

技术接受模型框架下初中生在科学教育中使用元宇宙平台的意图

Technology Acceptance Model Framework for Middle School Students' Intention to Use the Metaverse Platform in Science Education

诸葛文俊^{1*}, 叶碧滢¹, 汪溢慧¹, 许玄午¹

¹温州大学教师教育学院

*1105174773@qq.com

【摘要】 元宇宙技术在教育领域的应用为初中科学教育提供了沉浸式学习环境, 但其在基础教育阶段的应用仍待探索。本研究基于扩展技术接受模型, 实证分析了感知有用性、易用性、协作学习及同伴影响对初中生使用元宇宙平台的行为意图的作用机制。结果显示: 协作学习不仅显著提升使用意愿和学习态度, 同伴影响还正向作用于技术感知维度。研究验证了扩展 TAM 模型在基础教育场景的有效性, 为元宇宙教学实践提供了理论支持。

【关键词】 元宇宙; 技术接受模型; 协作学习; 同伴影响; 科学教育

Abstract: The application of metaverse technology in the education field provides an immersive learning environment for junior high school science education, yet its implementation in basic education stages remains underexplored. This study, based on the extended Technology Acceptance Model (TAM), empirically analyzes the mechanisms through which perceived usefulness, perceived ease of use, collaborative learning, and peer influence affect junior high school students' behavioral intention to use metaverse platforms. The results indicate that collaborative learning not only significantly enhances usage intention and learning attitudes but also that peer influence positively impacts technology perception dimensions. The research verifies the effectiveness of the extended TAM model in basic education contexts and provides theoretical support for metaverse-based teaching practices.

Keywords: metaverse; Technology Acceptance Model; Collaborative Learning; Peer Influence; Science Education

1. 引言

元宇宙技术通过整合 VR/AR 与人工智能构建的沉浸式学习环境, 正推动教育模式革新, 尤其在科学实验模拟等高危场景中凸显应用价值(Wang, 2024)。

现有研究虽已证实 TAM 模型对职前教师技术接受度的解释力(Hwang & Lee, 2024), 但初中生群体的技术接受障碍及其与协作学习、同伴影响的交互机制仍存在研究空白。本研究创新性地构建整合协作学习 (CL) 与同伴影响 (PI) 的扩展 TAM 框架, 重点揭示以下核心问题:

1. 感知有用性 (PU)、易用性 (PEOU) 与使用态度 (ATU) 在初中生元宇宙学习中的中介作用

2. 协作互动对学习动机的强化路径及同伴压力对技术接受行为的调节效应。通过实证分析, 旨在建立初中生行为意向 (BI) 的多维预测模型, 为基础教育阶段的元宇宙教学提供理论依据与实践优化方向。

2. 文献综述与模型构建

2.1. 元宇宙在教育中的应用

元宇宙是后现实宇宙, 即一个持续且持久的多人环境, 将物理现实与数字虚拟性融合在一起。它基于一系列技术的融合, 使人们能够与虚拟环境、数字物体以及其他用户 (例如通

过虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术）进行多感官交互。因此，元宇宙构成了一个持久多人平台上的互联社交、沉浸式网络环境(Mystakidis, 2022)。它使人们能够在实时和动态交互中实现无缝的具身用户沟通。

元宇宙在教育领域的应用已初显成效。首先，研究表明，元宇宙可通过其沉浸式环境增强学生的学习动机和知识掌握能力(Kaddoura & Al Husseiny, 2023)。Wang (2024) 发现，在元宇宙环境中进行的虚拟实验不仅安全高效，还能为学生提供实时反馈和个性化学习路径，从而显著提高学习效率(Sidhu et al., 2024)。

2.2. 研究模型与假设

已有研究表明，技术接受模型（Technology Acceptance Model, TAM）、理性行为理论（Theory of Reasoned Action, TRA）、计划行为理论（Theory of Planned Behaviour, TPB）以及统一技术接受与使用理论（Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, UTAUT）均以技术接受的概念为基础进行探讨。

在元宇宙技术的背景下，感知有用性（PU）可以理解为初中生认为使用元宇宙平台能够提升他们科学教育中的学习效果；感知易用性（PEU）则指学生是否认为元宇宙平台操作简单易用，界面友好且易于导航。感知有用性（PU）与感知易用性（PEU）的交互作用不仅会影响学生对元宇宙平台的使用态度，还会最终决定其是否愿意持续使用该技术。

