

混合现实 (MR) 科普活动用户的参与和分享意愿研究

周荣庭^{1,2*} 杨晓桐^{1,2} 何同亮^{1,2}

(中国科学技术大学人文与社会科学学院, 合肥 230026)¹

(安徽新华传媒股份有限公司沉浸式媒体技术文化和旅游部重点实验室, 合肥 230000)²

[摘要] 虚拟现实 (VR) 技术的出现为科普带来了更加形象化的展示方式和新奇的体验, 尤其是混合现实 (MR) 技术能够让科普用户沉浸于科学知识的环境中。目前关于混合现实技术应用于科普中的研究还处于探索阶段, 且主要为定性描述, 缺少从用户视角进行分析和实证的研究。本文以技术接受模型 (TAM) 为基础, 结合混合现实技术的特征, 对 280 名科普用户的参与和分享意愿进行调查。具体分析了感知易用性、感知有用性、互动性、娱乐性, 以及参与意愿和分享意愿之间的关系, 并在计算结果的基础上提出对策建议: 优化用户参与和互动环节、适当提高科普活动的娱乐元素、简化设备操作流程、引导用户进行经验分享。

[关键词] 科普用户 混合现实技术 结构方程 技术接受模型 (TAM) 参与意愿 分享意愿

[中图分类号] N4 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2022.03.002

虚拟现实 (VR) 技术在发展过程中正逐渐形成应用混合现实 (MR) 技术的新趋势。MR 技术设备能够拓展用户视觉空间和想象力, 具有沉浸性、互动性和交互性。MR 继承了增强现实 (AR) 和虚拟现实 (VR) 的影像呈现和人机交互等方面的优势, 并进一步加强了现实与虚拟相融合的效果。本质上, MR 技术可以概括为增强现实和虚拟现实的结合物, 通过整合先进的图像处理技术和显示设备, 生成虚实融合的可视化环境, 提供虚拟物体与现实世界进行物理交互的能力^[1]。作为一种创新升级版的虚拟现实技术, MR 表现出巨大的潜力, 目前, 该技术已应用于工业维修、医疗、军事、教学、培训、广告、娱乐、影视出

版等领域。MR 在教育上的实践较为成熟, 有不少的成功案例。例如, 美国罗得岛州布朗大学的小林 (Kobayashi) 等学者将 MR 技术产品引入教学过程, 通过对病患的电子计算机断层扫描 (Computerized Tomography, CT) 图像进行处理, 生成更容易理解的解剖结构全息影像^[2]。微软公司开发的 HoloLens 和 HoloLens 2 两款产品为培生教育集团的教学创新提供支持, 将 MR 技术融入医学、历史、STEM 等课程中^[3]。《地平线报告 (2019 高等教育版)》(EDUCAUSE Horizon Report: 2019 Higher Education Edition) 中表示, MR 在交互性和虚实结合方面的功能为学习者构建知识提供了显著支持, 有着更加广泛的应用场景, 预计

收稿时间: 2021-11-26

* 作者简介: 周荣庭, 中国科学技术大学人文与社会科学学院科技传播与科技政策系执行主任、知识管理研究所执行所长, 研究方向: 网络传播、数字媒体、科学普及, E-mail: rongting@ustc.edu.cn。

2022 年全球市场规模将达到 1 000 亿 ~2 000 亿美元^[4]。

MR 技术成功应用于教育领域的实践经验为科普创新提供了借鉴。尹火娇介绍了 MR 在数字科技馆的应用，从科技馆的三维地图展项、模拟飞行展项以及数字剧场中的实际案例方面，阐述了 MR 技术在科普展项中的作用^[5]。李锋通过“虚拟漫游”展项的设计思想、体验过程、技术方案，阐述了混合现实技术的特点，展现了 MR 技术在科普展示中的应用^[6]。目前，MR 技术聚焦于科普的研究较少，主要局限在 MR 技术在科普领域的简单应用，缺乏从受众的立场对 MR 技术应用于科普的系统性分析。受众对于 MR 技术应用于科普活动的成功与否有着决定性的影响。因此，本研究聚焦科普受众的体验，在技术接受模型（Technology Acceptance Model, TAM）的基础上，结合 MR 技术特性进行系统性的实证分析，旨在为科普创新提供依据和借鉴，弥补该领域的研究空白。

1 MR 科普活动类型

与传统的科普活动不同，MR 科普活动更具交互性、沉浸式、互动性等特征，用户通过佩戴 MR 设备参与到科普教学、科普游戏或科普展项等活动中，在虚拟与现实相结合的环境里接受科普。这种突破了单一虚拟空间或现实空间限制的科普形式，可以为用户提供更优质的体验和-content。根据 MR 技术的应用实践情况进行划分，MR 科普活动主要有三种类型。

