

具身性调节下文化遗产智能交互体验满意度影响机制研究^一

张晋朝^{1,2} 倪悦¹ 罗博³ 王晓光^{1,2}

1. 武汉大学信息管理学院, 湖北 武汉, 430072; 2. 武汉大学文化遗产智能计算实验室, 湖北 武汉, 430072; 3. 华中师范大学信息管理学院, 湖北 武汉, 430079

摘要: 本文结合临场感、具身性等相关理论, 将临场感分为空间临场感、社会临场感和生理临场感三个维度, 构建文化遗产智能交互体验满意度的影响因素研究模型, 考察交互性、意象、临场感对文化遗产智能交互体验满意度的影响作用以及在具身性的调节下, 临场感的三个维度对文化遗产智能交互体验满意度影响程度的变化规律。采用问卷调查法, 搜集 299 份有效样本, 利用偏最小二乘结构方程建模方法进行数据分析。研究结果表明交互性对意向具有显著的影响作用, 两者均显著影响空间临场感和社会临场感, 临场感的三个维度均显著影响文化遗产智能交互体验满意度, 且具身性分别对空间临场感和生理临场感与满意度间的影响关系产生了显著的调节作用。本文研究结果可为文化遗产数字化传承与智慧服务提供有益的理论支持和实践参考。

关键词: 具身性; 临场感; 文化遗产; 智能交互体验; 满意度

Study on the Influence Mechanism of the Satisfaction with Cultural Heritage Intelligent Interactive Experience Given the Moderating Effect of Embodiment

Zhang Jinchao^{1,2} Ni Yue¹ Luo Bo³ Wang Xiaoguang^{1,2}

1. School of Information Management, Wuhan University, Wuhan, 430072; 2. Intelligent Computing Laboratory for Cultural Heritage, Wuhan University, Wuhan, 430072; 3. School of Information Management, Central China Normal University, Wuhan, 430079

Abstract: Based on the relevant theories such as presence and embodiment, this study divides presence into three dimensions: spatial presence, social presence, and physiological presence. It constructs a research model of the influencing factors of the satisfaction with cultural heritage intelligent interaction experience, and examines the effects of interactivity, imagery, and presence on the satisfaction with intelligent interaction experience of cultural heritage, as well as the changing mechanisms of the effects of the three dimensions of presence on the satisfaction with cultural heritage intelligent interactive experience given the moderating effect of embodiment. Then a questionnaire survey was conducted and 299 valid data were collected. Data analysis was conducted by using the Partial Least Squares (PLS) Structural Equation Modeling (SEM). The research results suggest that interactivity has a significant impact on imagery. And both of interactivity and imagery significantly affect spatial presence and social presence. The three dimensions of presence significantly affect the satisfaction with intelligent interaction experience of cultural heritage. Moreover, embodiment significantly moderates the effects of spatial presence and physiological presence on the satisfaction with intelligent interaction experience of cultural heritage. This study could provide beneficial theoretical support and practical reference for the digital inheritance and intelligent services of cultural heritage.

一 本文系国家社会科学基金项目“信息需求驱动的人智交互用户行为适应机制及优化路径研究”(项目号: 23BTQ089) 成果之一。

【作者简介】张晋朝, 武汉大学信息管理学院副教授、硕士生导师, 研究方向: 人智交互、数字文化、信息服务与用户行为; 倪悦, 武汉大学信息管理学院硕士生, 研究方向: 数字文化; 罗博, 华中师范大学信息管理学院副教授、硕士生导师, 研究方向: 信息服务与用户行为, Email: luob@ccnu.edu.cn; 王晓光, 武汉大学信息管理学院教授、博士生导师, 研究方向: 数字人文、信息资源管理。

Keywords: Embodiment; Presence; Cultural heritage; Intelligent interactive experience; Satisfaction

1 引言

国家文物局发布的最新数据显示, 2023 年全国备案博物馆达到 6833 家, 举办展览 4 万余个, 接待观众 12.9 亿人次, 创历史新高^[1], “博物馆热”持续升温, 人民群众日益增长的精神文化需求对文化产品的个性化、多样化、品质化和国际化提出了新要求^[2]。近年来, 虚拟现实、增强现实、混合现实、全息投影等数字交互技术的推广应用给文化遗产的保护与传承带来前所未有的机遇和挑战, 文化遗产活化利用进入新阶段^[3]。然而, 随着自媒体的迭代发展, “流量”逐渐成为衡量影响力的重要标准, 在“流量焦虑”的氛围下, 一些展陈为了达到吸睛的目的, 出现缺乏知识力与审美感等问题, 导致低龄化与唯流量化的不良风气^[4]。因此, 如何使智能技术既赋能文化遗产核心价值的创新活化, 又能为用户带来高质量的体验, 让新技术更好地服务于文化遗产的传承, 成为相关领域关注的焦点。

现有关于文化遗产智能交互的研究多聚焦于技术层面, 主要通过研究人智交互中的用户行为来优化产品的智能交互设计, 例如, 通过归纳智能交互评价指标^[5]、提高视觉算法精度^[6]、再现文化场景^[7]、改善提取信息效率^[8]等方式优化产品的智能交互设计, 也有通过对文化遗产的图像修复^[9]、数字识别^[10]、模式分类^[11]、语义分析^[12]等过程的技术研究来间接提升用户体验。而对于文化遗产智能交互体验满意度的探讨还有待深入, 特别是将具身性引入文化遗产智能交互体验过程, 考察身体感知在文化遗产智能交互体验中的作用机制。具身性 (Embodiment) 是智能交互体验研究的一个重要概念, 指基于感官体验和身体状态的思想、感觉和行为^[13], 强调身体在认知过程的作用, 是其他感知的前提^[14]。具身理论为研究用户智能交互体验提供了新视角, 对文化遗产智能交互体验过程中身体感知的研究有助于更有效地设计、评价及优化智能交互服务与产品。因此, 本文结合临场感、具身性等相关理论, 构建文化遗产智能交互体验满意度影响机制的研究模型, 考察具身性调节作用下不同的临场感对文化遗产智能交互体验满意度的影响作用及其程度变化, 为优化文化遗产的数智传播和智慧服务提供理论支持, 促进文化遗产的创新活化与传承。

2 文献回顾与理论基础

2.1 智能交互体验满意度相关研究

满意度的概念最早于 1965 年由 Cardozo^[15]提出, 是指消费前的期望与消费后的感知绩效之间的感知差异, 当绩效和期望不同时, 就会产生不满意^[16]。体验满意度 (Experiential Satisfaction) 由服务满意度 (Service Satisfaction) 的概念发展而来, 是指消费者对于服务提供者进行评价的结果, 但前者包含的领域更广泛, 是对消费者在消费后对消费体验进行的总体评估^[17]。智能交互体验满意度的研究多集中于医学领域^[18], 也有对体育媒体消费、远程查看房地产等情境下的交互体验满意度进行的研究, 如 Kim 和 Ko^[19]研究发现虚拟现实 (VR) 通过提高生动性、交互性和临场感来增强心流体验, 进而提高用户满意度; Talukdar 和 Yu^[20]研究发现沉浸式 VR 通过增加感知新颖性可以提高智能交互体验满意度。当前, 关于文化遗产满意度的研究主要涉及文化遗产旅游满意度的影响因素及其对游客未来行为的影响, 如既有研究引入体验质量^[21]、情感价值^[22]、旅行动机^[23]等作为文化遗产旅游满意度的影响因素; 也有研究分析和验证真实性^[24]、熟悉度^[25]、情感反应^[26]等对虚拟文化遗产交互体验满意度

的影响作用；Wu 等^[27]发现体验满意度越高，游客的回访意愿越高；Cole 和 Illum^[28]指出体验质量和满意度都会影响游客未来的行为意愿；Hutchinson 等^[29]发现感知价值和体验满意度对重访意向和口碑行为意向均有显著影响。可以看到，现有关于文化遗产旅游满意度的研究较多，但将智能交互体验作为文化遗产传承和活化利用主要研究内容的探讨还需深入，随着人工智能技术的迭代发展和广泛应用，文化遗产数智传播已经进入到应用场景体验式传播时代，对于文化遗产智能交互体验的研究是需要关注的主题。

2.2 临场感

临场感 (Presence) 最早由远程存在 (Telepresence)^[30]发展而来，强调使用者可以通过远程操作系统感受到物理传输至远程工作空间的可能性。关于临场感的研究主要集中在其概念定义和应用两个方面。概念定义方面，现有研究从不同视角和维度采用不同的术语对临场感进行界定，如共同临场 (Co-presence)^[31]、外部临场 (Eternal presence)^[32]、连接临场 (Connected presence)^[33]等，其中被广泛接受的是由 Sheridan^[34]提出的定义，即临场感是个体在特定虚拟环境中的感觉。Biocca^[35]最早将临场感分为空间临场感、社会临场感和生理临场感，在此基础上，Lee^[36]对临场感进行重新定义，其中，空间临场感指一种虚拟自我体验为感官或非感官方式的实际自我的心理状态；社会临场感指一种虚拟形象体验为感官或非感官方式的实际形象的心理状态；生理临场感指一种虚拟物理对象体验为感官或非感官方式的实际物理对象的心理状态。已有研究表明，空间临场感对于在虚拟世界中建立的关系的满意度呈正相关^[37]，社会临场感是满意度的重要预测指标^[38]，生理临场感能够调节沉浸感和亲社会行为之间的关系^[39]。

