

【设计研讨】

基于 CiteSpace 技术的增强现实在文化遗产领域的知识图谱分析研究

陈烁, 范含雪, 江梦婷

(福州大学 物理与信息工程学院, 福州 350108)

摘要: **目的** 对国内外基于增强现实在文化遗产的研究脉络、方向和热点进行系统的梳理和总结, 分析当前的研究热点与未来发展方向。**方法** 以中国知网 (CNKI) 以及 Web of Science (WoS) 数据库的相关资料和期刊内容等作为研究素材, 结合常规的文献研究法以及 CiteSpace 技术, 针对研究领域、研究脉络、研究热点等展开梳理和对比。**结果** 得出了国内外增强现实在文化遗产方面的发展趋势。**结论** 国内外基于增强现实在文化遗产研究发展历程皆分 3 个阶段, 国外为“起步-缓升-攀升”, 而国内为“起步-攀升-缓升”; 国外对增强现实的重视程度较高, 研究热点主要集中在增强现实和虚拟现实、混合现实的融合等方面, 将技术与人性化领域结合为其研究的新趋势; 国内对文化遗产的重视程度较高, 研究热点主要集中在对文化遗产与人性化方面的研究上, 在增强现实技术的基础上进行的文化保护、传承与传播为其研究的新趋势。

关键词: 增强现实; 文化遗产; 知识图谱; CiteSpace; 比较研究

中图分类号: TB482 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)16-0315-15

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.16.033

Knowledge Map Analysis of CiteSpace-based Augmented Reality in Cultural Heritage Research

CHEN Shuo, FAN Han-xue, JIANG Meng-ting

(College of Physics and Information Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

ABSTRACT: The work aims to analyze the current research hotspot and development trend based on the research context, direction and hotspot of augmented reality in cultural heritage at home and abroad. CNKI and Web of Science (WoS) journals related to augmented reality were used as data sources. The field, context, hotspot, etc. of research were sorted out and compared respectively in combination with CiteSpace software and traditional literature research methods. Comparing the differences between domestic and foreign researches on the application of augmented reality technology in cultural heritage, the development process of foreign cultural heritage research based on augmented reality is "starting-rising slowly-rising rapidly", and that in China is "starting-rising rapidly-rising slowly", which are all in three stages. In foreign countries, more attention is paid to "augmented reality", and the research mainly focuses augmented reality, virtual reality and mixed reality. It is a new trend to combine technology and human-oriented fields. While China attaches great importance to "cultural heritage", and research mainly focuses cultural heritage and human-oriented aspects. The protection, inheritance and transmission of culture based on augmented reality technology have become a new trend in its research.

KEY WORDS: augmented reality; cultural heritage; knowledge map; CiteSpace; comparative studies

收稿日期: 2023-03-07

基金项目: 福建省教育厅一流本科课程建设项目 (0360-03626506); 福建省中青年教育科研项目 (JAS20026); 福州大学校级教学建设项目 (0360-50018827; 0360-03626527; 0360/03626658)

作者简介: 陈烁 (1986—), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为新媒体技术、影视创作、课程教育改革等。

通信作者: 范含雪 (2000—), 女, 主攻人机交互、AIGC、体验设计等。

在悠久的历史中,中华民族孕育了大量灿烂而珍贵的文化遗产。文化遗产分为物质文化遗产和非物质文化遗产,它们承载着历史和文化知识,需要通过保护、展示、传播其文化价值来发挥作用。随着信息技术的迅速发展和现代化进程的加快,数字技术已经渗透到人们的生活中,并在文化遗产领域得到应用。其中增强现实技术(Augmented Reality)具有虚实融合、即时交互和三维注册的特点,发展前景可观。将增强现实技术应用于文化遗产领域,极大地展现了科技与文化遗产结合的无限可能,对文化遗产传播有着积极的理论意义和现实意义。

本文详细分析增强现实技术在文化遗产领域相关的国外与国内文献,从而进一步去探讨基于增强现实技术的中国优秀传统文化领域未来的发展趋势。为了能够更加清楚地了解到当前学界的研究现状和困惑,通过 CiteSpace 可视化知识图谱工具和中国知网(CNKI)自带的计量可视化分析工具,对已有文献资料中的中文信息和英文信息予以梳理,并就其核心思路和结论进行总结与呈现。

1 数据来源及研究方法

1.1 数据来源

此次分析过程中涉及到的所有信息都是通过专业学术平台的检索与梳理之后而得出的,具体包括 CNKI 和 Web of Science (WoS)。为确保检索的全面性,可设置多项检索条件,并将 2021 年 12 月 31 日作为检索截止日期。

在 WoS 数据库核心合集中使用检索式进行检索,语种为 English,文档类型为 Article。经检索并手动降重后最终得到相关文献 233 篇。

在 CNKI 期刊数据库中使用专业检索,经检索并手动降重后最终得到相关文献 285 篇。

1.2 研究方法

在此次研究过程中,利用文献计量法、比较研究法以及信息可视化等方式,通过使用 2004 年由国内科学家陈超美博士研发而来的 CiteSpace 技术和 CNKI 自带的计量可视化分析工具,在共引分析理论以及专业算法的基础上,围绕增强现实技术在文化遗产领域的信息进行采集和计算,并以此为基础对国内外的的发展路径予以明确。同时,笔者在关键词共现图、关键词聚类图、突现词图、时区图、文献数量折线图等多种可视化图谱的引导下,进一步发现了文献资料的规律,并进行总结和分析,从而展现基于增强现实在文化遗产传播这 1 领域的热点和趋势。

2 增强现实技术在国内外文化遗产领域的比较分析

2.1 学术影响力分析

2.1.1 国家与地区合作分析

为深入探究增强现实技术在国内外文化遗产领域的研究现状,特别是不同国家与地区之间在发文数量和合作紧密程度方面的表现,笔者利用 CiteSpace 软件进行了国家发文量计算和国家与地区合作图谱绘制。根据国家、地区发文数量相关数据,获取国家发文量前 10 名从高到低的分布图(如图 1 所示);国家与地区合作图谱(如图 2 所示),连线越粗则连线地区合作越频繁。增强现实在文化遗产领域的文献主要分布在中国、意大利和英国等国家。其中中国的发文量最多,已达 34 篇。除波兰、日本等国外,对该领域研究比较深入的各国之间合作都相对紧密。

2.1.2 研究机构分析

基于 WoS 的相关数据分析获取世界科研机构前

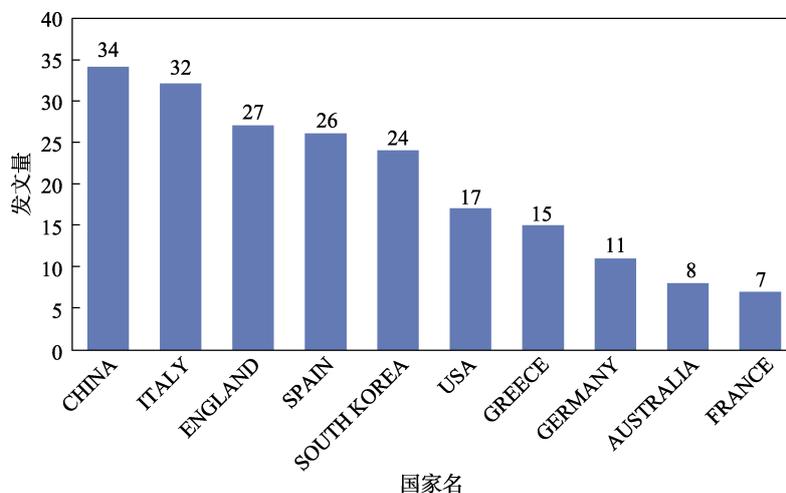


图 1 国家发文量分布

Fig.1 Distribution map of publications published by country

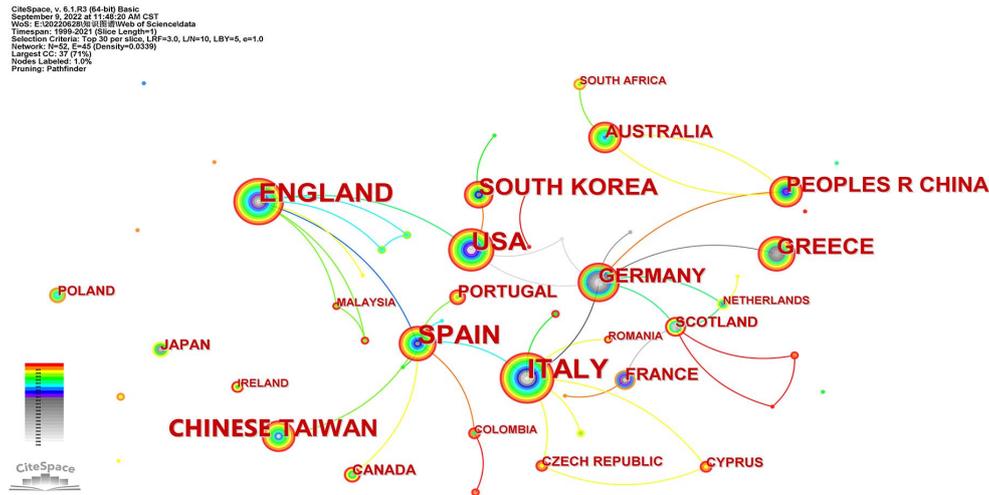


图 2 国家与地区合作图谱
Fig.2 Map of country-regional cooperation

15 名发文量的柱形图, 见图 3。通过 CiteSpace 运算获取机构合作图谱, 见图 4。由图 3—4 可知, 机构多为中国、韩国、西班牙和意大利等国家的高校, 其中中国台湾地区研究深入的高校较多, 台湾科技大学发文量为世界第一。而研究机构间缺乏交流, 呈离散分布, 合作基本只在本国或本地区的机构中进行。