1.1 MR 科普教学

用户参与科普教学的意愿水平关系到科普效果的优劣，而教学策略和用户的积极性发挥着重要作用^[7]。课堂教学是科普活动的主要形式之一，融入 MR 技术能够改良教学环

境，增加娱乐元素和互动环节，不仅可以带给用户新颖的学习体验，还可以在一定程度上提高用户的学习积极性，加深理解和记忆。例如，广东虚拟现实科技有限公司推出的 MR 全息教室避免了“填鸭式”教学的弊端，基于 MR 技术、人工智能等高科技深度融合优化课堂教学过程，通过 5G+MR 虚拟仿真教学技术，进行课堂教学和小组多人协同作业，引导学生从被动学习转变为主动学习。MR 科普教学有助于激活用户的创造力和提高学习效率，甚至在诸多类型的培训中也有广泛的应用空间。

1.2 MR 科普游戏

科普游戏是指以科学普及为目的，参与者可以从中收获科学知识、科学方法、科学思想和科学精神的电子游戏^[8]。在科普游戏中应用 MR 技术，将大大丰富用户的娱乐和互动体验。例如，广东虚拟现实科技有限公司面向亲子人群推出的“全息博物馆”，已经成为集科技、娱乐、教育为一体的科普游戏平台。用户可以佩戴 MR 设备在“MR 捕鱼”“MR 病毒大作战”“恐龙寻踪”等游戏项目中通过炫酷的演出、多维的造型体验形象生动的科普内容。MR 科普游戏兼具教育功能和娱乐功能，更好地平衡了科普游戏的科学性及娱乐性，让用户既能在快乐中体验科学知识，也能获得掌握科学知识的快乐。

1.3 MR 科普展项

MR 科普展项可以增强科学知识的可视化和科学技术的互动性体验，逐渐成为科普展项发展的新趋势。例如，广东科学中心在“数码世界”展区的“虚拟漫游”展项中全面应用了 MR 技术，以提升用户参与展项的体验效果。其中，分别设置“珠江畅游”“海底世界”“空中游览”三个混合现实场景，用户乘坐实体的小型轨道车穿行在不同的场景中，

并通过头盔式显示器感受虚景和实景融合之后的效果,并借用手持设备与场景中的角色互动,完成科学探索 and 知识学习^[6]。另外,MR技术也应用于广州数字科技馆的模拟飞行展项中,用MR技术构建座舱外景象,包括建筑物、机场与跑道、道路、灯光、田野、河流、地形地貌等,为体验者提供身临其境的感觉^[5]。

2 理论模型的构建

本文基于技术接受模型,结合MR技术在科普活动中的应用特征提出假设,并构建用户的参与和分享意愿理论模型。TAM模型由戴维斯(Davis)于1986年在研究用户对信息系统使用行为时提出,主要包含三个内部因素和外部因素^[9]。内部因素由感知易用性、感知有用性和使用意愿组成;外部因素在本研究中由互动性和娱乐性组成。

2.1 互动性

互动性旨在实现对至少一个人的知识或行为的改变,当互动性越高时,用户的感知易用性和感知有用性也随之增加。沈家成(Shen)和庄焕铭(Chuang)的研究证实了互动性直接影响用户感知技术的易用性和有用性,互动性越高,用户的感知易用性和感知有用性也随之增加^[10]。互动性特征不仅可以提高用户的参与度,还可以让用户在体验中更加主动地学习相关科学知识。参与MR科普活动的用户能够通过互动式学习充分体验科学知识,会更容易感知其有用性并会与周围的人群分享。因此,本文提出如下假设:

H1a: MR科普活动的互动性正向影响用户的感知易用性;

H1b: MR科普活动的互动性正向影响用户的感知有用性;

H1c: MR科普活动的互动性正向影响用户的分享意愿;

H1d: MR科普活动的互动性正向影响用户的参与意愿。

2.2 娱乐性

娱乐性代表了某种体验带给自身的愉悦感和乐趣感。文卡泰什(Venkatesh)^[11]的研究发现,娱乐性是影响用户对某一系统易用性认知的重要因素。白玉^[12]也在对影响学术虚拟社区持续意愿的研究中,发现娱乐性对用户的持续参与起到显著的正向影响作用。在MR科普活动中,用户除了能够体验科学知识对工作或学习上的有效帮助外,还能在娱乐过程中产生高兴、快乐等愉悦感,从而会更愿意参与和分享相关体验。因此,本文提出如下假设:

H2a: MR科普活动的娱乐性正向影响用户的感知易用性;

H2b: MR科普活动的娱乐性正向影响用户的分享意愿;

H2c: MR科普活动的娱乐性正向影响用户的参与意愿。

2.3 感知易用性

戴维斯等在TAM模型中指出,感知的易用性反映了一个人认为使用特定系统是否容易的程度^[13]。MR科普活动中除了终端设备的演示外,还包含设置演示设备和其他感知条件在内的一些操作流程,如身体运动和手势、调整书本的视角、使用辅助道具等。如果设计和操作很复杂,用户的注意力便会被削弱,会降低用户的参与和分享意愿^[14]。在实际的科普活动中,用户处理信息的能力往往有限,导致高效和直观体验需求的增加。因此,本文提出如下假设:

H3a: 用户对MR科普活动的感知易用性正向影响用户的感知有用性;

H3b: 用户对MR科普活动的感知易用性正向影响用户的参与意愿。

2.4 感知有用性

感知有用性代表了用户对使用特定系统可以提高工作成就水平的认可^[15]。产品的功能性、实用性和使用效果是否能够达到用户的心理预期，这与用户选择是否在科普活动中使用 MR 技术产品或是否与他人分享经验都有着一定的联系。在本研究中，感知有用性体现了用户对 MR 科普活动应用价值的评估，这对科普用户的参与意愿和分享意愿具有积极的影响。因此，本文提出如下假设：

- H4a：用户对 MR 科普活动的感知有用性正向影响用户的参与意愿；
- H4b：用户对 MR 科普活动的感知有用性正向影响用户的分享意愿。

2.5 参与意愿与分享意愿

意愿本身反映了一种行为的倾向，体现某一行为是否会产生可能性。在本研究中，参与意愿代表了用户参与 MR 科普活动的一种行为倾向；分享意愿代表了用户是否会对于 MR 科普活动进行分享的行为倾向。用户对 MR 科普活动的体验效果会影响用户的参与意愿和分享意愿，而参与意愿在一定程度上也可能会促进分享意愿，即用户对于 MR 科普活动的参与意愿会积极地影响其分享意愿。

因此，本文提出如下假设：

- H5：科普用户的参与意愿正向影响科普用户的分享意愿。

根据 TAM 理论模型与假设情况，本研究构建了用户对于 MR 科普活动的参与意愿和分享意愿研究模型（见图 1）。

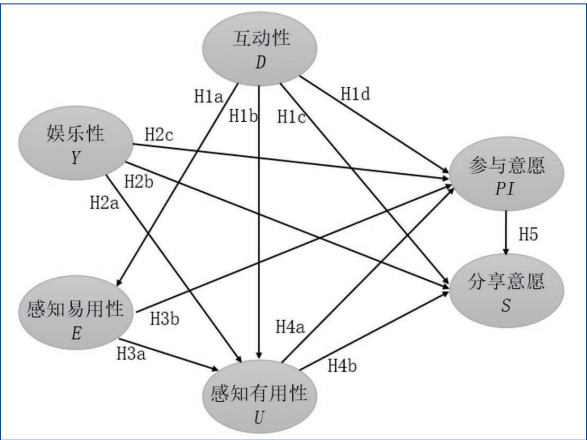


图 1 MR 科普活动用户的参与和分享意愿假设模型

3 样本的信效度与模型拟合

3.1 问卷设计与数据收集

为了验证理论模型，本研究针对有参与 MR 科普活动经验的受众进行问卷收集（见表 1）。问卷内容主要分为两个部分：第一部分为受访者基本信息，如性别、年龄（分组）、教育程度；第二部分设计了 16 个具体的题项，各题

表 1 调查问卷中的潜在变量及测量条目

潜在变量	编码	测量条目	量表来源
感知易用性（E）	E1	我可以在 MR 科普活动中很容易地使用操作设备	见参考文献 [16]
	E2	对我来说，在 MR 科普活动中使用设备进行互动是轻松的，操作很容易理解	
	E3	我可以使用 MR 设备轻松地完成科普活动中的各个环节	
感知有用性（U）	U1	MR 科普活动过程能让我更快地掌握科学知识	见参考文献 [16]
	U2	MR 科普活动过程能够提高我对科学知识的记忆	
	U3	MR 科普活动过程能够提高我对科学知识的应用	
	U4	总的来说，MR 科普活动对科学知识的学习很有帮助	
互动性（D）	D1	我可以在 MR 科普活动中很好地完成互动环节的内容	见参考文献 [15]
	D2	我认为，MR 科普活动的互动效果对于科学知识的学习而言十分重要	
娱乐性（Y）	Y1	我认为，体验 MR 科普活动的过程的快乐是重要的	见参考文献 [17]
	Y2	总的来说，我体验 MR 科普活动的过程是愉快的	
分享意愿（S）	S1	我愿意将 MR 科普活动的经验分享给身边的人	见参考文献 [18]
	S2	我愿意将 MR 科普活动信息分享给那些看起来有需要的人	
	S3	我愿意分享 MR 科普活动中有趣的信息	
参与意愿（PI）	PI1	我愿意了解更多关于 MR 科普活动的内容和功能	见参考文献 [18]
	PI2	如果有可能，我很乐意尽可能多地通过 MR 科普活动理解科学知识	

