עובדים בבתי ספר על-יסודיים (62.8%) ובחינוך הממלכתי הרגיל (68.6%). 66.4% מהמורים בעלי ותק מעל 10 שנים. כ-35% מהמורים מלמדים מקצועות הומניים, כ-30% ריאליים והשאר מלמדים מקצועות נוספים. כ-76.4% ממשתתפי המחקר השתתפו בהשתלמות בנושא שילוב כלי GenAI בהוראה. כ-30.7% משלבים כלי GenAI בהוראה, בממוצע בין פעם לפעמיים בחודש, כאשר רק 16.4% משתמשים בהם יומיומית.

ממצאים

מענה להשערות המחקר

בשלב הראשון של הניתוח אוחדו היגדי השאלון למשתתפים מורכבים וחושבה מהימנותם הפנימית. כפי שניתן לראות מטבלה 3, לכל משתני המחקר נמצאה מהימנות פנימית גבוהה עד גבוהה מאוד.

טבלה 3. ממוצעים, סטיות תקן ומהימנות פנימית, $N = 140$

משתנה	מספר היגדים	M	SD	α
ידע טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TK)	5	3.80	1.01	.964
ידע תוכני-טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TCK)	7	3.69	1.10	.922
ידע טכנולוגי-פדגוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPK)	4	3.27	1.00	.922
ידע פדגוגי-טכנולוגי-תוכני מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPACK)	7	2.96	1.16	.951
אתיקה (Ethics)	4	2.44	1.15	.924

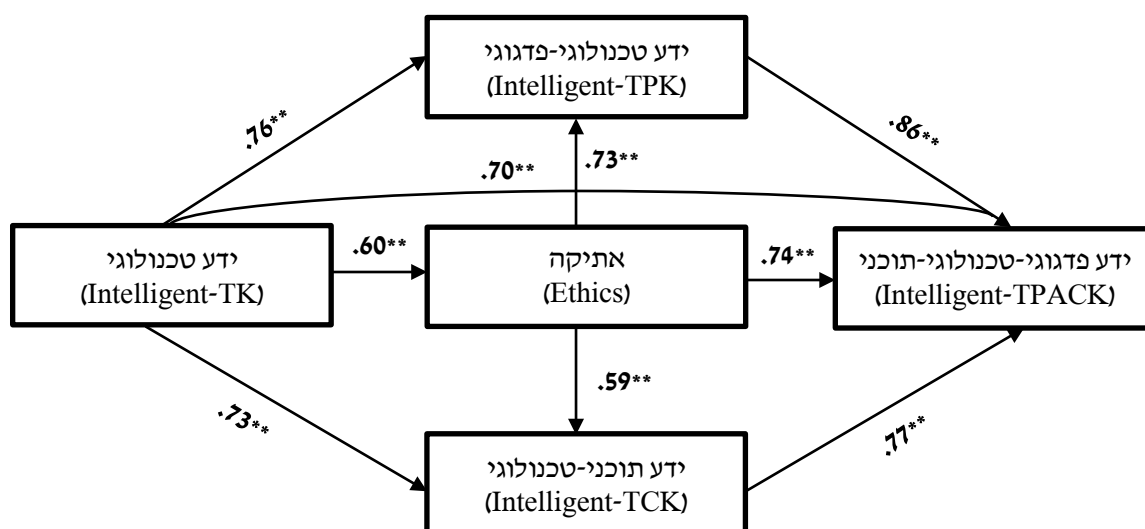
הערות:

1. טווח תשובות מ-1 – כלל לא ועד 5 – במידה רבה מאד; α = אלפא של קרונבאך

2. SD = סטיית תקן, M = ממוצע

כפי שעולה מהטבלה, הידע הטכנולוגי (Intelligent-TK) קיבל את הציון הממוצע הגבוה ביותר ($M = 3.80$, $SD = 1.01$), בעוד שהידע המשולב ביותר, הפדגוגי-טכנולוגי-תוכני (Intelligent-TPACK), קיבל ציון ממוצע נמוך יותר ($M = 2.96$, $SD = 1.16$). עוד ניתן ללמוד כי הציון הממוצע של האתיקה (Ethics) היה הנמוך ביותר ($M = 2.44$, $SD = 1.15$).