2.1.3 核心作者分析

为进一步了解对增强现实在文化遗产领域有着突出贡献、影响力较高的作者, 通过 CiteSpace 技术获取国内外作者合作关系图谱 (如图 5 所示), 作者共被引分析图 (如图 6 所示), 图 5—6 中的节点大小决定频次高低。其中共被引频次前 10 的作者, 见表 1。由图 5 可知, 作者间多以团队形式进行合作, 但团队间的交流并不紧密。由图 6 及表 1 可知, 美国学者 Ronald T. Azuma 和韩国学者 Timothy Jung 影响力

较高, 他们在理论发展历程中起到了节点作用, 为推动理论发展起到重要作用。

2.2 研究脉络及领域分析

根据国内外关于增强现实在文化遗产领域研究的发文数量, 对该领域研究的演化过程进行了分析。研究领域的文献所属类别用节点表示, 而相关领域文献数量的多少则与节点的大小相对应。

2.1.1 国外研究脉络及领域分析

基于 CiteSpace 软件, 对国外相关研究进行了类别分析 (如图 7 所示)。由图 7 可知, 基于增强现实在文化遗产研究涉及计算机科学、工程学、艺术与人文、化学、教育学等多个学科领域。国外的历年文献数量, 见图 8。可以简单地将该研究趋势分为 3 个阶段: 起步阶段 (1999—2009 年)、缓升阶段 (2010—2014 年)、攀升阶段 (2015—2021 年), 总体呈上升趋势。

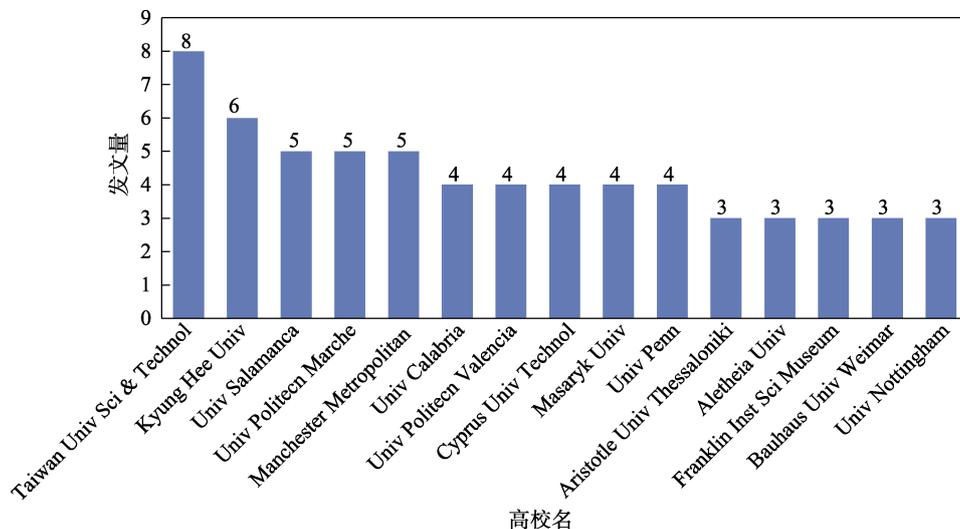


图 3 科研机构发文量分布
Fig.3 Distribution map of publications published by scientific research institutions

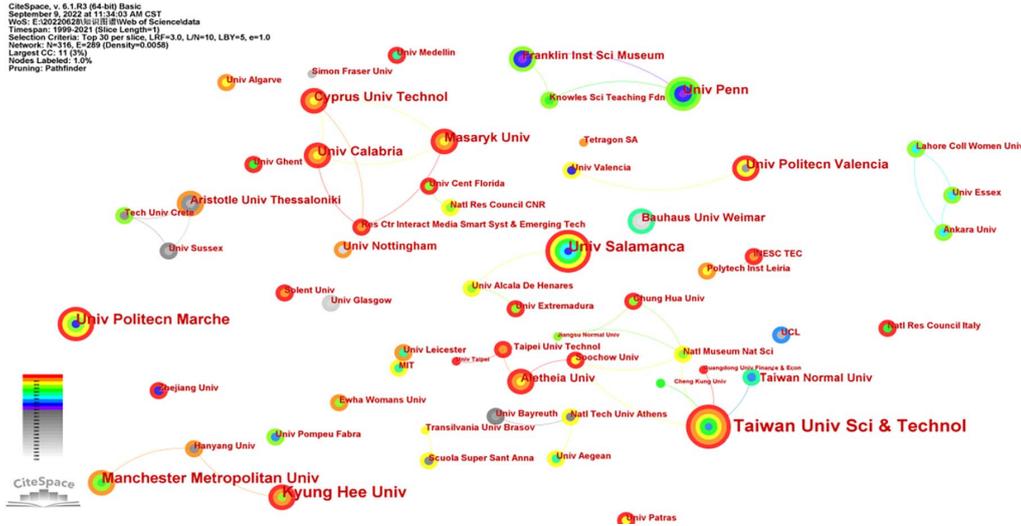


图4 机构合作图谱
 Fig.4 Institutional cooperation map

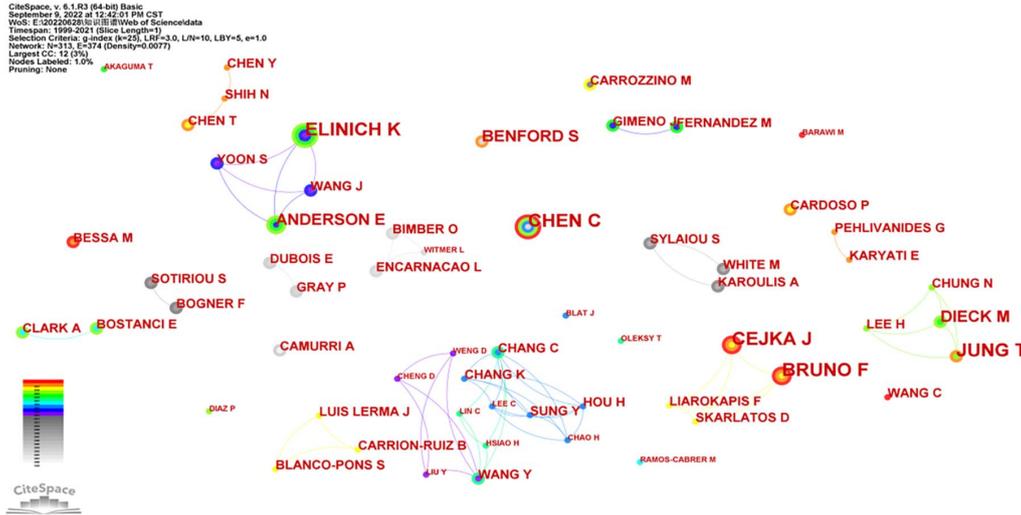


图5 作者合作关系图谱
 Fig.5 Author cooperation map

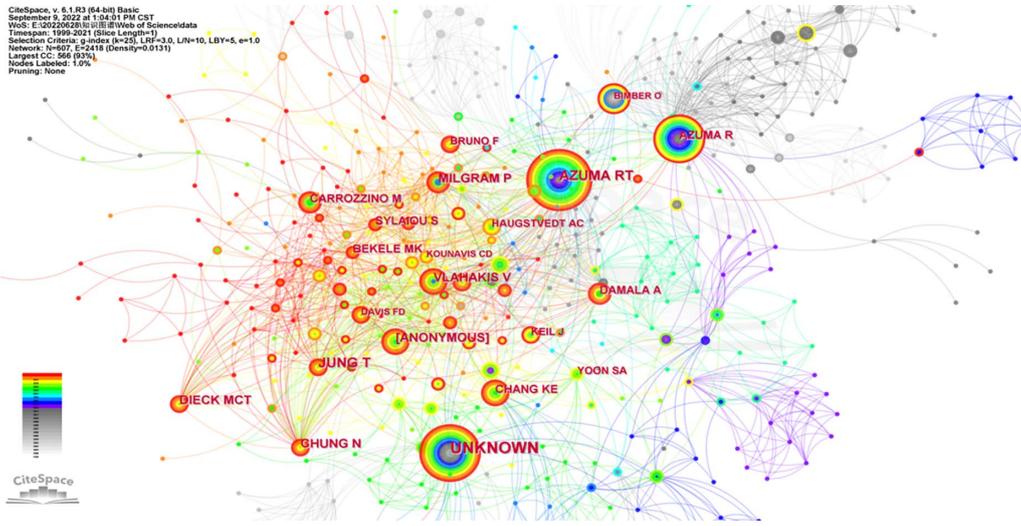


图6 作者共被引分析图谱
 Fig.6 Author co-citation analysis map

表 1 作者共被引表
Tab.1 Author co-citation list

序号	共被引频次	作者	序号	共被引频次	作者
1	40	Ronald T. Azuma	6	25	Namho Chung
2	35	Timothy Jung	7	23	Mafkereseb Kassahun Bekele
3	29	Paul Milgram	8	23	Kuo-En Chang
4	28	Vassilios Vlahakis	9	20	Stella Sylaiou
5	26	M. Claudia tom Dieck	10	20	Areti Damala

