

哪些因素影响了 K-12 教师在教育教学中使用 GenAI? ——基于 SEM 和 fsQCA 的混合研究

Factors Influencing K-12 Teachers' Use of GenAI in Education and Teaching:

A Mixed Methods Study Based on SEM and fsQCA

张笑¹, 宿庆^{1*}

西北师范大学 教育技术学院 (智能教育学院)

suqing8909@nwnu.edu.cn

【摘要】 教师接受并使用生成式人工智能 (GenAI) 是有效开展人机协同教学的前提。本研究从教育教学场景出发, 整合 TAM 模型及 TPB 理论, 引入感知风险变量, 对 329 份问卷进行分析, 探讨了 K-12 教师 GenAI 接受度及影响因素。结果表明: 主观规范与知觉行为控制对行为意图起主导作用; 感知易用性和感知有用性需要通过使用态度中介驱动行为意图; 行为意图是实际使用的必要条件。fsQCA 揭示了高意愿的组态路径, 并指出了感知有用性、感知易用性和感知风险在不同组态中呈现出正负抵消的非对称状态。研究为推动 GenAI 融入教学实践、优化人机协同教学提供实证参考。

【关键词】 生成式人工智能; K-12 教师; 技术接受模型; 计划行为理论; fsQCA

Abstract: Teachers' acceptance and use of Generative Artificial Intelligence (GenAI) is a prerequisite for the effective implementation of human-AI collaborative teaching. Focused on educational scenarios, this study integrates the Technology Acceptance Model (TAM) and the Theory of Planned Behavior (TPB) while incorporating the variable of perceived risk. Based on an analysis of 329 valid questionnaires, it explores the acceptance of GenAI among K-12 teachers and its influencing factors. The results indicate that subjective norms and perceived behavioral control exert a dominant influence on behavioral intention; perceived ease of use and perceived usefulness drive behavioral intention through the mediating role of attitude; and behavioral intention is a necessary condition for actual use. Furthermore, Fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis (fsQCA) reveals configurational paths leading to high intention, highlighting that perceived usefulness, perceived ease of use, and perceived risk exhibit an asymmetrical state characterized by "positive and negative cancellation" across different configurations. This study provides empirical references for promoting the integration of GenAI into teaching practices and optimizing human-AI collaborative instruction.

Keywords: Generative AI, K-12 Teachers, Technology Acceptance Model, Theory of Planned Behavior, fsQCA

1. 引言

在数字化转型重塑全球教育生态的背景下, 生成式人工智能 (GenAI) 凭借其多模态内容生成、个性化交互与高效任务处理能力, 在教育领域广泛应用, 成为推动教育教学变革的关键技术力量 (Kasneci et al., 2023)。从辅助教师备课、丰富课堂活动, 到课后教学评价, 再到

简化班级管理、教育研究等事务，GenAI 的应用为缓解 K-12 教师长期面临的工作负荷重、教学资源不足、自身专业发展受限等问题提供了新路径 (Laak & Aru, 2024)。

尽管当前很多学校已经面向教师开展了 GenAI 应用培训，但教师群体对 GenAI 技术的实际采纳与应用深度仍存在显著差异，部分教师已然能够在工作中熟练使用 GenAI，而另一部分教师则因操作门槛、风险顾虑等原因，对 GenAI 保持观望态度 (Chan & Lee, 2023)。反映出 K-12 教师的 GenAI 应用行为受多重因素的影响。一方面，教育数字化政策的推动、智能学习需求的增长，以及 GenAI 技术本身易用性的提升，为教师应用技术创造了有利条件 (Nyaaba & Zhai, 2024)；另一方面，与电子白板、学习管理系统、VR 等教育技术工具不同，GenAI 具有生成性与不确定性的特征，其算法幻觉、黑箱以及潜在的数据隐私、伦理、偏见等风险，为教师的教育应用带来了前所未有的挑战，教师在使用 GenAI 时不仅要考虑会不会用，还要时刻警惕用得对不对。因此，传统的接受模型难以完全解释风险感知下的技术采纳行为，必须引入风险维度进行探讨 (Noroozi et al., 2024)。当前学者对 GenAI 赋能教师工作的研究，多集中于应用场景的描述与探索，而针对教师主体层面的使用意愿因素尤其对各影响因素间的因果关系、组态效应的机制探究不足。

