

绘制移动化转向：STEM 教育中移动学习创新的文献计量探索

朱瑾一

吉林大学哲学社会学院，长春 130012，吉林，中国

摘要：移动技术的快速普及及其重塑科学、技术、工程与数学（STEM）教育的潜力，使得系统考察这一领域的研究演进成为迫切需要。本研究以一项全面的文献计量分析，勾勒了 STEM 教育中移动学习（m-learning）的知识结构与新兴趋势。研究以 Scopus 收录的 1462 篇期刊论文为语料，借助 VOSviewer 实施引文分析、共被引分析与共词分析，揭示了有影响力的作者、主导性主题与演进中的概念格局。结果显示三大研究域：基础性学习理论、教学策略与用户接受模型；并识别出四个主题聚类：借助新兴技术的沉浸式与协作式学习、数字教学法中的人工智能整合、发展中地区的基础设施与可及性挑战，以及高等教育系统对移动学习的采纳。尽管研究产出显著增长，本研究仍指出若干长期存在的挑战，包括移动技术获取的不平等、教师培训不足，以及移动工具与 STEM 学习目标之间的弱对齐。这些局限凸显了以下需求：契合建构主义的教学设计、可规模化基础设施的投入与制度性政策支持，在教育资源匮乏的地区尤为如此。本研究是 STEM 教育中移动学习领域最早的大规模文献计量考察之一；通过对碎片化文献的综合，本研究揭示了关键的研究空白，并为未来探究提供了路线图，尤其关注人工智能驱动的学习设计、包容性教学法与 STEM 教育中可持续的技术整合。

关键词：移动学习；教学法；STEM 教育；技术采纳；文献计量分析

Mapping the Mobile Shift: A Bibliometric Exploration of Mobile Learning Innovations in STEM Education

JinYi Zhu

School of Philosophy and Sociology, Jilin University, Changchun 130012, Jilin, China

Abstract: Given the rapid proliferation of mobile technologies and their potential to reshape science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education, there is a pressing need to systematically examine how research in this domain has evolved over time. This study maps the intellectual structure and emerging trends of mobile learning (m-learning) in STEM education through a comprehensive bibliometric analysis. Drawing from a corpus of 1,462 journal articles indexed in Scopus, the study employed citation, co-citation, and co-word analyses using VOSviewer to uncover influential authors, dominant themes, and evolving conceptual patterns. The findings reveal three major research domains: foundational learning theories, pedagogical strategies, and user acceptance models. Four thematic clusters were identified: immersive and collaborative learning through emerging technologies, AI integration in digital pedagogy, infrastructural and accessibility challenges in developing contexts, and adoption of m-learning in higher

education systems. Despite a marked growth in research output, the study highlights persistent challenges, including inequitable access to mobile technologies, insufficient teacher training, and weak alignment between mobile tools and STEM learning objectives. These limitations underscore the need for constructivist-aligned instructional designs, investment in scalable infrastructure, and institutional policy support, particularly in underserved educational settings. This study represents one of the first large-scale bibliometric investigations of m-learning in STEM education. By synthesizing a fragmented body of literature, it reveals critical research gaps and provides a roadmap for future inquiry, with particular attention to AI-driven learning design, inclusive pedagogies, and sustainable technology integration in STEM education.

Keywords: Mobile learning; Pedagogy; STEM education; Technology adoption; Bibliometric analysis

一、引言

移动技术的普及为变革科学、技术、工程与数学（STEM）教育开启了新的可能。移动学习（m-learning）被界定为借助移动设备实现随时随地学习，已成为促进个性化、协作式与情境化学习体验的一种富有前景的模式[1-2]。在以探究、实验与问题解决为根本的 STEM 教育中，移动技术在弥合正式与非正式学习环境、提升学习者投入度、支持 STEM 概念的真实世界应用方面尤具潜力。

尽管移动技术进展迅速，智能手机与平板电脑在教育场景中日益普及，移动学习在 STEM 中的整合仍不一致且理论化不足[3]。一个关键顾虑在于数字鸿沟：不同社会经济背景的学习者在移动设备与稳定网络的获取上并不平等，从而加剧了教育不公[4]。此外，基础设施局限、教师培训缺失与机构支持不足，妨碍了移动学习在 STEM 课堂中的广泛采纳，在资源受限的场景中尤为突出[5]。另一个长期挑战是移动学习工具与 STEM 特定学习结果之间的教学对齐。尽管许多移动应用能够激发学生的动机与投入，却往往在促进批判性思维、科学推理与问题解决这类高阶思维技能上失之肤浅，而这些正是 STEM 素养的核心能力[5-6]。再者，既有的移动学习工具倾向于优先考虑内容传递，而非契合建构主义取向的体验式与交互式学习模式。

有关移动学习的实证研究已取得若干有前景的发现。例如，移动技术与项目式学习的整合被证实能够提升学生的学习动机、科学过程技能与概念理解[5]。Bano 等[7] 在其系统综述中强调了移动学习的协作性可供性，但同时指出了显著的方法学缺口以及对实际学习结果关注不足的问题。同样，Liu 等[1] 报告移动学习包能够改善学生的科学素养，但强调有意识的教学设计至关重要。然而，既有研究往往呈碎片化状态，跨学科、跨情境与跨时段综合知识的努力十分有限。多数研究集中于发达国家，这令人质疑其结论能否推广至多样的教育系统，尤其是中低收入国家的教育系统[8]。此外，Crompton 等[2] 与 Sarrab 等[9] 等学者批评了行为主义取向的主导地位，主张在 STEM 中更多地以探究导向、建构主义的方式使用移动技术。