项赋分均采用利克特 7 级量表 (分值范围从 1 分“非常不同意”到 7 分“非常同意”)。

本研究在 2021 年 2 月至 5 月开展数据收集工作,通过网络(问卷星)问卷与纸质问卷相结合的方式,向参与过 MR 科普活动(主要是广东虚拟现实科技有限公司的“全息博物馆”项目)的用户发放问卷。最终收集到问卷 296 份,剔除无效问卷后,获得有效问卷 280 份,有效率约为 94.6%。基本信息见表 2。

表 2 样本群体基本情况

基本特征	分类	样本数量 / 份	占比 / %
年龄	< 20 岁	113	40.4
	20~29 岁	100	35.7
	30~39 岁	46	16.4
	≥ 40 岁	21	7.5
性别	男	169	60.4
	女	111	39.6

3.2 样本的信度与效度分析

本研究使用 SPSS 22.0 和 AMOS 22.0 软件对收集的样本数据进行处理分析。采用 Cronbach's Alpha (CA)

测量因素的可靠性,调查量表整体的 CA 值为 0.928,各潜变量的 CA 值均高于 0.9,各观测量项的因子载荷均高于 0.5,表明量表具有较高的可靠性^[19]。因此,本研究采用的量表信度表现较好,内部一致性较高。通常,研究的效度包括了内容效度、聚合效度和区分效度^[20]。本研究中的所有潜在变量与测量

变量都是基于国内外文献成果,均有相关研究成果支持。其中,汤永亮(Thong)等研究证实了感知易用性和感知有用性对用户的意愿有关键性影响:前者直接影响用户的参与意愿,系统的价值和功能会对用户的参与意愿起到促进作用;后者在影响用户的参与意愿

的同时,还会对感知有用性发挥作用,当用户与系统的交互越简单,用户就越觉得实用,从而进一步激发使用意愿^[16]。刘一凡(Liu)等在研究用户使用在线课程时发现,系统的交互性也会影响用户的使用意愿,并且这种交互设计的水平影响着用户的感知易用性和感知有用性^[15]。而霍尔顿(Holton)等研究发现,娱乐性与用户的分享意愿之间也存在密切的联系^[17]。除此之外,李勇(Li)等研究发现,感知有用性对于用户的分享意愿和参与意愿还存在一定的间接作用^[18]。因此,符合内容效度的要求。聚合效度反映同一因子的测量项之间是否相关性较高,可通过 CA 值、组合信度值(Composite Reliability, CR)和抽取方差平均值(Average Variance Extracted, AVE)综合评估。本研究中,CA 值均在 0.9 以上,CR 值均高于 0.7,AVE 值均大于 0.5(见表 3)。

表 3 研究模型的验证性因子分析

潜在变量	测量项	均值	标准差	因子载荷	α 值	AVE 值	CR 值
感知易用性 (E)	3	4.831	1.337	0.915	0.969	0.848	0.944
				0.932			
				0.916			
感知有用性 (U)	4	4.970	1.213	0.866	0.955	0.762	0.928
				0.882			
				0.873			
互动性 (D)	2	5.246	1.322	0.870	0.965	0.729	0.843
				0.845			
				0.862			
娱乐性 (Y)	2	5.180	1.479	0.895	0.967	0.809	0.895
				0.904			
				0.900			
分享意愿 (S)	3	5.452	1.360	0.887	0.920	0.787	0.913
				0.874			
				0.887			
参与意愿 (PI)	2	5.038	1.289	0.790	0.962	0.599	0.749
				0.757			
				0.790			

区分效度要求不同因子的测量项之间的相关性应处于较低水平,其可以通过 AVE 平方根值进行判断,评价标准是所有潜在变量的 AVE 平方根值应大于该变量与其他变量间的相关性系数值^[19]。各潜在变量的 AVE 平方根值(下划线标出的数值)皆大于该变量与

其他变量之间的相关系数，表明各潜在变量之间区分效度符合标准（见表4）。

表 4 潜在变量的相关性系数与 AVE 平方根值						
潜在变量	E	U	D	Y	S	PI
感知易用性 (E)	0.921					
感知有用性 (U)	0.371	0.873				
互动性 (D)	0.441	0.483	0.899			
娱乐性 (Y)	0.269	0.473	0.472	0.854		
分享意愿 (S)	0.288	0.407	0.441	0.412	0.887	
参与意愿 (PI)	0.530	0.547	0.560	0.436	0.335	0.774

3.3 模型拟合及假设检验

本研究运用结构方程模型（Structural Equation Model, SEM）进行验证性因子分析，并通过 AMOS 24 进行假设检验和模型拟合。模型拟合结果见表 5:（1）拟合优度指数（GFI）为 0.946;（2）调和拟合优度指数（AGFI）为 0.920;（3）近似误差均方根（RMSEA）为 0.039;（4）非标准化拟合指数（TLI）为 0.990;（5）比较拟合指数（CFI）为 0.993;（6）标准拟合指数（NFI）为 0.976。对照结构方程相关的研究文献可知，当 X²/DF 小于 5 且数值越小，GFI 和 AGFI 越接近于 1 时，模型合理^[21]；RMSEA 的值在 0.08 和 0.10 之间，被认为是适度适当的水平，且数值越小越适合^[22]；而 CFI、NFI 和 TLI 的值大于 0.9 时，表示模型可以被接受^[23]。在本研究中，各项指标均超过模型可被接受的最低限度要求，且拟合结果良好，因此模型计算结果能够合理反映研究问题。

