

**מסגרת כוללת להערכת מרכיבי עלות-תועלת לבחירה
בין שיטות הוראה מקוונות: כלי קבלת החלטות למדיניות חינוך
(מאמר קצר)**

ענת כהן

אוניברסיטת תל אביב
anatco@tauex.tau.ac.il

רן תל-ניר

אוניברסיטת תל אביב
rantelnir@mail.tau.ac.il

אלה ברונשטיין

אוניברסיטת תל אביב
allab@tauex.tau.ac.il

גיא כהן

אוניברסיטת תל אביב
guycohen@mail.tau.ac.il

**Comprehensive Framework for Evaluating Cost-Benefit
Components in Choosing Online Teaching Methods:
a Decision-Making Tool for Education Policy
(Short paper)**

Ran Tel-Nir

Tel Aviv University
rantelnir@mail.tau.ac.il

Anat Cohen

Tel Aviv University
anatco@tauex.tau.ac.il

Guy Cohen

Tel Aviv University
guycohen@mail.tau.ac.il

Alla Bronshtein

Tel Aviv University
allab@tauex.tau.ac.il

Abstract

Many studies evaluating teaching methods focus on specific aspects and do not offer a holistic framework for systematically quantifying and comparing a variety of pedagogical benefits, while integrating economic considerations and overall prioritization among alternatives. To address this gap and in response to the need for data-driven decision-making tools in education, this article presents a quantitative, holistic, and dynamic framework for characterizing and quantifying a broad spectrum of pedagogical cost-benefit components across diverse teaching methods. The framework includes a mechanism for comparing teaching methods, based on representing decision-makers' preferences as a weighted vector of priorities. This enables the selection of teaching methods tailored to defined objectives for policy makers, such as maximizing performance, promoting equity, or combining both. The mechanism also features a tolerance parameter (t), which allows for adjusting the weight of cost relative to benefit and setting an acceptable margin of deviation, thereby enhancing its flexibility and suitability to real-world decision-making contexts. In the present study, the proposed framework is empirically examined by comparing two teaching methods. One is characterized by collaborative learning (Collaborative Design), while the other involves knowledge instruction without collaboration

ספר הכנס העשרים ואחד לחקר חדשנות וטכנולוגיות למידה ע"ש צ'ייס: האדם הולמד בעידן הדיגיטלי

א' בלאו, ד' אולניק-שמש, נ' גרי, א' כספי, י' סידי, י' עשת-אלקלעי, י' קלמן ונ' ברנדל (עורכים), רעננה: האוניברסיטה הפתוחה

(Knowledge Instruction). The findings indicated that although the collaborative learning method yielded higher pedagogical benefits alongside increased teaching costs, the integration of the decision-makers' preference vector and tolerance parameter revealed that this is not necessarily the preferred method. Thus, the framework enables data-driven, context-sensitive, and flexible analysis, supporting informed resource allocation and the selection of teaching methods according to systemic goals.

Keywords: Cost benefit analysis, Teaching methods, Policy, Teacher education, Higher Education.