在此背景下，本研究以技术接受模型 (TAM) 与计划行为理论 (TPB) 为基础，整合感知风险等变量构建研究框架，采用结构方程模型 (SEM) 与模糊集定性比较分析 (fsQCA) 的混合研究方法，从线性因果与组态效应双重视角，系统探究影响 K-12 教师工作场景下 GenAI 接受意愿与实际使用行为的核心要素及作用机制。为未来教师培训课程设计、教育专用 GenAI 开发等提供实证的理论支持。

2. 文献综述

2.1. 技术接受度模型

技术接受度模型 (TAM) 主要用于解释个体对新技术的接受行为，核心变量包括感知易用性、感知有用性、态度和行为意向。其中，感知易用性是指个体认为技术易于使用的程度，感知有用性是指个体认为技术能够提升工作绩效的程度，态度则反映个体对该技术的总体评价 (Davis, 1989)。在教育领域，TAM 已被广泛用于解释教师对新兴技术的接受情况 (Herzallah & Makaldy, 2025)。

不过，已有研究指出，TAM 更强调技术的正向属性，对社会情境、个体控制感以及风险因素的解釋仍显不足 (Legris, 2003)。在生成式人工智能情境下，教师除关注技术的有用性和易用性外，还会受到隐私安全、内容可靠性和伦理风险等因素影响。因此，仅依赖 TAM 难以充分解释教师 GenAI 使用意愿，需要引入社会变量与感知风险等因素加以补充 (Cheng, 2020)。

2.2. 计划行为理论

计划行为理论 (TPB) 认为，个体的行为意向主要受态度、主观规范和知觉行为控制三类因素影响。主观规范反映个体感知到的重要他人期待，知觉行为控制反映个体对自身是否具备实施某种行为能力与条件的判断 (Ajzen, 1991)。TPB 强调社会影响和行为控制因素，因此在解释教师技术采用行为时具有较强适用性 (Teo, 2016)。

在教育技术研究中，TPB 已被用于解释教师对多种新技术的使用意向，相关研究表明，态度、主观规范和知觉行为控制均会对教师的技术采纳产生重要影响 (Mnguni, 2024)。因此，TPB 能够为理解教师在教育情境中使用 GenAI 的行为意向提供重要补充。

综上，TAM 能够解释教师对 GenAI 技术属性的认知评价，TPB 则有助于解释社会规范和行为控制对使用意向的影响，二者具有较强互补性 (Chen, 2013)。考虑到当前教育领域关于

GenAI 接受度的研究多聚焦于工具使用意愿，对教师具体工作情境及风险感知关注不足，本文整合 TAM 与 TPB，并引入感知风险变量，全面分析 K-12 教师在教育教学中使用 GenAI 的影响因素。

3. 研究模型与假设发展

本研究构建了整合 TAM 和 TPB 的概念模型（见图 1），并将感知风险纳入其中，以更全面地解释 K-12 教师在教育教学中使用 GenAI 的行为意图及实际使用行为。模型包含感知易用性、感知有用性、使用态度、知觉行为控制、主观规范和感知风险等变量。