因此，基于上述技术接受模型（TAM）研究，本研究提出以下假设

H1: 感知有用性（PU）对使用态度（ATU）有显著正向影响。

H2: 感知易用性（PEU）对使用态度（ATU）有显著正向影响。

H3: 使用态度（ATU）对行为意图（BI）有显著正向影响。

H4: 感知易用性（PEU）对感知有用性（PU）有显著正向影响。

H5: 感知有用性（PU）对行为意图（BI）有显著正向影响。

协作学习（Collaborative Learning, CL）是一种以团队合作和互动为核心的学习方式。在元宇宙科学教育中，协作学习（CL）能够通过学生之间的合作完成学习任务，有效提升学习体验和技术接受度(Li et al., 2024)。基于上述理论与文献支持，本研究提出以下假设：

H6: 协作学习（CL）对行为意图（BI）有显著正向影响。

H7: 协作学习（CL）对使用态度（ATU）有显著正向影响。

H8: 协作学习（CL）对感知易用性（PEU）有显著正向影响。

同伴影响（Peer Influence, PI）指的是用户在技术使用和接受过程中，受到来自同伴或社会群体行为、态度、意见等方面的影响程度(Vahdat et al., 2021)。

基于上述理论背景和已有研究，本研究提出了以下假设：

H9: 同伴影响（PI）对感知易用性（PEU）有显著正向影响。

H10: 同伴影响（PI）对感知有用性（PU）有显著正向影响。

在上述假设的基础上，本研究模型对原 TAM 模型进行了扩展，增加了二个外部变量（协作学习和同伴影响），形成了扩展的 TAM 模型，如图 1 所示

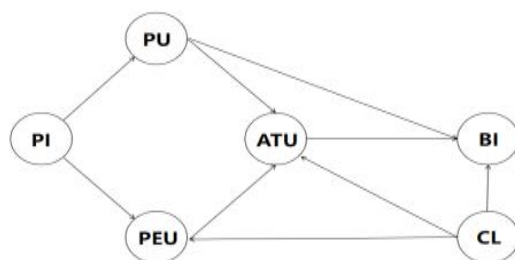


图 1 TAM 模型

3. 方法

3.1. 研究对象

本研究从中国一所中学收集了 250 份有效问卷，调查七年级和八年级学生对元宇宙技术在教育环境中接受度。性别比例较为均衡，男生占 50.3%，女生占 49.7%。所有研究对象均参与了基于元宇宙技术的虚拟学习场景，涵盖了不同的学习背景和体验。

3.2. 实验程序

在一个学期的课程中，学生将借助 Pico Neo3 VR 设备和 Spatial 平台，深入探索虚拟船舶展览馆，并以小组合作形式完成船舶模型的设计与制作。课程分为四个阶段：（1）学生用 VR 设备进入虚拟船舶展览馆，通过互动模块学习船舶历史和浮力原理；（2）分组进行虚拟实验，在教师指导下掌握船舶设计方法并记录发现；（3）小组合作设计船舶模型，优化后通过 3D 打印制作实体模型；（4）期末展示模型并汇报全过程，师生共同分析成果、提出改进建议。

3.3. 仪器

本问卷以 Davis (1989) 的成熟量表开发问卷，测量模型中的 8 个变量：感知有用性(PU,3 题)、感知易用性(PEU,4 题)、使用态度(ATU,4 题)、协作学习(CL,4 题)、行为意图(BI,3 题)和同伴影响(PI,3 题)。所有题项采用 5 级李克特量表（1=非常不同意，5=非常同意），经信度检验显示良好内部一致性（ α 系数 0.829-0.933）。

4. 成果

4.1. 测量模型

本研究首先检验了模型的信度和效度问题。为验证测量模型的信度和收敛效度，我们对 Cronbach' s Alpha 系数 和 综合信度 (CR) 进行了评估。从表格中可以看出，每个构念的 Cronbach' s Alpha 系数均高于 0.8，CR 值均高于 0.9，符合(Chin, 1998)提出的标准。在收敛效度方面，研究考察了各构念的 平均方差萃取量 (AVE)，所有构念的 AVE 值均超过了 (Peterson, 2000) 提出的 0.50 阈值。此外，对于每个构念中的测量指标，其外部负荷 (Outer Loadings) 均高于 0.7，符合文献的要求。

4.2. 结构模型

PLS 程序可以使用引导法生成 t 统计量，用于内部和外部模型的显著性检验。本研究中，我们通过引导法从原始样本中随机生成了 5000 个样本，计算了标准误差，并进而得出了用于检验路径系数显著性的近似 t 值。