תקציר

מחקרים רבים העוסקים בהערכת שיטות הוראה מתמקדים בהיבטים ספציפיים, ואינם מציעים מסגרת הוליסטית לכימות ולהשוואה שיטתית בין מגוון תועלות פדגוגיות, תוך שילוב שיקולים כלכליים ותיעדוף כולל בין חלופות. כדי להתמודד עם פער זה ומתוך הצורך בכלי קבלת החלטות מבוססי נתונים בחינוך, מאמר זה מציג מסגרת כמותית, הוליסטית ודינמית לאפיון ולכמות קשת רחבה של רכיבי עלות-תועלת פדגוגיים בשיטות הוראה מגוונות. המסגרת כוללת מנגנון השוואה בין שיטות הוראה, המבוסס על ייצוג העדפות מקבלי החלטות כווקטור משוקלל של סדרי עדיפויות, המאפשר לבחור שיטות הוראה המותאמות למטרות מוגדרות, כגון מיקסום ביצועים, קידום שוויון או שילוב ביניהם. המנגנון כולל גם פרמטר סבילות (t: tolerance) המאפשר לווסת את משקל העלות ביחס לתועלת ולקבוע מרווח סטייה מקובל, וכך מגביר את גמישותו והתאמתו להקשרים מציאותיים של קבלת החלטות. במחקר הנוכחי, נבחנת אמפירית המסגרת המוצעת על שתי שיטות הוראה תוך השוואה ביניהן. האחת אופיינית בלמידה שיתופית (CD: Collaborative design) לעומת הוראת ידע ללא שיתופיות (KI: Knowledge Instruction). הממצאים העלו כי אף-על-פי ששיטת ההוראה המשלבת למידה שיתופית הניבה תועלות פדגוגיות גבוהות יותר לצד עלויות הוראה מוגברות, שילוב וקטור ההעדפות ופרמטר הסבילות של מקבלי החלטות הראה כי לא בהכרח מדובר בשיטה העדיפה. בכך מאפשרת המסגרת ניתוח מבוסס-נתונים, רגיש-הקשר וגמיש, התומך בהקצאת משאבים מושכלת ובבחירת שיטות הוראה בהתאם ליעדים מערכתיים.

מילות מפתח: ניתוח עלות תועלת, שיטות הוראה, מדיניות, הכשרת מורים, השכלה גבוהה.

הקדמה

ההתפשטות המהירה של טכנולוגיות חינוכיות והגיוון בשיטות ההוראה מציבים אתגרים משמעותיים בפני קובעי מדיניות, הנדרשים להקצאת משאבים יעילה ושוויונית (Tracey & Florian, 2016; Zou et al., 2025). מערכות חינוך משקיעות רבות בהתפתחות מקצועית של מורים ובשילוב למידה דיגיטלית והיברידי (Guskey, 2000; Sims et al., 2024), אך חסרות מסגרות שיטתיות להערכת עלות-תועלת של שיטות הוראה שונות. מחקרים קיימים מתמקדים לרוב במדדים נקודתיים, כגון הישגים או עלויות (De Bruijn-Smolanders & Prinsen, 2024), בעוד שמודלים נפוצים, כדוגמת קירקפטריק (Kirkpatrick, 1959) ומסגרות מאוחרות יותר (Cohen & Nachmias, 2009; Desimone, 2006; Shah, 2024), אינם משלבים שיקולים כלכליים מפורטים ואינם מאפשרים תעדוף כולל בין חלופות. מטא-אנליזות עדכניות (Meyer et al., 2023; Sims et al., 2025) מדגישות את הצורך במסגרות המשלבות בין תיאורי תועלת נרטיביים למדדים כמותיים בני השוואה. מאמר זה מציג מסגרת כמותית, דינמית והוליסטית להערכת עלות-תועלת של שיטות הוראה, הכוללת כימות תועלות על בסיס שאלונים ומנגנון תעדוף המבוסס על העדפות מקבלי החלטות ועל פרמטר סבילות.

המחקר

המחקר מציג ניתוח עלות-תועלת של שיטות הוראה חלופיות בסביבה החינוכית. ההשוואה נערכה בין שני קורסים מקוונים במלואם להכשרת מורים באוניברסיטה, העוסקים בקידום למידה בהכוונה עצמאית (SRL-Self Regulated)