CiteSpace, v. 5.8.R3 (64-bit)
March 26, 2022 7:59:52 PM CST
Web: E:\1\CiteSpace\Web of Sciencedata
Timespan: 1000(0.1) (Steps Length=1)
Selection Criteria: g-mcra (w=25)
Network: N=74, E=324 (Density=0.1237)
Largest CC: 65 (87%)
Nodes Labeled: 1.0%
Pruning: None

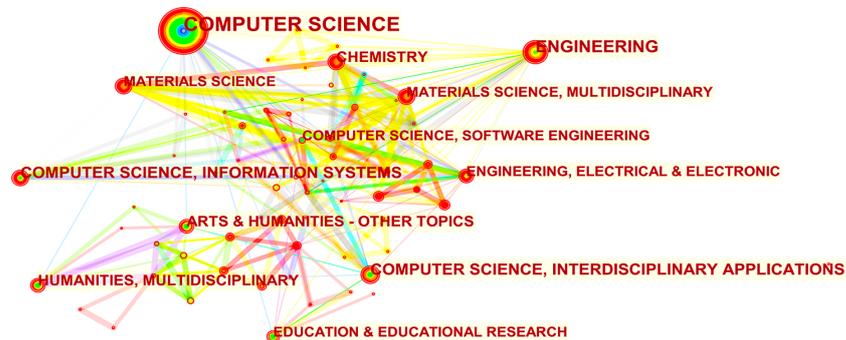


图 7 国外类别分析
Fig.7 Foreign category analysis

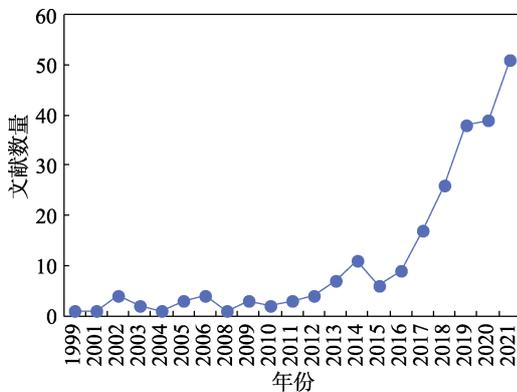


图 8 国外历年文献数量
Fig.8 Foreign publications over the years

1) 在起步阶段, 计算机科学领域发文最多, 其次是工程学领域。计算机科学领域的研究主要集中在信息系统、计算机理论和方法、软件工程等方面, 如对虚拟展示的研究^[1]、博物馆增强现实音频系统中基于本体的用户建模等^[2]。而工程学领域主要结合电气和电子进行研究, 如支持移动混合系统的设计等^[3]。

2) 在缓升阶段, 仍是计算机科学领域发文最多, 其次为教育学领域和艺术人文领域。计算机科学领域多以跨学科应用、信息系统、软件工程领域为主, 如张国恩等^[4]进行了 1 项研究, 旨在开发 1 种用于艺术博物馆绘画鉴赏指导的增强现实移动导览系统, 并对该系统的行为模式进行了分析。教育学领域主要以教

育研究方面为主, 如非正式学习环境中的增强现实研究^[5]等。艺术人文领域则涉及到中介设备对博物馆的影响^[6]、文物细节探索^[7]、博物馆学未来的探讨^[8]等。

3) 在攀升阶段, 发文量依然以计算机科学领域为主, 包括信息系统和跨学科应用, 发文量紧随其后的是工程学领域和化学领域。在计算机科学领域中, BEKELE 等^[9]撰写了 1 篇综述, 对文化遗产增强现实、虚拟现实和混合现实的研究进行了总结; JOO-NAGATA 等^[10]的研究探讨了增强现实和行人导航技术在移动学习和电子学习领域的应用等。在工程学领域中, FENU^[11]提出 1 个用于吸引博物馆参观者的增强现实的设计和实验; URENA^[12]提出了 1 种利用编码发射信标进行声波局部定位的方法, 以引导人们进入博物馆并了解其动向。在化学领域中, NAPOLITANO 等^[13]通过对普林斯顿大学某些建筑的排水不畅等问题的案例研究, 来探讨文化遗产保护的虚拟旅游和信息建模技术。

2.1.2 国内研究脉络及领域分析

由于 CiteSpace 对 CNKI 数据库分析存在缺陷, 因此在 CNKI 自带的计量可视化分析工具的基础上, 使用传统的文献梳理方法对国内相关研究进行类别梳理, 并绘制国内类别分析图谱 (如图 9 所示)。由图 9 可知, 基于增强现实在文化遗产研究涉及计算机科学、博物馆学、艺术与人文、考古学、旅游产业、

轻工业手工业、新闻与传播、教育学等多个领域。

国内关于增强现实在文化遗产研究同样可以分为3个阶段：起步阶段（2006—2014年）、攀升阶段（2015—2018年）、缓升阶段（2019—2021年）。整体同样是上升趋势，国内历年文献数量，见图10。

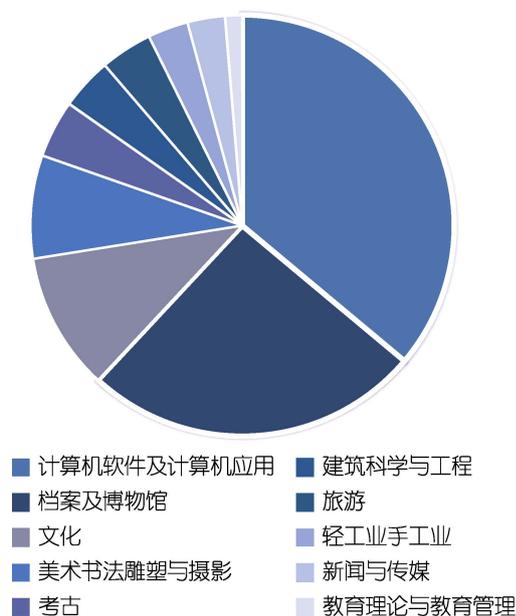


图9 国内类别分析

Fig.9 Domestic category analysis

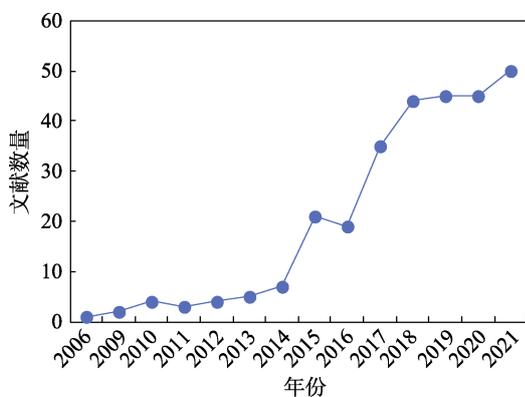


图10 国内历年文献数量

Fig.10 Domestic publications over the years

1) 在起步阶段，计算机科学和博物馆学领域发文最多，旅游业和艺术人文领域次之。这个阶段多为对增强现实技术的分析以及国内外相关案例的总结，发表文献量虽不多，但总体文章质量有保障，被引次数也较高。同时，讨论的内容主要为笼统介绍，如博物馆、文化遗址等。2009年，师国伟等^[14]介绍了增强现实技术的概念与特点，并以其成功应用于国内外历史古迹数字化重建的实例，进一步阐述了增强现实技术在保护文化遗产方面的作用；2010年，陈洪军^[15]介绍了增强现实技术的概念特点，并举出其在科技博物馆中的国内外应用案例，从而指出增强现实在该领域的重要性；2014年，王璞^[16]通过对增强现实的技

术分析和在国外文化教育领域的应用案例介绍，探讨了其在图书馆的发展前景。

2) 在攀升阶段，发文仍以计算机科学和博物馆学领域为主，其次为艺术人文和建筑学领域。此时探讨领域开始细化，逐渐转向传统手工艺、民族博物馆、宣纸文化、陶瓷艺术、皮影艺术、非遗舞蹈等与文化遗产相关的领域。张磊等^[17]围绕古典家具数据库的开发逻辑和规律展开了探讨，提出了传统博物馆建设的网络化与信息化理论；罗航等^[18]对大遗址保护领域虚拟现实技术的发展脉络及应用技术进行了梳理；孔黎明^[19]对当前建筑遗址展示中应用数字技术的现状及存在的问题进行了分析，并对其应用过程进行了梳理。同时，增强现实与文化遗产的结合侧重点不局限于对实现二者相结合的技术的探讨，而是开始出现残障人士、互动体验、用户感官等人性的相关研究，但仍旧不多。徐耀琦^[20]将虚拟现实技术和增强现实技术在上海博物馆中的使用情况进行了对比，并强调了博物馆互动体验中新技术实施的重要性；郭婷^[21]运用“人-机-环境”系统工程理论，将其引入到AR博物馆导览领域，以分析用户感官质量和行为模式，并从认知负荷的角度展开研究。