בשלב השני של הניתוח, בחנו את השערות המחקר ונמצא כי התוצאות הובילו לאישוש מובהק של כלל השערות המחקר. כפי שניתן לראות מאיור 2, נמצאו קורלציות חיוביות ומובהקות סטטיסטית ($p < 0.01$) בין כל זוגות המשתתפים שנבדקו, כאשר עוצמת הקשרים נעה בין בינונית-חזקה ($r > 0.5$) לחזקה מאוד ($r > 0.8$).



איור 2. מודל המחקר לאחר ניתוח הנתונים הסטטיסטי (הערה: $p < 0.01$)

מענה לשאלת המחקר הראשונה

במסגרת שאלת המחקר הראשונה בחנו את ההבדל בממוצעי רכיבי מודל ה-Intelligent TPACK בין מורים שהשתתפו בהשתלמות בנושא שילוב כלי GenAI בהוראה לבין מורים שלא השתתפו. הבדלים אלה נבחנו באמצעות מבחן T למקרים בלתי תלויים (טבלה 4).

טבלה 4. הבדלים מובהקים בין משתני המחקר לבין השתתפות בהשתלמות בנושא שילוב GenAI בהוראה

הבדל	מורים שלא השתתפו בהשתלמות (N=33)		מורים שהשתתפו בהשתלמות (N=107)		משתנה
	SD	M	SD	M	
3.610*	1.25	3.27	.870	3.97	ידע טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TK)
5.065*	1.32	2.90	.890	3.93	ידע תוכני-טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TCK)
2.285*	1.13	2.93	.930	3.37	ידע טכנולוגי-פדגוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPK)
3.360*	1.20	2.38	1.09	3.14	ידע פדגוגי-טכנולוגי-תוכני מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPACK)
2.334*	1.34	2.04	1.06	2.57	אתיקה (Ethics)

הערות:

1. $p < .01$

2. SD = סטיית תקן, M = ממוצע;

מן הממצאים עולה כי מורים שהשתתפו בהשתלמות בנושא שילוב כלי GenAI בהוראה הם בעלי ממוצעים גבוהים יותר באופן מובהק בכל רכיבי מודל ה-Intelligent TPACK בהוראתם בהשוואה למורים שלא השתתפו בהשתלמות בנושא.

מענה לשאלת המחקר השנייה

במסגרת שאלת המחקר השנייה בחנו את ההבדל בממוצעי רכיבי מודל ה-Intelligent TPACK בין מורים המשתמשים בכלי GenAI בהוראה (כגון: ChatGPT, Midjourney, DALL-E 2) מספר פעמים בשבוע או מדי יום, לבין מורים המשתמשים בהם אחת או פעמיים בחודש או בין פעם לפעמיים בשבוע. הבדלים אלה נבחנו באמצעות מבחן T למקרים בלתי תלויים (טבלה 5).

טבלה 5. הבדלים מובהקים בין משתני המחקר לבין תדירות השימוש בכלים מבוססי GenAI בהוראה

הבדל	מורים המשתמשים בכלי GenAI בהוראה מספר פעמים בשבוע או מדי יום (N=87)		מורים המשתמשים בכלי GenAI בהוראה אחת או פעמיים בחודש או בין פעם לפעמיים בשבוע (N=53)		משתנה
	SD	M	SD	M	
-6.200*	.790	4.41	.950	3.43	ידע טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TK)
-7.644*	.710	4.45	1.03	3.22	ידע תוכני-טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TCK)
-8.969*	.810	4.04	.780	2.80	ידע טכנולוגי-פדגוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPK)
-8.819*	.910	3.85	.940	2.42	ידע פדגוגי-טכנולוגי-תוכני מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPACK)
-6.280*	1.13	3.14	.940	2.02	אתיקה (Ethics)