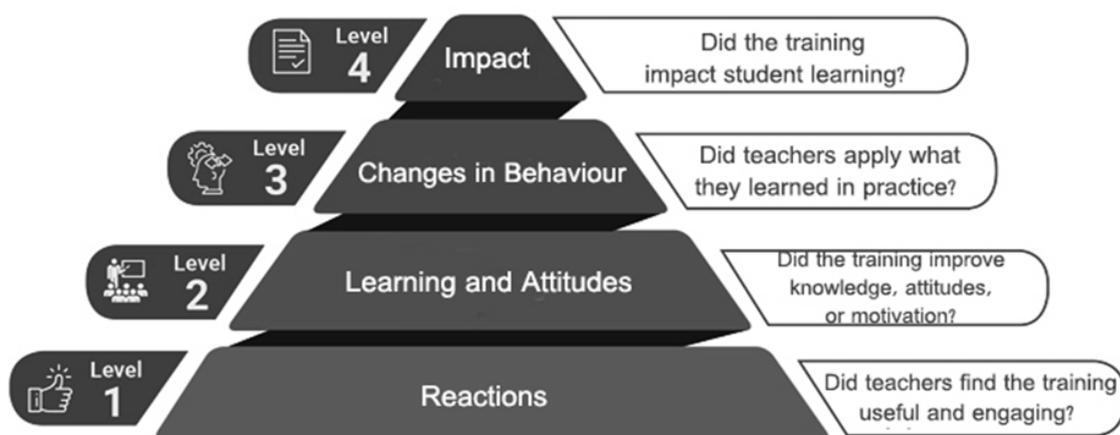
באמצעות צ'אטבוטים מבוססי בינה מלאכותית (Gen-AI) וכללו מרכיבים סינכרוניים וא-סינכרוניים. הקורסים היו זהים במבנה ובתוכן, ונמשכו 13 מפגשים. ההבדל המרכזי ביניהם התאפיין בשיטת ההוראה. האחד השתמש בהוראת ידע ישירה (KI: Knowledge Instruction), בעוד השני שילב הוראת ידע עם עיצוב שיתופי (KI+CD: Collaborative Design). KI מתמקדת ברכישת ידע דרך עיסוק ישיר עם חומרי למידה: הרצאות, עבודות ותרגילים אישיים. הפעילויות בוצעו באופן עצמאי: נותחו טכנולוגיות חינוכיות ופותחו מערכי שיעור על סמך הידע שצברו. קבוצת KI+CD פעלה לפי רצף תוכן ופעילויות זהה, אך שילבה, בנוסף, עיצוב שיתופי בשני שלבים מרכזיים: במהלך ניתוח מקרי בוחן שיתפו המשתתפים פעולה בקבוצות להערכת טכנולוגיות למידה ולגיבוש המלצות לשיפור, ובשלב תכנון השיעור, בו עבדו בשיתוף על עיצוב שיעור הכולל צ'אטבוטים מבוססי בינה מלאכותית, המשלבים משוב עמיתים וקבלת החלטות משותפות.

קטגוריות העלות

בדומה ל-Cohen & Nachmias (2006) במסגרת ארבע קטגוריות עלות עיקריות: תשתיות טכנולוגיות ופיזיות, תשתיות ניהול והפעלת ההוראה, עלויות פיתוח הקורס, ועלויות העברת קורס (כולל הוראה, ניהול והערכה).