关于临场感的应用方面的研究多集中在医疗、教育领域。在医疗领域，临场感在神经心理疾病的评估和治疗方面有着巨大潜力^[40]，虚拟现实是治疗焦虑症的有效手段之一^[41]，Price 和 Anderson^[42]通过对患有不同程度焦虑症的实验对象进行临床样本检验，发现临场感是虚拟环境中焦虑产生的关键因素，并且实验前焦虑程度越高，实验中体验到的临场感程度越高，进而产生更多焦虑。此外，也有研究表明临场感可以为康复 VR 工具的开发提供有力支撑，目前已被成功用于治疗恐高^[43]以及创伤后应激障碍^[44]等神经心理学疾病。在教育领域，社会临场感是影响学生线上课程满意度的关键因素之一^[45]，并影响参与度^[46]、感知学习^[47]、课程设计^[48]等学习体验因素。除此之外，有研究分析了在线互动^[46]、兴趣^[49]等因素对社会临场感的影响，如 Sung 和 Mayer^[50]面向线上课程学习的学生进行调查，发现线上学习情境中社会临场感的影响因素包括社会尊重 (如收到及时的回应)、社交分享 (如分享信息)、开放的心态 (如表达同意或收到积极反馈)、社会身份 (如被叫到名字) 和亲密关系 (如分享个人经历)。文化遗产智慧服务可以利用虚拟现实、增强现实、全息投影等技术提高用户临场感，使其更直观地了解文化遗产的背景、历史变迁和文化内涵，增强文化遗产的感染力和影响力。文化遗产智能交互体验是用户在特定空间场景下通过多感官参与获得的体验，不仅包括个体行为，还包括社交互动，现有关于临场感在文化遗产智能交互体验方面的研究仍有不足，基于已有研究，本文将临场感分为空间临场感、社会临场感和生理临场感三个维度，考察临场感与文化遗产智能交互体验满意度之间的关系，为进一步提升文化遗产在数字空间中的呈现质量和交互体验提供理论参考。

2.3 具身性

具身认知的概念起源于传统认知心理学的困境——传统的身心二元论，即“离身认知”

观点遭到质疑。Piaget 的认知发展阶段论^[51]和 Vygotsky 的内化理论^[52]均强调身体活动在认知过程中的作用,反驳了传统的身心二元论,实验证据也表明身体在影响着认知过程^[53],传统认知心理学在内外批评下陷入发展困境,具身认知逐渐成为现代认知心理学的新方向。1945 年,法国哲学家 Merleau-Ponty^[54]指出,人类依靠身体与外界互动,应该强调身体体验在认知过程中的作用,该论述为具身认知理论的发展奠定了理论基础。具身认知理论认为,人的认知来源于身体与世界的互动,而具身参与主要通过身体器官与外界环境的接触进行体验^[55]。关于具身认知理论的研究多集中在理论层面,心理学^[56]、神经科学^[57]、人工智能^[58]、教育学^[59]、社会学^[60]等学科为具身认知理论的发展及其与相关学科的结合应用提供理论支撑。在虚拟现实体验中,虚拟角色的身体替代了物理环境的身体,具身性让使用者体验到了二者之间的融合^[61]。

不同领域对具身性的研究角度有所差异,哲学领域主要聚焦于如何定义和体验具身,有研究引入最小现象自我 (Minimal Phenomenal Selfhood, MPS) 的概念,指出身体的感知和体验使得个体能够意识到自身的存在,并将自身与周围环境区分开来,进而形成自我认同和自我意识^[62]。人机交互领域侧重于研究如何通过具身形式 (物理、虚拟或混合形式) 来增强人类与机器人的社交互动,有学者通过对比实验,研究被试与三种不同类型机器人 (物理机器人、远程物理机器人 (通过电话会议) 以及虚拟机器人) 交互的差异,结果表明具身性能增强人类对机器人的社交感知,使人机交互更加自然和愉快^[63],因此,具身性是实现有效人机社交互动的关键^[64]。神经科学领域则重点关注构成身体心理表征基础的大脑机制^[65]以及在某些神经系统条件下这种机制的变化^[66]。在认知科学领域, Kiltner 等^[67]将具身分为自我定位感 (the Sense of Self-location)、主体感 (the Sense of Agency) 以及身体所有权感 (the Sense of Body Ownership) 三个维度,之后有研究提出了虚拟身体所有权错觉 (Illusion of Virtual Body Ownership) 的概念,认为第一人称视角是产生虚拟身体所有权错觉的必要条件^[68]。现有研究对具身性的研究多集中在较为抽象的概念分析上,而对具体场景中具身性应用的相关研究仍较少,本文将具身性引入文化遗产智能交互体验场景,考察其对用户文化遗产智能交互体验满意度的作用机制,为文化遗产智能交互体验以及具身性相关研究提供更丰富的理论支撑。

3 研究假设与模型

3.1 临场感的影响因素

现有研究从不同角度对临场感的影响因素进行分析,如 Sacau 等^[69]分析了认知能力、人格特征等个体因素对临场感的影响,也有研究从文化背景^[70]、视域 (Field-of-view) ^[71]、触觉^[72]等外部因素进行分析,还有研究发现 VR 环境中交互性 (Interactivity) 通过临场感间接影响用户的感知有用性和感知有趣性^[73],其中,交互性是指用户可以实时参与修改媒介环境的形式和内容的程度^[73-74]。已有研究将 VR 与传统的二维视频^[75]、静态页面^[76]以及 360° 游览等媒介进行对比,结果表明 VR 预览模式比 360° 游览和静态页面引发了更高的临场感,而静态页面和 360° 游览产生的临场感没有差异,即交互性更高的虚拟环境可以引发更高的临场感^[77]。文化遗产智能交互体验情境中,提高交互性可以丰富用户的感官体验,增加用户对虚拟环境的感知深度和广度,且感官体验的增强将进一步提升用户的临场感^[78]。因此,本文假设:

H1: 交互性对空间临场感存在显著的正向影响。

H2: 交互性对社会临场感存在显著的正向影响。

H3: 交互性对生理临场感存在显著的正向影响。

意象 (Imagery) 被认为是一种准知觉体验, 通过这种体验, 人们在脑海中重建感官信息并产生新想法^[79]。认知精细加工理论 (Cognitive Elaboration Theory) ^[80]与可用性—效价假说 (Availability-Valence Hypothesis) ^[81]认为意象产生的信息会对态度和行为产生更强烈且更持久的影响^[82]。已有研究表明交互性会唤起更生动的心理意象, 可以帮助用户更好地理解意象产生的信息^[83]。在营销传播场景中, 交互性更高的虚拟现实广告体验可以增强意象 (Imagery), 并且引发更高的临场感, 从而正向影响消费者对广告的态度^[75]。同样地, 在文化遗产智能交互体验中, 意象能够增强用户对虚拟文化遗产的感知深度和想象力, 使用户更容易沉浸在虚拟场景中。因此, 本文假设:

H4: 交互性对意象存在显著的正向影响。

H5: 意象对空间临场感存在显著的正向影响。

H6: 意象对社会临场感存在显著的正向影响。

H7: 意象对生理临场感存在显著的正向影响。

3.2 临场感对文化遗产智能交互体验满意度的影响

临场感和满意度的关系已经成为虚拟环境相关研究的重要主题^[31], 目前对二者关系的研究成果主要集中于在线学习领域, 研究表明社会临场感是学生在线学习的重要影响因素^[84], 临场感、情绪和记忆之间具有强相关性^[85], 对学生满意度的预测具有关键作用^[38], 且社会临场感与满意度之间关系的强度受课程时长、学科领域的调节^[86]。在消费者行为研究场景中, Tom Dieck 等^[87]通过沉浸式 AR 实验证明临场感对 AR 购物满意度体验的中介作用。在虚拟旅游体验研究情境中, Guo 等^[88]对比了 AR 和 VR 遗产虚拟旅游项目中临场感对满意度的影响, 发现在 AR 情境中临场感直接影响用户满意度, 而在 VR 情境中影响不大; Wei 等^[89]研究发现使用 VR 技术可以使主题公园游客产生临场感, 从而提高游客满意度。在虚拟博物馆体验中, Sylaiou 等^[90]研究发现临场感越强, 用户的满意度越高。文化遗产智能交互体验场景中, 临场感的塑造和提高可以增强用户在智能交互环境中的体验与感受, 从而提升用户对体验过程的整体感知质量, 对满意度产生影响。因此, 本文假设:

H8: 空间临场感对满意度存在显著的正向影响。

H9: 社会临场感对满意度存在显著的正向影响。

H10: 生理临场感对满意度存在显著的负向影响。

3.3 具身性的调节作用

已有研究表明, 具身性对心理、感知、表现等一系列相关变量均存在显著影响, 例如, Unruh 等^[91]让参与者在三种不同具身条件下, 执行激活虚拟灯的任务并估计时间间隔, 结果表明低具身性条件下参与者感知时间流逝更慢, 而中、高具身条件下时间流逝更快。Leveau 和 Camus^[61]通过设计实验让参与者使用 VR 头戴设备体验南极洲皮划艇探险, 对比坐姿 (自然姿势) 与站姿对具身性的影响, 研究表明具身性通过增强沉浸感和享受感间接提升游客实际到访意愿。在虚拟环境中, 具身性可以增强临场感^[92], 通过虚拟身体与虚拟对象交互比与传统用户界面交互有更高的临场感^[93], 且用户的性别^[94]、年龄^[95]、姿势^[96]、虚拟形象和用户的身体特征相似度^[97]等因素都会对用户临场感产生影响。同时, 研究人员探讨了具身性和满意度的关系, 例如, Yang 和 Huang^[98]通过在中国大运河博物馆对游客进行问卷调查, 研