鉴于上述局限，开展一项全面的文献计量分析以勾勒 STEM 教育中移动学习的知识图景，既及时又必要。文献计量方法能够揭示发表趋势、核心贡献者、主题聚类与知识空白，从而指引未来研究并为实践与政策提供依据。因此，本研究旨在对 STEM 教育情境下的移动学习研究语料作宏观层面的分析。具体而言，本研究试图：

1. 通过引文分析识别 STEM 教育中与移动学习相关的最具影响力的出版物；
2. 通过共被引分析评估当前的研究格局，以探测理论与方法趋势；
3. 通过共词分析揭示新兴主题与未来方向。

通过回应这些目标，本研究有助于更深入地理解移动学习正如何形塑 STEM 教育，并为希望以更公平、更可规模化、教学上更为稳健的方式运用移动技术的研究者、教育者、课程开发者与政策制定者提供有价值的洞见。最终，研究发现旨在夯实移动学习创新的理论与实践基础，并为设计契合 21 世纪学习目标的未来 STEM 干

预提供参考。

二、相关文献综述

移动学习已成为 STEM 教育中一种变革性的取向,提供灵活、情境化与个性化的学习体验。早期研究关注移动设备的技术可供性,如便携性、连通性与无处不在性,这些特性支持跨正式、非正式与非正规场景的学习。这些特征与强调主动参与、实时反馈与探究式学习的 STEM 教学法高度契合[7]。以体验学习与建构主义学习理论为根基,移动学习使学习者能够投入真实的、情境化的任务,涵养科学推理、批判性思维与问题解决等 STEM 教育的核心能力。

大量研究探讨了移动学习如何契合 STEM 情境中的教学目标。Bakri 等[5]与 Liu 等[1]的研究指出,移动辅助的项目式学习能够改善学生的动机、投入度与认知收获。尽管如此,持续存在的批评指向对内容传递的过度侧重——许多应用在促进高阶认知技能与科学探究方面并不到位[6]。此外,评估移动学习干预对学习结果之持续影响的纵向研究与课程对齐研究仍然匮乏[3]。

用户接受与行为意向同样受到高度关注,尤其是透过技术接受模型(TAM)及其扩展版本的视角。这些模型主张,学习者感知的有用性与易用性是移动学习采纳的关键决定因素。Măță 等与 Hamidi 和 Chavoshi 的实证研究确认,年龄、性别与学科背景等人口学变量会显著影响学习者对移动技术的态度。这凸显了开发自适应、以用户为中心的系统之必要,以照顾不同水平的数字素养、学习风格与文化背景。

另一项并行的关切是持续存在的数字鸿沟与基础设施不平等,它们限制了移动学习的可规模化程度。尽管多数文献来自发达国家,来自发展中地区的新兴研究识别出若干系统性障碍,包括移动设备获取受限、网络连接不稳定与机构准备不足[8]。这些挑战对边缘群体与农村学习者的影响尤为不成比例,凸显了制定包容性移动学习政策与低成本技术方案、以促进 STEM 教育公平可及的必要性[10-12]。

增强现实(AR)、人工智能(AI)与游戏化移动应用等教育技术的新近进展,正在拓展移动学习在 STEM 中的边界。Wu 等(2013)、Kamarainen 等(2013)与 Chen 和 Huang 的研究表明,这些创新能够提升学习者投入度、抽象概念的可视化与体验式学习机会。然而研究亦表明,此类工具的成效取决于稳健的教学整合、教师准备度与机构能力。缺少这些条件,即便最先进的移动技术也可能无法兑现其教育潜力。

尽管相关成果日渐丰富,STEM 领域的移动学习文献仍呈碎片化,常被局限在特定学科或教育层次之内。方法学上的不一致与系统性综合的缺失,限制了得出可推广结论的能力。对此,学者们主张以文献计量方法勾勒研究图景、识别有影响力的成果、揭示主题与方法趋势。这类分析对于指引循证决策、促进跨学科对话至关重要。

随着移动学习的持续演进,未来研究必须整体性地处理技术可供性、教学对齐与公平导向的设计,以充分释放其在 STEM 教育中的潜力。一个更具整合性、在全球范围内更具包容性的研究议程,对于把移动学习推进为 STEM 学习环境中创新、可及与卓越的催化剂而言不可或缺。

三、理论框架

本研究立足于若干互补的理论视角,用以解释移动学习如何形塑、中介并增强 STEM 教育。在核心层面,移动学习植根于建构主义与体验学习理论——该理论把知识视为通过与有意义任务及真实情境的互动而主动建构的产物。移动技术使学习者能够在课堂之外探索、采集数据、可视化现象并投入探究,从而深化概念理解与高阶思维,由此拓展了这一过程。上述观念得到社会文化理论的强化:该理论强调学习是一个受社会中介的过

程，知识在实践共同体内部通过协作、对话与参与而生成。借助移动平台，学习者共同建构知识、分享经验，弥合正式与非正式学习环境之间的鸿沟。

移动技术的采纳与持续使用，可由技术接受类模型进一步解释，包括技术接受模型（TAM）、计划行为理论（TPB）与技术接受与使用整合理论（UTAUT）；这些模型把感知有用性、易用性、社会影响与行为意向视为用户投入的关键决定因素。它们揭示了个体态度、人口学因素与机构支持如何形塑 STEM 情境中移动学习的采纳。最后，社会—技术与生态学视角强调，必须使技术工具与教学设计、基础设施及政策相互对齐，才能确保公平可及与可持续实施，在资源受限的场景中尤为关键[13]。上述框架共同为分析移动学习研究的知識结构与演进提供了综合视角，并指引本研究从文献计量角度探索理论、实践与技术如何汇聚以变革 STEM 教育。