קטגוריות התועלת

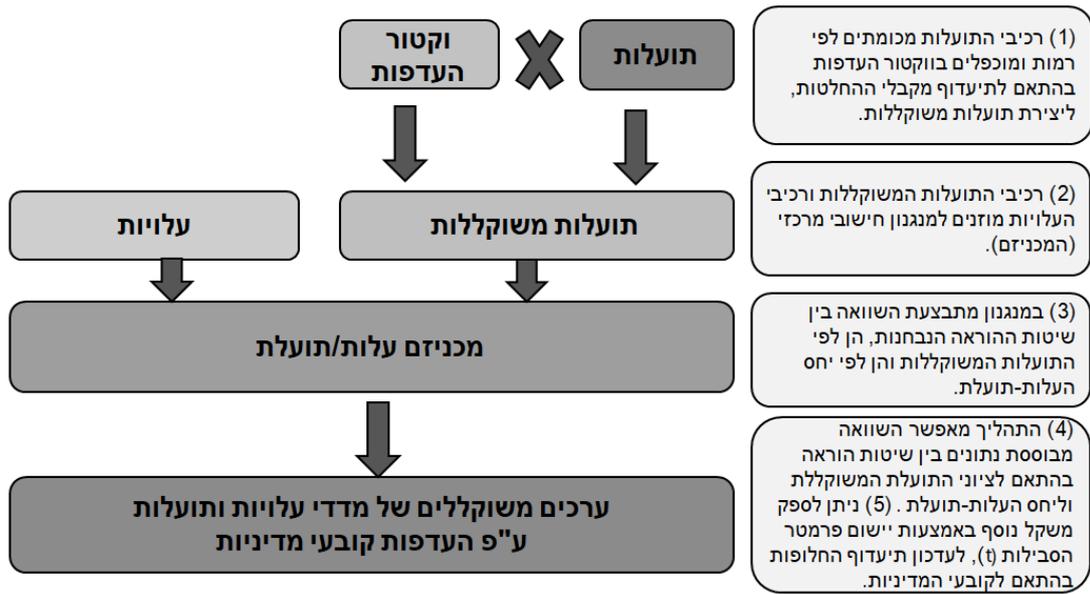
המסגרת המוצעת, המבוססת על מודל Kirkpatrick (1959) כוללת ארבע רמות של תועלות: שביעות רצון; למידה וגישות – שיפור ידע, תפיסות, גישות או/ומוטיבציה; שינוי התנהגותי; השפעה של ההוראה על למידת התלמידים (איור 1). לכך נוספה רמה נוספת המתמקדת ביעילות, כגון חיסכון בזמן ובמשאבים.



איור 1. רמות התועלות בהתבסס על מודל קירקפטריק (1959)

מנגנון חישוב יחס העלות-תועלת

המחקר הנוכחי מרחיב את המנגנון של Cohen & Nachmias (2006) באמצעות הוספת ווקטור מקדמי עדיפות (Priorities Factors) על-מנת לתמוך בהקצאת משקלות מבוססת העדפות במדידת עלות-תועלת. המנגנון המעודכן מפורט באיור מס 2.



איור 2. מכניזם לחישוב עלות תועלת

מטרת המחקר ושאלותיו

- על-מנת להשוות בין שתי שיטות ההכשרה, יושמה מסגרת ומנגנון חישוב עלות-תועלת ונשאלו השאלות:
- Q1** – מהן התועלות המשוקללות של שתי שיטות ההוראה הנבחרות (KI, KI+CD), לפני ואחרי השימוש בווקטור העדפות.
 - Q2** – כיצד השימוש בפרמטר הסבילות (t), משפיע על תוצאות הניתוח בעת השוואה בין שתי שיטות ההוראה.

שיטת המחקר

המכניזם לניתוח והשוואת גישות ההוראה כולל: (1) קביעת התועלות; (2) השוואת ממוצעים; (3) החלת ווקטור עדיפויות; (4) חישוב יחס עלות-תועלת ו (5) קבלת החלטה (איור 3).

מכניזם עלות תועלת

- שלב 1- קביעת התועלות:** חשב ערכי התועלת לפי קטגוריה - שביעות רצון, למידה ועמדות, ביצועים אקדמיים, שינוי התנהגות ויעילות. ציון כל קטגוריה משקף את שיעור הרכיבים שהראו השפעה חיובית מסך כלל הרכיבים בקטגוריה. עבור ביצועים אקדמיים, הציונים התבססו על ערכים מנורמלים (למשל, ציונים סופיים בסקאלה של 0-1).
- שלב 2- השוואת ממוצעים:** השוואת ממוצעי התועלות בין שיטות ההכשרה לפני החלת וקטור העדיפויות.
- שלב 3: החלת ווקטור העדיפויות:** וקטור העדיפויות מוחל על ידי הקצאת משקל לכל קטגוריה כך שסכום המשקלים הכולל הוא 1. לדוגמה, וקטור (0,0,0,1) משקף העדפה בלעדית לערך יחיד: ביצועי תלמידים. הכפלת ציוני התועלת במשקלים שנבחרו מפיקה ציון תועלת משוקלל, המאפשר השוואה אופטימלית בין שיטות ההכשרה השונות.
- שלב 4: חישוב יחס עלות-תועלת:** החישוב לכל שיטת הוראה מתבצע על ידי חלוקת סך העלויות בתועלות המשוקללות המתאימות. בנוסף, קובעי מדיניות יכולים להשתמש בפרמטר סבילות (t) כגורם התאמה. הכפלתו (t) ביחס העלות-תועלת מאפשרת לווסת השפעת שיטה אחת על פני השנייה.
- שלב אחרון: קבלת החלטה:** קבלת החלטה לגבי העדפה בין החלופות, תוך יישום קבלת החלטות מבוססת נתונים השוואתיים שחושבו בשלבים 1-4.