究智能旅游技术（如虚拟现实和增强现实）对游客体验的影响，发现具身性通过沉浸体验、临场感和参与度间接影响游客满意度。也有研究人员直接将具身性作为研究变量，分析虚拟现实交互体验中具身性的作用，如 Murray 和 Sixsmith^[99]指出虚拟现实本身是一种具身体验，会对情绪和身体产生一定的影响；Flavián 等^[100]研究发现与台式电脑和手机相比，具身虚拟现实设备能让使用者产生更多积极的情绪反应和更高水平的参与度。具身认知理论认为，具身性来自行为而不是认知，当身体与外部环境交互时，与物体的摩擦为身体提供了反馈，间接地让身体感觉到自己是另一个面对外部实体的实体^[53]。文化遗产智能交互体验场景中，具身性通过身体经验的再媒介化重构用户与文化符号的连接方式，让用户更深入地沉浸在文化遗产虚拟交互环境中，提升用户的体验质量和情感连接。因此，本文假设：

H11：具身性对空间临场感与文化遗产智能交互体验满意度间的关系具有调节作用。

H12：具身性对社会临场感与文化遗产智能交互体验满意度间的关系具有调节作用。

H13：具身性对生理临场感与文化遗产智能交互体验满意度间的关系具有调节作用。

基于以上假设，构建本文的研究模型如图 1 所示。

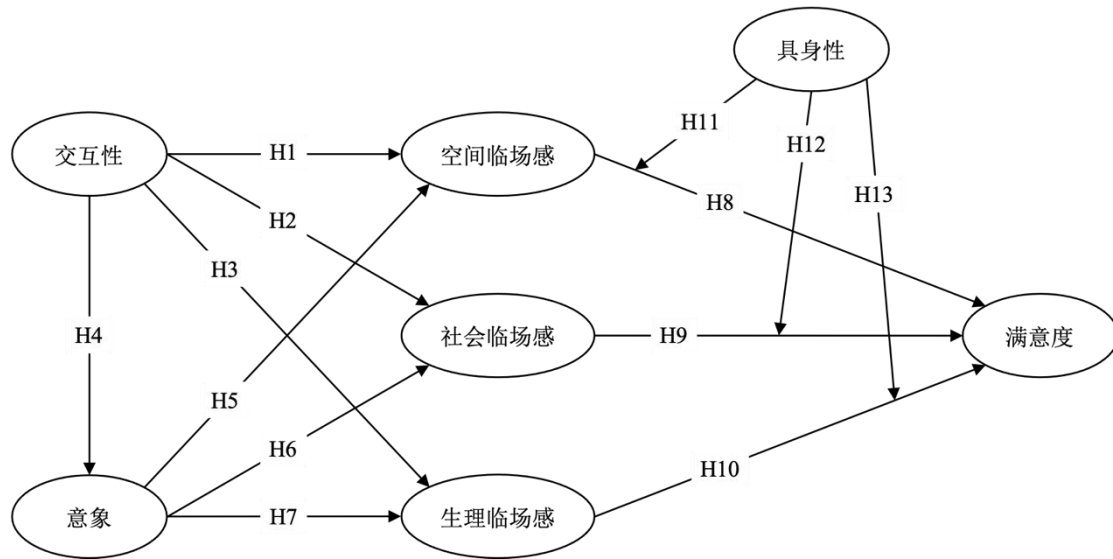


图 1 研究模型

4 研究设计与数据搜集

本文的研究模型共包括七个一阶潜在变量。为了保证潜在变量的内容效度，所有潜在变量和测量题项均改编自已有文献，其中，交互性的测量题项改编自 Cheng 等^[101]以及 Rodríguez-Ardura 和 Meseguer-Artola^[82]的研究，意象的测量题项改编自 Rodríguez-Ardura 和 Meseguer-Artola^[82]以及 Walters 等^[102]的研究，空间临场感的测量题项改编自 Kim 和 Biocca^[103]以及 Novak 等^[104]的研究，社会临场感和生理临场感的测量题项改编自 Bracken^[105]的研究，具身性的测量题项改编自 Shin 和 Biocca^[106]的研究，满意度的测量题项改编自 Bhattacharjee^[107]和 Jung^[108]的研究。各个潜在变量及其测量题项如表 1 所示。问卷题项均采用 7 点李克特 (Likert) 量表进行测量，从“1”到“7”代表从“强烈不同意”到“强烈同意”。

表 1 潜在变量与测量题项

潜在变量	编号	测量题项
交互性	Int1	在文化遗产智能交互体验中，我的操作与数字文化遗产响应之间的等待时间非常短。

潜在变量	编号	测量题项
意象	Int2	在文化遗产智能交互体验中，与数字文化遗产互动的速度很快。
	Int3	在文化遗产智能交互体验中，数字文化遗产的加载速度很快。
	Int4	在文化遗产智能交互体验中，数字文化遗产的可操作性较高。
	Ima1	文化遗产智能交互让我充满幻想。
	Ima2	在文化遗产智能交互体验中，我充满想象力。
	Ima3	在文化遗产智能交互体验中，我觉得很有创意。
空间临场感	SpP1	在文化遗产智能交互体验过程中，我感觉自己置身于文化遗产智能交互创造的世界中。
	SpP2	在文化遗产智能交互体验过程中，我的身体在现实世界里，但我的思想在文化遗产智能交互创造的世界里。
	SpP3	在文化遗产智能交互体验过程中，我忘记了我周围的环境。
	SpP4	文化遗产智能交互体验常常让我忘记自己身在何处。
社会临场感	SoP1	在文化遗产智能交互体验中，我能很好地观察到我所看到/听到的人的面部表情。
	SoP2	在文化遗产智能交互体验中，我能很好地观察到我所看到/听到的人的肢体语言。
生理临场感	PhP1	在文化遗产智能交互体验中，我的胃会有不适。
	PhP2	在文化遗产智能交互体验中，我生理上会感到恶心。
	PhP3	在文化遗产智能交互体验中，我睁着眼睛会感到头晕。
	PhP4	在文化遗产智能交互体验中，我闭着眼睛会感到头晕。
具身性	Emb1	我感觉文化遗产智能交互体验中的物体和实体与我的身体是有关联的。
	Emb2	在文化遗产智能交互体验中，我觉得我可以通过虚拟化身接触数字文化遗产。
	Emb3	在文化遗产智能交互体验中，当某件事情发生在我的虚拟化身上时，我会感觉这件事情发生在我身体的相关部位上。
满意度	Sat1	文化遗产智能交互体验让我感到满足。
	Sat2	文化遗产智能交互体验让我感到高兴。
	Sat3	我对文化遗产智能交互体验很满意。

在正式调研之前，随机邀请 20 名参观过文化遗产智能交互展陈的受众进行预调研，并根据预调研的结果和反馈意见对问卷进行修改和优化，以确保在正式调查时被调查对象能够很好地理解问卷题项含义并准确填写，进而形成最终的正式问卷。问卷指导语部分列举说明了一些代表性的文化遗产智能交互体验展陈项目并附有相关动态图片，以帮助被调查者更好地理解 and 回忆其经历的文化遗产智能交互体验过程。同时，在问卷中设置筛选题“请问您有几次参观文化遗产智能交互展的经历？”，若调查对象选择“0 次”则问卷调查直接结束，以此保证样本数据的代表性和有效性。

然后进行大范围正式调查，正式的问卷调查采取线上调查的形式，主要通过小红书等社交媒体平台，面向有过文化遗产智能交互体验的用户，历经四周时间，共收集 377 份问卷。根据无效问卷的筛选标准：在“请问您有几次参加文化遗产智能交互展的经历？”这个问题中选择“0 次”的答卷；填写时间小于 1 分钟的答卷；量表题中所有问题答案都相同的答卷；回答明显自相矛盾的答卷。将无效问卷剔除后，最终保留 299 份有效问卷作为样本研究数据，有效问卷回收率为 79.31%。样本基本信息如表 2 所示，其中，约 91.3% 的调查对象有 1—3 次参观文化遗产智能交互展的经历。

表 2 样本基本信息

基本信息	题项	频次	百分比 (%)
性别	男	199	66.56
	女	100	33.44
年龄	18 岁以下	2	0.67

基本信息	题项	频次	百分比 (%)
学历	18~25 岁	269	89.97
	26~30 岁	24	8.03
	31 岁以上	4	1.34
	高中/中专及以下	7	2.34
	大学专科	12	4.01
	大学本科	244	81.61
	研究生及以上	36	12.04
参观文化遗产智能交互展的经历	1 次	131	43.81
	2 次	84	28.09
	3 次	58	19.40
	4 次	13	4.35
	5 次	5	1.67
	6 次	3	1.00
	7 次	5	1.67

5 数据分析与结果

5.1 测量模型检验

测量模型的有效性主要通过内容效度、收敛效度和区分效度来衡量。本文所有测量题项均改编自已有文献，并在正式调查之前进行了预调查，有理由认为量表的内容是清晰明确和有效的。信度通过潜在变量的内部一致性系数 (Cronbach's Alpha) 和组合信度 (Composite Reliability, CR) 来检验，一般认为潜在变量的 Cronbach's Alpha 和 CR 值达到 0.7 即表明测量模型具有良好的信度^[109]，由表 3 可知，本文所有潜在变量的 Cronbach's Alpha 值均大于等于 0.727，CR 值均大于等于 0.842，表明测量模型具备较好的信度。收敛效度的评估可通过平均方差提取量 (Average Variance Extracted, AVE) 来实现^[110]，从表 3 可以看到，各潜在变量的 AVE 值均大于 0.5，说明测量量表有良好的收敛效度。区分效度的检验可通过比较各潜在变量 AVE 值的平方根与其对应潜在变量和其他变量的相关系数来评估^[110-111]，表 4 显示每个潜在变量 AVE 值的平方根均大于该潜在变量与其他变量的相关系数，说明测量模型具有良好的区分效度。此外，为检验模型的多重共线性问题，本文对所有测量变量进行因子分析，结果显示第一个主成分的方差贡献率为 30.32%，说明不存在严重的多重共线性问题。