3) 在缓升阶段，依然以计算机科学和博物馆学领域为主进行发文，艺术人文和考古学领域次之。此时探讨的领域更加深入和细化，围绕具体个案开展针对性探讨，如数字敦煌、萍乡傩面具艺术、汉绣、古滇贮贝器图像、古法造纸、永乐宫《朝元图》壁画、良渚文化等。同时，增强现实与文化遗产的多元和创新结合形式与研究成果也越来越多地涌现。翁林伟^[22]以AR技术在良渚博物馆展陈中的实践探索为例，来说明以增强现实为基础的数字导览相比传统博物馆导览所具有的优势；温也^[23]以针对湖北省武汉市武昌区贡院片区的更新方案为例，探讨增强现实技术介入文化遗产保护中的新可能；何苗等^[24]聚焦于历史遗迹领域，以唐大明宫为例，对增强现实项目的设计与实现进行了探讨，从中总结出了适用于实际项目的计算机技术的设计规则。近几年国内外学者对增强现实技术与文化遗产领域的探讨，更加聚焦在技术加持下的人性化体验上，如交互体验、情感交互等。与此同时，学者们也更加重视文化的传播和保护。罗国琴^[25]就利用增强现实技术保护非物质文化遗产的必要性与可行性进行了探讨，并对如何合理运用进行了分析；曹琪琳^[26]从数字视角探讨非物质文化遗产的再现与保护；韩彬彬^[27]以人的情感需求为切入点，对博物馆陈列设计中的情感交互设计进行了研究。除此之外，越来越多的学者提到了虚拟现实技术对传统文化遗产的影响。韩玉等^[28]对中医药博物馆科学普及中的虚拟现实和增强现实技术的应用进行了分析；李婷婷^[29]提出了利用AR-VR技术能够促进公共空间非物质文化遗产传播的理念；陶武^[30]认为利用AR-VR技术开

发博物馆互动展示系统, 能够使馆藏信息的展示更加全面; 张丽^[31]介绍了 AR-VR 融合展示互动方式, 利用重庆红岩红色历史专题案例, 开发制作 AR-VR 展览互动体验成果, 从而提高了博物馆展示效果; 王梅^[32]提出了 1 种全新的数字博物馆设计方案, 通过将虚拟现实与增强现实技术结合, 弥补传统博物馆信息展示和交互的不足, 从而提高游客的感官体验。

2.3 引文分析

引文分析是分析文献引文与被引文关系的 1 种活动和方法。选择 Reference 作为 CiteSpace 的节点类型, 选择关键字聚类, 并通过 LLR 算法进行计算, 获得文献的共被引聚类图谱, 见图 11。经过聚类之

后, 相同领域会聚集在一起, 并通过 1 个关键词概括主要内容, 如移动手机 (Mobile Phones)、互动学习环境 (Interactive Learning Environments)、可持续旅游 (Sustainable Tourism)、博物馆 (Museum)、用户体验 (User Experience) 等。

国外前 10 篇高被引文献, 见表 2。表 2 中有 3 篇是增强现实和虚拟现实结合起来对文化遗产的探讨^[9,33,34], 有 5 篇与旅游有关^[4,35,36,37,38]。被引频次最高的文章分析的是文化遗产中增强现实、虚拟现实和混合现实的研究综述, 作者从文化遗产的角度调查了 3 者当前的发展水平, 并描述了为开发相关应用程序和系统而进行的研究。同时, 总结了这些研究采用的技术和应用领域, 提出未来的研究方向^[39]。

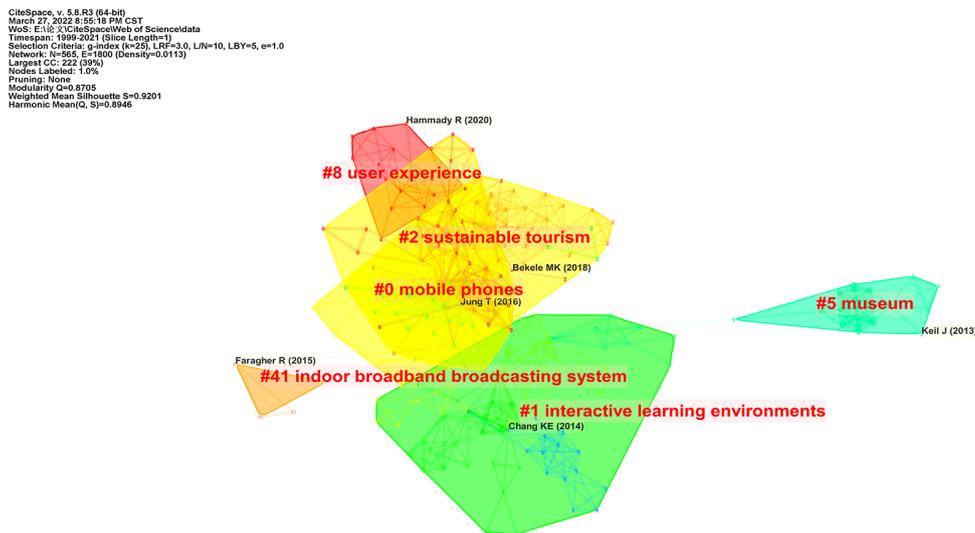


图 11 国外文献共被引分析
 Fig.11 Co-citation analysis of foreign literature

表 2 国外前 10 篇高被引文献
 Tab.2 Top 10 foreign highly cited papers

序号	被引频次	发表年份	文献题目
1	23	2018 年	A Survey of Augmented, Virtual, and Mixed Reality for Cultural Heritage
2	20	2016 年	Effects of Virtual Reality and Augmented Reality on Visitor Experiences in Museum
3	16	2014 年	Development and Behavioral Pattern Analysis of a Mobile Guide System with Augmented Reality for Painting Appreciation Instruction in an Art Museum
4	15	2015 年	Tourists' Intention to Visit Destination: Role of Augmented Reality Applications for Heritage Site
5	13	2017 年	Journal of Destination Marketing & Management
6	12	2015 年	The Determinants of Recommendations to Use Augmented Reality Technologies: The Case of a Korean Theme Park
7	11	2018 年	A Theoretical Model of Mobile Augmented Reality Acceptance in Urban Heritage Tourism
8	10	2017 年	Augmented Reality, Virtual Reality and 3D Printing for the Co-creation of Value for the Visitor Experience at Cultural Heritage Places
9	9	2018 年	Embodiment of Wearable Augmented Reality Technology in Tourism Experiences
10	9	2018 年	User Experience Model for Augmented Reality Applications in Urban Heritage Tourism

以 CNKI 平台作为载体, 根据被引量对内容予以排序, 具体信息如表 3 所示, 其中只有 1 篇涉及文化遗产中增强现实和虚拟现实的结合研究。被引次数最高的文章是余日季^[40]基于 AR 技术对非物质文化遗产数字化开发的研究, 他采用增强现实等前沿科技手段对 ICH 的数字化开发与应用进行了研讨。其次, 国内研究员师国伟等^[14]就 AR 在文化遗产数字化保护中所做的应用研究也具有较高被引频次。该团队围绕文化遗产保护问题展开了论证, 通过增强现实技术概念特点的引入, 对文化遗产数字化发展的积极作用进行了论述, 最后总结国内外文化遗产数字化重建中的增强现实应用, 从而说明增强现实在文化遗产中的作用。

2.4 研究热点及趋势分析

2.4.1 国外研究热点与趋势

关键词是对文章内容的提炼, 当 1 个关键词出现 2 次及以上的时候, 称为关键词共现。使用 CiteSpace, 以 Keyword 作为节点类型, 得到关键词共现图谱, 见图 12。其中, 圆圈的大小表示关键词的频次, 频

次越高, 圆圈越大。图中出现频次最大的为增强现实 (Augmented Reality), 其次为文化遗产 (Cultural Heritage)、虚拟现实 (Virtual Reality)、系统 (System)、技术 (Technology)、混合现实 (Mixed Reality) 等。

时区图是文献知识演化的时间维度, 它能全面、清晰地反映文献的更迭和相互影响, 见图 13。使用 CiteSpace 的 TimeZone 功能获得国外关键词时区分析。每个关键词纵向对应的年份代表着该关键词首次出现的年份, 因此通过对时区中每个节点代表的文献的阅读和分析, 可以了解研究的发展趋势及热点。增强现实 (Augmented Reality) 1 词于 2002 年首次在文化遗产领域被提及, 英国诺丁汉大学混合现实实验室基于 2 个原型演示器描述了如何提供更好的数字体验的初步结果和经验。演示者使用各种设备, 包括用于在户外定位虚拟活动热点的移动无线接口, 从而提供不同的虚拟世界体验^[41]。从 2011 年开始, 基于增强现实在文化遗产数字化一般结合虚拟现实技术或扩展显示技术进行研究, 如 BEC 等^[42] (2019 年) 提出了沉浸式文化遗产保护的 4 阶段概念模型, 用于将

表 3 国内前 10 篇高被引文献
Tab.3 Top 10 domestic highly cited papers

序号	被引频次	发表年份	文献题目
1	116	2014 年	基于 AR 技术的非物质文化遗产数字化开发研究
2	101	2009 年	增强现实技术在文化遗产数字化保护中的应用
3	95	2006 年	文化遗产保护中的信息可视化设计方法研究
4	68	2014 年	移动增强现实技术在图书馆中的应用研究
5	56	2016 年	基于 AR-VR 混合技术的博物馆展览互动应用研究
6	53	2013 年	智能手机应用与博物馆教育研究
7	51	2013 年	基于 AR 技术的文化旅游商品创新设计与开发研究
8	46	2015 年	数字展示技术在博物馆展览中的应用
9	43	2014 年	基于 AR 技术的非物质文化遗产资源产业化开发研究——以黄鹤楼传说为例
10	34	2011 年	非物质文化遗产内容的博物馆数字化展示模式与产业化研究