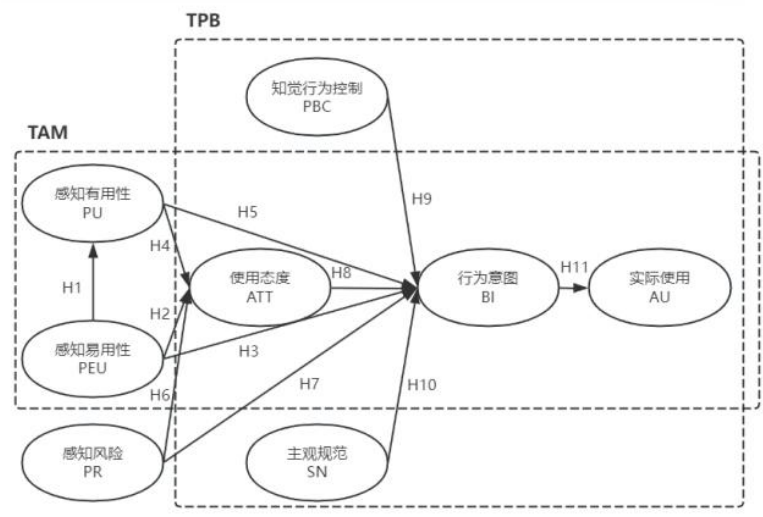


图 1 整合模型及研究假设

根据 TAM，感知易用性和感知有用性是影响技术采纳的重要前因变量。对于教师而言，若 GenAI 工具易于学习和操作，则更容易被感知为有助于提升教学与工作效率，并进一步增强积极态度与使用意向（Davis, 1989）。据此提出以下假设：

- H1：感知易用性正向影响教师对 GenAI 的感知有用性；
- H2：感知易用性正向影响教师对 GenAI 的使用态度；
- H3：感知易用性正向影响教师对 GenAI 的行为意图；
- H4：感知有用性正向影响教师对 GenAI 的使用态度；
- H5：感知有用性正向影响教师对 GenAI 的行为意图。

GenAI 在教育应用中也伴随隐私泄露、内容偏差和信息失真等潜在风险（Noroozi et al., 2024）。当教师风险感知较强时，可能降低其使用态度和行为意图。因此提出以下假设：

- H6：感知风险负向影响教师对 GenAI 的使用态度；
- H7：感知风险负向影响教师对 GenAI 的行为意图。

根据 TPB，态度、知觉行为控制和主观规范会共同影响个体的行为意图（Ajzen, 1991）。在本研究中，使用态度反映教师对使用 GenAI 的总体评价；知觉行为控制体现教师对自身使用能力及外部支持条件的判断；主观规范则体现学校、同事及相关利益主体对教师使用 GenAI 的影响。已有研究表明，这三类因素均会显著影响教师的技术采纳意向（Tran et al., 2023）。据此提出以下假设：

- H8：使用态度正向影响教师对 GenAI 的行为意图；
- H9：知觉行为控制正向影响教师对 GenAI 的行为意图；
- H10：主观规范正向影响教师对 GenAI 的行为意图。

行为意图是预测实际使用的重要前因变量(Venkatesh et al., 2003)。个体的使用意图越强,其在真实情境中的使用行为通常越频繁。基于此,提出以下假设:

H11: 行为意图正向影响教师对 GenAI 的实际使用。

4. 研究方法

4.1. 研究方法

本研究采用混合研究方法,结合结构方程模型(SEM)与模糊集定性比较分析(fsQCA),探究影响 K-12 教师在教育教学中使用 GenAI 的行为意图及实际使用的因素。SEM 主要用于检验各变量之间的线性关系及假设路径,fsQCA 则用于识别多因素并发作用下的不同组态路径。二者结合有助于从净效应与组态效应两个层面,全面解释教师对 GenAI 的接受机制。

4.2. 测量工具

基于 TAM 和 TPB,本研究设计《教师教育教学过程中应用 GenAI 接受度调查量表》,包含感知易用性、感知有用性、使用态度、主观规范、知觉行为控制、行为意向、感知风险和实际使用 8 个变量,共 35 个题项。所有题项均采用 5 级李克特量表测量,1 分表示“完全不同意”,5 分表示“完全同意”。各变量题项主要参考已有成熟量表,并结合教师使用 GenAI 的具体情境进行修订。