表 3 测量模型的 Cronbach's Alpha、CR 和 AVE 值

潜在变量	题项	Cronbach's Alpha	CR	AVE
交互性	4	0.749	0.842	0.571
意象	3	0.727	0.846	0.647
空间临场感	4	0.765	0.846	0.579
社会临场感	2	0.736	0.883	0.791
生理临场感	4	0.900	0.926	0.759
具身性	3	0.740	0.851	0.657
满意度	3	0.751	0.857	0.667

表 4 AVE 的平方根和潜在变量间的相关系数

	交互性	意象	空间临场感	社会临场感	生理临场感	具身性	满意度
交互性	0.756						

	交互性	意象	空间临场感	社会临场感	生理临场感	具身性	满意度
意象	0.514	0.805					
空间临场感	0.518	0.503	0.761				
社会临场感	0.505	0.414	0.492	0.889			
生理临场感	-0.042	-0.082	0.053	0.055	0.871		
具身性	0.491	0.453	0.573	0.640	0.060	0.810	
满意度	0.512	0.552	0.539	0.481	-0.240	0.513	0.817

注：斜对角线上的值是 AVE 的平方根

5.2 结构模型检验

本文利用偏最小二乘 (Partial Least Squares, PLS) 结构方程建模 (Structural Equation Modeling, SEM) 方法对数据进行分析, 显著性检验采用 Bootstrap 重抽样方法, 重复抽样数为 5000, 结构模型检验结果如表 5 所示。

表 5 结构模型检验结果

假设	影响路径	路径系数	t 值	假设成立与否
H1	交互性→空间临场感	0.353***	6.223	是
H2	交互性→社会临场感	0.398***	7.207	是
H3	交互性→生理临场感	0.000ns	0.001	否
H4	交互性→意象	0.514***	8.974	是
H5	意象→空间临场感	0.322***	4.986	是
H6	意象→社会临场感	0.209**	3.122	是
H7	意象→生理临场感	-0.082ns	1.166	否
H8	空间临场感→满意度	0.295***	3.688	是
H9	社会临场感→满意度	0.141*	2.023	是
H10	生理临场感→满意度	-0.327***	7.205	是
H11	具身性×空间临场感→满意度	-0.113*	2.143	是
H12	具身性×社会临场感→满意度	-0.013ns	0.259	否
H13	具身性×生理临场感→满意度	0.219***	4.020	是

注: *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; ns: 不显著

满意度的 R^2 (被解释方差) 为 0.501, 表明本文的结构模型具有良好的预测效果。由表 5 可知, 除 H3、H7 和 H12 之外, 本文提出的研究假设均得到了验证, 即交互性对空间临场感、社会临场感和意象均存在显著的正向影响, 意象对空间临场感和社会临场感存在显著的正向影响, 空间临场感和社会临场感正向显著地影响用户的文化遗产智能交互体验满意度, 生理临场感则负向显著地影响满意度, 具身性负向调节空间临场感对满意度的影响作用, 且正向调节生理临场感对满意度的影响作用。

6 讨论与启示

6.1 研究结果讨论

6.1.1 交互性和意象对临场感的影响作用

本文研究发现, 交互性和意象对空间临场感和社会临场感均存在显著的正向影响, 且交互性对空间临场感和社会临场感的影响作用均大于意象的影响作用, 但两个前置变量对生理临场感的影响都不显著。与已有研究结果^[19, 77, 88]类似, 交互性对临场感的显著影响表明高度的交互性可使用户与虚拟对象实现高效互动, 更易激发用户在虚拟环境中进行更积极的认知

加工和情感投入,从而产生较强的临场感。文化遗产智能交互体验情境中,交互性对社会临场感影响更大的原因可能是智能技术的应用和赋能提高了用户的感知交互性,且当交互性较高时,用户能更好地感受文化遗产的细节和氛围,引发用户的情感共鸣,加深用户记忆^[112]。同时,当用户在文化遗产智能交互体验过程中感觉自己是环境的一部分,并能影响环境时,会产生更高的社会临场感,也与 Skalski 和 Tamborini^[113]的研究结果较为一致。

与既有研究结果^[82-83]相似,交互性对意象存在显著的正向影响,且意象对空间临场感和社会临场感均存在显著的正向影响,说明外部刺激可以唤起意象,从而激活用户的认知、情绪和行为反应。已有研究认为意象是用户感官体验和行为之间的桥梁^[78],文化遗产智能交互场景中,意象对空间临场感的影响更大可能是因为智能技术和文化遗产虚拟呈现环境为用户提供了更具交互性的空间和更高层次的信息,从而影响用户对文化遗产虚拟环境中的自我和他人的认知和理解,这种自我认知的塑造更易使用户将自己和他人视为虚拟环境的一部分,因而产生更高的空间临场感。

6.1.2 临场感对满意度的影响作用

空间临场感、社会临场感和生理临场感对文化遗产智能交互体验满意度均存在显著的影响,其中,空间临场感和社会临场感正向显著地影响满意度,生理临场感负向显著地影响满意度,且空间临场感对满意度的影响程度大于社会临场感和生理临场感的影响。本文研究结果与已有研究结论^[31, 38, 87, 88, 89, 114]不完全一致,空间临场感和社会临场感对满意度的显著影响表明,文化遗产智能交互体验场景下虚拟的交互环境为用户提供了身临其境的沉浸式体验,提升了用户的享受感和参与度,因而产生较高的满意度。具身认知相关研究认为,情感和具身认知密切相关^[115],当用户感觉到与他人的连接和交流时,他们的社会临场感会得到增强,例如,看到虚拟世界中他人的身份线索,如头像^[116]、个人资料图片^[117]等,会产生更高的满意度。

社会临场感对满意度的影响程度小于空间临场感的影响,可能是因为社会临场感的增强往往需要更多社交互动和协作,而现今部分文化遗产智能交互展陈所呈现的交互性更多以视觉效果和简单的触屏互动为主,社交互动和协作的程度还不高,这一结果也表明用户在与虚拟环境交互时的控制感在增强用户体验方面所起的主导作用^[118]。生理临场感涉及身体感觉的模拟,如触觉、运动感、视觉等,这些感觉的模拟有助于增强个体在虚拟环境中的真实感,但也有研究表明,一旦达到了一定的沉浸阈值,进一步提高媒介的沉浸质量并不会导致满意度的增加^[119]。本文研究情境中,生理临场感对满意度存在显著的负面影响,可能是因为文化遗产智能交互体验中,过度的生理临场感引发用户生理上的不适,从而导致用户满意度下降。

6.1.3 具身性的调节作用

本文研究结果显示,空间临场感、生理临场感和社会临场感对满意度的影响程度随具身水平的变化而变化。具身性负向调节空间临场感对满意度的影响作用,即低具身性和高具身性条件下空间临场感对满意度均存在正向影响,但在低具身性条件下该影响作用更强烈。随着空间临场感程度的增强,无论具身性水平高低,满意度均在增加,但低具身性条件下满意度增加更快,表明在空间临场感较低时,用户对于文化遗产智能交互体验的满意度水平较低,随着空间临场感的提升,用户的满意度水平逐渐上升,且低具身性水平用户对空间临场感的变化更敏感,其满意度增加幅度更大,可能由于随着空间临场感的提升,低具身性水平的用户对环境的感知和交互能力得到大幅改善,用户感觉自己在虚拟环境中的位置和空间关系更真实,进而增强用户沉浸感和参与度,因此用户的满意度增加幅度更明显。而在高具身性条