איור 3. פירוט המכניזם לחישוב עלות תועלת

ממצאים

תועלות משוקללות של שתי שיטות ההוראה לפני ואחרי השימוש בוקטור העדפות והשוואה ביניהן (Q1).

ביצוע שלב 1 (כימות התועלות) ושלב 2 (חישוב ממוצע ערכי כל קטגורית תועלת), מניב את ממוצעי התועלות של כל אחת משיטות ההוראה, המסוכמים בטבלה 1. בחישוב הממוצעים שיטת KI+CD (ציון ממוצע $m=0.807$) מציגה יתרון ברור על פני שיטת KI ($m=0.485$).

טבלה 1. ניקוד מחושב של כל קטגורית תועלות

Benefit Level	KI score	KI+CD score
1. Reactions	NA	NA
2. Learning & Attitudes	0.5	0.5
Academic Performance	0.58	0.87
3. Behavior Change	0	1
4. Student Results	NA	NA
Efficiency (Time/Cost)	0.86	0.86
Average Score	0.485	0.8075

הטמעת וקטור העדיפויות משלבת במנגנון שיקולי מקבלי החלטות: הממוצעים משוקללים על ידי מכפלת הווקטור בערכי התועלת של כל רמה. ס"כ כל המשקולות מסתכם ל-1. המשקולת הגבוהה ביותר מיוחסת לרמה המתועדת. כאשר מדגישים ביצועים (משקולות: 0.1, 0.7, 0.1, 0.1), הציון המשוקלל של התועלות של שיטת הוראה KI מחושב כך:

$$0.5 \times 0.1 \text{ (למידה ועמדות)} + 0.58 \times 0.7 \text{ (ביצועים)} + 0 \times 0.1 \text{ (שינוי התנהגות)} + 0.86 \times 0.1 \text{ (יעילות)} = 0.542$$

באופן דומה עבור KI+CD נקבל: 0.845 . כלומר מתקיימת העדפה ברורה לשיטת KI+CD.

לעומת זאת, כאשר וקטור העדיפויות מדגיש את ערך השוויון, קרי העדפת גישה מרחוק ותמיכה מותאמת בצ'אטבוט (משקולות: 0.2, 0, 0, 0.8), שתי השיטות מניבות ציון זהה של 0.788. במקרה זה, התועלות שוות, והעלות הופכת לגורם המכריע בהשוואה בין השיטות במונחי עלות/ תועלת.

חישוב העלויות לצורך השוואה בין שיטות ההוראה – כפי שמוצג בטבלה 2, שיטות ההוראה, KI ו-KI+CD, כרוכות בעלויות תשתית דומות (ציוד וקישוריות), אך נבדלות במאמץ ההוראתי: זמן פיתוח +שעות הוראה+ האינטראקציה מורה-תלמיד+זמן הערכה: עבור 30 סטודנטים 151.3 ו 97.8 שעות/לסטודנט בהתאמה.