CiteSpace, v. 5.8.R3 (64-bit)
March 28, 2022 11:07:49 AM CST
Web: E:\CiteSpace\Website of Sciencedata
Timespan: 1999-2021 (Slice Length=1)
Selection Criteria: g-index (k=25), LRF=3.0, UN=10, LBY=5, e=1.0
Network: N=351, E=1183 (Density=0.0193)
Largest CC: 391 (90%)
Nodes Labeled: 1.0%
Pruning: None
Modularity Q=0.8705
Weighted Mean Silhouette S=0.9175
Harmonic Mean(Q, S)=0.8934

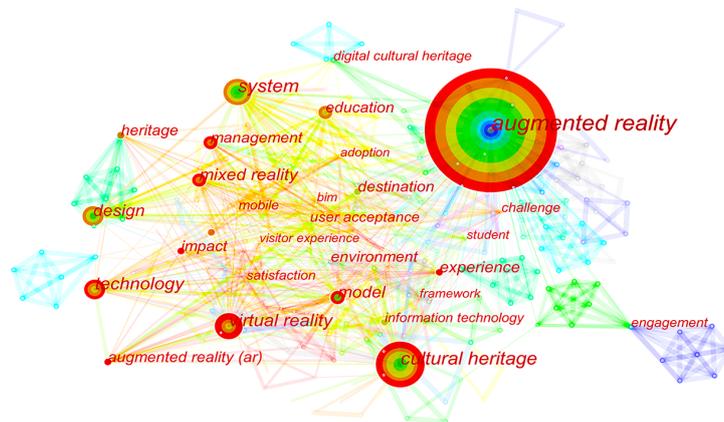


图 12 国外关键词共现分析
Fig.12 Co-occurrence analysis of foreign keywords

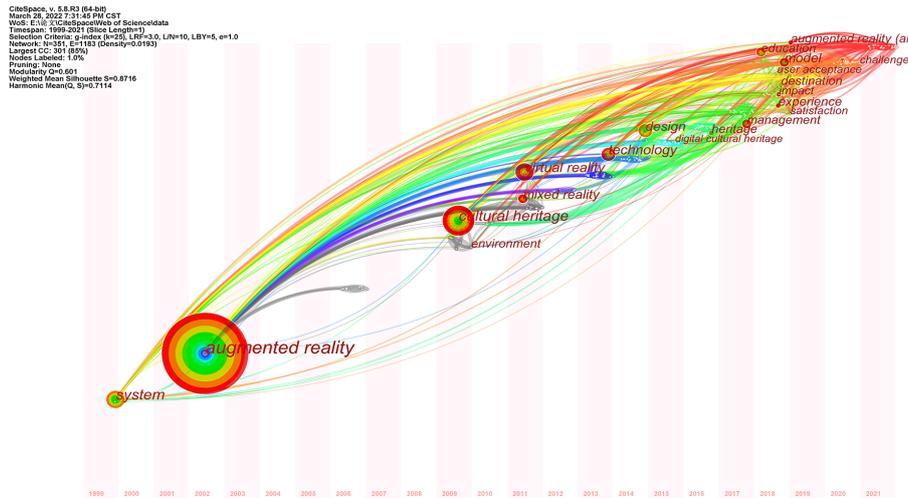


图 13 国外关键词时区分析
Fig.13 Time zone analysis of foreign keywords

文化遗产管理纳入数字旅游体验; HAYDAR 等^[43] (2011 年) 通过水下考古遗迹虚拟探索的例子来更好地展示虚拟现实和增强现实技术在研究和保护文化遗产方面的优势。同时, 由时区图可知, 文化遗产的增强现实研究从趋向于技术的研究到如今更加关注用户接受度 (User Acceptance)、教育性 (Education)、满意度 (Satisfaction)、体验性 (Experience) 等研究。

突现词分布体现的是与研究领域相关的重点关键词被引频次强度及较强被引频次的起止年份, 通过对某些年份出现的关键性转折点及新概念的分析, 在一定程度上能够反映研究领域的研究发展趋势、研究热点问题及与研究相关的一些前沿问题。利用 CiteSpace 的 Burstness 功能 (γ 值设置为 0.3) 检测得到 15 个突现词, 见图 14。其中, “教育” (Education)

1 词以 2.62 的突现强度居首位, 生命周期 (图 14 中 Begin 至 End 的跨度, 也为图中红色长度) 为 2018—2021 年, 说明教育不仅是该增强现实在文化遗产的研究转折点, 也是近些年的研究热点。此外, “目标” (Destination)、“系统” (System)、“信息技术” (Information Technology)、“设计” (Design)、“用户接受度” (User Acceptance) 等词的突现强度也相对较高, 分别为 2.51、2.11、2.09、1.73 和 1.56。而生命周期较长的突现词包括“基于图像的渲染” (Image-based Rendering)、“姿态估计” (Pose Estimation)、“文化遗产数字化” (Digital Cultural Heritage) 等。近几年出现的突现词包括“设计” (Design)、“用户接受度” (User Acceptance)、“可移动的” (Mobile)、“环境” (Context) 等。

通过关键词共现、时区图、关键词突现 3 个图谱

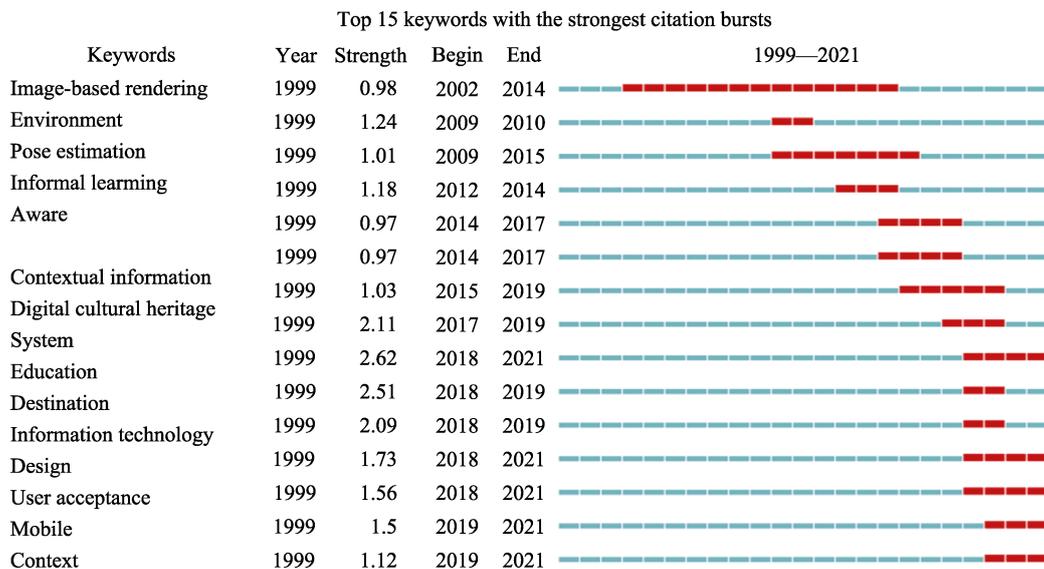


图 14 国外关键词突现图
Fig.14 Foreign keyword emergence map

的分析,可知增强现实在文化遗产方面的应用会继续结合虚拟现实或混合现实技术。同时,国外对基于增强现实技术的文化遗产研究的关注重点正逐渐从技术向用户体验转移,更加便捷、人性化的交互形式将会是未来研究的新趋势。

2.4.2 国内研究热点与趋势

国内和国外的关键词共现图谱制图过程相同,所得国内的关键词共现分析,见图 15。其中“增强现实”“博物馆”“虚拟现实”占比较大,它们的频次也位居前 3,分别为“增强现实”(105 次)、“博物馆”(39 次)、“虚拟现实”(28 次)。除此之外,“数字化”“文化遗产”“交互设计”“展示设计”“人机设计”“互动体验”等词也有较高的出现频次。

使用 TimeZone 作图,得到国内关键词时区分析,

见图 16。从图 16 可以看出,国内从 2009 年开始重视增强现实技术与文化遗产领域的结合,同时加入虚拟现实技术的实现可能。整体的研究趋势在人机交互、AR 技术、数字技术、信息技术、数字化等技术性方面,到 2015 年逐渐开始加入互动体验、残障人士、互动、讲解、体感交互等与人的体验有关的更人性化的研究。除此之外,从 2013 年开始探讨的领域逐渐多元且细化,在 2015—2016 年这种情况较为显著。

使用 Burstness 功能, (γ 值设置为 0.2) 检测得到 9 个突现词,见图 17。其中“新媒体”的突现强度最高,为 1.55。此外,强度>1 的突现词还有“三维扫描”“展示设计”“参观体验”“信息技术”“传播”等。

