

虚拟现实技术驱动乡村经济发展的路径研究

——基于畲族文化遗产数字化振兴的实证分析

利业鞅 黄婷珊 路春辉

广东工程职业技术学院, 中国·广东 广州 510520

摘要: 本研究以广东省蓝屋畲族村为实证对象, 系统探讨虚拟现实 (VR) 技术破解乡村经济单一化困境的作用机制。通过构建“文化数字化 - 沉浸式体验 - 产业联动”的三元驱动模型, 整合数字孪生、多模态数据采集及动态交互等技术, 实现少数民族文化资源的经济价值转化。本研究为数字技术驱动乡村振兴提供了可复制的“技术 - 文化 - 产业”协同路径, 丰富了少数民族地区经济转型的理论与实践。

关键词: 虚拟现实; 乡村振兴; 文化数字化; 产业融合; 畲族经济

VR-Driven Rural Economic Growth: A Path Study——An Empirical Analysis on Digital Revitalization of She Ethnic Heritage

Liye Da, Huang Tingshan, Lu Chunhui

Guangdong Engineering Polytechnic, China Guangdong Guangzhou 510520

Abstract: Taking Lanwu She Village (Guangdong) as a case, this study explores how VR technology addresses rural economic monotony. By building a "cultural digitization-immersive experience-industrial linkage" model and integrating digital twin, multi-modal data collection and dynamic interaction, it transforms She cultural resources into economic value. This research offers a replicable "technology-culture-industry" path for digital rural revitalization, enriching theories and practices of economic transformation in ethnic areas.

Keywords: VR; Rural revitalization; Cultural digitization; Industrial integration; She economy

1 乡村经济发展的数字转型机遇

1.1 研究背景与问题提出

1.1.1 畲族乡村发展的双重困境

在乡村振兴战略深入推进的背景下, 少数民族聚居区面临更为复杂的发展挑战。以蓝屋畲族村为例, 其经济结构呈现显著的“单一化锁定”特征: 农业产值占比长期维持在 68% 以上, 其中茶叶种植又占农业产值的 72%, 初级农产品销售模式导致农户抗市场风险能力薄弱。与此同时, 文化传承危机日益凸显: 全村多项省级非物质文化遗产的传承人年龄超过 65 岁。传统发展模式的局限性在旅游开发中表现尤为突出。如何将独特的文化遗产转化为可持续发展的经济动能, 成为亟待破解的关键问题。

1.1.2 VR 技术的破局潜力与政策机遇

虚拟现实技术的沉浸式交互、数字化映射及跨空间体验特性, 为破解上述困境提供了新可能。2023 年中央一号文件明确提出“推进数字技术与农业农村深度融合”, 《“十四五”数字经济发展规划》更将 VR 技术列为文化旅

游领域创新应用的重点方向。从技术特性看, VR 通过构建高度拟真的虚拟场景, 能够突破乡村物理空间限制, 实现文化资源与消费市场的精准对接; 从经济逻辑看, 其“虚拟体验 - 实体消费”的价值转化模式, 为打破“资源依赖型”发展路径提供了新范式。

蓝屋村的实践表明, VR 技术的突破性价值体现在三个维度: 通过数字孪生实现文化遗产的永久性保存 (解决传承断层问题), 通过沉浸式体验提升文化消费粘性 (解决体验浅表问题), 通过产业融合拓展经济增长空间 (解决产业单一问题)。这种“技术赋能 - 文化激活 - 经济转化”的联动效应, 使其成为少数民族乡村振兴的重要技术抓手。

1.2 国内外研究现状与理论演进

1.2.1 国外研究进展与局限

国际上, VR 技术在乡村发展中的应用始于 20 世纪 90 年代的农业教育培训领域。美国普渡大学研究团队通过 VR 模拟农田生态系统, 实现了灌溉决策的可视化管理。

21 世纪以来,随着硬件设备迭代,应用场景拓展至文化遗产保护与乡村旅游,典型案例如日本“虚拟越后妻有”项目,通过 VR 技术再现乡村艺术节场景,使远程游客参与度提升 40%。但现有研究存在明显短板:一是过度聚焦技术应用层面,缺乏对“技术-产业-经济”传导机制的系统分析;二是在少数民族文化保护领域的实证研究不足,尤其缺乏对“文化真实性”与“技术适配性”平衡问题的探讨^[1]。

1.2.2 国内研究现状与突破

国内相关研究起步于 2010 年代,早期以乡村旅游场景的 VR 技术应用为主。近年来,研究逐渐向文化遗产保护领域延伸,如敦煌研究院的壁画 VR 复原项目,但在少数民族文化数字化方面仍存在明显空白。现有研究的主要局限表现为:技术导向性过强,缺乏对经济价值转化路径的量化分析;案例多集中于汉族地区,对少数民族乡村的特殊性关注不足。