4.3. 研究对象

本研究以中国大陆地区 K-12 阶段在职教师为研究对象,最终获得有效样本 329 份。样本覆盖小学、初中、高中及职高教师,学科涵盖文科、理科、艺术、体育等类型;年龄与教龄分布较为多样。学校所在地包括主城区、县城和乡镇,其中主城区教师占比较高。总体来看,样本具有一定的多样性,能够为后续分析提供支持。

4.4. 数据收集

本研究于 2025 年 10 月通过网络问卷开展调查,问卷借助问卷星平台发放,并通过高校研究机构、省市教研员、中小学校长等渠道传播。问卷在知情同意和匿名填写的基础上进行回收。经筛选,最终获得有效问卷 329 份,有效率为 71.1%。本研究有效样本量与题项之比为 9.4:1,达到统计学要求的推荐标准(Bentler & Chou, 1987),满足后续探索性因子分析与结构方程模型检验对样本规模的需求。

5. 结果

5.1. 结构模型与假设检验

为保证测量模型的可靠性与有效性,本研究对数据进行了共同方法偏差、信效度及模型拟合检验,结果表明本研究测量模型具有良好的信度与效度。结构模型拟合结果表明,模型整体拟合良好,可用于后续假设检验。

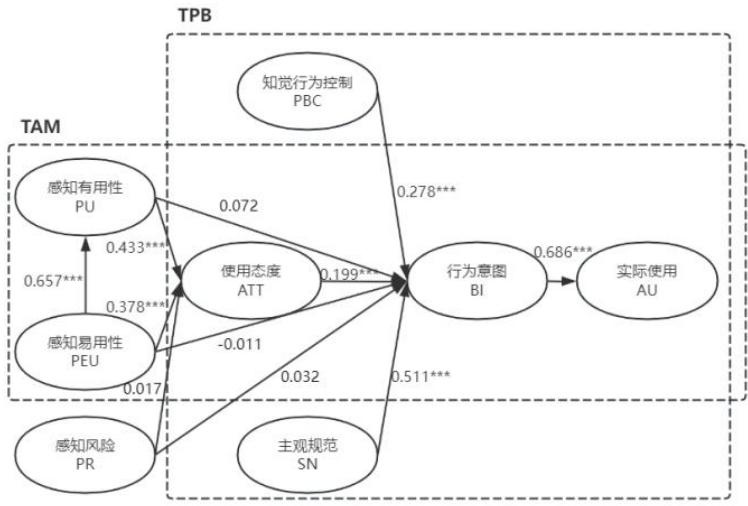


图 2 路径系数与假设检验

如图 2 所示，路径分析结果显示，11 条假设中共有 7 条得到支持。感知易用性显著正向影响感知有用性（H1， $\beta=0.657$ ， $p<0.001$ ）和使用态度（H2， $\beta=0.378$ ， $p<0.001$ ），感知有用性也显著正向影响使用态度（H4， $\beta=0.433$ ， $p<0.001$ ）。但感知易用性和感知有用性对行为意图的直接影响均不显著（H3、H5 不成立）。

在 TPB 相关变量中，使用态度（H8， $\beta=0.199$ ， $p<0.001$ ）、知觉行为控制（H9， $\beta=0.278$ ， $p<0.001$ ）和主观规范（H10， $\beta=0.511$ ， $p<0.001$ ）均对行为意图产生显著正向影响，其中主观规范的作用最强。行为意图进一步显著正向影响实际使用行为（H11， $\beta=0.686$ ， $p<0.001$ ），说明教师形成较强的使用意图，更可能将其转化为实际应用行为。