四、研究方法

（一）研究设计

本研究采用文献计量研究设计，以勾勒 STEM 教育中移动学习的知识结构、概念演进与新兴趋势。文献计量分析是一种定量方法，通过系统分析书目数据，揭示特定领域内学术交流的模式、有影响力的成果、主题发展与研究前沿。

（二）文献计量分析路径

作为科学知识图谱的一种形式，文献计量分析可视化文献、作者、期刊与关键词之间的关系。在五类主要的文献计量分析中，本研究采用了三种互补技术[14]：引文分析、共被引分析与共词分析。三者共同提供了对该领域知识图景与概念发展的全面理解。

1. 引文分析。引文分析依据被引频次评估出版物的学术影响力与相关性。该路径可识别最具影响力的研究，并追溯该领域的历史发展与基础性知识。通过分析被引次数，本研究定位了显著形塑 STEM 教育中移动学习研究的关键成果。

2. 共被引分析。文献共被引分析通过考察两篇出版物被共同引用的频次来勾勒该领域的知识结构。常被共同引用的出版物在概念上往往相互关联，反映出共享的理论基础或方法路径。该方法使本研究得以识别支撑移动学习学术演进的核心研究聚类与学术流派。

3. 共词分析。共词分析通过分析关键词在各出版物中的出现频次与共现关系，揭示概念格局与主题结构。该技术对于追踪研究主题的演进、探测新兴领域与预测未来研究方向尤为有价值。与基于引文的方法不同，共词分析直接考察出版物的内容，从而提供有关文献内部语义关系与概念联结的洞见。

（三）数据分析与可视化

数据集使用 VOSviewer 软件进行分析，该软件是构建与可视化文献计量网络的常用工具。软件生成了出版物、作者与关键词的可视化图谱，从而可识别研究聚类、知识结构与跨学科交叉点。这些可视化结果为解读该领域的知识架构、指引未来的实证与理论方向奠定了基础。

（四）检索策略与数据收集

数据收集于 2025 年 4 月 15 日在 Scopus 数据库完成。选择 Scopus 是因其广泛收录高质量同行评议期刊，覆盖 330 余个学科的 8900 余万条记录[15]。本研究对“篇名”“摘要”与“关键词”字段实施了全面的检索策略，检索式见表 1。该检索式确保能够检出与 STEM 教育情境中移动学习相关的文献。

Table 1 Search String used for the Database Search

表 1 数据库检索所用的检索式

检索式	设定理由
("mobile learning" OR "m-learning" OR "mobile-assisted learning" OR "mobile technology in education") AND ("STEM education" OR "science education" OR "technology education" OR "engineering education" OR "mathematics education")	检出 STEM 教育中移动学习的相关文献
("teaching" OR "learning" OR "instruction")	检出有关教学或学习的文献

五、研究结果

（一）描述性分析

在 Scopus 数据库检索之后，仅筛选期刊出版物并把时间限定至 2025 年，最终确定文献总量为 1 462 篇，总被引次数为 19 061 次，篇均被引 13.04 次[16]。图 1 以柱状图呈现 2015 年以来的发文量与被引频次。该图反映出学界与实务界对 STEM 领域移动学习的浓厚兴趣。被引次数预计在未来数年内继续增长，这既体现了高度关注，也说明 STEM 教育中的移动学习仍是一片有待开垦的研究沃土。

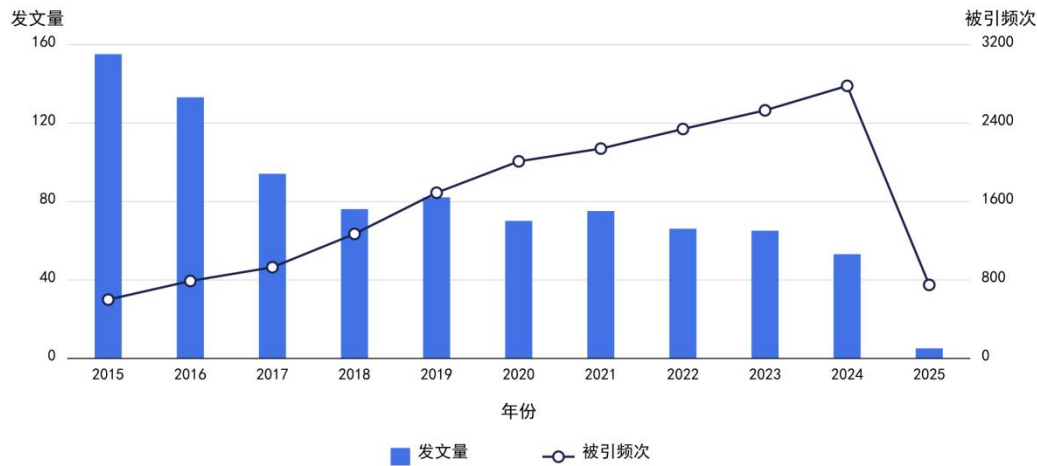


Figure 1 Number of Publications and Citations (Source: Scopus)