1.2.3 理论框架构建:三元驱动模型的提出

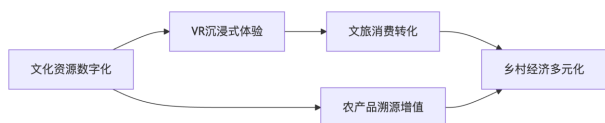


图 1 三元驱动模型

基于上述研究缺口,本研究构建“文化数字化-沉浸式体验-产业联动”的三元驱动模型(图 1)。

图 1 三元驱动模型该模型突破了传统“技术应用”的单一视角,强调 VR 技术驱动乡村经济发展的系统性与动态性:

文化数字化层:通过多模态数据采集与数字孪生技术,实现文化遗产的高精度数字化映射,解决“文化资源难以量化”的问题;

沉浸式体验层:基于 VR 交互技术构建拟真场景,提升用户参与深度与情感共鸣,解决“体验粘性不足”的问题;

产业联动层:通过虚拟体验与实体产业的深度融合,创造新的经济增长点,解决“价值转化不畅”的问题。

模型的核心创新在于揭示了三大层级的协同机制——文化数字化是基础,沉浸式体验是纽带,产业联动是目标,三者形成相互强化的闭环系统。蓝屋村的实证研究表明,该模型能够有效破解少数民族乡村“文化保护与经济发展”的二元对立,为乡村振兴提供新的理论分析工具^[2]。

1.3 研究意义与方法创新

1.3.1 理论意义

本研究的理论贡献体现在三个方面:其一,突破现有

研究的技术决定论倾向,构建“技术-文化-经济”的多维度分析框架,丰富了数字技术驱动乡村发展的理论体系;其二,针对少数民族乡村的特殊性,提出文化数字化保护与经济价值转化的协同路径,弥补了现有理论在族群文化语境下的适用性不足;其三,通过实证数据验证了 VR 技术对产业融合的促进效应,为“虚拟经济赋能实体经济”的理论命题提供了乡村场景的经验支撑。

1.3.2 实践价值

在实践层面,本研究为少数民族乡村振兴提供了可操作的技术范式与实施路径。蓝屋村的应用实践表明,VR 技术的引入不仅带来了直接的经济效益,更重要的是培育了“数字文化+实体产业”的新型发展模式,使传统村落获得了可持续的内生发展动力。项目形成的“数据采集-模型构建-场景运营”全链条解决方案,展现出良好的复制性与适应性。

1.3.3 研究方法创新

本研究采用“技术-产业-经济”的跨学科研究方法,实现了三重创新:一是整合数字孪生、三维建模等技术工具与经济学分析方法,构建了技术经济一体化的研究框架;二是采用“混合研究法”,既通过田野调查获取定性数据(如村民访谈、游客反馈),又通过 Apache Flink 流处理引擎分析定量数据(如用户行为轨迹、消费记录);三是创建“动态评估模型”,实时采集技术应用效果数据,实现对 VR 技术经济影响的动态监测与路径优化^[3]。

2 文化数字化:VR 技术驱动乡村经济的基础工程

2.1 多模态数据协同采集技术体系

2.1.1 空地协同扫描的技术架构

文化数字化的首要任务是实现畲族文化遗产的高精度三维重建。本研究设计“广域扫描+精细补扫”的多模态采集方案:利用大疆 Matrice 300 RTK 无人机搭载 Livox Avia 激光雷达,以 50 米飞行高度对村落建筑群落进行宏观扫描;同步采用 Artec Eva 手持式结构光扫描仪,对建筑细节进行补扫,确保对畲族文化中泰华楼屋檐雕花等关键元素的完整捕获(图 2)。

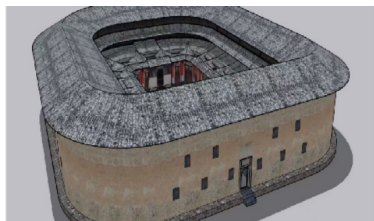


图 2 泰华楼

2.1.2 点云数据处理的算法创新

面对海量点云数据，研究团队构建了“降维 - 去噪 - 修复”的三级处理流程：首先采用主成分分析（PCA）算法对点云数据进行降维，剔除冗余噪声特征；然后引入融合曲率特征的模糊 K 最近邻（FKNN）算法，根据模型形状自适应调整参数 K，实现局部小噪声的精准剔除；最后基于 PointNet++ 深度学习模型，通过编码器 - 解码器架构与注意力机制，完成缺损区域的自动修复。