件下，空间临场感的增加对满意度的提升影响较弱，可能是由于高具身性水平用户的认知更多受身体与文化遗产交互的影响，因而满意度对空间临场感变化的反应不强烈。

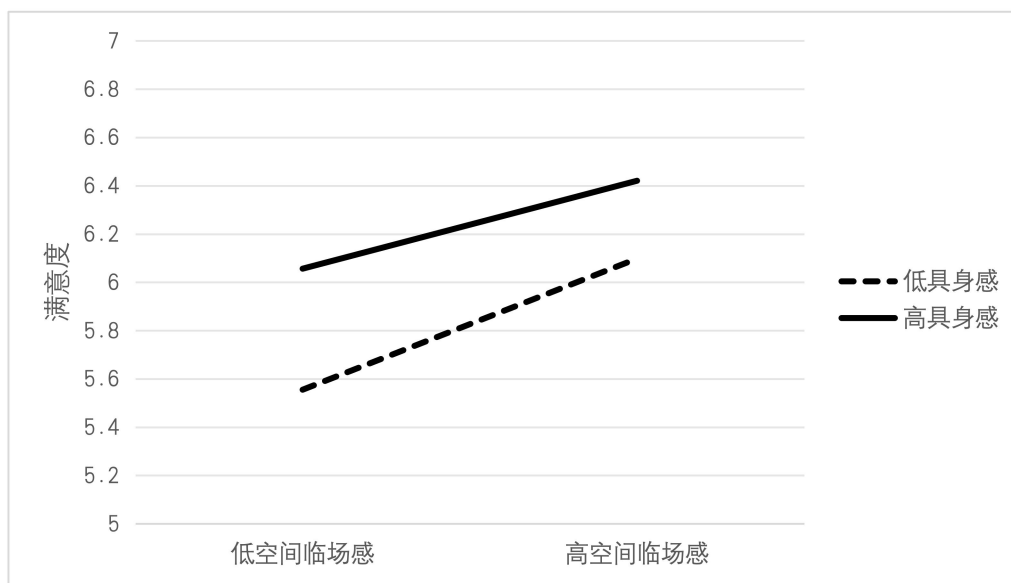


图2 具身感调节下空间临场感和满意度的交互作用

具身性正向调节生理临场感对满意度的影响作用，即低具身性和高具身性条件下生理临场感对满意度均存在负向影响，但低具身性条件下该影响作用更显著，具身性强化了生理临场感对满意度的负向影响。随着生理临场感程度的增加，无论具身性水平如何，满意度均在降低，但低具身性下满意度降低更快，表明用户对文化遗产智能交互体验的满意度水平随生理临场感程度的增加而降低，且低具身性水平的用户对生理临场感的变化更敏感。文化遗产智能交互通常依赖于智能化硬件和软件技术来实现用户的沉浸式体验，然而，若技术存在缺陷或不足，如交互响应延迟、虚拟环境渲染不清晰等，用户可能会出现眩晕等生理上的不适，将会严重影响用户对智能交互体验的满意度。已有研究也表明用户在全沉浸式虚拟现实环境比在低沉浸和半沉浸环境更易引发严重的眩晕症^[120]。文化遗产智能交互体验过程中，生理临场感的提升可能导致智能交互技术缺陷的放大效应，使用户更加敏感地察觉到技术应用的不足，从而导致满意度下降。特别是低具身性条件下，当生理临场感较低时，用户对智能交互技术影响的反应敏感度相对较低，期望也较为有限，而随着生理临场感的增强，用户与文化遗产智能技术交互时经历的不适感增强，并逐渐关注更多的技术应用细节，进而放大智能交互技术的负面影响，因此用户的满意度下降更快。

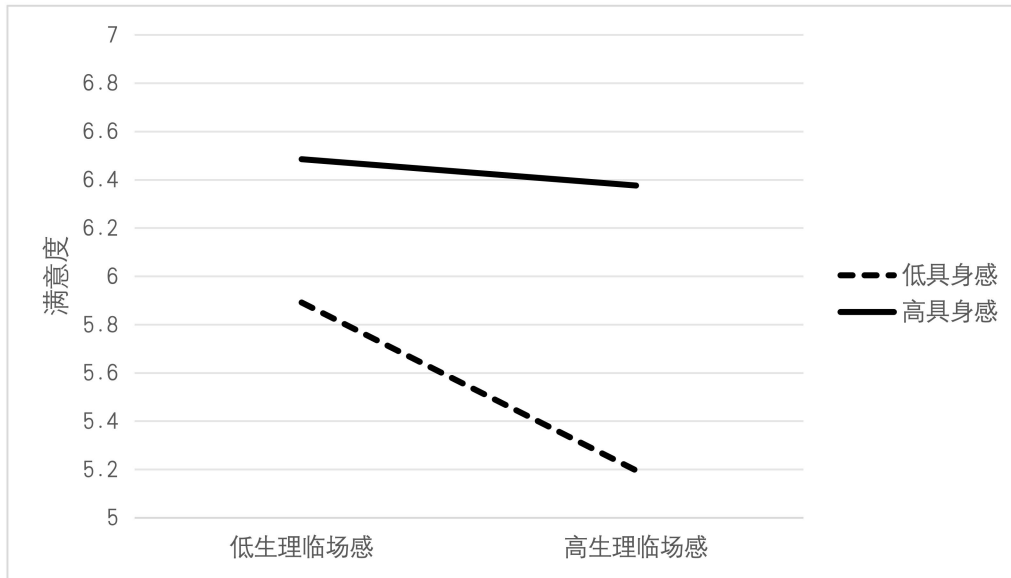


图3 具身感调节下生理临场感和满意度的交互作用

具身性对社会临场感与满意度间关系的调节作用不显著,即低具身性和高具身性条件下,满意度均随着社会临场感的提高而增加,且低具身性条件下满意度变化幅度较大,但无论具身性高低,社会临场感对满意度的影响均比较弱。导致这一结果的原因可能是文化遗产智能交互体验情境下,智能技术通过重现文化活动、历史场景等使用户在虚拟交互环境中可以感受到与他人的真实互动和社会联结,社会临场感的提升将用户的认知与身体卷入文化遗产智能交互展陈环境,增强用户的参与感,使其更深入地体验和感受文化遗产,因此弱化了具身性的调节作用。

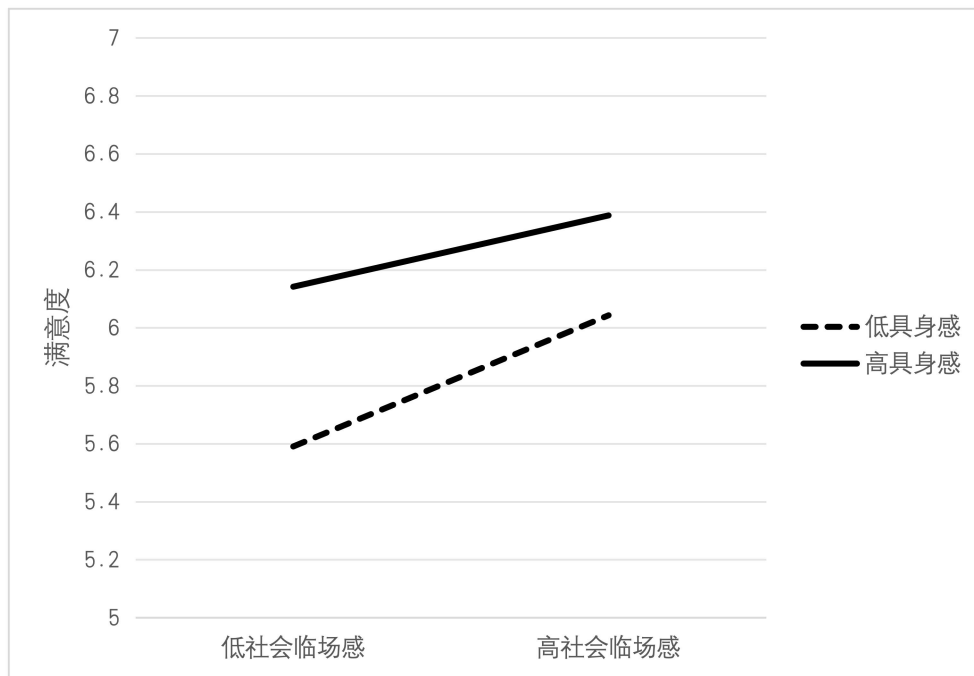


图4 具身感调节下社会临场感和满意度的交互作用

6.2 理论价值

本文结合临场感、具身性等相关理论,构建文化遗产智能交互体验满意度的影响因素模型,考察具身性调节下文化遗产智能交互体验满意度的影响机制。本文的理论贡献主要在于:

首先，聚焦文化遗产智能交互场景，将智能技术应用于交互体验所体现的交互性、意象、临场感、具身性等典型代表因素纳入研究模型，探讨文化遗产智能交互体验满意度的前置影响因素，揭示文化遗产智能交互体验满意度的多维度影响因素及其相互关系，丰富文化遗产智能交互体验相关的理论研究。其次，将临场感分为空间临场感、社会临场感和生理临场感三个维度，深入剖析其在文化遗产智能交互体验中的作用机制，揭示其在具身性的调节作用下对文化遗产智能交互体验满意度影响程度的变化规律，拓展临场感理论的应用情境。最后，考虑到作为认知主体的身体对用户认知与交互体验的重要影响，将具身性作为调节变量，探讨具身性对临场感各个维度与满意度之间关系的调节作用，考察用户通过身体活动与感官体验获取文化遗产知识的规律，为文化遗产具身智能交互体验研究提供理论参考，推动文化遗产的数智化传承与创新服务研究的纵深发展。

6.3 实践启示

6.3.1 优化交互设计增强用户临场感

文化遗产智能交互设计不仅可为用户提供自主选择或以智能自适应的方式让其了解文化遗产相关信息，还可以通过这种方式加强用户的参与感，提升其满意度。为此，一方面，需应用先进的数智化技术，辅以感应器、投影、触摸屏等硬件设备，满足用户视觉、听觉、触觉、嗅觉等多感官体验需求，从而为用户带来身临其境的体验，增加用户在体验过程中的沉浸感和临场感，使用户全方位了解和体验文化遗产的魅力。目前，博物馆对这种方式已有初步的探索，例如，扬州大运河博物馆利用 360° 环幕对沙飞船外侧的甲板进行三维立体重构，还原了当时扬州、苏州、杭州等运河两岸城市的繁荣景象。另一方面，考虑到智能交互设计效果对用户体验的重要影响，可通过收集用户在文化遗产智慧服务体验过程中的交互数据，建设面向用户需求的交互式文化遗产智慧服务系统，实现文化遗产智能保护和传承创新，为用户提供智能化、沉浸式服务与体验。这就要求设计者需关注用户偏好，把握用户需求，在保证高效互动性的基础上对文化遗产智能交互设计进行持续优化。