图 1 发文量与被引频次（数据来源：Scopus）

注：依据原文图 1 重绘并译为中文。原图（Scopus 导出）未标注数值，本图的柱高与折点位置系按原图坐标刻度逐点量取后复现，同样不标注数值。

（二）引文分析

运用文献引文分析得到的被引频次最高的出版物见表 2。被引次数前三位的出版物依次为 Wu 等（2013）（1 672 次）、Al-Emran 等（2016）（413 次）与 Martin 和 Ertzberger（403 次）。以下讨论引文分析中高被引出版物所涉及的重要议题。

Table 2 Top 10 Highest Co-cited Documents

表 2 被引频次最高的 10 篇文献

序号	作者	篇名	被引频次
1	Wu H K, Lee S W, Chang H, Liang J (2013)	Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education	1672
2	Al-Emran M, Elsherif H	Investigating attitudes towards the use of	413

	M, Shaalan K (2016)	mobile learning in higher education	
3	Martin F, Ertzberger J (2013)	Here and now mobile learning: An experimental study on the use of mobile technology	403
4	Panigrahi R, Srivastava P R, Sharma D (2018)	Online learning: Adoption, continuance, and learning outcome—A review of literature	384
5	Kamarainen A M, Metcalf S, Grotzer T, Browne A, et al. (2013)	EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips	382
6	Arici F, Yildirim P, Caliklar S, Yilmaz R M (2019)	Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis	302
7	Briz-Ponce L, Pereira A, Carvalho L, Juanes-Méndez J, et al. (2017)	Learning with mobile technologies – Students' behavior	289
8	Hamidi H, Chavoshi A (2018)	Analysis of the essential factors for the adoption of mobile learning in higher education	283
9	Zydney J, Warner Z (2016)	Mobile apps for science learning: Review of research	281
10	Bower M, Sturman D (2015)	What are the educational affordances of wearable technologies?	204

1. STEM 学习中的技术整合与创新。Wu 等（2013）、Kamarainen 等（2013）、Arici 等（2019）与 Bower 和 Sturman（2015）等多项高被引研究强调了增强现实（AR）、可穿戴技术与移动应用等新兴技术在提升科学教育与环境教育方面的作用[17-18]。技术可用性与教学可用性之间的平衡是一个关键议题。尽管这些创新提供了沉浸式、交互式的学习机会，但在可规模化程度、成本效益与教师的技术整合准备度上，挑战依然存在。例如，Wu 等（2013）详述了 AR 的潜力与局限，明确指出技术基础设施与教学设计必须协同演进，方能实现有效的 STEM 教育。

2. 学习者投入、行为与态度动力学。Al-Emran 等（2016）、Briz-Ponce 等（2017）与 Hamidi 和 Chavoshi 的出版物探讨了高等教育中学习者对移动学习的态度、行为与采纳模式。这些成果共同强调，移动学习的成效不仅涉及技术的可获得性，还包括用户感知、动机与数字素养。一个值得注意的关切在于接受度在不同情境与文化间的差异性，这凸显了整合自适应且具包容性的移动学习策略之紧迫性。性别、学科与既往技术经验同样发挥作用，说明移动学习工具的设计须对人口学差异保持敏感。

3. 学习成效与结果评估。Martin 和 Ertzberger、Panigrahi 等（2018）与 Zydney 和 Warner 的研究凸显了移动学习对教育结果的影响。这些研究批判性地评估了移动学习在认知收获、投入度与知识保持方面的作用。其中识别出的一个关键议题是评估方法的不一致，这使得有关移动学习效能的证据难以综合。此外，许多研究依赖短期干预，其长期影响仍存在理解缺口。新奇效应与持续教学价值之间同样存在张力，这促使学界呼吁开展纵向与跨学科研究。

（三）共被引分析

在源自数据库的 34 845 条被引文献中，有 55 条达到了五次被引的最低阈值。该阈值经过多次测试，直

至获得稳健且分布均衡的聚类。阈值须处于适当水平，过高或过低都会导致可视化过于简化或过于复杂。共被引频次最高的出版物为 Davis 等（1989）（23 次）、Davis（19 次），以及 Venkatesh 等与 Crompton（均为 18 次）。表 3 呈现了基于共被引分析的前 10 篇共被引文献及其总链接强度。总链接强度指一篇文献在与其他文献的连接中所具有的强度总和。

Table 3 Top 10 Documents with the Highest Co-citation and Total Link Strength
表 3 共被引次数与总链接强度最高的 10 篇文献

序号	作者与年份	篇名	共被引 次数	总链接强 度
1	Davis F D, Bagozzi R P, Warshaw P R (1989)	User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models	23	69
2	Davis F D (1989)	Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology	19	69
3	Venkatesh V, Morris M G, Davis G B, Davis F D (2003)	User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View	18	55
4	Ajzen I (1991)	The Theory of Planned Behavior	10	45
5	Fornell C, Larcker D F (1981)	Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error	15	41
6	Crompton H (2013)	A Historical Overview of Mobile Learning: Toward Learner-Centered Education	18	39
7	Venkatesh V (2000)	Determinants of Perceived Ease of Use: Integrating Control, Intrinsic Motivation, and Emotion into the Technology Acceptance Model	9	37
8	Crompton H, Burke D (2018)	The Use of Mobile Learning in Higher Education: A Systematic Review	13	33
9	Wang Y S, Wu M C, Wang H Y (2009)	Determinants and Age-Gender Differences in Mobile Learning Acceptance	12	33
10	Cheon J, Lee S, Crooks S M, Song J (2012)	Mobile Learning Readiness in Higher Education Based on the Theory of Planned Behavior	13	32