הערות:

1. $p < .01$ *

2. SD = סטיית תקן, M = ממוצע;

מן הממצאים עולה כי מורים המשתמשים בכלי GenAI בהוראה מספר פעמים בשבוע או מדי יום הם בעלי ממוצעים גבוהים יותר באופן מובהק בכל רכיבי מודל ה-Intelligent TPACK בהוראתם בהשוואה למורים המשתמשים בהם אחת או פעמיים בחודש או בין פעם לפעמיים בשבוע.

מענה לשאלת המחקר השלישית

בשלב האחרון, בחנו את תרומת ההשתתפות בהשתלמות ומידת השימוש בכלי GenAI בהוראה לניבוי כל אחד מרכיבי מודל ה-Intelligent TPACK. לשם כך בוצע ניתוח רגרסיה לינארית בשלבים (טבלה 6):

טבלה 6. סיכום ממצאי הניתוח רגרסיה לינארית בשלבים לניבוי רכיבי מודל ה-Intelligent TPACK

משתנה	שונות מוסברת (R^2)	מידת שימוש (Beta)	השתתפות בהשתלמות (Beta)
ידע טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TK)	26%	0.431*	-0.226*
ידע תוכני-טכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TCK)	39%	0.496*	-0.319*
ידע טכנולוגי-פדגוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPK)	36%	0.607*	לא מובהק
ידע פדגוגי-טכנולוגי-תוכני מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPACK)	40%	0.571*	-0.186*
אתיקה (Ethics)	22%	0.471*	לא מובהק

הערה: $p < .01$ *

מהניתוח עולה כי שימוש בפועל בכלי GenAI בהוראה מנבא טוב יותר את רכיבי מודל ה-Intelligent TPACK מאשר השתתפות בהשתלמות. השימוש נמצא מובהק בכל הרכיבים (במיוחד בידע טכנולוגי-פדגוגי מבוסס בינה מלאכותית ובאתיקה), עם הסבר שונות של 22%-40%, בעוד שלהשתתפות בהשתלמות נמצאה מובהקות חלשה יותר ורק בחלק מרכיבי המודל.

דיון

מטרת המחקר הנוכחי הייתה לבחון את הידע הטכנולוגי-פדגוגי-תוכני בשילוב GenAI בקרב מורים בישראל על פי מודל ה-Intelligent TPACK. מחקר זה הוא בין הראשונים לבחון את הידע לגבי השימוש הפדגוגי והאתי בכלי GenAI בהוראה בקרב מורים בישראל. ראשית, נציין כי ממצאי המחקר עלו בקנה אחד עם ממצאי המחקר המקורי של צ'ליק (Celik, 2023), שפיתח את מודל ה-Intelligent-TPACK, ואיששו את כל השערות המחקר. הניתוח הסטטיסטי חשף מתאמים בינוניים – גבוהים, חיוביים ומובהקים בין כל רכיבי מודל ה-Intelligent-TPACK.

בניגוד למחקרים קודמים שבחנו את מודל ה-TPACK המסורתי, במחקר הנוכחי נמצא כי ממוצע הידע הטכנולוגי מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TK) היה הגבוה ביותר בתוך רכיבי מודל ה-Intelligent TPACK. זאת בשונה ממחקרים קודמים שמצאו את הידע הטכנולוגי נמוך יחסית, בעוד הידע התוכני היה הגבוה (Abbitt, 2011; Chai et al., 2013; Ismail et al., 2022). ממצאים אלו אינם מפתיעים, שכן כלי ה-GenAI מתאפיינים בעקומת למידה מהירה יחסית, בזכות ממשקי השפה הטבעית, וכן מציעים ממשק ידידותי ויכולות אינטואיטיביות, המאפשרים למורים מרקעים שונים לאמץ ולהטמיע אותם בקלות בהוראה.