6.3.2 利用创意设计激发用户想象力

在利用各种数智技术展现文化遗产内涵的同时，对文化遗产本身内容的深度发掘也非常关键。首先，可以针对性地挖掘和设计文化遗产背后的故事以吸引用户的注意力。通过融入和组织角色、情节、背景等叙述性元素，将文化遗产背后的历史和文化编织成引人入胜的故事，最大化激发用户的想象力，增加用户交互体验的深度。其次，借助数智技术，充分利用独特的多感官风格和设计元素来呈现文化遗产。视觉、听觉、触觉等元素是交互体验中感官感受的直接刺激源，采用卡通化的历史人物、抽象的艺术表现或宏大的场景设置等创意设计可以让用户更快地产生临场感，增强用户的沉浸式体验。最后，突破传统的线性叙事方式，采用非线性或多线程叙事结构来增加故事的开放性，使用户可以通过不同的路径和选择来体验故事，像玩游戏一样对文化遗产的内涵进行自主思考和深入探索，从而激发用户想象力。

6.3.3 调整体验设计减少用户生理不适

在确保用户享受沉浸式体验的同时，减少用户生理不适感的产生有助于显著提升用户体验满意度。用户在文化遗产智能交互体验中产生的生理不适，一方面可能与其身体素质等内部因素有关，另一方面也可能因智能技术等外部因素引起，例如，在视觉设计上，使用过于刺眼或高对比度的颜色，引起用户的视觉疲劳，或者因快速的视觉移动或剧烈变化而产生眩晕等问题。因此，可以使用多感官反馈来增强用户体验，但要避免感官反馈过于强烈或突兀，引起生理上的不适。在长时间体验中，可以设计休息提示，提醒用户定期休息，减少用户的

眼睛和身体疲劳，也要避免用户因长时间保持同一姿势而产生的不适；也可以利用适应性设计，为用户提供可调节的设置选项，如亮度调节、对比度调整、字体大小变化等，让用户能够根据自己的舒适度进行个性化设置；此外，还可以通过制定并展示体验的安全指南和健康提示，向用户解释可能出现的生理反应，并提供预防和应对措施，如深呼吸、缓慢移动视线，确保用户在体验前了解如何舒适安全地参与体验。

6.3.4 重视具身性设计优化用户体验

用户具身体验依赖于身体器官与外界环境的交互，首先，可以通过丰富场景细节提升空间临场感，例如，通过高精度的 3D 建模、纹理映射等细致地还原文化遗产的外观、结构和环境等特征，运用立体声、环绕声等技术让用户根据声音的来源和强度判断物体的位置和距离，从而更加真实地感受虚拟环境中的空间关系。除此以外，还可以为用户提供多样化的视角切换功能，从不同的角度观察文化遗产对象，深入了解其结构和细节，这种视角的自由切换不仅能增强用户的探索欲望，还能加强他们对文化遗产的理解和认知。其次，可以创建虚拟角色互动系统增强社会临场感，使用户能够在虚拟环境中与其他用户或虚拟角色进行交流和互动，同时，设置社区讨论功能，允许用户在社区中分享自己的体验和见解，促进用户之间的讨论和交流。最后，通过优化设计生理临场感以避免数智技术对体验的负面影响，为此，可以选择高刷新率的显示设备、低延迟的交互设备等，减少用户在交互式操作过程中的等待时间和不适感；采用先进的图形渲染技术，确保虚拟环境的图像清晰、逼真，避免模糊、卡顿等现象影响用户体验满意度。

7 结语

本文结合临场感、具身性等理论与相关研究，构建具身性调节下文化遗产智能交互体验满意度的影响机制理论模型，其中，将临场感分为空间临场感、社会临场感和生理临场感，具身性作为调节变量，考察文化遗产智能交互体验满意度的影响因素及其作用程度的变化规律。本文研究结果拓展了文化遗产智能交互体验相关研究的理论模型，为优化文化遗产智能交互体验提供一定的参考价值，促进文化遗产数智化保护与传承。然而，本文也存在一定的局限性，首先，主要采用问卷调查法研究文化遗产智能交互体验满意度的影响因素及其作用机制，未来的研究可结合访谈法、脑电实验等方法，分析智能交互体验满意度的影响规律，将多种研究方法的研究结果进行比较，相互验证结论的可靠性，提升其经验层次。其次，未将文化遗产的类型进行区分，未来的研究可以针对不同类型文化遗产的智能交互体验进行对比，比较用户具身体验的差异。最后，随着智能技术的发展，文化遗产智能交互体验可能随之发生动态变化，且用户智能交互体验的影响因素是多维复杂的，未来的研究可进行持续跟踪，得到更多补充性结论，以系统把握其影响规律，推动文化遗产智慧服务理论的创新，形成特色化数字文化遗产研究范式，创新文化遗产智能交互设计。

参考文献

- [1] 中国政府网. 2023 年我国博物馆接待观众 12.9 亿人次创历史新高[EB/OL]. [2024-09-13]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202405/content_6952138.htm. (Chinese Government Website. In 2023, China's museums will receive 1.29 billion visitors, a record high[EB/OL]. [2024-09-13]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202405/content_6952138.htm.)
- [2] 管健. 新时代国人精神文化需求的新趋向[J]. 人民论坛, 2024(14): 18-21. (GUAN J. New trends in Chinese spiritual and cultural needs in the new era[J]. People's Tribune, 2024(14): 18-21.)

- [3] 王竹, 邓倩. 新媒体时代主流媒体文物“活化”传播策略研究——以央视新闻新媒体为例[J]. 传媒, 2023(14): 44-46. (WANG Z, DENG Q. Research on the "Revitalization" communication strategies of mainstream media cultural relics in the new media era: A case study of CCTV News New Media[J]. Media, 2023(14): 44-46.)
- [4] 许潇笑. 让文物“活起来”: 策展再塑博物馆的社会表达方式[J]. 东南文化, 2020(3): 151-156. (XU X X. Making cultural heritage "Come Alive": Reshaping museums' social representation through curating[J]. Southeast Culture, 2020(3): 151-156.)
- [5] 李雨佳, 冉晓雅, 刘畅. 任务认知层次对用户与生成式人工智能交互行为与系统评价的影响研究[J]. 情报资料工作, 2025, 46(2): 51-60. (LI Y J, RAN X Y, LIU C. Research on the impact of task cognitive level on user-generative artificial intelligence interaction behavior and system evaluation[J]. Information and Documentation Services, 2025, 46(2): 51-60.)
- [6] SHU Y, XIONG C, FAN S. Interactive design of intelligent machine vision based on human-computer interaction mode[J]. Microprocessors and Microsystems, 2020, 75: 103059.
- [7] BOGDANOVYCH A, RODRIGUEZ-AGUILAR J A, SIMOFF S, et al. Authentic interactive reenactment of cultural heritage with 3D virtual worlds and artificial intelligence[J]. Applied Artificial Intelligence, 2010, 24(6): 617-647.
- [8] CUI J, FU L. Multimedia display of wushu intangible cultural heritage based on interactive system and artificial intelligence[J]. Soft Computing, 2023, <https://doi.org/10.1007/s00500-023-08481-6>.
- [9] ZENG Y, GONG Y, ZENG X. Controllable digital restoration of ancient paintings using convolutional neural network and nearest neighbor[J]. Pattern Recognition Letters, 2020, 133: 158-164.
- [10] ROMANENGO C, BIASOTTI S, FALCIDIENO B. Recognising decorations in archaeological finds through the analysis of characteristic curves on 3D models[J]. Pattern Recognition Letters, 2020, 131: 405-412.
- [11] CHETOUANI A, TREUILLET S, EXBRAYAT M, et al. Classification of engraved pottery sherds mixing deep-learning features by compact bilinear pooling[J]. Pattern Recognition Letters, 2020, 131: 1-7.
- [12] SOULLARD Y, TRANOUEZ P, CHATELAIN C, et al. Multi-scale Gated Fully Convolutional DenseNets for semantic labeling of historical newspaper images[J]. Pattern Recognition Letters, 2020, 131: 435-441.
- [13] NIEDENTHAL P M, BARSALOU L W, WINKIELMAN P, et al. Embodiment in attitudes, social perception, and emotion[J]. Personality and Social Psychology Review, 2005, 9(3): 184-211.
- [14] JOHNSON M. The body in the mind: The bodily basis of meaning, imagination, and reason[M]. Chicago, IL: University of Chicago press, 1987.
- [15] CARDOZO R N. An experimental study of customer effort, expectation, and satisfaction[J]. Journal of Marketing Research, 1965, 2(3): 244-249.
- [16] OLIVER R L. A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions[J]. Journal of Marketing Research, 1980, 17(4): 460-469.
- [17] KAO Y F, HUANG L S, WU C H. Effects of theatrical elements on experiential quality and loyalty intentions for theme parks[J]. Asia Pacific Journal of Tourism Research, 2008, 13(2): 163-174.
- [18] ROSE T, NAM C S, CHEN K B. Immersion of virtual reality for rehabilitation-Review[J]. Applied Ergonomics, 2018, 69: 153-161.
- [19] KIM D, KO Y J. The impact of virtual reality (VR) technology on sport spectators' flow experience and satisfaction[J]. Computers in Human Behavior, 2019, 93: 346-356.
- [20] TALUKDAR N, YU S. Breaking the psychological distance: The effect of immersive virtual reality on perceived novelty and user satisfaction[J]. Journal of Strategic Marketing, 2024, 32(8): 1147-1171.
- [21] CHEN C F, CHEN F S. Experience quality, perceived value, satisfaction and behavioral intentions for heritage tourists[J]. Tourism Management, 2010, 31(1): 29-35.
- [22] WU H C, CHENG C C, AI C H. A study of experiential quality, experiential value, trust, corporate reputation, experiential satisfaction and behavioral intentions for cruise tourists: The case of Hong Kong[J]. Tourism Management, 2018, 66: 200-220.
- [23] SU D N, NGUYEN N A N, NGUYEN Q N T, et al. The link between travel motivation and satisfaction towards a heritage destination: The role of visitor engagement, visitor experience