基于网络可视化，共被引分析产生了五个各具特征的聚类，其网络结构见图 2。各聚类的标签与特征系依据代表性出版物、由作者归纳解读而得。

聚类 1（红色）标记为“STEM 教育中移动学习的基础与影响”。该聚类确立了 STEM 领域移动学习的教学与实证基础。Bano 等[7] 与 Crompton 等[2] 的关键成果表明，移动技术能够提升学生的投入度与理解水平，在以情境学习理论与情境感知策略为根基时尤为显著。增强现实等创新与教育标准共同支撑了这一教学转向，

并有稳健的方法学基础作为后盾。

聚类 2（绿色）标记为“移动学习的理论基础与早期教学法”。该聚类聚焦基础理论与早期应用，强调移动学习向以学习者为中心、灵活教育的转向。相关研究取径于体验学习与建构主义学习理论，并记录了早期的成功案例，尤其是运用移动工具的语言教育。Naismith 等与 Liu 等提出的框架为采纳与整合提供了关键洞见。

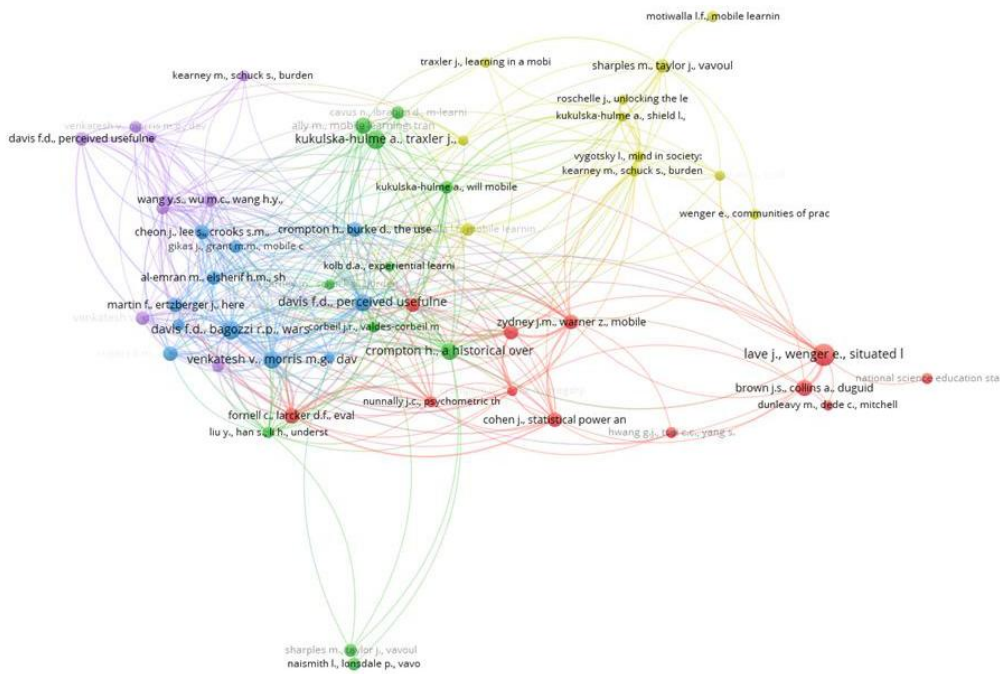


Figure 2 Co-citation Analysis of Mobile Learning in STEM Education

图 2 STEM 教育中移动学习的共被引分析

聚类 3（蓝色）呈现“高等教育中移动学习的用户接受与采纳”这一主题。该聚类考察影响移动学习采纳的各项因素，以 TAM 与 UTAUT 等模型为指引。研究表明，感知易用性与有用性显著形塑采纳行为（Al-Emran 等, 2016）。学生看重灵活性，但整合层面的挑战依然存在，凸显了契合用户需求之设计的必要性。

聚类 4（黄色）标记为“移动学习的理论与社会维度”。该聚类强调社会文化视角，把移动学习视为一种协作性、身份形成性的过程，而不仅仅是内容传递的方法。该聚类援引 Vygotsky 和 Luria 与 Wenger 的研究，凸显互动、共同体与社会情境在学习体验中的重要性。其中的学者主张转向更具情境性、参与性与社会根基的学习形态，使移动技术支持学习者身份的发展，并在学习共同体内部培育有意义的投入。

聚类 5（紫色）以“移动学习中的技术接受与行为意向”为中心。该聚类关注移动学习的心理与情境驱动因素，建基于行为理论。研究显示，动机、人口学特征与感知效用形塑采纳行为。有效实施既需要缜密的设计，也需要对学习行为者的深入理解。

这五个聚类共同揭示：STEM 教育中的移动学习是一个由理论基础、教学创新、用户接受模型、社会文化视角与行为意向共同形塑的多维领域，五者汇聚以支撑有效的、以学习者为中心的、情境感知的技术整合。表 4 以聚类、聚类标签、文献数量与代表性出版物概括了共被引分析的结果。

Table 4 Co-citation clusters on Mobile Learning in STEM Education

表 4 STEM 教育中移动学习的共被引聚类

聚类	聚类标签	文献数	代表性文献
1（红色）	STEM 教育中移动学习的基础与影响	12	Lave & Wenger (1991); Brown, Collins & Duguid (1989); Dunleavy 等 (2009); Zydney & Warner (2016); Cohen (1992)
2（绿色）	移动学习的理论基础与早期教学法	11	Ally (2009); Crompton (2013); Kukulska-Hulme & Traxler (2007); Kolb (1984); Naismith 等 (2004)
3（蓝色）	高等教育中移动学习的用户接受与采纳	11	Davis (1989); Venkatesh 等 (2003); Cheon 等 (2012); Al-Emran 等 (2016); Gikas & Grant (2013)
4（黄色）	移动学习的理论与社会维度	10	Vygotsky & Luria (1978); Wenger (1999); Sharples 等 (2010); Roschelle (2003); Kukulska-Hulme & Shield (2008)
5（紫色）	移动学习中的技术接受与行为意向	9	Ajzen (1991); Davis (1989); Venkatesh & Davis (2000); Wang 等 (2009); Liu 等 (2010)