טבלה 2. עלויות מפתח לכל שיטת הוראה

קטגוריית עלות	רכיבים	KI (n=43)	KI+CD (n=16)
תשתיות	תשתיות טכנולוגיות	€90 ברמת תלמיד	€90 ברמת תלמיד
	עלויות יעודיות (צ'אטבוט)	€225 ברמת תלמיד	€225 ברמת תלמיד
	מרכז תמיכה	0	0
פיתוח הכשרה	זמן פיתוח תוכן לימודי	32.5 שעות	32.5 שעות
	רכישת חומרי למידה	0	0
העברת הקורס	שכר מרצה	€832 / 26 שעות	€832 / 26 שעות
	שכר עוזרת הוראה	€576 / 57.6 שעות	€576 / 57.6 שעות
	שעות הוראה (בכתה)	26 שעות	26 שעות
	זמן אינטראקציה מורה-תלמיד	4 שעות מורה/43 סטודנטים = 0.093 שעות לסטודנט	6 שעות מורה/16 סטודנטים = 0.375 שעות לסטודנט
	זמן הערכת מטלות ממוצע לתלמיד	0.5 שעות לבדיקת מטלה * 6 מטלות לסטודנט בקורס = 3 שעות לבדיקת מטלות לתלמיד	0.5 שעות לבדיקת מטלה * 6 מטלות לתלמידים, כלומר 0.93 שעות לבדיקת מטלות לתלמיד
מאמץ הוראתי כולל	סך המאמץ ההוראתי הכולל ל-30 תלמידים (עלות אינטרקציה + הערכת מטלות + הוראה + פיתוח)	32.5+26+ (3+0.093) * 30 = 151.2907	32.5+26+(0.93+0.375) * 30 = 97.875
	הערכת הקורס ותכנון עתידי	8 שעות	8 שעות

טבלה 3 מציגה את מדד העלות-תועלת (CB) לכל שיטה, המחושב באמצעות חלוקת שעות ההוראה בציון התועלת המנומל. כאשר ערך השוויון בעדיפות, (תועלת משוקללת זהה לגישות: 0.788), העלות הגבוהה של KI (בעיקר עקב זמן בדיקת מטלות) מובילה ליחס CB פחות אטרקטיבי (192 שע'יח' עבור KI לעומת 124 עבור KI+CD), ולכן תועדף גישת KI+CD.

כאשר הביצועים בעדיפות, היתרון בתועלת של KI+CD אף יותר משמעותי ומוביל ליחס CB עדיף על KI (115, 279 בהתאמה).

טבלה 3. השפעת ווקטור העדפות ומרכיב הסבילות (tolerance) על ציון עלות תועלת משוקלל

t(KI)	KI+CD C/B Hrs/Ben	KI C/B Hrs/Ben	KI+CD Cost or Benefit	KI Cost or Benefit	עלות/תועלת (n=30)
0.6					
192*0.6=115	97.87/0.788 = 124.207	151.29/0.788= 191.99	0.788	0.788	תועלת מנורמלת לפי משקל גבוה לשוויוניות
279*0.6=167.5	97.87/0.845= 115.83	151.29/0.845= 177.27	0.845	0.542	תועלת מנורמלת לפי משקל גבוה לביצועים
			97.87	151.29	Cost (Hrs.) עלויות שעות השקעה בפיתוח, בשיעורים, אינטרקציה עם תלמיד ובהערכת מטלות

בחינת אופן השימוש בפרמטר הסבילות (t), לצורך השפעה על בחירת שיטת הוראה (Q2)

לקידום השוויוניות, שיטת CD+KI עדיפה בעלות-תועלת (192 לעומת 124) כנצפה בטבלה 3. אולם, אם נרצה לקדם הוראה ישירה, עקב חשש לגידול בשעות אינטרקציה ככל שגודל הכיתות גדל: נוכל לספוג הטיית עלות עד 40%, ואז KI תתעדף (192*0.60=115). אולם, בקידום ביצועים, KI+CD עדיפה משמעותית ולא ניתנת לתיקון ע"י סבילות של 40%.

דיון ומסקנות

המחקר מדגים מסגרת ומנגנון לחישוב יחס עלות-תועלת להשוואה בין שיטות הוראה. הממצאים מראים כי אף ש־KI+CD מובילה לביצועי תלמידים גבוהים יותר, היא מחייבת זמן אינטראקציה נרחב יותר עם התלמיד (Brewe et al., 2018). אמנם העלויות מתקזזות עם זמן בדיקת מטלות ובכך עדיפה הוראה זו, אך זאת במגבלת גודל כיתה מקסימלי.