“文物展示”不仅生命周期较长且突现强度较高,此外突现时间也最早,于 2009 年出现,可知该词为早

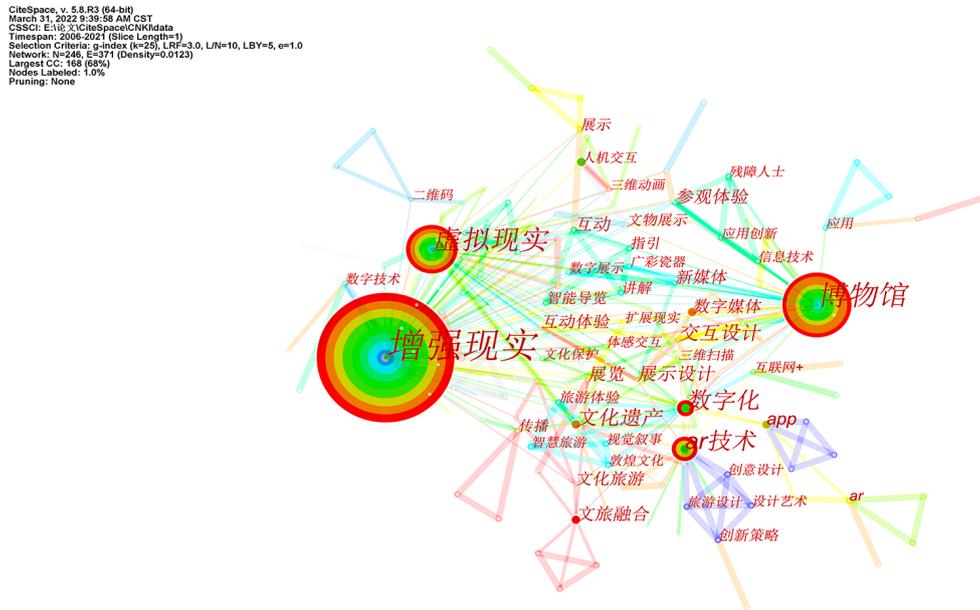


图 15 国内关键词共现分析
 Fig.15 Co-occurrence analysis of domestic keywords

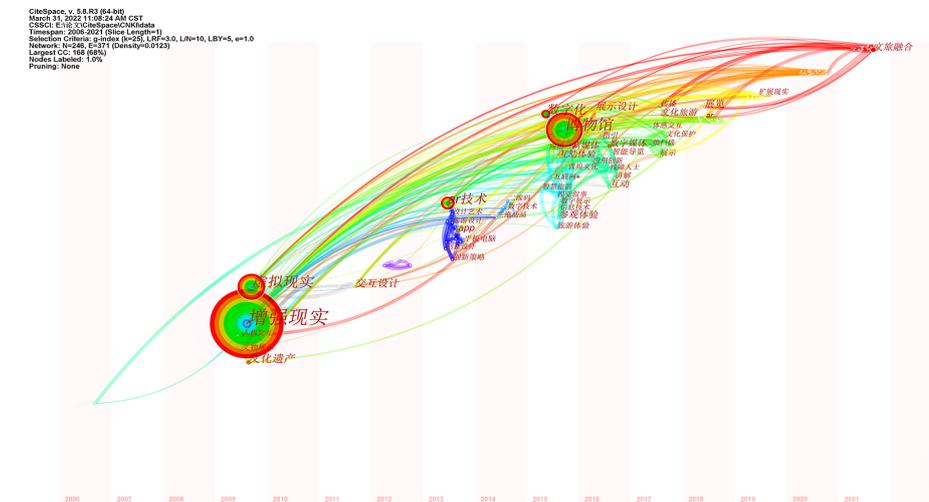


图 16 国内关键词时区分析
 Fig.16 Time zone analysis of domestic keywords

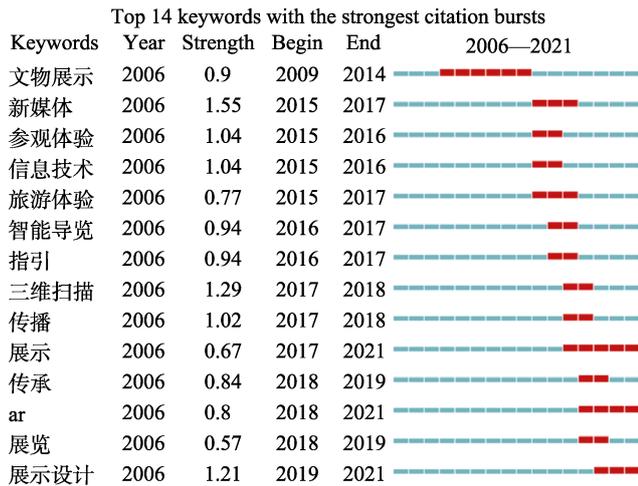


图 17 国内关键词突现图
Fig.17 Domestic keyword emergence map

期受关注的主题。但从 2014 年开始针对该词的研究较少,“新媒体”“参观体验”“信息技术”“旅游体验”等词的出现,意味这个阶段为该研究领域的转折点,说明增强现实技术在文化遗产领域的研究从让用户“看”扩展为让用户“感受”,更加注重人性化和交互性的方面。另外,“传播”“传承”等词的突现时间较近,是近年受关注的主题,表示国内近年对于增强现实在文化遗产领域的研究会更加重视文化的传承和传播。

3 结论

3.1 研究总结

通过梳理和比较国内外基于增强现实在文化遗产领域的分布形式、影响情况、发展脉络、聚焦领域、研究主题、热点演变及其趋势,可以得到结论如下。

1) 国家及地区、机构间的合作和交流有待加强。通过国家及地区分析、机构分析、作者分析可以看出,中国、意大利、英国等国家的相关研究较多,各国间多次进行合作,而意大利占据合作的主导地位;研究机构以高校为主,但基本只在本国及地区的机构内或邻近国家及地区的高校间进行交流,与国际上其他机构交流较少;深入了解国内机构合作情况,发现省内的联系相对紧密,同时交流合作基本仅在国内的权威机构间进行;作者之间多以团队形式合作,国外的 Ronald T. Azuma, Timothy Jung 和 Paul Milgram, 国内的赵忠波和余日季等是该领域研究的领军人物。

2) 国内外主要研究领域有所趋同,并且皆向交叉学科方向发展。根据文献梳理,2 者都可以分为 3 个阶段,但国外为“起步-缓升-攀升”,而国内为“起步-攀升-缓升”,整体都为上升趋势。国内外折线发展对比图,见图 18。其中,国外的内容几乎都聚焦于计算机科学、工程学、艺术人文、化学、教育学等层面;而国内除了聚焦计算机科学,同时更多地将研究

重点投射在博物馆、艺术人文、考古学、建筑学、旅游业、新闻与传媒等领域。随着科学技术与社会生产的飞速发展,以及人们在精神文化生活方面要求的提高,文化遗产研究在增强现实技术的加持下,日渐趋向跨学科方向发展,其成果也变得更加多元。

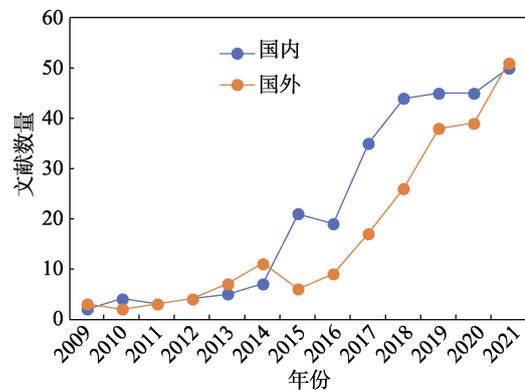


图 18 历年国内外文献数量对比
Fig.18 Comparison chart of the number of domestic and foreign literature over the years

3) 国外在深入研究技术的同时,开始向人性化领域探讨;国内在探究技术与体验融合可行性的同时,更加注重文化的传承与传播。从国内外的关键词时区图和突现词来看,国外 2002 年“Augmented Reality”被提出,从 2016 年开始被重视,于 2019 年达到顶峰;国内 2009 年“增强现实”1 词被提出,从 2014 年开始被大众关注,于 2019 年达到顶峰。可知,虽然国内对于增强现实在文化遗产中的研究相对于国外来说滞后近 7 年,但经过学者们的努力最终于 2019 年赶上了国际的进程。根据知识图谱的梳理,发现 2 者皆从 2011 年开始频繁出现除增强现实和文化遗产以外的关键词。因此,从该年开始以两三年为跨度进行比较分析,可以得到研究对比框架图,见图 19。由图 19 可知,2011—2013 年,2 者皆以技术为主,说明国内的研究并未滞后多少;2014—2016 年,国内外继续深入技术研究,而国内除此之外还探讨了与人的体验有关的技术融合,如新兴信息技术在优化残疾人博物馆参观体验方面的创新应用趋势^[44]、博物馆展示设计中的情感交互设计^[27]等;2017—2019 年,国外将重心转向更加人性化的领域,国内更加关注文化的保护、传承与传播的研究,如云南佤族文化数字化保护研究^[45]、探究 AR 技术运用于建水紫陶传承领域的可行性^[46]、探寻 AR 技术在非物质文化遗产中的传播应用^[47];2020—2021 年,国外涉足旅游业,国内探讨城市发展相关,但突现词数量较少,国内外研究仍延续之前的方向,总体未有较大变动。

4) 国外重技、国内重人,且皆细化研究领域。在对高频词、突现词、高被引文献进行分析后可得出,国外的研究热点以技术研究为主,包括增强现实与虚

年份	热门词汇		热点趋势	
	国外	国内	国外	国内
2011—2013	虚拟现实、混合现实、技术	交互设计、AR技术、APP、平板电脑	以技术为主	以技术为主
2014—2016	文化遗产数字化、3D模型、移动增强现实、点对点网络	互联网+、数字化、智能导览、互动体验、残障人士	继续深入技术研究	深入技术研究,同时关注人性化领域
2017—2019	教育、用户接受度、目标、体验、满意度	传播、文化旅游、文化保护、文化教育、传统文化、传承	研究重点转向人性化领域	更关注文化的保护、传承、传播
2020—2021	智能旅游、虚拟环境、行为导向	非遗传承、文化传承、城市更新	涉及旅游业	涉及城市发展