（四）共词分析

本研究对同一数据库实施了共词分析。在 6 750 个关键词中，有 61 个达到了至少出现九次的门槛，由此形成四个聚类。共现频次最高的关键词为 engineering education（工程教育，1 190 次）、e-learning（电子学习，828 次）与 mobile learning（移动学习，947 次）。表 5 概括了共现频次前 15 位的关键词及其出现次数与总链接强度。

Table 5 Top 15 Keywords in the Co-occurrence of Keywords Analysis
表 5 关键词共现分析中排名前 15 的关键词

排名	关键词	出现次数	总链接强度
1	工程教育（engineering education）	1190	6485
2	电子学习（e-learning）	828	4863
3	移动学习（mobile learning）	947	4789
4	学生（students）	549	3443
5	教学（teaching）	338	2298
6	教育（education）	324	2201
7	学习系统（learning systems）	341	2054
8	移动设备（mobile devices）	277	1783
9	计算机辅助教学（computer-aided instruction）	256	1666
10	移动学习（m-learning）	287	1663
11	移动技术（mobile technology）	241	1560

12	电信设备（telecommunication equipment）	172	1182
13	教育计算（education computing）	160	1056
14	移动通信系统（mobile telecommunication systems）	117	750
15	课程（curricula）	114	726

图 3 呈现共词分析的网络图谱。该图谱产生了四个聚类，其分类与标签依据作者对所出现词汇的归纳解读而定。各聚类彼此紧密关联、部分交叠。

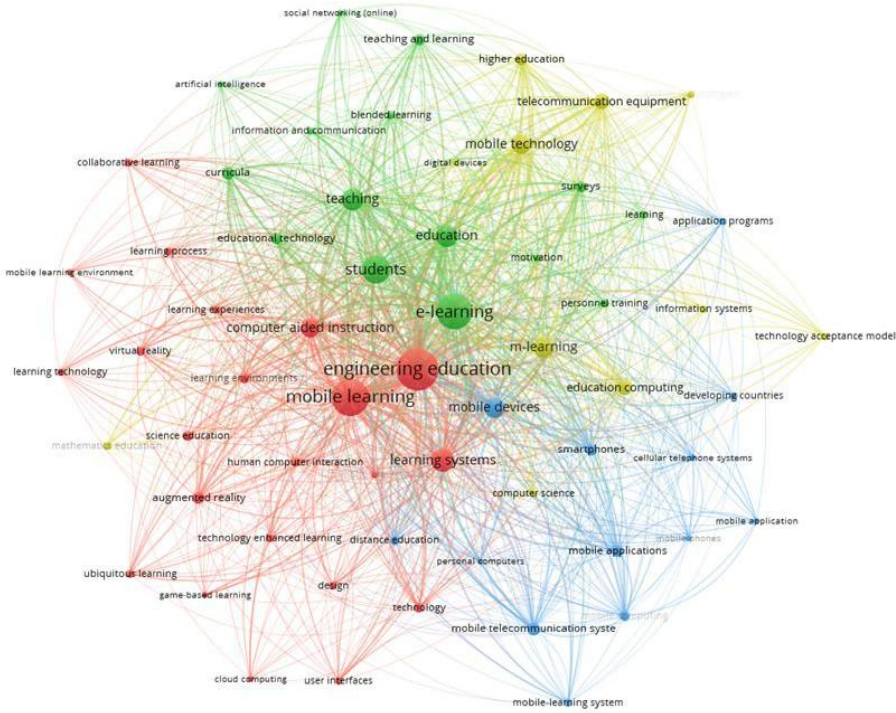


Figure 3 Co-word Analysis of Mobile Learning in STEM Education
图 3 STEM 教育中移动学习的共词分析

聚类 1（红色）含 22 个关键词，标记为“面向沉浸式与协作式 STEM 学习的技术生态”。该聚类凸显了驱动 STEM 教育中移动学习的技术生态系统。移动学习、泛在学习与移动学习环境等核心概念，彰显了向灵活的、随时随地可及之学习形态的转向。增强现实、虚拟现实与游戏化学习带来沉浸式、交互式体验，提升了科学与工程教育中的投入度。支撑这些创新的是云计算与学习系统，二者使内容得以规模化、实时地送达。协作学习与计算机辅助教学促进了社会建构主义，而人机交互与用户界面则强调对学习友好之设计的必要。该聚类反映出一种跨学科转向，即把教学法与新兴技术相整合，迈向体验式与自适应的学习环境。

聚类 2（绿色）由 15 个词构成，标记为“现代教育中的数字教学法与人工智能整合”。该聚类以数字技术与人工智能融入教与学为中心。人工智能、教育技术与信息通信技术（ICT）反映出对教学自动化、学习个性化与课堂数据驱动决策日益增长的关注。混合式学习与电子学习代表了融合面授与在线的灵活教学模式。对教学、课程与人员培训的强调，指向学术方案与专业发展为契合技术进步而进行的重构。学生、动机与社交网络则表明，学界日益关注数字平台内部的学习者投入与互动。研究者借助问卷调查评估这些创新的成效，而学习与教