מבחינת T-ה-למדגמים בלתי תלויים חשפו הבדלים מובהקים, כאשר אחד מההבדלים נצפה בהתייחס להשתתפות בהשתלמות בנושא ה-GenAI. מורים שהשתתפו בהשתלמות הציגו ממוצעים גבוהים באופן מובהק בכל רכיבי מודל ה-Intelligent TPACK, בהשוואה למורים ללא כל הכשרה בנושא. הרכיב שבו ההבדלים בין הממוצעים בקבוצות אלה היה הגבוה והבולט ביותר היה ברכיב הידע פדגוגי-טכנולוגי-תוכני מבוסס בינה מלאכותית (Intelligent-TPACK), בעוד שברכיב האתיקה נמצא ההבדל הקטן ביותר, ייתכן שהפער נובע מהסיבה שהזמן שמקדישים לנושא האתיקה בהשתלמויות מורים הוא מוגבל על אף חשיבותו הרבה.

בנוסף, נמצא כי מורים המשתמשים בתדירות גבוהה בכלי GenAI הראו ממוצעים גבוהים יותר באופן מובהק ברוב רכיבי מודל ה-Intelligent-TPACK, בהשוואה למורים המשתמשים בהם בתדירות נמוכה. מכך ניתן להסיק שחשיפה תדירה לכלי GenAI עשויה לתרום לשיפור בידע והמיומנויות של מורים בהיבטים אלו, ולפיכך יש לעודד שימוש מוגבר בכלים אלו בקרב המורים.

ממצאי הניתוח הרב משתני מחדדים עוד יותר את חשיבותה של השקעה בהכשרה מקצועית ממוקדת ושימוש פרקטי בכלי GenAI. נמצא כי הן השתתפות בהשתלמות והן מידת השימוש בכלי GenAI בהוראה תורמות לניבוי רכיבי מודל ה-Intelligent-TPACK, ואף מסבירים אחוז משמעותי מהשונות בכל אחד מרכיבי מודל ה-Intelligent-TPACK. ממצאים אלו מעידים על חשיבותן של ההשתתפות בהשתלמויות מקצועיות

ותדירות שימוש גבוהה בכלי GenAI באימוץ הטכנולוגיה בקרב אוכלוסיית המורים, וכן מדגישים את הצורך בהשתלמויות ממוקדות העוסקות בשימוש אפקטיבי ומושכל בכלי GenAI בתהליכי ההוראה והלמידה. ממצאים אלה בהלימה עם מחקרים קודמים המדגישים את החשיבות הקריטית של השתלמות מקצועית בקרב מורים בהקשר של שילוב טכנולוגיית ה-GenAI לשם הוראה ולמידה (Duque et al., 2024; Brandão et al., 2024; Ismail et al., 2024; Jayasuriya et al., 2024; Çelik et al., 2023). יחד עם זאת, במחקר הנוכחי נמצא כי המנבא הטוב ביותר מבין השניים כדי לנבא את רכיבי מודל ה-Intelligent TPACK הינו תדירות השימוש בכלי GenAI. כלומר, מורים שעשו שימוש תדיר בכלי GenAI בהוראה הפגינו רמות גבוהות יותר בכל רכיבי המודל. ממצא זה מרמז כי השימוש המעשי בכלי GenAI עשוי לתרום יותר להבנת הערך של רכיבי המודל מאשר ההשתלמות עצמה.