图 19 内外研究对比框架

Fig.19 Framework of domestic and foreign research comparison

拟现实、混合现实、三维模型等技术领域的多元化融合,同时将技术与用户体验等人性化的领域结合;国内的研究热点则以人性化的研究为主,如互动体验、交互设计、参观体验等,近些年更加关注人文领域的传承传播,同时国内外的研究领域也在逐渐细化,从大领域的研究(如一大类文化遗产)趋向更加深入和细分的小领域(如某一特定文化遗产)。

3.2 研究展望

随着我国技术研发的不断深入和文化遗产的持续挖掘,基于增强现实的文化遗产领域研究应立足于新的时代背景。因此,根据上述结论提出对应的3点展望及建议。

1) 在研究领域,进一步拓宽技术的学科融合。虽然国内在人文艺术、博物馆等文化相关领域的研究已经逐步深入、不断细化,但与国外相比,国内学者更多的是把注意力放到了增强现实技术本身的研究,还未大范围地将增强现实技术与各领域相结合,因此对技术的多领域应用仍然有待拓展。国外在材料科学、化学、地质学等应用领域也有所融合,EJKA^[48]提出了1种适用于水下环境的基准标记检测新算法,从而解决使用增强现实技术考古水下文化遗址时遇到的问题;BLANCO-PONS^[49]通过评估针对非专家游客的岩石艺术AR应用程序,以提高联合国教科文组织考古遗址的岩石艺术知识和敏感性。也说明了国外在物质文化遗产领域的研究成果颇丰,而国内对于物质文化遗产的研究相较于非物质文化遗产少得多,国内学者应注意到这点,并在现阶段和下一个阶段的研究中拓宽物质文化遗产的应用面。

2) 从研究视角看,应在坚持人性化和文化应用的同时,把握技术的提升节奏。国外对增强现实技术已经有了很深入的研究,在偏重技术的深度挖掘和提升的同时,注重与其他技术的结合,如虚拟现实技术、混合现实技术等。国内的技术研究建立在国外的基础之上,主要探讨的是文化遗产与新兴媒体结合的研究,但增强现实和虚拟现实在文化遗产领域的结合

研究相对欠缺和薄弱,而增强现实和混合现实的结合更是少之又少。虽然经过近几年的发展,技术水平已向国外靠近,但一些较重大的创新性研究仍大多由国外的学者们率先提出,国内更多的是作为拥簇者和跟随者。而国内在技术还未赶超国外的同时,先进行了人性化 and 文化传播等领域的应用研究,导致了国内在文化遗产领域的技术研发不够完善和普及不足的问题。基于此,我国学者应在技术发展方面做好支持和驱动,强化技术的自主创新。在实现文化保护、传承、传播和人性化关注的同时,应更好地完善内容的深耕与细分,进而得到更为先进的学习结论与实现成果。

3) 在研究内容上,应用领域持续积累数据和经验。国内在一些非物质文化遗产领域的研究相对国外来说更加深入,其成果对国外同行具有前瞻性和参考性。如张华等^[50]运用增强现实技术结合醴陵釉下五彩工艺,探索信息化时代传统工艺文化传播、科普、产品化的可能性;李裕鸿等^[51]探讨了新媒体时代应如何利用增强现实等新兴技术进行非物质文化遗产的传播。国内学者在弥补与国外技术上差距的同时,要保持自己的优势,从而实现更准确且全面的研究发展。

4 结语

基于增强现实在文化遗产领域的研究在不断深入,国外更注重“增强现实”,国内更关注“文化遗产”,现已呈现各具特色的发展现状与趋势。在疫情的大环境下,文化遗产数字化已逐渐成为各界研究的热点。在这1背景下,如何借助增强现实等技术来实现文化遗产超越时间和空间的限制,已经成为当前阶段承载文化、技术和民生等多方面要素的现实问题。作为1个交叉性的学科研究,增强现实文化遗产研究还有很多值得深入探讨的部分,未来的研究前景广阔,对人文传承传播、技术融合、人机交互等方面的研究都有着重要的推动作用。

参考文献:

- [1] BIMBER O, FROHLICH B, SCHMALSTEIG D, et al. The Virtual Showcase[J]. Computer Graphics & Applications IEEE, 2001, 21(6): 48-55.
- [2] HATALA M, WAKKARY R. Ontology-based User Modeling in an Augmented Audio Reality System for Museums[J]. User Modeling and User-adapted Interaction, 2005, 15(3-4): 339-380.
- [3] DUBOIS E, GRAY P, NIGAY L. ASUR++: Supporting the Design of Mobile Mixed Systems[J]. Interacting with Computers, 2003, 15(4): 497-520.
- [4] CHANG K E, CHANG C T, Hou H et al. Development and Behavioral Pattern Analysis of a Mobile Guide System with Augmented Reality for Painting Appreciation Instruction in an Art Museum[J]. Computers & Education, 2014, 71(1): 185-197.
- [5] SOMMERAUER P, MUELLER O. Augmented Reality in Informal Learning Environments: A Field Experiment in a Mathematics Exhibition[J]. Computers & Education, 2014, 79(10): 59-68.
- [6] JARRIER E, BOURGEO-RENAULT D. Impact of Mediation Devices on the Museum Visit Experience and on Visitors' Behavioural Intentions[J]. International Journal of Arts Management, 2012, 15(1): 18-29.
- [7] RIDEL B, REUTER P, LAVIOLE J, et al. The Revealing Flashlight: Interactive Spatial Augmented Reality for Detail Exploration of Cultural Heritage Artifacts[J]. Journal on Computing & Cultural Heritage, 2014, 7(2): 1-18.
- [8] KENDERDINE S, CHAN L K Y, SHAW J. Pure Land : Futures for Embodied Museography[J]. Journal on Computing and Cultural Heritage, 2014, 7(2): 1-15.
- [9] BEKELE M K, PIERDICCA R, FRONTONI E, et al. A Survey of Augmented, Virtual, and Mixed Reality for Cultural Heritage[J]. Journal on Computing and Cultural Heritage, 2018, 11(2): 1-36.
- [10] JOO-NAGATA J, ABAD F M, GARC í A-BERMEJO J G, et al. Augmented Reality and Pedestrian Navigation through Its Implementation in M-learning and E-learning: Evaluation of an Educational Program in Chile[J]. Computers & Education, 2017, 111(8): 1-17.
- [11] FENU C, PITTARELLO F. Svevo Tour: The Design and the Experimentation of an Augmented Reality Application for Engaging Visitors of a Literary Museum[J]. International Journal of Human-computer Studies, 2018, 114 (1): 20-35.
- [12] URENA J, HERNANDEZ A, GARCIA J J, et al. Acoustic Local Positioning with Encoded Emission Beacons[J]. Proceedings of the IEEE, 2018, 106(6): 1042-1062.
- [13] NAPOLITANO R K, SCHERER G, GLISIC B. Virtual Tours and Informational Modeling for Conservation of Cultural Heritage Sites[J]. Journal of Cultural Heritage, 2017, 29 (1): 123-129.
- [14] 师国伟, 王涌天, 刘越, 等. 增强现实技术在文化遗产数字化保护中的应用[J]. 系统仿真学报, 2009(7): 5. SHI Guo-wei, WANG Yong-tian, LIU Yue, et al. Application of Augmented Reality Technology in the Digital Protection of Cultural Heritage[J]. Journal of Systems Simulation, 2009(7): 5.
- [15] 陈洪军. 基于增强现实技术应用的科普传播研究[C]. 浙江嘉兴: 浙江省科协, 上海市科协, 江苏省科协, 2010(1): 61-66. CHEN Hong-jun. Research on Augmented Reality Technique Applications for Science Communication [C]. Jiaxing, Zhejiang: Zhejiang Association for Science and Technology, Shanghai Association for Science and Technology, Jiangsu Association for Science and Technology, 2010: 61-66.
- [16] 王璞. 移动增强现实技术在图书馆中的应用研究[J]. 图书与情报, 2014(1): 5. WANG Pu. Research on the Application of Mobile Augmented Reality Technology in Libraries [J]. Books and Information, 2014(1): 5.
- [17] 张磊, 卢凯杰, 窦金花. 古典家具数字博物馆构建的关键技术研究[J]. 数字技术与应用, 2018(7): 3. ZHANG Lei, LU Kai-jie, DOU Jin-hua. Research on Key Technologies in the Construction of Digital Museum of Classical Furniture [J]. Digital Technology and Application, 2018(7): 3.
- [18] 罗航, 兰馨. 虚拟现实技术在大遗址保护中的应用和发展研究[C]. 上海: 中国建筑学会建筑师分会数字建筑设计专业委员会, 2015: 240-247. LUO Hang, LAN Xin. Research on the Application and Development of Virtual Reality Technology in the Protection of Large Sites[C]. Shanghai: Digital Architectural Design Committee of Architects Branch of Architectural Society of China, 2015: 240-247.
- [19] 孔黎明. 移动增强现实技术在建筑遗址展示中的应用 [C]. 沈阳: 全国高校建筑学学科专业指导委员会, 2016: 111-116. KONG Li-ming. Presentation of Architectural Sites Using Mobile Augmented Reality[C] Shenyang: National College Architecture Discipline Professional Steering Committee, 2016: 111-116.
- [20] 徐耀琦. 新技术环境下博物馆的互动体验[J]. 数字技术与应用, 2017(5): 2. XU Yao-qi. Interactive Experience of Museums in the New Technology Environment [J]. Digital Technology