感知风险对使用态度和行为意图的影响均不显著（H6、H7 不成立），表明在本研究样本中，风险感知并非影响教师使用 GenAI 的直接因素。

本研究采用 Bootstrap 法进行中介效应分析，进一步检验使用态度在技术认知变量与行为意图之间的作用。结果显示，感知有用性通过使用态度对行为意图产生显著间接影响（ $\beta=0.086$ ，95% CI [0.002, 0.230], $p=0.041$ ），表明使用态度在感知有用性与行为意图之间发挥完全中介作用。感知易用性对行为意图的间接效应同样显著（ $\beta=0.179$ ，95% CI [0.029, 0.309], $p=0.018$ ），说明感知易用性可通过提升使用态度，并进一步经由感知有用性与态度的链式路径，间接促进教师的行为意图。

5.2. 模糊集定性比较分析

为进一步揭示影响 K-12 教师使用 GenAI 行为意图的组态路径，本研究在 SEM 分析基础上引入 fsQCA，从非对称因果关系和多重并发因果关系的视角进行补充分析。必要性分析显示，行为意图是实际使用行为的必要条件；对于行为意图，不存在单一必要条件，说明教师的 GenAI 使用意愿是多重条件共同作用的结果。

组态分析识别出三条高行为意图路径。知觉行为控制和主观规范在三条路径中均作为核心条件出现，无论其他条件如何组合，教师感受到较强外部支持与较高自我控制感时，可能形成较高的 GenAI 使用意愿。感知有用性、感知易用性、感知风险和使用态度在不同路径中的作用存在差异，说明这些因素对行为意图的影响具有明显的情境依赖性。这也解释了为何部分变量在 SEM 中未表现出显著的直接净效应，但在特定条件组合下仍可能发挥作用。

表 1 高行为意图组态分析

前因变量	HS1	HS2	HS3
感知有用性 (PU)	●		⊗
感知易用性 (PEU)		⊗	●
使用态度 (ATT)	●	●	
知觉行为控制 (PBC)	●	●	●
主观规范 (SN)	●	●	●
感知风险 (PR)		⊗	●
原始覆盖率	0.63076	0.27751	0.195477
唯一覆盖率	0.351216	0.00898856	0.0261617
一致性	0.984494	0.974742	0.982406
总体覆盖率		0.678021	
总体一致性		0.978828	

注：●=核心条件存在，⊗=核心条件缺失，●=边缘条件存在，⊗=边缘条件缺失，空格表示可能存在也可能缺失。

fsQCA 结果与 SEM 分析相互补充，SEM 揭示了主观规范、知觉行为控制和使用态度的净效应，fsQCA 进一步表明，高行为意图的形成具有多路径、非对称特征，其中主观规范和知觉行为控制是最稳定的核心条件。

6. 讨论

6.1. 研究发现

本研究基于中国大陆地区 K-12 在职教师的问卷数据，通过整合 TAM 与 TPB 并引入感知风险变量，采用 SEM 与 fsQCA 混合方法，分析了 K-12 教师在教育教学场景中使用 GenAI 的影响因素。

第一，验证了主观规范和知觉行为控制在影响 K-12 教师 GenAI 教育教学应用中的主导作用。SEM 结果显示，二者对 BI 具有显著的正向影响，其中主观规范的路径系数最高($\beta=0.511$, $p<0.001$)，知觉行为控制次之 ($\beta=0.278$, $p<0.001$)；fsQCA 进一步表明，主观规范和知觉行为控制共同构成了驱动高行为意图的核心条件。这与现有的技术接受研究相呼应。在东亚集体主义文化背景下，教师行为易受学校领导、同事及社会期望影响，主观规范因而具有较强预测力 (Du & Liang, 2024)。同时，面对复杂且不确定的 GenAI，教师对资源条件和技术自我效能的感知也是影响行为意图的重要因素 (Wang et al., 2025)。因此，对于中国大陆的 K-12 教师而言，需要学校在技术及行政上提供支持，形成使用 GenAI 的氛围，且教师自身能有效平衡人机协同教学，才会产生实质性的使用意图。