הניתוח הסטטיסטי חשף כי שימוש בכלי GenAI הוא גורם מנבא משמעותי לרכיבי מודל ה-Intelligent TPACK, אך בפועל דווח על שימוש נמוך בקרב המורים שהשתתפו במחקר. ממצא זה תואם מחקרים קודמים המצביעים על דפוס מוגבל של שימוש בטכנולוגיות GenAI בהוראה (Carlos et al., 2024; Erdi & Serefli, 2021; Gülñihal, 2023). עם זאת, המחקר מצא קשר חיובי מובהק בין תדירות השימוש לרמות גבוהות יותר של Intelligent-TPACK, ממצא זה מעורר נורית אזהרה כלפי השימוש שעושים מורים בכלי GenAI ודורש מחקר נוסף. לפיכך, יש להשקיע משאבים כדי להדביק את הפער בין הפוטנציאל לשילוב כלי GenAI בהוראה לבין המצב בשטח.

לאור האמור לעיל, גובר הצורך בהשקעת משאבים ותכנון אסטרטגי לצמצום הפער בין הפוטנציאל התיאורטי ליישום בפועל. יש לפתח מנגנונים שיעודדו שימוש תדיר יותר בכלי GenAI, תוך מתן תנאים מתאימים ופיתוח מקצועי ממוקד למורים, במטרה לקדם שילוב אפקטיבי ומושכל של טכנולוגיות GenAI בפרקטיקות ההוראה. לגבי סדר הכניסה של המשתתפים למודל, העובדה שתדירות השימוש נכנסה לפני ההשתלמות המקצועית מרמזת על חשיבות ההתנסות המעשית. זה עשוי להצביע על כך שחשיפה ושימוש ראשוניים בכלי GenAI עשויים להגביר את המוטיבציה והאפקטיביות של השתלמויות מקצועיות בהמשך. מבחינת יישום, ממצאים אלו מציעים אסטרטגיה של "למידה תוך כדי עשייה" לצד הכשרות פורמליות.

מקורות

- Abbitt, J. T. (2011). Measuring Technological Pedagogical Content Knowledge in Preservice Teacher Education: A Review of Current Methods and Instruments. *Journal of Research on Technology in Education*, 43(4), 281–300. <https://doi.org/10.1080/15391523.2011.10782573>
- AlAli, R., & Wardat, Y. (2024). Opportunities and Challenges of Integrating Generative Artificial Intelligence in Education. *International Journal of Religion*, 5(7), 784-793. DOI: <https://doi.org/10.61707/8y29gv34>
- Bahrour, Z., Anane, C., Ahmed, V., & Zacca, A. (2023). Transforming education: A comprehensive review of generative artificial intelligence in educational settings through bibliometric and content analysis. *Sustainability*, 15(12), 12983. <https://doi.org/10.3390/su151712983>
- Biernacki, P., & Waldorf, D. (1981). Snowball sampling: Problems and techniques of chain referral sampling. *Sociological methods & research*, 10(2), 141-163. DOI: <https://doi.org/10.1177/004912418101000205>
- Brandão, A., Pedro, L., & Zagalo, N. (2024). Teacher professional development for a future with generative artificial intelligence—an integrative literature review. *Digital Education Review*, (45), 151-157. DOI: <https://doi.org/10.1344/der.2024.45.151-157>
- Cavalcanti, A. P., Barbosa, A., Carvalho, R., Freitas, F., Tsai, Y. S., Gašević, D., & Mello, R. F. (2021). Automatic feedback in online learning environments: A systematic literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100027. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100027>
- Ching Sing Chai, Joyce Hwee Ling Koh, & Chin-Chung Tsai. (2013). A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Educational Technology & Society*, 16(2), 31–51. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.16.2.31>
- Carlos, Ramiro, Lapo, Luna., Ena, Guadalupe, Andrade, Basurto. (2024). Technological deficiencies in education: a case study in an educational unit in Ecuador. 3(2):49-66. DOI: <https://doi.org/10.69516/wrt0t294>