2.2 数字孪生模型的构建与优化

2.2.1 高精度三维模型的生成流程

基于处理后的点云数据，研究团队采用 Reality Capture 软件进行精细化建模，具体流程包括：多视角影像数据导入与预处理，通过 Structure-from-Motion 算法实现图像对齐与稀疏点云生成，采用高精度设定进行密集点云重建，最后根据点云生成三角网格并完成 UV 展开与纹理贴图。为解决原始模型面数过高的问题，使用 Mesh Simplification 工具将面数优化至 500 万以内，同时统一纹理大小为 8K，确保模型在 VR 场景中的流畅运行（图 3）。

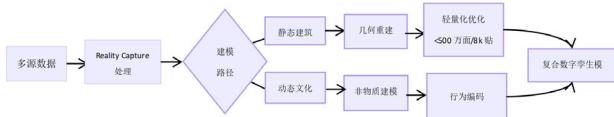


图3 高精度三维模型的生成流程

针对畲族文化中的非物质元素，创新性地采用“静态建筑 + 动态文化”的复合建模方式，使数字孪生模型能够完整承载畲族文化的物质与非物质双重属性^[4]。

2.2.2 模型轻量化与精度控制

为解决 Web 端与移动端的渲染性能问题，研究团队采用多层次轻量化方案，通过优化模型网格结构、动态切换纹理贴图分辨率及压缩模型格式，实现模型的高效压缩与快速加载。精度控制方面，构建了包含数据比对、细节测量及文化真实性校验的多级验证机制，确保模型宏观结构与微观细节的还原精度，实现技术性能与文化保真的协调统一。

2.3 文化数字资产的管理与应用

2.3.1 文化基因库的构建与分类

研究团队在高精度建模基础上建立畲族文化数字资产库，采用“物质文化 - 非物质文化 - 文化空间”的分类体系，整合传统建筑、服饰、器物等实体文物的三维模型，收录山歌、舞蹈、节庆等非遗项目的动态记录，以及村落布局等地理空间的数字映射。资产库借助数据库与分布式

文件系统管理多元数据，针对“口传心授”的非遗内容，通过多模态技术手段记录视觉、听觉等多维信息，形成完整的文化数字档案。

2.3.2 数字资产的经济价值转化机制

文化数字化通过“基础层 - 应用层 - 衍生层”的路径实现价值转化：基础层通过数字资产授权获取收益，应用层依托数字资产开发 VR 体验项目，衍生层则通过 IP 化运营拓展文创产业链。该机制突破传统文化资源静态保护的局限，利用数字资产可量化、可交易的特性，在保护文化原真性的同时实现经济价值开发，为解决文化保护与开发的矛盾提供了新思路。

3 沉浸式体验：VR 技术激活乡村经济的核心纽带

3.1 动态交互场景的构建技术

研究团队基于物理引擎构建动态虚拟环境，为物体赋予物理属性并模拟光影变化与自然风场，实现虚拟场景的真实感渲染。结合节气与民俗活动特征开发动态系统，通过环境数据触发天气效果与场景互动，增强用户沉浸体验^[5]。

3.2 虚实数据同步的交互逻辑

建立物联网数据同步机制，实时采集环境与人流数据并驱动虚拟场景动态更新，实现智能导览与虚实场景联动，突破传统 VR 的静态局限，形成环境自适应的交互系统。

3.3 多终端交互体验的优化策略

采用分层渲染与边缘计算技术，适配 VR、Web、移动端的不同性能需求，通过动态调整模型细节与缓存策略，确保跨终端体验的流畅性与一致性。

3.4 六自由度交互的设计创新

基于 WebXR 开发多模态交互系统，支持手势、凝视、语音等输入方式，结合空间音频与触觉反馈，设计文化敏感型交互逻辑，提升用户参与深度与信息获取效率。

3.5 用户行为驱动的智能体验优化

构建实时行为分析系统，通过流处理技术与机器学习模型分析用户交互数据，实现个性化内容推送与体验路径引导，提升用户满意度与内容点击率。

4 产业联动：VR 技术转化乡村经济价值的关键路径

4.1 VR 驱动的文旅产业升级

VR 技术推动乡村旅游实现从物理空间观光向数字沉浸体验的深度转型，通过构建拟真虚拟场景打破地域与时间限制，形成“线上引流 - 线下消费”的双向赋能机制。一方面，依托 VR 开发的虚拟游览、民俗互动等数字化体