- and heritage destination image[J]. *Tourism Management Perspectives*, 2020, 34: 100634, <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2020.100634>.
- [24]NAM K, DUTT C S, BAKER J. Authenticity in objects and activities: Determinants of satisfaction with virtual reality experiences of heritage and non-heritage tourism sites[J]. *Information Systems Frontiers*, 2023, 25(3): 1219-1237.
- [25]NAM K, BAKER J, DUTT C S. Does familiarity with the attraction matter? Antecedents of satisfaction with virtual reality for heritage tourism[J]. *Information Technology & Tourism*, 2024, 26(1): 25-57.
- [26]ATZENI M, DEL CHIAPPA G, MEI PUNG J. Enhancing visit intention in heritage tourism: The role of object-based and existential authenticity in non-immersive virtual reality heritage experiences[J]. *The International Journal of Tourism Research*, 2022, 24(2): 240-255.
- [27]WU H C, LI M Y, LI T. A study of experiential quality, experiential value, experiential satisfaction, theme park image, and revisit intention[J]. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 2018, 42(1): 26-73.
- [28]COLE S T, ILLUM S F. Examining the mediating role of festival visitors' satisfaction in the relationship between service quality and behavioral intentions[J]. *Journal of Vacation Marketing*, 2006, 12(2): 160-173.
- [29]HUTCHINSON J, LAI F, WANG Y. Understanding the relationships of quality, value, equity, satisfaction, and behavioral intentions among golf travelers[J]. *Tourism Management*, 2009, 30(2): 298-308.
- [30]MINSKY M. Telepresence[J]. *Omni*, 1980, <https://web.mit.edu/dxh/www/marvin/web.media.mit.edu/~minsky/papers/Telepresence.html>.
- [31]BULU S T. Place presence, social presence, co-presence, and satisfaction in virtual worlds[J]. *Computers & Education*, 2012, 58(1): 154-161.
- [32]LOY D. CyberBabel?[J]. *Ethics and Information Technology*, 2007, 9(4): 251-258.
- [33]SCHROEDER R. Being there together and the future of connected presence[J]. *Presence: Teleoperators and Environments*, 2006, 15(4): 438-454.
- [34]SHERIDAN T B. Musings on telepresence and virtual presence[J]. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1992, 1(1): 120-126.
- [35]BIOCCA F. The cyborg's dilemma: Progressive embodiment in virtual environments[J]. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 1997, 3(2): JCMC324, <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00070.x>.
- [36]LEE K M. Presence, explicated[J]. *Communication Theory*, 2004, 14(1): 27-50.
- [37]BEHM-MORAWITZ E. Mirrored selves: The influence of self-presence in a virtual world on health, appearance, and well-being[J]. *Computers in Human Behavior*, 2013, 29(1): 119-128.
- [38]GUNAWARDENA C N, ZITTLE F J. Social presence as a predictor of satisfaction within a computer-mediated conferencing environment[J]. *The American Journal of Distance Education*, 1997, 11(3): 8-26.
- [39]LEE H M, LI B J. So far yet so near: Exploring the effects of immersion, presence, and psychological distance on empathy and prosocial behavior[J]. *International Journal of Human-Computer Studies*, 2023, 176: 103042, <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2023.103042>.
- [40]RIVA G, MANTOVANI F, GAGGIOLI A. Presence and rehabilitation: Toward second-generation virtual reality applications in neuropsychology[J]. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2004, 1(1): 9, doi: 10.1186/1743-0003-1-9.
- [41]ANDERSON P, JACOBS C, ROTHBAUM B O. Computer-supported cognitive behavioral treatment of anxiety disorders[J]. *Journal of Clinical Psychology*, 2004, 60(3): 253-267.
- [42]PRICE M, ANDERSON P. The role of presence in virtual reality exposure therapy[J]. *Journal of Anxiety Disorders*, 2007, 21(5): 742-751.
- [43]ROTHBAUM B O, HODGES L, SMITH S, et al. A controlled study of virtual reality exposure therapy for the fear of flying[J]. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 2000, 68(6): 1020-1026.
- [44]ROTHBAUM B O, HODGES L F, READY D, et al. Virtual reality exposure therapy for Vietnam veterans with posttraumatic stress disorder[J]. *Journal of Clinical Psychiatry*, 2001, 62(8): 617-622.
- [45]ZHAN Z, MEI H. Academic self-concept and social presence in face-to-face and online learning: Perceptions and effects on students' learning achievement and satisfaction across environments[J]. *Computers & Education*, 2013, 69: 131-138.

- [46]TU C H, MCISAAC M. The relationship of social presence and interaction in online classes[J]. *The American Journal of Distance Education*, 2002, 16(3): 131-150.
- [47]JOKSIMOVIĆ S, GAŠEVIĆ D, KOVANOVIĆ V, et al. Social presence in online discussions as a process predictor of academic performance[J]. *Journal of Computer Assisted Learning*, 2015, 31(6): 638-654.
- [48]KANG M, IM T. Factors of learner-instructor interaction which predict perceived learning outcomes in online learning environment[J]. *Journal of Computer Assisted Learning*, 2013, 29(3): 292-301.
- [49]LEONG P. Role of social presence and cognitive absorption in online learning environments[J]. *Distance Education*, 2011, 32(1): 5-28.
- [50]SUNG E, MAYER R E. Five facets of social presence in online distance education[J]. *Computers in Human Behavior*, 2012, 28(5): 1738-1747.
- [51]PIAGET J. Quantification, conservation, and nativism: Quantitative evaluations of children aged two to three years are examined[J]. *Science*, 1968, 162(3857): 976-979.
- [52]VYGOTSKY L S. *The psychology of art*[M]. Cambridge, MA: The MIT Press, 1971.
- [53]BORGHI A M, CIMATTI F. Embodied cognition and beyond: Acting and sensing the body[J]. *Neuropsychologia*, 2010, 48(3): 763-773.
- [54]MERLEAU-PONTY M, SMITH C. *Phenomenology of perception*[M]. London: Routledge, 1962.
- [55]FOGLIA L, WILSON R A. Embodied cognition[J]. *WIREs Cognitive Science*, 2013, 4(3): 319-325.
- [56]GOLDINGER S D, PAPESH M H, BARNHART A S, et al. The poverty of embodied cognition[J]. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2016, 23(4): 959-978.
- [57]KIVERSTEIN J, Miller M. The embodied brain: Towards a radical embodied cognitive neuroscience[J]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2015, 9: Article 237, doi: 10.3389/fnhum.2015.00237.
- [58]CHRISLEY R. Embodied artificial intelligence[J]. *Artificial intelligence*, 2003, 149(1): 131-150.
- [59]VAN DER KAMP J, WITHAGEN R, ORTH D. On the education about/of radical embodied cognition[J]. *Frontiers in Psychology*, 2019, 10: Article 2378, doi: 10.3389/fpsyg.2019.02378.
- [60]STOLTZ D S. Imaginative labor and embodied cognition: Economic sociology as a cognitive science[J]. *Current Sociology*, 2025, 73(2): 170-191.
- [61]LEVEAU P H, Camus et S. Embodiment, immersion, and enjoyment in virtual reality marketing experiences[J]. *Psychology & Marketing*, 2023, 40(7): 1329-1343.
- [62]BLANKE O, METZINGER T. Full-body illusions and minimal phenomenal selfhood[J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2009, 13(1): 7-13.
- [63]WAINER J, FEIL-SEIFER D J, SHELL D A, et al. The role of physical embodiment in human-robot interaction[C]. *ROMAN 2006-The 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, 2006: 117-122.
- [64]HOLZ T, DRAGONE M, O'HARE G M P. Where robots and virtual agents meet: A survey of social interaction research across milgram's reality-virtuality continuum[J]. *International Journal of Social Robotics*, 2009, 1(1): 83-93.
- [65]BERLUCCHI G, AGLIOTI S. The body in the brain: Neural bases of corporeal awareness[J]. *Trends in Neurosciences*, 1997, 20(12): 560-564.
- [66]LENGGENHAGER B, SMITH S T, BLANKE O. Functional and neural mechanisms of embodiment: Importance of the vestibular system and the temporal parietal junction[J]. *Reviews in the Neurosciences*, 2006, 17(6): 643-657.
- [67]KILTENI K, GROTEN R, SLATER M. The sense of embodiment in virtual reality[J]. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 2012, 21(4): 373-387.
- [68]MASELLI A, SLATER M. The building blocks of the full body ownership illusion[J]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2013, 7: Article 83, doi: 10.3389/fnhum.2013.00083.
- [69]SACAU A, LAARNI J, HARTMANN T. Influence of individual factors on presence[J]. *Computers in Human Behavior*, 2008, 24(5): 2255-2273.
- [70]VILLANI D, REPETTO C, CIPRESSO P, et al. May I experience more presence in doing the same thing in virtual reality than in reality? An answer from a simulated job interview[J]. *Interacting with Computers*, 2012, 24(4): 265-272.
- [71]ALSHAER A, REGENBRECHT H, O'HARE D. Immersion factors affecting perception and