- Celik, I. (2023). Towards Intelligent-TPACK: An empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education. *Computers in Human Behavior*, 138, 107468. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107468>
- Dogan, M.E., Goru Dogan, T., & Bozkurt, A. (2023). The Use of Artificial Intelligence (AI) in Online Learning and Distance Education Processes: A Systematic Review of Empirical Studies. *Applied Sciences*. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13053056>
- Duque, R. de C. S., Monteiro, R. R., Loureiro, V. J. S., Nascimento, I. J. B. M. F. do, Placido, R. L., Silva, C. J. da, & Saraiva, M. do S. G. (2024). Training teachers to use technology: Artificial Intelligence (AI) and the new challenges facing education. *Seven Editora*, 277–286. DOI: <https://doi.org/10.56238/sevened2024.003-019>
- Dmytro, A., Pokryshen. (2024). Artificial intelligence in education: cases of using chatgpt 3.5. *Фізико-математична освіта*, 39(1):56-63. DOI: <https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i1-08>
- Erdi, Erdogan., Buket, Serefli. (2021). Use of Technology in Social Studies Teaching: The Journey of Five Teachers. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 232-256. DOI: <https://doi.org/10.14689/enad.27.11>
- Erich, Geldbach. (2023). 3. Redefining the Teacher's Role in Education through Artificial General Intelligence (AGI). DOI: <https://doi.org/10.31219/osf.io/b83ps>
- Forment, M.A., García-Peñalvo, F.J., & Camba, J.D. (2024). Generative Artificial Intelligence in Education: From Deceptive to Disruptive. *Int. J. Interact. Multim. Artif. Intell.*, 8, 5. DOI: [10.9781/ijimai.2024.02.011](https://doi.org/10.9781/ijimai.2024.02.011)
- Gülnehal, Gül. (2023). Use of Technology-Supported Educational Tools in General Music Education and Its Contribution to the Process of Music Education. *Acta educationis generalis*, 13(2):63-81. DOI: <https://doi.org/10.2478/atd-2023-0014>
- Ghnemat, R., Al-Sowi, A. M., & Shaout, A. (2022). Higher education transformation for artificial intelligence revolution: Transformation framework. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 17(19), 224-241. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i19.30567>
- Gildas, Agbon. (2024). Who speaks through the machine? Generative AI as discourse and implications for management. *Critical Perspectives on Accounting*, 100:102761-102761. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpa.2024.102761>
- Hanip, A., Sarower, A. H., & Bhuiyan, T. (2024). The transformative role of generative AI in education: Challenges and opportunities for enhancing student learning and assessment through mass integration. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, 15(5), 161-175. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13953738>
- Hashem, R., Ali, N., El Zein, F., Fidalgo, P., & Khurma, O. A. (2024). AI to the rescue: Exploring the potential of ChatGPT as a teacher ally for workload relief and burnout prevention. *Research & Practice in Technology Enhanced Learning*, 19. DOI: <https://doi.org/10.58459/rptel.2024.19023>
- Ismail, A., Abdulrahman Aliu, M. I., & Sulaiman, A. (2024). Preparing Teachers of the Future in the Era of Artificial Intelligence. DOI: <https://doi.org/10.55529/jaimlenn.44.31.41>
- Jayasuriya, S., Swisher, K., Rego, J. D., Chandran, S., Mativo, J., Kurz, T., ... & Pidaparti, R. (2024). ImageSTEAM: Teacher Professional Development for Integrating Visual Computing into Middle School Lessons. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence* (Vol. 38, No. 21, pp. 23101-23109). DOI: <https://doi.org/10.1609/aaai.v38i21.30355>
- Jakub, M., Tomczak. (2024). Generative AI Systems: A Systems-based Perspective on Generative AI. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.11001>
- Kadaruddin, K. (2023). Empowering Education through Generative AI: Innovative Instructional Strategies for Tomorrow's Learners. *International Journal of Business, Law, and Education*. DOI: <https://doi.org/10.56442/ijble.v4i2.215>
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)?. *Journal of education*, 193(3), 13-19. DOI: <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>
- Kostas, Karpouzis., Dimitris, Pantazatos., Joanna, Taouki., Kalliopi, Meli. (2024). 1. Tailoring Education with GenAI: A New Horizon in Lesson Planning. DOI: <https://doi.org/10.31219/osf.io/9b4su>