育始终是贯穿其中的基础线索。该聚类总体上反映了人工智能与数字工具驱动下教育的教学与系统性转型。

聚类 3（蓝色）含 13 个关键词，标记为“新兴教育情境中的移动基础设施与可及性”。该聚类聚焦支撑移动学习的技术基础设施与可及性，在发展中国家尤为突出。移动设备、移动电话、智能手机与个人计算机等核心术语，凸显了支撑移动教育的硬件基础。移动计算、移动通信与蜂窝电话系统，反映了支持远距学习所需的连通性，在传统基础设施匮乏之处更是如此。远程教育 with 移动学习系统的出现，标志着移动平台正日益被用于触达偏远或服务不足的学习者。与此同时，移动应用与应用程序强调了为在这些平台上传递教育内容而进行的软件开发。该聚类凸显了移动学习通过可规模化、低成本的数字方案破除地理与经济壁垒、扩展教育公平的作用。

聚类 4（黄色）标记为“高等教育与 STEM 教育中的技术采纳与移动整合”。该聚类凸显了高等教育与 STEM 领域（尤其是计算机科学与数学教育）对移动与数字技术的采纳。移动技术与 m-learning 等核心术语强调了向便携、按需学习工具的转向。数字设备、电信设备与信息系统构成了传递教育内容的技术基础，在计算类学科中尤为如此。技术接受则意味着运用 TAM 与 UTAUT 等模型理解教师与学生对这些工具的准备度。教育计算指数字工具在教学设计与课程开发中的应用。该聚类反映出把移动学习无缝嵌入学术环境的持续努力，以改善高等教育情境中的可及性、交互性与学科特定的投入度。

综合来看，共词聚类揭示出 STEM 教育中移动学习的多维图景，涵盖沉浸式技术与协作环境（聚类 1）、数字教学法与人工智能整合（聚类 2）、发展中情境下的移动基础设施与可及性（聚类 3），以及透过技术接受视角看高等教育与 STEM 教育对移动技术的采纳（聚类 4）。表 6 以聚类标签、关键词数量与代表性关键词概括了共词分析的结果。

Table 6 Co-word Analysis on Mobile Learning in STEM Education

表 6 STEM 教育中移动学习的共词分析

聚类编号与 颜色	聚类标签	关键词 数	代表性关键词
1（红色）	面向沉浸式与协作式 STEM 学习的技术生态	22	工程教育、计算机辅助教学、移动学习、学习系统
2（绿色）	现代教育中的数字教学法与人工智能整合	15	电子学习、学生、教育、教学
3（蓝色）	新兴教育情境中的移动基础设施与可及性	13	移动设备、智能手机、移动应用、移动通信系统
4（黄色）	高等教育与 STEM 教育中的技术采纳与移动整合	11	移动技术、m-learning、教育计算、电信设备、高等教育

六、讨论

文献计量结果显示，学界持续重视形塑 STEM 教育中移动学习的理论框架与教学基础。引文与共被引分析表明，最具影响力的出版物凸显了移动技术的变革潜力，尤其体现在促成沉浸式、情境化与协作式的学习体验。这些研究确认了移动学习在增强 STEM 投入度方面的作用，在以建构主义、体验式与情境感知教学法为支撑时尤为明显。增强现实（AR）、游戏化学习与移动仿真的运用，彰显了向主动的、以学生为中心的教学日益明显的转向，在科学与工程领域尤为突出。

共被引分析所得的聚类,尤其是“移动学习的基础与影响”与“移动学习的理论与社会维度”,进一步揭示成功的移动学习策略有赖于社会学习理论与实践共同体的整合。Sharpley 等与 Wenger 等学者强调,移动学习是一个社会建构的过程,学习者通过互动与协作共同创造意义。此外,共词分析显示主题在“工程教育”“学习系统”与“协作学习”等关键词上高度汇聚,反映出一种更为宏阔的技术生态——移动工具被嵌入自适应的、实时的学习环境之中。这些由移动界面、云平台与人机交互驱动的生态系统,为个性化与可规模化的教学创造了机会。然而研究亦警示存在实施缺口,如教学设计不足与教师准备度欠缺,它们妨碍了移动学习潜力的充分释放。

第二个主要主题聚焦于中介移动学习之采纳与成效的行为、心理与基础设施因素。“移动学习的用户接受与采纳”与“技术接受与行为意向”等共被引聚类,凸显了技术接受模型(TAM)、计划行为理论(TPB)与技术接受与使用整合理论(UTAUT)等理论模型在解释用户采纳中的核心地位。Davis、Venkatesh 等与 Ajzen 的影响力成果表明,感知有用性、易用性与行为意向显著形塑学习者与教育者把移动工具融入教学实践的意愿。

引文分析亦支持这一点,强调了态度与动机层面的动力学,在高等教育情境中尤为明显。这些研究指出,移动学习的采纳在不同人口群体间并不均质,而是受性别、年龄、数字素养与学科等因素影响。机构支持——包括教师发展与技术基础设施——同样是决定持续使用的关键因素。

“新兴教育情境中的移动基础设施与可及性”这一共词聚类深化了上述洞见,凸显了在可及性与连通性上的差距,发展中国家尤为突出。“移动设备”“电信系统”与“远程教育”等关键词,反映出限制移动学习公平扩散的系统性挑战。学者指出,基础设施不足、设备成本高昂与网络接入不稳定加剧了数字鸿沟,最终影响 STEM 的学习结果。