- behaviour in a virtual reality power wheelchair simulator[J]. *Applied Ergonomics*, 2017, 58: 1-12.
- [72]BAILENSEN J N, YEE N. Virtual interpersonal touch: Haptic interaction and copresence in collaborative virtual environments[J]. *Multimedia Tools and Applications*, 2008, 37(1): 5-14.
- [73]LINARES-VARGAS B G P, CIEZA-MOSTACERO S E. Interactive virtual reality environments and emotions: A systematic review[J]. *Virtual Reality*, 2025, 29(1): Article 3, <https://doi.org/10.1007/s10055-024-01049-1>.
- [74]STEUER J. Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence[J]. *Journal of Communication*, 1992, 42(4): 73-93.
- [75]VAN KERREBROECK H, BRENGMAN M, WILLEMS K. When brands come to life: Experimental research on the vividness effect of Virtual Reality in transformational marketing communications[J]. *Virtual Reality*, 2017, 21(4): 177-191.
- [76]SUH K S, LEE Y E. The effects of virtual reality on consumer learning: An empirical investigation[J]. *MIS Quarterly*, 2005, 29(4): 673-697.
- [77]BOGICEVIC V, SEO S, KANDAMPULLY J A, et al. Virtual reality presence as a preamble of tourism experience: The role of mental imagery[J]. *Tourism Management*, 2019, 74: 55-64.
- [78]RANASINGHE N, JAIN P, THI NGOC TRAM N, et al. Season traveller: Multisensory narration for enhancing the virtual reality experience[C]. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2018: Paper 577, <https://doi.org/10.1145/3173574.3174151>.
- [79]RODRÍGUEZ-ARDURA I, MARTÍNEZ-LÓPEZ F J. Another look at 'being there' experiences in digital media: Exploring connections of telepresence with mental imagery[J]. *Computers in Human Behavior*, 2014, 30: 508-518.
- [80]PAIVIO A. *Imagery and verbal processes*[M]. New York: Psychology Press, 1978.
- [81]KISIELIUS J. The role of memory in understanding advertising media effectiveness: The effect of imagery on consumer decision making[J]. *Advances in Consumer Research*, 1982, 9: 183-186.
- [82]RODRÍGUEZ-ARDURA I, MESEGUER-ARTOLA A. E-learning continuance: The impact of interactivity and the mediating role of imagery, presence and flow[J]. *Information & Management*, 2016, 53(4): 504-516.
- [83]SCHLOSSER A E. Experiencing products in the virtual world: The role of goal and imagery in influencing attitudes versus purchase intentions[J]. *Journal of Consumer Research*, 2003, 30(2): 184-198.
- [84]COBB S C. Social presence and online learning: A current view from a research perspective[J]. *Journal of Interactive Online Learning*, 2009, 8(3): 241-254.
- [85]MAKOWSKI D, SPERDUTI M, NICOLAS S, et al. "Being there" and remembering it: Presence improves memory encoding[J]. *Consciousness and Cognition*, 2017, 53: 194-202.
- [86]RICHARDSON J C, MAEDA Y, LV J, et al. Social presence in relation to students' satisfaction and learning in the online environment: A meta-analysis[J]. *Computers in Human Behavior*, 2017, 71: 402-417.
- [87]TOM DIECK M C, CRANMER E, PRIM A L, et al. The effects of augmented reality shopping experiences: Immersion, presence and satisfaction[J]. *Journal of Research in Interactive Marketing*, 2023, 17(6): 940-958.
- [88]GUO Y, LU S, SHEN M, et al. Differences in heritage tourism experience between VR and AR: A comparative experimental study based on presence and authenticity[J]. *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 2024, 17(2): Article 30, <https://doi.org/10.1145/3648001>.
- [89]WEI W, QI R, ZHANG L. Effects of virtual reality on theme park visitors' experience and behaviors: A presence perspective[J]. *Tourism Management*, 2019, 71: 282-293.
- [90]SYLAIYOU S, MANIA K, KAROULIS A, et al. Exploring the relationship between presence and enjoyment in a virtual museum[J]. *International Journal of Human-Computer Studies*, 2010, 68(5): 243-253.
- [91]UNRUH F, VOGEL D, LANDECK M, et al. Body and time: Virtual embodiment and its effect on time perception[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2023, 29(5): 2626-2636.
- [92]STEED A, PAN Y, WATSON Z, et al. "We wait"-The impact of character responsiveness and self embodiment on presence and interest in an immersive news experience[J]. *Frontiers in Robotics and AI*, 2018, 5: Article 112, doi: 10.3389/frobt.2018.00112.

- [93]SLATER M, STEED A. A virtual presence counter[J]. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 2000, 9(5): 413-434.
- [94]SLATER M, SPANLANG B, SANCHEZ-VIVES M V, et al. First person experience of body transfer in virtual reality[J]. *PLoS ONE*, 2010, 5(5): e10564, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010564>.
- [95]BANAKOU D, GROTEN R, SLATER M. Illusory ownership of a virtual child body causes overestimation of object sizes and implicit attitude changes[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013, 110(31): 12846-12851.
- [96]DE LA PEÑA N, WEIL P, LLOBERA J, et al. Immersive journalism: Immersive virtual reality for the first-person experience of news[J]. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 2010, 19(4): 291-301.
- [97]WALTEMATE T, GALL D, ROTH D, et al. The impact of avatar personalization and immersion on virtual body ownership, presence, and emotional response[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2018, 24(4): 1643-1652.
- [98]YANG X, HUANG D. Influence mechanisms of museums' technological embodiment and tourist satisfaction[J]. *SAGE Open*, 2025, 15(1): 21582440251330020, doi: 10.1177/21582440251330020.
- [99]MURRAY C D, SIXSMITH J. The corporeal body in virtual reality[J]. *Ethos*, 1999, 27(3): 315-343.
- [100]FLAVIÁN C, IBÁÑEZ-SÁNCHEZ S, ORÚS C. Impacts of technological embodiment through virtual reality on potential guests' emotions and engagement[J]. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 2021, 30(1): 1-20.
- [101]CHENG L K, CHIENG M H, CHIENG W H. Measuring virtual experience in a three-dimensional virtual reality interactive simulator environment: A structural equation modeling approach[J]. *Virtual Reality*, 2014, 18(3): 173-188.
- [102]WALTERS G, SPARKS B, HERINGTON C. The impact of consumption vision and emotion on the tourism consumer's decision behavior[J]. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 2012, 36(3): 366-389.
- [103]KIM T, BIOCCA F. Telepresence via television: Two dimensions of telepresence may have different connections to memory and persuasion[J]. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 1997, 3(2): JCMC325, <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00073.x>.
- [104]NOVAK T P, Hoffman D L, Yung Y F. Measuring the customer experience in online environments: A structural modeling approach[J]. *Marketing Science*, 2000, 19(1): 22-42.
- [105]BRACKEN C C. Presence and image quality: The case of high-definition television[J]. *Media Psychology*, 2005, 7(2): 191-205.
- [106]SHIN D, BIOCCA F. Exploring immersive experience in journalism[J]. *New Media & Society*, 2018, 20(8): 2800-2823.
- [107]BHATTACHERJEE A. An empirical analysis of the antecedents of electronic commerce service continuance[J]. *Decision Support Systems*, 2001, 32(2), 201-214.
- [108]JUNG Y. Understanding the role of sense of presence and perceived autonomy in users' continued use of social virtual worlds[J]. *Journal of Computer-Mediated Communications*, 2011, 16(4): 492-510.
- [109]BAGOZZI R P, YI Y. On the evaluation of structural equation models[J]. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 1988, 16(1): 74-94.
- [110]HAIR J F, RISHER J J, SARSTEDT M, et al. When to use and how to report the results of PLS-SEM[J]. *European Business Review*, 2019, 31(1): 2-24.
- [111]STRAUB D, BOUDREAU M C, GEFEN D. Validation guidelines for IS positivist research[J]. *Communications of the Association for Information Systems*, 2004, 13: 380-427.
- [112]XU Q, SUNDAR S S. Interactivity and memory: Information processing of interactive versus non-interactive content[J]. *Computers in Human Behavior*, 2016, 63: 620-629.
- [113]SKALSKI P, TAMBORINI R. The role of social presence in interactive agent-based persuasion[J]. *Media Psychology*, 2007, 10(3): 385-413.
- [114]YANG T, LAI I K W, FAN Z B, et al. The impact of a 360° virtual tour on the reduction of psychological stress caused by COVID-19[J]. *Technology in Society*, 2021, 64: 101514, <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101514>.
- [115]ZIEMKE T, LOWE R. On the role of emotion in embodied cognitive architectures: From organisms to robots[J]. *Cognitive Computation*, 2009, 1(1): 104-117.

- [116]KIM H, SUH K S, LEE U K. Effects of collaborative online shopping on shopping experience through social and relational perspectives[J]. *Information & Management*, 2013, 50(4): 169-180.
- [117]FENG B, LI S Y, LI N. Is a profile worth a thousand words? How online support-seeker's profile features may influence the quality of received support messages[J]. *Communication Research*, 2016, 43(2): 253-276.
- [118]CHOI K, NAM Y. Do presence and authenticity in VR experience enhance visitor satisfaction and museum re-visitation intentions?[J]. *International Journal of Tourism Research*, 2024, 26(4): e2737, <https://doi.org/10.1002/jtr.2737>.
- [119]OH C S, BAIENSON J N, WELCH G F. A systematic review of social presence: Definition, antecedents, and implications[J]. *Frontiers in Robotics and AI*, 2018, 5: Article 114, doi: 10.3389/frobt.2018.00114.
- [120]MARTIROSOV S, BUREŠ M, ZÍTKA T. Cyber sickness in low-immersive, semi-immersive, and fully immersive virtual reality[J]. *Virtual Reality*, 2022, 26(1): 15-32.