第二，揭示了使用态度在 TAM 路径中的中介效应。SEM 数据显示，感知易用性和感知有用性均显著正向影响使用态度，但二者对行为意图的直接路径均不显著，表明教师的技术接受依赖于情感中介，技术的功能属性转化为个体的心理认同，进而驱动行为意向 (Or, 2024)。fsQCA 进一步表明，二者虽非高行为意图的必要条件，却需与使用态度共同作用，才能推动行为意图形成。

第三，fsQCA 从组态视角解释了感知有用性、感知易用性和感知风险在 SEM 中效应不显著的原因。尽管 SEM 显示三者对行为意图的直接影响均不显著，但 fsQCA 表明，它们在不

同高意愿路径中呈现存在与缺失并存的非对称作用。由于其效应方向因情境而异,整体样本中的净效应被相互抵消,这与 Cheng 等人的研究结论一致 (Cheng et al., 2023)。

6.2. 实践启示

基于本研究 SEM 与 fsQCA 的混合分析结果,为促进 K-12 教师在教育教学场景中使用 GenAI,提出以下实践建议:

第一,利用主观规范的驱动效应,构建以共享为核心的智能教育生态,打破技术应用孤岛。鉴于主观规范是驱动教师行为意图的首要因素,学校要根据 GenAI 的技术特性,激发教师群体的分享意愿、构建集体智慧。GenAI 的对话是一种黑箱操作,因此要鼓励教师分享教学成果的同时,分享与 GenAI 交互的提示词及迭代输出的过程,形成校本化的提示词库、构建人机协同教学案例库。利用群体智慧降低个体探索 GenAI 生成逻辑的门槛,营造会用 AI、善用 AI 的集体效能感。

第二,聚焦核心要素,从操作培训转向 AI 素养,提升教师人机协同的数字胜任力。研究发现,知觉行为控制是驱动高行为意图的核心条件之一,意味着教师是否有意愿使用 GenAI,很大程度上取决于感知自己能否掌控这项技术。GenAI 存在的算法幻觉、伦理隐私等不确定性,对教师的掌控能力提出了更高要求。因此,教师培训不应仅停留在工具操作层面,而应转向提升深层的 AI 素养,包括对生成内容的批判性鉴别能力、伦理判断能力以及人机协同的教学设计能力。只有当教师确信自己具备驾驭 AI 生成内容的能力时,其知觉行为控制能更好地转化为教育教学场景中应用 GenAI 的底气。

第三,实施差异化的干预策略,摒弃“一刀切”的推广模式。依据 fsQCA 识别出的多条不同因果组态路径,管理者应针对不同特征的教师群体采取不同措施。对价值认同高但方法技能不足的教师,重点提供操作性培训、备课范例等;对关注风险的教师,应侧重于制定明确的数据安全准则与伦理规范,通过制度保障降低其心理负担;针对动力不足的低意愿教师,通过优秀案例直观展示 GenAI 的减负增效价值,并提供基础的尝试机会,培育其初始态度。

第四,理性看待潜在风险,构建明确的应用边界。由于 GenAI 技术的生成性特征,缺乏明确规则会导致教师在应用时产生顾虑,进而影响其对行为的控制感。因此,相关部门需制定清晰的使用边界,明确禁止使用 GenAI 场景的负面清单,GenAI 服务供应方也要从技术源头优化模型以规避隐私、伦理、偏见等风险。通过制度规范和技术治理的双重保障消除教师对未知风险的顾虑,使其敢于在合规的框架内进行教学创新。

6.3. 研究局限

尽管本研究结合 SEM 与 fsQCA,从线性因果与组态机制双重视角解释了 K-12 教师使用 GenAI 的意向与行为,但仍存在以下局限,有待后续研究进一步完善。

一是横截面数据无法捕捉用户行为随时间变化的动态过程,未来将采用纵向研究设计探究教师在不同时期的行为意愿变化;二是样本分布存在一定的局限性。尽管样本覆盖了不同特征的教师群体,本研究样本中理科教师、高中学段教师及主城区教师占比较高。这些群体可能具备较高的数字素养,在一定程度上影响结果的普遍性。未来研究可进一步扩大样本范围,平衡学科与学段分布;三是本研究将感知风险作为一个整体变量处理,未对其具体维度进行细分,鉴于 fsQCA 的分析结果提示感知风险的作用具有复杂性,未来研究可进一步探究不同类型风险对教师使用 GenAI 的差异化影响。

参考文献

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179-211.