因此,有效的移动学习整合所需的远不止技术供给,还需要以行为研究为依据的策略、跨部门协作,以及能够弥合基础设施不平等的政策。各机构不仅要投资于技术,更要投资于本土化、包容性的路径,以照顾其学习者的行为模式与真实的获取条件。

七、结论与建议

本文计量分析全面呈现了 STEM 教育中移动学习的知识、概念与主题图景。通过对 1 462 篇 Scopus 收录出版物实施引文、共被引与共词分析,本研究识别出形塑这一演进领域的基础理论、关键采纳模型与新兴趋势。研究发现确认,移动学习已超越早期的实验性实施,在 STEM 情境中成为一种日益具备教学整合性与技术成熟度的取向。有影响力的研究凸显了移动技术在增强协作、投入度与个性化学习方面的作用,同时也提示了与基础设施、用户接受与教学对齐相关的关切。

共被引分析所揭示的主题聚类,反映了这一学术话语的多维属性——从植根于建构主义与社会文化学习的理论基础,到由 TAM、UTAUT 与 TPB 等行为理论所支撑的实践框架。同样,共词聚类凸显了移动学习与沉浸式技术、数字教学法、基础设施建设及高等教育整合之间的交叉。这些洞见凸显了该领域日益增强的跨学科性,以及 STEM 教育对响应性、情境感知型学习模式的需求。

尽管作出上述贡献,本研究仍受若干局限的制约。第一,研究仅依赖 Scopus 数据库;该库虽收录广泛,但可能遗漏 Web of Science、ERIC 或其他学术资源库收录的相关文献。这一数据库限制可能导致覆盖不完整,在新兴地区与非英语情境中尤为如此。第二,文献计量指标侧重发文频次与被引次数,二者未必总能对应教学成效或现实影响。第三,本研究的方法学范围不含质性内容分析,而后者本可为教学策略与学习者结果提供更深入的洞见。

因此,未来研究应通过多数据库分析、纵向设计与跨文化比较来弥补这些缺口,并应关注移动学习在 STEM

学科中长期认知与行为结果的评估。此外，随着该领域迈向人工智能增强的、自适应的沉浸式学习环境，学者必须探究新兴技术如何与移动平台互动，以支持公平、包容与学业成就。

从实践角度看，研究发现凸显了教育者、课程设计与政策制定者的一项需求：开发能够把移动技术与人工智能、增强现实（AR）及学习分析等下一代工具相整合的教学框架，以创造更具个性化、包容性与数据驱动特征的 STEM 学习体验。各机构还应投资于专业发展与基础设施，以支撑这些技术的可持续采纳。归根结底，强化实证证据、拓展全球视野与精炼理论模型，将是形塑 STEM 教育中移动学习研究与实践下一阶段的关键——一个自适应的、面向未来的、能够回应快速演进之数字图景的阶段。

参考文献

- [1] 方晓义. 青少年心理健康教育干预体系构建. 心理发展与教育, 2023, 37(04): 497-505.
- [2] 陆根书. 大学生创新创业教育生态构建. 西安交通大学学报 (社会科学版), 2021, 41(04): 121-128.
- [3] 程介明. 国际化视野下本土课程文化建构. 比较教育研究, 2025, 43(06): 3-11.
- [4] Bakri F P, Budi E, Rahmawati Y. The integration of mobile learning in STEM-PjBL for physics learning: A systematic literature review. Journal of Physics: Conference Series, 2023, 2596(1): 012065.
- [5] 马晓燕. 特殊教育融合教学实施路径. 中国特殊教育, 2021(08): 17-23.
- [6] 陈向明. 质性研究方法在教育科研中的运用. 教育学术月刊, 2020(07): 3-10.
- [7] 杨小微. 校本课程开发的误区与修正策略. 中小学管理, 2021(09): 28-31.
- [8] Liu Y, Lin P, Zhang M, et al. Mobile-aware service offloading for UAV-assisted IoV: A multiagent tiny distributed learning approach. IEEE Internet of Things Journal, 2024, 11(12): 21191-21201.
- [9] Crompton H, Burke D, Gregory K H. The use of mobile learning in PK-12 education: A systematic review. Computers & Education, 2017, 110: 51-63.
- [10] 张少刚. 职业教育1+X证书制度落地路径. 职业技术教育, 2022, 42(20): 22-27.
- [11] 刘复兴. 教育评价改革的价值转向与实施要点. 教育学报, 2021, 17(03): 4-14.
- [12] 江绍祥. 智慧校园建设关键技术与应用场景. 中国教育信息化, 2022(12): 1-6.
- [13] 王蕾. 义务教育英语课标实施教学改进. 外语教学与研究, 2020, 53(03): 433-441.
- [14] 周光礼. 高校学科建设与科研育人融合. 大学教育科学, 2021(04): 36-44.
- [15] 刘昌亚. 义务教育课后服务长效管理机制. 基础教育, 2023(08): 14-18.
- [16] 赵国忠. 校长领导力提升实践策略. 教学与管理, 2024(24): 11-14.
- [17] Bazhenova E D, Shuzhebayeva A I, Ismailovna A. The impact of mobile learning on undergraduate students' cognitive learning outcomes: A meta-analytic review. International Journal of Engineering Pedagogy, 2022, 12(5): 42-59.
- [18] Krishnamurthi M, Richter S. Promoting STEM education through mobile teaching and learning. 2013. <http://www.ebscohost.com/academic/mobile-access>