验项目,有效延长游客停留时间并激发二次消费;另一方面,创新打造“四季畲乡”建筑可阅读“等多维度文旅产品体系,推动旅游消费从单一门票经济向”体验+文创+服务“的复合型结构升级。该模式同步破解了乡村旅游的季节性波动瓶颈,通过虚拟场景的全时开放特性,均衡淡旺季客源分布,显著提升旅游产业对乡村经济的综合贡献度。

4.2 非遗产业的数字化创新发展

借助VR技术构建的三维可视化传承体系,将畲族刺绣、山歌等非遗技艺转化为可交互的数字教程,通过动态拆解工艺细节与沉浸式操作模拟,大幅提升青年群体的文化参与度。在产业化层面,通过IP化提炼文化符号并开发数字文创、虚拟展演等多元化产品,形成“数字体验-实体衍生”的价值转化链条。这种模式不仅突破了非遗传承的时空限制,更通过线上电商平台与线下体验中心的协同运营,推动少数民族文化资源向具备市场竞争力的数字资产转型,实现文化传播与经济收益的双重提升。

4.3 数字农业与电商的融合发展

依托VR技术构建的农产品可视化溯源体系,通过三维建模直观呈现从种植到加工的全产业链信息,以体验式营销破解农产品市场的信息不对称问题,有效提升产品品牌溢价能力。创新推出的“数字认养”模式,允许城市消费者通过VR平台实时监控作物生长状态并参与虚拟农事互动,形成“云端认养-实体交付-文化体验”的闭环生态。该模式不仅拓宽了农产品销售渠道,更通过城乡消费者与乡村生产端的直接链接,推动农业与文旅产业的深度联动,为乡村经济注入新的增长动能^[6]。

5 结语

5.1 研究结论与创新点

VR技术通过多模态数据采集、数字孪生建模与动态交互设计,实现文化遗产数字化与沉浸式呈现,构建“虚拟体验-实体消费”经济闭环,推动文旅、非遗、农业等产业协同发展,创造经济、社会、文化多重效益。研究提出的三元驱动模型与协同发展模式,为乡村振兴提供了可复制的技术路径。

5.2 实践启示与政策建议

建议加强新型基础设施建设,建立多元协同机制,制定文化数字化标准,培育复合型人才,设立专项政策支持,

推动VR技术与乡村经济深度融合。

5.3 研究局限与未来展望

本研究的局限性体现在:一是案例选取的单一性,未来需对比不同区域、不同民族的应用效果,深化技术适配性研究;二是时间维度的有限性,VR技术对乡村经济的长期影响仍需持续跟踪;三是理论框架的开放性,元宇宙等新技术的发展可能拓展VR应用的边界。

未来研究可向三个方向拓展:其一,探索VR技术与元宇宙概念的结合,构建乡村数字经济系统,研究虚拟土地开发、数字资产交易等新形态;其二,深化VR技术对乡村社会影响的研究,关注其对社区认同、文化自信等非经济维度的作用;其三,开展VR技术的成本效益分析,建立科学的评估模型,为推广应用提供决策依据。

本研究表明,VR技术不仅是一种工具创新,更是乡村经济发展范式的革新。通过技术赋能、文化激活与产业联动的有机结合,少数民族乡村有望在数字经济时代实现文化保护与经济协同共进,为乡村振兴战略的实施提供新的思路与路径。

参考文献:

- [1] 梁寒燕. 技术赋能背景下的乡村振兴建设研究——以安徽省特色VR小镇为例[J]. 湖北农业科学, 2022.02.24.
 - [2] 代兴梅, 耿文博, 黄楚钥. 乡村振兴视域下数字乡村建设路径研究[J]. 农业经济, 2025.(07).
 - [3] 张晓红. 数字新质生产力助推数字乡村建设的逻辑及实践[J]. 农业经济, 2025.(07).
 - [4] 翟彦博. 传统文化遗产VR学习系统设计与开发研究[D]. 曲阜师范大学, 2024.DOI:10.27267/d.cnki.gqfsu.2024.000620.
 - [5] 杨大蓉. 乡村文化数字平台建设赋能乡村文化振兴策略研究[J]. 乡村科技, 2025,16(11).
 - [6] 马述忠, 贺歌, 郭继文. 数字农业的福利效应——基于价值再创造与再分配视角的解构[J]. 农业经济问题, 2022.05.006.
- 基金项目: 广东省普通高校重点科研项目(2023ZDZX4095)广东省科技创新战略专项资金(pdjh2024b581)。
- 作者简介: 利业鞅(1969-), 教授, 硕士, 研究方向: 计算机网络技术研究。