表 5 模型拟合指数结果与判定标准		
拟合指标	模型验证结果	判定标准
X ² /DF	1.431	<3 合格, <2 良好
RMR	0.063	0 ~ 1 值越小越好, <0.05 良好
RMSEA	0.039	>0.1 不合格, <0.08 合格, <0.05 良好
GFI	0.946	0 ~ 1 值越大越好, >0.9 合格, >0.95 良好
AGFI	0.920	0 ~ 1 值越大越好, >0.9 合格, >0.95 良好
TLI	0.990	0 ~ 1 值越大越好, >0.9 合格, >0.95 良好
CFI	0.993	0 ~ 1 值越大越好, >0.9 合格, >0.95 良好
NFI	0.976	0 ~ 1 值越大越好, >0.9 合格, >0.95 良好
RFI	0.968	0 ~ 1 值越大越好, >0.9 合格, >0.95 良好
IFI	0.993	0 ~ 1 值越大越好, >0.9 合格, >0.95 良好

本研究中 12 条假设的检测结果见表 6，

通过代表标准化路径系数 β 、 T 值和 P 值评估，计算结果支持了 9 条假设，另有 3 条假设未被支持。研究结果整体上证明了 MR 科普活动对于用户的参与和分享意愿的影响（见图 2）。其中，互动性对于科普用户的参与意愿（ $P<0.001$, $T=9.592$ ）的正向影响最为显著，路径系数为 0.481；互动性对科普用户的感知易用性（ $P<0.001$, $T=8.464$ ）同样具有较高的正向影响，路径系数为 0.462；互动性对于科普用户的感知有用性（ $P<0.001$, $T=3.953$ ）的影响同样显著，但互动性对于科普用户的分享意愿的假设未获得支持，表明在用户对 MR 科普活动的参与意愿方面，互动性比娱乐性更加重要。在影响用户是否愿意分享 MR 科普活动的因素中，娱乐性（ $P<0.001$, $T=4.065$ ）的影响效果最为显著，路径系数为 0.246。尽管计算结果未支持娱乐性直接影响用户的参与意愿，但娱乐性对感知有用性（ $P<0.001$, $T=5.491$ ）有正向影响，而感知有用性又对科普用户的参与意愿（ $P<0.001$, $T=4.247$ ）有正向影响，因此在感知有用性的介入下，娱乐性对用户的参与意愿具有间接的影响效果。此外，用户对于 MR 科普活动的参与意愿正向影响分享意愿的假设同样未被支持，反映出科普用户对于 MR 技术的参与和分享行为之间存在着相对独立性。用户的参与意愿高不会直接推动其分享意愿，这也为 MR 科普活动的宣传和设计提供了一些策划依据。

此外，互动性对分享意愿的正向影响假设不被支持，娱乐性对参与意愿的正向影响假设不被支持，以及参与意愿对分享意愿的正向影响假设不被支持，这可能与调研对象所参与的“全息博物馆”项目有关。首先，触发分享意愿的契机通常是用

户在浏览具有相似性、专业性和可信性的同伴发布的信息时感受到信息对决策有一定的助益^[24]。而MR技术所支撑的“全息博物馆”带给用户的交互性信息在帮助用户进行决策方面的助益较为有限，该项目所带来的互动体验还不足以促使用户产生分享意愿，并且参与的用户多为初次体验，对于该项目的互动设计所提供的信息感受并不深刻，这也在一定程度上阻碍了分享意愿。其次，用户寻求娱乐是对产品的一种回应行为，其动机多数来源于暂时的兴趣和渴望逃离实际生活的心理^[25]。而“全息博物馆”作为科普项目，必然会倾向于传播科学知识的教育功能，弱化娱乐效果。当用户在感知和体验项目的过

程中，在感官和心理上所受到的娱乐刺激有限时，会使用户的参与意愿受到抑制。最后，广东虚拟现实科技有限公司的“全息博物馆”项目仍处于初期阶段，在技术开发和市场探索方面还不够完善，尽管项目在科普活动中创新使用了MR技术，相对于传统科普活动更为新颖，丰富了用户的视觉、听觉等知觉体验，但活动类目较少，在用户可体验的内容和形式方面与市场上相似项目或产品区分度不高，因而在用户积极参与的同时，不足以激发用户的分享意愿。