- Bentler, P. M., & Chou, C. P. (1987). Practical issues in structural modeling. *Sociological methods & research*, 16(1), 78-117.
- Chan, C. K. Y., & Lee, K. K. (2023). The AI generation gap: Are Gen Z students more interested in adopting generative AI such as ChatGPT in teaching and learning than their Gen X and millennial generation teachers?. *Smart learning environments*, 10(1), 60.
- Chen, C. C. (2013). The exploration on network behaviors by using the models of Theory of planned behaviors (TPB), Technology acceptance model (TAM) and C-TAM-TPB. *African Journal of business management*, 7(30), 2976.
- Cheng, C., Huang, C., Lin, M., & Chen, T. (2023). Exploring Effectiveness of Relationship Marketing on Artificial Intelligence Adopting Intention. *SAGE Open*, 13. <https://doi.org/10.1177/21582440231222760>.
- Cheng, Y., & Jiang, H. (2020). How do AI-driven chatbots impact user experience? Examining gratifications, perceived privacy risk, satisfaction, loyalty, and continued use. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, 64(4), 592-614.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340.
- Du, W., & Liang, R. (2024). Teachers' Continued VR Technology Usage Intention: An Application of the UTAUT2 Model. *SAGE Open*, 14. <https://doi.org/10.1177/21582440231220112>.
- 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.
- Laak, K. J., & Aru, J. (2024, July). Generative AI in K-12: Opportunities for learning and utility for teachers. In *International conference on artificial intelligence in education* (pp. 502-509). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Legris, P., Ingham, J., & Collette, P. (2003). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information & management*, 40(3), 191-204.
- Mnguni, L., Nuangchalerm, P., El Islami, R. A. Z., Sibanda, D., Sari, I. J., & Ramulumo, M. (2024). The behavioural intentions for integrating artificial intelligence in science teaching among pre-service science teachers in South Africa and Thailand. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100334.
- Noroozi, O., Soleimani, S., Farrokhnia, M., & Banihashem, S. K. (2024). Generative AI in Education: Pedagogical, Theoretical, and Methodological Perspectives. *International Journal of Technology in Education*, 7(3), 373-385.
- Nyaaba, M., & Zhai, X. (2024). Generative AI professional development needs for teacher educators. *Journal of AI*, 8(1), 1-13.
- Or, C. (2024). Watch That Attitude! Examining the Role of Attitude in the Technology Acceptance Model through Meta-Analytic Structural Equation Modelling. *International Journal of Technology in Education and Science*. <https://doi.org/10.46328/ijtes.575>.
- Sharma, R. C., & Bozkurt, A. (Eds.). (2024). Transforming education with generative AI: Prompt engineering and synthetic content creation: Prompt engineering and synthetic content creation. *IGI Global*.

- Teo, T., Zhou, M., & Noyes, J. (2016). Teachers and technology: Development of an extended theory of planned behavior. *Educational Technology Research and Development*, 64(6), 1033-1052.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS quarterly*, 425-478.
- Wang, Y., Wei, Z., Wijaya, T., Cao, Y., & Ning, Y. (2025). Awareness, acceptance, and adoption of Gen-AI by K-12 mathematics teachers: an empirical study integrating TAM and TPB. *BMC Psychology*, 13. <https://doi.org/10.1186/s40359-025-02781-2>.