תרומה מרכזית של המנגנון המוצע היא גמישותו: באמצעות וקטור משוקלל של סדרי עדיפויות, המשקף העדפות מדיניות ופדגוגיות, ופרמטר הסבילות יכולים מקבלי החלטות להתאים את מדד התועלת ליעדים אסטרטגיים ולהשפיע על דירוג שיטות ההוראה ולתעדף ביניהן (Martyn, 2023; Srivastava, 2024). כל זאת בהתאם להקשר, לאילוצים ולמטרות. הממצאים מדגישים את חשיבות קבלת החלטות ההקשרית בתכנון לימודי (Caskurlu et al., 2025). המודל המוצע מהווה כלי כמותי גמיש ובעל פוטנציאל יישומי רחב להכוונת מדיניות חינוכית, במיוחד נוכח הדרישה הגוברת ליעילות, שוויון והתאמה להקשרים משתנים במערכות חינוך.

תודות

עבודה זו נתמכה על ידי פרויקט Effective במימון האיחוד האירופי במסגרת תוכנית Horizon Europe (מענק מספר 101132603).

This work was supported by the Effective project, funded by the European Union under the Horizon Europe programme (Grant Agreement No 101132603)

מקורות

- Brewe, E., Dou, R., & Shand, R. (2018). Costs of success: Financial implications of implementation of active learning in introductory physics courses for students and administrators. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010109.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010109>
- Caskurlu, S., Yalçın, Y., Hur, J. (2025). Data-Driven Decision-Making in Instructional Design: Instructional Designers' Practices and Strategies. *TechTrends*.
<https://doi.org/10.1007/s11528-025-01077-x>
- Cohen, A., & Nachmias, R. (2006). A quantitative cost effectiveness model for Web-supported academic instruction. *The Internet and Higher Education*, 9(2), 81-90.
- De Bruijn-Smolanders, M., & Prinsen, F. R. (2024). Effective student engagement with blended learning: A systematic review. *Heliyon*, 10(23).
- Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational researcher*, 38(3), 181-199.
- Guskey, T. R. (2000). Evaluating professional development (Vol. 1). Corwin press
- Kirkpatrick, D. L. (1959). Techniques for evaluating training programs. *Journal of the American Society of training Directors*, 13(11), 3-9.
- Martyn, K., & Kadziński, M. (2023). Deep preference learning for multiple criteria decision analysis. *European Journal of Operational Research*, 305(2), 781-805.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.06.053>
- Meyer, J. G., Urbanowicz, R. J., Martin, P. C., O'Connor, K., Li, R., Peng, P. C., ... & Moore, J. H. (2023). ChatGPT and large language models in academia: opportunities and challenges. *BioData mining*, 16(1), 2023.
- Sims, S., Fletcher-Wood, H., O'Mara-Eves, A., Cottingham, S., Stansfield, C., Goodrich, J., & Anders, J. (2025). Effective teacher professional development: New theory and a meta-analytic test. *Review of educational research*, 95(2), 213-254.
<https://doi.org/10.3102/00346543231217480>
- Shah, S. S. (2024). The economics of education: Evaluating the impact of digital learning platforms. *Computer Science*, 1, 100001
- Srivastava, S., Tripathi, A. & Arora, N. (2024). Multi-criteria decision making (MCDM) in diverse domains of education: a comprehensive bibliometric analysis for research directions. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*.
<https://doi.org/10.1007/s13198-024-02332-9>
- Tracey, B., & Florian, K. (Eds.). (2016). Educational research and innovation governing education in a complex world. OECD Publishing
- Zou, Y., Kuek, F., Feng, W., & Cheng, X. (2025, March). Digital learning in the 21st century: trends, challenges, and innovations in technology integration. *Frontiers in Education* 10, 1562391. Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1562391>