根据 Henseler et al. (2016) 的建议，标准化均方根残差 (SRMR) 被用于评估观察到的差异与模型预测差异的大小。小于 0.08 的值被认为是可以接受的拟合标准。在本研究中，SRMR 值为 0.059，表明模型拟合良好。本研究的 PLS 模型分析结果如图 3 所示。

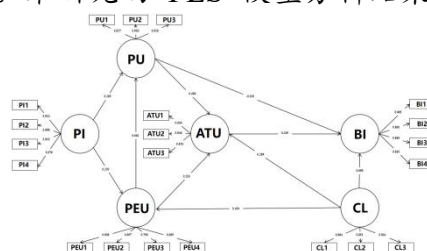


图 3TAM 模型的 PLS 分析结果

5. 讨论

本研究基于扩展技术接受模型 (TAM) 探讨初中生对元宇宙的学习使用意向。结果显示：传统 TAM 路径中，感知有用性 (PU) 与感知易用性 (PEU) 正向影响使用态度 (ATU) ($\beta = 0.406/0.253$)，ATU 正向影响行为意图 (BI) ($\beta = 0.239$)，PEU $\rightarrow$ PU 路径成立 ($\beta = 0.562$)。但 PU $\rightarrow$ BI 的直接作用不显著，这可能源于元宇宙技术 (VR/AR 等) 的复杂操作特性，学生的技术适应障碍削弱了有用认知向使用意愿的转化。研究发现两个新机制 (1) 同伴影响 (PI) 显著提升 PEU ($\beta = 0.23$) 和 PU ($\beta = 0.265$)，符合社会认知理论，表明同伴示范能降低新

技术使用焦虑；（2）协作学习对 ATU ($\beta=0.289$) 和 BI ($\beta=0.598$) 有强促进作用，其通过技术互助（提升 PEU $\beta=0.454$ ）和集体经验共享，有效缓解技术复杂性带来的使用障碍。

与传统 TAM 的差异体现在：ATU 对 BI 的作用强度较弱，说明在复杂技术场景中，除态度因素外，技术能力培养和社会支持系统对使用决策更具影响力。这为教育技术设计提供了新启示：在开发元宇宙教学平台时，需同步构建协作学习机制和技术指导体系，以强化技术认知向使用行为的转化效率。

参考文献

- Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modeling. *Modern methods for business research/Lawrence Erlbaum Associates*.
<https://doi.org/10.2307/249008>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Henseler, J., Hubona, G., & Ray, P. A. (2016). Using PLS path modeling in new technology research: updated guidelines. *Industrial management & data systems*, 116(1), 2-20.
<https://doi.org/10.1108/imds-09-2015-0382>
- Hwang, Y., & Lee, J.-Y. (2024). Exploring Pre-Service English Teachers' Perceptions and Technological Acceptance of Metaverse Language Classroom Design. *SAGE Open*, 14(4), 21582440241300543. <https://doi.org/10.1177/21582440241300543>
- Kaddoura, S., & Al Husseiny, F. (2023). The rising trend of Metaverse in education: Challenges, opportunities, and ethical considerations. *PeerJ Computer Science*, 9, e1252.
<https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1252>
- Li, C., Jiang, Y., Ng, P. H., Dai, Y., Cheung, F., Chan, H. C., & Li, P. (2024). Collaborative learning in the Edu-Metaverse era: An empirical study on the enabling technologies. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. <https://doi.org/10.1109/tlt.2024.3352743>
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486-497.
<https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>
- Peterson, R. A. (2000). A meta-analysis of variance accounted for and factor loadings in exploratory factor analysis. *Marketing letters*, 11, 261-275.
- Sidhu, M. S., Mousakhani, S., Lee, C. K., & Sidhu, K. K. (2024). Educational impact of Metaverse learning environment for engineering mechanics dynamics. *Computer Applications in Engineering Education*, 32(5), e22772. <https://doi.org/10.1002/cae.22772>
- Vahdat, A., Alizadeh, A., Quach, S., & Hamelin, N. (2021). Would you like to shop via mobile app technology? The technology acceptance model, social factors and purchase intention. *Australasian Marketing Journal*, 29(2), 187-197.
<https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2020.01.002>
- Wang, C.-H. (2024). Education in the metaverse: Developing virtual reality teaching materials for K - 12 natural science. *Education and Information Technologies*, 1-22.
<https://doi.org/10.1007/s10639-024-13156-2>