4 对策建议

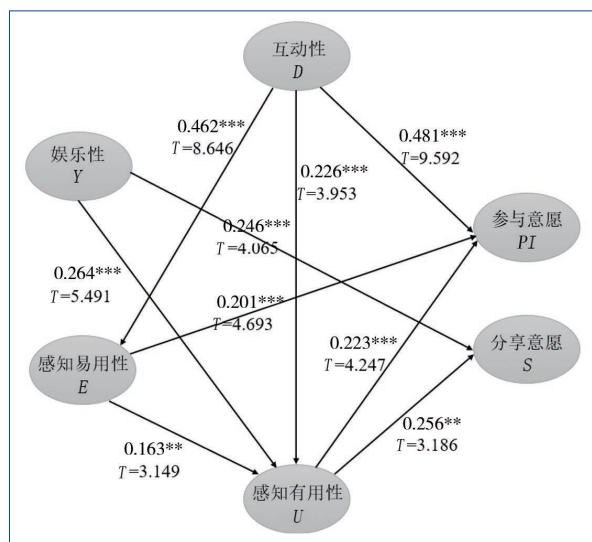
总体上，MR应用于科普活动对于促进科普发展具有积极意义。中国科协2018年印发的《中国科协关于加强科普信息化建设的意见》指出，科普信息化建设要运用现代信息化手段，使科普内容更加丰富、形象、生动，满足不同受众的多样化、个性化需求，使科普更具观赏性、趣味性和感染力。MR技术的虚实结合方式，对科普活动的内容和展现形式起到升华的作用，同时也需要注重用户的感受。因此，结合实证研究结果，本文对MR科普活动的开展提出如下建议。

4.1 优化用户参与和互动环节

用户参与科普活动的理想状态是从“要我学”变成“我要学”，从“要我知”变成“我要知”，从“要我行”变成“我自行”^[26]。而能够塑造沉浸感和互动式体验的MR科普活动在一定程度上起到了加速作用。用户通过借助MR设备学习科学知识的过程中，通过智能终端扫描书本、雕塑、卡牌等实体参与互动环节，智能设备对用户的动作给予即时反馈，这种人机交互更加便捷和深刻地满足用户需求。在MR科普活动中，应在注重创造虚实交融环境的同时，营造视觉、听觉、触觉等多感官的综合体验，合理增加互动环

表6 假设检验结果

假设	路径系数 β	T 值	P 值	结果
H1a: $D \rightarrow E$	0.462	8.464	<0.001	支持
H1b: $D \rightarrow U$	0.226	3.953	<0.001	支持
H1c: $D \rightarrow S$	0.079	0.949	0.342	不支持
H1d: $D \rightarrow PI$	0.481	9.592	<0.001	支持
H2a: $Y \rightarrow U$	0.264	5.491	<0.001	支持
H2b: $Y \rightarrow S$	0.246	4.065	<0.001	支持
H2c: $Y \rightarrow PI$	0.045	1.108	0.268	不支持
H3a: $E \rightarrow U$	0.163	3.149	<0.01 (0.002)	支持
H3b: $E \rightarrow PI$	0.201	4.693	<0.001	支持
H4a: $U \rightarrow PI$	0.223	4.247	<0.001	支持
H4b: $U \rightarrow S$	0.256	3.186	<0.01 (0.001)	支持
H5: $PI \rightarrow S$	0.049	0.518	0.604	不支持



注：**、*** 分别表示 $P < 0.01$ 、 $P < 0.001$ 。

图2 结构方程模型的T值及假设检验结果

节, 让用户具有参与其中、融入其中的感觉。这就要求 MR 科普活动在设计上增加用户与技术设备的互动, 提炼技术设备与科普活动的结合点, 畅通用户与科普活动进行交流的渠道, 并且实现多用户之间的协同, 让用户在“人机交互”和“人人交互”的双重互动中体验和理解科学知识。此外, 交互界面的设计也值得注意, 例如可以通过动画、照片、语音等形式展示科学知识问答排行, 以鼓励用户积极参与。

4.2 适当提高娱乐元素

科普活动总是存在虚拟现实技术娱乐性与科普的教育性之间的矛盾, 过分强调教育性则会忽视娱乐性带来的益处^[26]。随着技术的进步和科普形式的探索, 科普的娱乐性与教育性的相互结合迎来了新的契机。孙惠民 (Sun) 等学者指出, 科普活动中的娱乐效果可以增强用户使用 MR 技术系统的积极性, 用户也倾向于积极使用虚拟现实系统满足自身的娱乐需求^[27]。MR 技术的应用, 在提升科普活动娱乐性的基础上, 对用户学习科学知识和提高科学素质都有所助益。这就要求 MR 科普活动在内容策划方面实现寓教于乐, 例如将晦涩难懂的科学知识转化为具有趣味性的游戏体验, 或是将循规蹈矩的实验流程转化为虚拟环境中的 DIY 操作。另外, 为了通过娱乐性提高用户的科学求知欲和参与度, MR 科普活动中的影像设定可增加趣味图片和“表情包”, 声音设定可多采用愉快轻松的音乐丰富画面、烘托气氛, 拉近用户与科普活动之间的心理距离, 全面调动用户的视觉、听觉、嗅觉等, 实现沉浸式和娱乐性的科普效果。