- Knight, S., Dickson-Deane, C., Heggart, K., Kitto, K., Çetindamar Kozanoğlu, D., Maher, D., Narayan, B., & Zarrabi, F. (2023). Generative AI in the Australian education system: An open data set of stakeholder recommendations and emerging analysis from a public inquiry. *Australasian Journal of Educational Technology*. DOI: <https://doi.org/10.14742/ajet.8922>
- Prof., Dr., Nirvikar, Katiyar., Mr., Vimal, Kumar, Awasthi., Ramendra, Pratap., Manoj, K., Mishra., Mahendra, K., Shukla., Manjit, Singh., Manoj, Kumar, Tiwari. (2024). Ai-Driven Personalized Learning Systems: Enhancing Educational Effectiveness. DOI: <https://doi.org/10.53555/kuey.v30i5.4961>
- Latif, E., Mai, G., Nyaaba, M., Wu, X., Liu, N., Lu, G., Li, S., & Liu, T. (2023). Artificial General Intelligence (AGI) for education. University of Georgia. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.12479>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson Education. <https://static.googleusercontent.com/media/edu.google.com/en//pdfs/Intelligence-Unleashed-Publication.pdf>
- Jian, M. J. K. O. (2023). Personalized learning through AI. *Advances in Engineering Innovation*, 5(1). DOI: <https://doi.org/10.54254/2977-3903/5/2023039>
- Michael, Max, Bühler., T., Jelinek., Konrad, Nübel. (2022). Training and Preparing Tomorrow's Workforce for the Fourth Industrial Revolution. *Education Sciences*, 12(11):782-782. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci12110782>
- Nathan, Wang., Paul, D., Tonko., Nikil, Ragav., Michael, Chungyoun., Jonathan, A., Plucker. (2022). A Perspective on K-12 AI Education. *Technology and innovation*, abs/2206.03217 DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2206.03217>
- Ogunleye, B., Zakariyyah, K. I., Ajao, O., Olayinka, O., & Sharma, H. (2024). A Systematic Review of Generative AI for Teaching and Learning Practice. *Education Sciences*, 14(6), 636. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci14060636>
- Pedro, F., Subosa, M., Rivas, A., & Valverde, P. (2019). Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development. DOI: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994>
- Sarah, Youssef, Abou, Karroum, -, Nour, Eldin, Mohamed, Elshaiekh., Khalfan, Al-Hijji. (2024). 1. Exploring the Role of Artificial Intelligence in Education: Assessing Advantages and Disadvantages for Learning Outcomes and Pedagogical Practices. *International journal of innovative research in engineering & multidisciplinary physical sciences*, DOI: <https://doi.org/10.37082/IJRMPS.v12.i4.231000>
- Sayed, Fayaz, Ahmad., Muhammad, Mansoor, Alam., Mohd., Khairil, Rahmat., Muhammad, Shujaat, Mubarik., Syed, Irfan, Hyder. (2022). Academic and Administrative Role of Artificial Intelligence in Education. *Sustainability*, 14(3):1101-1101. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14031101>
- Sharma, S., & Sharma, D. (2023). Integrating artificial intelligence into education. *International Journal of Advanced Academic Studies*, 5(6), 35-39. DOI: <https://doi.org/10.33545/27068919.2023.v5.i6a.1004>
- Xiong, Z., Li, H., Liu, Z., Chen, Z., Zhou, H., Rong, W., & Ouyang, Y. (2024). A Review of Data Mining in Personalized Education: Current Trends and Future Prospects. *arXiv preprint arXiv:2402.17236*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.17236>
- Yan, L., Martínez-Maldonado, R., & Gašević, D. (2023). Generative Artificial Intelligence in Learning Analytics: Contextualising Opportunities and Challenges through the Learning Analytics Cycle. *Proceedings of the 14th Learning Analytics and Knowledge Conference*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.00087>