- and Application, 2017(5): 2.
- [21] 郭婷, 艾小群. 认知负荷视角下的 AR 博物馆导览用户感官质量与行为模式研究[J]. 装饰, 2018(10): 4.
GUO Ting, AI Xiao-qun. Research on the Sensory Quality and Behavior Patterns of AR Museum Guide Users from the Perspective of Cognitive Load [J]. Decoration, 2018(10): 4.
- [22] 翁林伟. AR 技术在博物馆展呈中的应用——以良渚文化为例[J]. 家具与室内装饰, 2019(12): 3.
WENG Lin-wei. The Application of AR Technology in Museum Exhibitions: Taking Liangzhu Culture as an Example[J]. Furniture and Interior Decoration, 2019(12): 3.
- [23] 温也. AR 介入历史街区更新的探讨——以贡院片区为例[C]. 成都: 中国城市规划学会, 2021: 1-11.
WEN Ye. Discussion on AR Intervention in the Renewal of Historic Districts-Taking Gongyuan District as an Example[C]. Chengdu: Urban Planning Society of China, 2021: 1-11.
- [24] 何苗, 张蕴. AR 增强技术在展示历史遗迹中的设计与实现——以唐大明宫为例[J]. 现代信息技术, 2020, 4(4): 83-87.
HE Miao, ZHANG Yun. Design and Implementation of AR Enhancement Technology in Displaying Historical Relics——Taking Tang Daming Palace as an Example [J]. Modern Information Technology, 2020, 4(4): 83-87.
- [25] 罗国琴. 增强现实技术在非物质文化遗产保护中的应用探讨[J]. 参花: 上, 2020(1): 1.
LUO Guo-qin. Discussion on the Application of Augmented Reality Technology in the Protection of Intangible Cultural Heritage [J]. Shenhua: Shang, 2020(1): 1.
- [26] 曹琪琳, 赵忠波. 基于数字化视角下非物质文化遗产再现与保护[J]. 戏剧之家, 2020(29): 2.
CAO Qi-lin, ZHAO Zhong-bo. Reproduction and Protection of Intangible Cultural Heritage from a Digital Perspective[J]. Drama Home, 2020(29): 2.
- [27] 韩彬彬. 博物馆展示设计中的情感交互设计研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2019.
Han Bin-bin. Research on Emotional Interaction Design in Museum Display Design[D]. Changsha: Hunan Normal University, 2019.
- [28] 韩玉, 韩晓雯, 卢颖. 虚拟现实与增强现实技术在中医药博物馆科学普及中的应用分析[J]. 中国医药科学, 2020, 10(20): 6.
HAN Yu, HAN Xiao-wen, LU Ying. Application Analysis of Virtual Reality and Augmented Reality Technology in the Popularization of Science in Traditional Chinese Medicine Museums [J]. China Medical Science, 2020, 10(20): 6.
- [29] 李婷婷. 基于 AR-VR 混合技术的公共空间内非物质文化遗产传播[J]. 电子技术与软件工程, 2019(12): 1.
LI Ting-ting. Communication of Intangible Cultural Heritage in Public Spaces Based on AR-VR Hybrid Technology[J]. Electronic Technology and Software Engineering, 2019(12): 1.
- [30] 陶武. AR-VR 混合技术在博物馆展览互动中的运用[J]. 科技创新导报, 2019, 16(5): 2.
TAO Wu. Application of AR-VR Hybrid Technology in Museum Exhibition Interaction[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2019, 16(5): 2.
- [31] 张丽. AR-VR 融合技术在博物馆陈列展览中的应用探析[J]. 文物鉴定与鉴赏, 2020(4): 138-139.
ZHANG Li. Analysis on the Application of AR-VR Fusion Technology in Museum Exhibitions[J]. Identification and Appreciation of Cultural Relics, 2020(4): 138-139.
- [32] 王梅. AR 和 VR 技术在数字博物馆的应用研究[J]. 电声技术, 2021, 45(1): 46-47.
WANG Mei. Research on the Application of AR and VR Technology in Digital Museums [J]. Electroacoustic Technology, 2021, 45(1): 46-47.
- [33] JUNG T, DIECK T, LEE H, et al. Effects of Virtual Reality and Augmented Reality on Visitor Experiences in Museum[C]. Bilbao: Springer International Publishing Switzerland, 2016: 621-635.
- [34] CHUNG N, HAN H, JOUN Y. Tourists' Intention to Visit a Destination: The Role of Augmented Reality (AR) Application for a Heritage Site[J]. Computers in Human Behavior, 2015, 50(9): 588-599.
- [35] DIECK T, JUNG T. Value of Augmented Reality at Cultural Heritage Sites: A Stakeholder Approach[J]. Journal of Destination Marketing & Management, 2017, 6(2): 110-117.
- [36] JUNG T, CHUNG N, LEUE M C. The Determinants of Recommendations to Use Augmented Reality Technologies: The Case of a Korean Theme Park[J]. Tourism Management, 2015, 49(8): 75-86.
- [37] DIECK T, JUNG T. A Theoretical Model of Mobile Augmented Reality Acceptance in Urban Heritage Tourism[J]. Current Issues in Tourism, 2015, 21(2): 154-174.
- [38] JUNG T H, DIECK T. Augmented Reality, Virtual Reality and 3D Printing for the Co-creation of Value for the Visitor Experience at Cultural Heritage Places[J]. Journal of Place Management and Development, 2017, 10(2): 140-151.
- [39] TUSSYADIAH I P, JUNG T, CLAUDIA M, et al. Embodiment of Wearable Augmented Reality Technology in Tourism Experiences Embodiment of Wearable Augmented Reality Technology in Tourism Experiences

- Embodiment of Wearable Augmented Reality Technology in Tourism Experiences[J]. 2019, 57(5): 597-611.
- [40] 余日季. 基于AR技术的非物质文化遗产数字化开发研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2014.
- YU Ri-ji. Research on Digital Development of Intangible Cultural Heritage Based on AR Technology[D]. Wuhan: Wuhan University, 2014.
- [41] IZADI S, FRASER M, BENFORD S, et al. Citywide: Supporting Interactive Digital Experiences Across Physical Space[J]. Personal & Ubiquitous Computing, 2002, 6(4): 290-298.
- [42] BEC A, MOYLE B, TIMMS K, et al. Management of Immersive Heritage Tourism Experiences: A Conceptual Model[J]. Tourism Management, 2019, 72(7): 117-120.
- [43] HAYDAR M, ROUSSEL D, MADI M, et al. Virtual and Augmented Reality for Cultural Computing and Heritage: A Case Study of Virtual Exploration of Underwater Archaeological Sites[J]. Virtual Reality, 2011, 15(4): 311-327.
- [44] 陈荣, 梁美荣, 郑旭东, 等. 新兴信息技术在优化残障人士博物馆参观体验中创新应用的趋势[J]. 现代远程教育研究, 2016(6): 56-64.
- CHEN Rong, LIANG Mei-rong, ZHENG Xu-dong, et al. The Trend of Innovative Application of Emerging Information Technology in Optimizing the Museum Visiting Experience for Disabled People[J]. Modern Distance Education Research, 2016(6): 56-64.
- [45] 周末, 王存睿, 王楠楠, 等. 云南佤族文化数字化保护研究[J]. 大连民族大学学报, 2017, 19(5): 499-502.
- ZHOU Wei, WANG Cun-rui, WANG Nan-nan, et al. Research on the Digital Protection of Yunnan Wa Culture[J]. Journal of Dalian University for Nationalities, 2017, 19(5): 499-502.
- [46] 李孟慈, 王坤茜, 廖和媛, 等. 浅议增强现实技术对建水紫陶传承的可行性[J]. 戏剧之家, 2018(9): 133-134.
- LI Meng-ci, WANG Kun-qian, LIAO He-yuan, et al. A Brief Discussion on the Feasibility of Augmented Reality Technology for the Inheritance of Jianshui Purple Pottery[J]. Drama House, 2018(9): 133-134.
- [47] 崔晋. 增强现实技术在非物质文化遗产中的传播应用——以“太平泥叫叫”交互展示为例[J]. 传媒, 2017(22): 80-82.
- CUI Jin. The Dissemination and Application of Augmented Reality Technology in Intangible Cultural Heritage——Take the Interactive Display of "Taiping Mud" as an Example[J]. Media, 2017(22): 80-82.
- [48] EJKA J, BRUNO F, SKARLATOS D, et al. Detecting Square Markers in Underwater Environments[J]. Remote Sensing, 2019, 11(4): 459.
- [49] BLANCO-PONS S, CARRI Ó N-RUIZ B, LERMA J L, et al. Design and Implementation of an Augmented Reality Application for Rock Art Visualization in Cova dels Cavalls (Spain)[J]. Journal of Cultural Heritage, 2019, 39(1): 177-185.
- [50] 张华, 田飞. 基于新媒体技术的传统工艺数字化展示——以醴陵釉下五彩工艺为例[J]. 装饰, 2019(9): 4.
- ZHANG Hua, TIAN Fei. Digital Display of Traditional Craftsmanship Based on New Media Technology——Taking Liling Underglaze Five-color Craft as An Example [J]. Decoration, 2019(9): 4.
- [51] 李裕鸿, 石开丽, 刘光粘. 新媒体技术在非物质文化遗产传播中的应用研究[J]. 电脑知识与技术: 学术版, 2020, 16(15): 3.
- LI Yu-hong, SHI Kai-li, LIU Guang-xian. Research on the Application of New Media Technology in the Dissemination of Intangible Cultural Heritage [J]. Computer Knowledge and Technology: Academic Edition, 2020, 16(15): 3.

责任编辑: 蓝英侨