4.3 简化设备操作流程

技术的进步不仅提供了新颖的体验, 也带来了更加复杂的设备操作。相对于传统科普活动, MR 科普活动中关于设备的操作流程

较多, 阻碍了更多用户的参与, 尤其是面对低龄和高龄的科普人群, MR 技术存在设备操作的门槛, 因此 MR 科普活动需要简化设备操作流程, 让科普用户能够在短时间内使用并熟练操作。实证结果也反映出提高 MR 科普活动的可操作性、简化 MR 外控装置, 以及优化 MR 设备的使用效果对于科普用户的参与具有较积极影响。对此, 为降低用户对设备的操作门槛, 可在有条件的场合尽力普及 MR 设备的操作, 如在科技馆中安排专门的协助人员进行介绍, 帮助用户操作, 并提供建议和沟通; 在应用程序设计上尽可能简便, 例如采用“一键式”功能; 在外观设计上还应考虑用户穿戴方便和安全。

4.4 引导用户进行经验分享

MR 科普活动的推广有利于科普事业的发展, 除了大众媒体和特定单位自建的宣传平台, 还需更多地关注用户的传播渠道, 例如用户在社交媒体上的分享。用户的分享内容往往会包含描述和评价, 是对 MR 科普活动的有效检验, 这种传播形式带来的影响有时甚至会超过大众媒体的推荐。因此, 在用户的参与过程中, 可邀请一些主流媒体或者是“科普达人”等在公众平台进行体验分享, 扩大体验活动的知名度, 提升体验活动的“名人效应”, 引导更多的用户参与体验和分享经验。与此同时, 通过服务内容和类型的不断创新, 着力提升科普用户体验的满意度, 加强用户与活动之间的“情感联系”, 在保障宣传质量的同时兼顾体验质量。另外, 鼓励措施和分享的可操作性也值得注意, 例如, 有针对性地开展影像征集、“宣传之星”评选、产品附赠等, 以激发用户的分享热情。为了提升分享的便利性, 可以在流程中对用户进行引导, 或提前在设备中设置易于分享的功能和提示。

参考文献

- [1] Maas M J, Hughes J M. Virtual, Augmented and Mixed Reality in K-12 Education: A Review of the Literature[J]. Technology, Pedagogy and Education, 2020, 29(2): 231-249.
- [2] Hughes C E, Stapleton C B, Hughes D E, et al. Mixed Reality in Education, Entertainment, and Training[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2005, 25(6): 24-30.
- [3] 孔玺, 孟祥增, 徐振国, 等. 混合现实技术及其教育应用现状与展望 [J]. 现代远距离教育, 2019(3): 82-89.
- [4] Educause. EDUCAUSE Horizon Report: 2019 Higher Education Edition[EB/OL]. (2019-03-20) [2021-08-05]. <https://cmooc.bnu.edu.cn/wp-content/uploads/2019/05/2590d98dbea5cc32.pdf>.
- [5] 尹火娇. 数字科技馆中混合现实技术的应用 [J]. 无线互联科技, 2016(9): 135-136, 138.
- [6] 李锋. 混合现实技术在科普展示中的应用 [J]. 科技创新导报, 2011(8): 246-248.
- [7] Furio D, Juan M C, Seguii, et al. Mobile Learning vs. Traditional Classroom Lessons: A Comparative Study[J]. Journal of Computer Assisted Learning, 2015, 31(3): 189-201.
- [8] 朱莹, 顾洁燕. 国内科普游戏产业现状及发展策略研究 [J]. 科普研究, 2021, 16(2): 100-106, 112.
- [9] Davis F. A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-user Information Systems: Theory and Results[D]. Cambridge: Management, Massachusetts Institute of Technology, 1986.
- [10] Shen C, Chuang H. Exploring Users' Attitudes and Intentions Toward the Interactive Whiteboard Technology Environment[J]. International Review on Computers and Software, 2010, 5(2): 200-208.
- [11] Venkatesh V, Morris M G, Davis G B, et al. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View[J]. MIS Quarterly, 2003, 27(3): 425-478.
- [12] 白玉. 学术虚拟社区持续意愿的影响因素研究 [J]. 图书馆学研究, 2017(5): 2-6.
- [13] Davis F D, Bagozzi R P, Warshaw P R. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models[J]. Management Science, 1989, 35(8): 982-1003.
- [14] Pearce J M, Howard S. Designing for Flow in a Complex Activity[C]//Asia-Pacific Conference on Computer Human Interaction. Berlin: Springer, 2004: 349-358.
- [15] Liu I F, Chen M C, Sun Y S, et al. Extending the TAM Model to Explore the Factors that Affect Intention to Use an Online Learning Community[J]. Computers & Education, 2010, 54(2): 600-610.
- [16] Thong J Y L, Hong W, Tam K Y. Understanding User Acceptance of Digital Libraries: What are the Roles of Interface Characteristics, Organizational Context, and Individual Differences?[J]. International Journal of Human-computer Studies, 2002, 57(3): 215-242.
- [17] Holton A E, Baek K, Coddington M, et al. Seeking and Sharing: Motivations for Linking on Twitter[J]. Communication Research Reports, 2014, 31(1): 33-40.
- [18] Li Y, Wang X, Lin X, et al. Seeking and Sharing Health Information on Social Media: A Net Valence Model and Cross-Cultural Comparison[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2018, 126: 28-40.
- [19] 甘春梅, 宋常林. 基于 TAM 的移动图书馆采纳意愿的实证分析 [J]. 图书情报知识, 2015(3): 66-71.
- [20] Straub D, Boudreau M C, Gefen D. Validation Guidelines for IS Positivist Research[J]. Communications of the Association for Information Systems, 2004, 13(1): 24.
- [21] Al-Gahtani, King M. Attitudes, Satisfaction and Usage: Factors Contributing to Each in the Acceptance of Information Technology[J]. Behaviour & Information Technology, 1999, 18(4): 277-297.
- [22] Woodyard A, Grable J. Doing Good and Feeling Well: Exploring the Relationship Between Charitable Activity and Perceived Personal Wellness[J]. VOLUNTAS: International Journal of Voluntary and Nonprofit Organizations, 2014, 25(4): 905-928.
- [23] Hu H H, Kandampully J, Juwaheer T D. Relationships and Impacts of Service Quality, Perceived Value, Customer Satisfaction, and Image: An Empirical Study[J]. The Service Industries Journal, 2009, 29(2): 111-125.
- [24] 郭媛媛, 陆珍珍, 王朝友. 社会化商务中同伴特征对用户社会化分享意愿的作用机理研究 [J]. 情报杂志, 2021, 40(5): 201-207, 170.
- [25] Vorderer P, Klimmt C, Ritterfeld U. Enjoyment: At the Heart of Media Entertainment[J]. Communication Theory, 2004, 14(4): 388-408.
- [26] 周荣庭, 方可人. 关于科普游戏的思考——探寻科学普及与电子游戏的融合 [J]. 科普研究, 2013, 8(6): 60-66.
- [27] Sun H M, Cheng W L. The Input-interface of Webcam Applied in 3D Virtual Reality Systems[J]. Computers & Education, 2009, 53(4): 1231-1240.

(编辑 颜 燕)

Research on the Participating and Sharing Intention of Users in Mixed Reality (MR) Science Popularization

Zhou Rongting^{1,2} Yang Xiaotong^{1,2} He Tongliang^{1,2}

(School of Humanities and Social Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026)¹

(Key Laboratory of Immersive Media Technology of Ministry of Culture and Tourism, Anhui Xinhua Media Co Ltd, Hefei 230000)²

Abstract: The emergence of virtual reality technology has brought more visualized displays and novel experiences for science popularization, especially mixed reality (MR) technology can make users immersed in the environment of scientific knowledge. Currently, the research on the application of mixed reality (MR) technology in science popularization is still in the exploratory stage. It is mainly qualitative description, lacking analysis and demonstration from the user's perspective. Based on the technology acceptance model (TAM) and combined with the characteristics of mixed reality (MR) technology, this study investigated 280 science popularization users' intentions. Specific analysis of the perceived ease of use, perceived usefulness, interactive, entertaining to impact the participating and sharing intention, and put forward the proposal: (1) optimizing users' participation and interaction; (2) increasing the entertainment elements in science communication; (3) simplifying the operation of equipment; (4) guiding users sharing experience.

Keywords: users of science communication; mixed reality (MR) technology; structural equation model; technology acceptance model (TAM); intention of participating; intention of sharing

CLC Numbers: N4 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2022.03.002

Research on the Influencing Factors of Science Popularization Videos Diffusion of Bilibili from the Perspective of Network Embedding

Li Genqiang¹ Yu Boxiang¹ Shao Peng² Zhang Qirui³

(School of Management, Xinxiang Medical College, Xinxiang 453003)¹

(School of Management, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048)²

(School of Management, Ningbo University, Ningbo 315211)³

Abstract: In the event of public health emergencies, spreading science popularization videos can help improve the public's rational cognition and reduce social panic. However, there are few pieces of literature on the spread of knowledge-oriented science popularization videos. Based on the theory of information acceptance and the theory of network embedding, the method of directional data collection is adopted, and the new coronary pneumonia science popularization videos on the Bilibili website from January 20, 2020 to March 1, 2020 is used as the research object. Start with the amount of video playback and video sharing, and explore the factors influencing the continued spread of science popularization videos. The research found that: network in-degree, network contribution, video playback volume, and video sharing volume all have a positive impact on the creator's network structure