

融合朱子文化的五夫镇数字乡村平台建设关键技术及应用

马阿曼 石亮

武夷学院 数学与计算机学院 福建武夷山 354300

DOI:10.32629/ems.v8i5.20231

[摘要] 构建融合朱子文化的数字乡村平台，探究其关键技术与应用路径。通过数字技术、文旅融合等手段，建立五夫镇美丽乡村，实现传统文化的新形态、年轻化传播及理学精神的活态传承，激活传统文化的现代生命力。通过深度融合数字博物馆、三维重建、垂直领域大模型、数字人智能语音精准交互等关键技术，构建了覆盖“采集-存储-呈现-传播”全链条的数字化生态体系，并依托数字乡村平台实现文化资源与乡村场景的精准对接，激活五夫镇朱子文化当代价值，推动农文旅产业融合升级，为历史文化名镇的数字乡村建设提供可复制、可推广的实践范式与技术参考。

[关键词] 五夫镇；朱子文化；数字乡村；三维重建；数字博物馆；

[中图分类号] TP399 **[文献标识码]** A

引言

数字乡村是乡村振兴的战略方向，也是建设数字中国的重要基石。推动中华优秀传统文化创造性转化与创新性发展，以数字技术激活传统文化当代价值，已然成为乡村全面振兴与文化强国建设的双重时代命题^[1]。

福建省武夷山市五夫镇作为国家级历史文化名镇，是朱子理学发源地与核心承载地。朱熹早年迁居五夫，在此潜心著述、讲学授徒数十载，留存紫阳楼、兴贤书院、五夫社仓、朱子巷等大批历史文化遗存，积淀厚重理学文脉，形成独一无二的朱子文化体系^[2]。同时，朱子文化深度融合闽北礼学传统、茶文化、白莲农耕文化与地方民俗文化，构成五夫镇乡村发展的核心文化内核^[3]。当前，五夫镇虽依托地方文旅政策与生态文化试点，开展了朱子文化基础保护与浅层数字化尝试，但整体建设仍存在明显短板：朱子文化资源数字化采集体系不完善、古建遗存与文献典籍数字化利用率低、文化传播形式传统单一，难以适配年轻化传播需求；文化资源与乡村治理、特色农业、乡村文旅融合度不足，数字乡村建设同质化严重，未能依托本土理学文化形成差异化发展优势^[4]。

现阶段，多数研究聚焦乡村数字基建、智慧农业、基层数字治理等通用领域，侧重技术落地与民生服务^[5]。随着三维实景重建、大数据存储、文化垂直大模型、数字人语音交互、虚拟仿真等数字技术不断成熟，为文化遗产全要素数字化采集、存储、沉浸式展示与常态化传播提供了技术保障。

以朱子文化为核心内核，结合当地农旅资源、生态资源与基层治理实际，梳理数字博物馆、三维重建、垂直领域大模型、数字人精准交互等关键技术应用路径。通过打造朱子文化数字化传承新场景，实现理学精神年轻化、场景化活态传播，助力五夫镇农文旅产业深度升级，提升乡村数字化治理效能，同时为同类历史文化名镇文化赋能型数字乡村建设提供理论参考与实践借鉴。

1、技术原理及性能指标

1.1 数字博物馆技术

(1) 技术原理：

数字博物馆中的三维场馆重建通过多源数据融合与智能处理，实现从物理空间到数字孪生的高精度映射，其技术原理可分为数据采集、数据处理、模型构建、渲染优化四大核心环节，以朱子文化博物馆重建为例：

无人机航拍 采用 RTK (实时动态差分) 定位无人机 (大疆 M300 RTK)，搭载五镜头倾斜摄影相机 (大疆禅思 p1)，在 200 米高空以 70% 旁向重叠率拍摄场馆全貌，获取多视角高分辨率图像 (地面分辨率 $\leq 2\text{cm}$)。通过 POS (定位定向系统) 记录每张照片的外方位元素 (经度、纬度、高度、航向角、俯仰角、横滚角)，为后续空三加密提供精确初始值。

地面激光扫描 使用脉冲式三维激光扫描仪 (Leica ScanStation P50)，在场馆内部以 50 米站距设置扫描点，每个站点扫描时间约 5 分钟，获取毫米级精度点云数据 (单站点云密度达每平方米数万点)。针对复杂结构 (如飞檐、斗拱)，

补充手持式激光扫描仪 (Artec Leo) 进行细节补扫, 避免遮挡导致的点云缺失。采用脉冲式或相位式激光扫描仪 (Leica ScanStation P50), 对朱子文化相关文物 (古籍、碑刻、建筑构件) 进行非接触式扫描, 精度达 0.01mm, 可捕捉文物表面的微小纹理 (碑刻的刀痕、古籍的纸张纤维)。扫描时通过多站位拼接技术, 覆盖文物全貌。

近景摄影测量 对朱子文化相关的文物、建筑等进行高精度数据采集, 获取其几何形状、纹理等信息。利用虚拟现实 (VR)、增强现实 (AR) 技术, 将这些数据集成到虚拟环境中, 构建数字博物馆。对场馆内文物 (碑刻、雕塑) 使用单反相机+鱼镜头拍摄 360° 全景图像, 结合 Agisoft Metashape 软件生成局部高精度模型 (误差 $\leq 0.5\text{mm}$), 与全局点云融合。

环境参数采集 部署温湿度传感器与光照传感器, 记录场馆内不同区域的物理环境数据, 为虚拟场景的动态光照模拟提供参考。

(2) 性能指标:

三维模型的精度达到毫米级, 确保文物细节的准确呈现; 虚拟环境的帧率稳定在 60 帧/秒以上, 保证画面的流畅性; 场馆模型的几何精度误差控制在厘米级以内; 渲染效果逼真, 能够真实还原场馆的光照和材质特性; 支持实时交互操作, 如场景切换、视角调整等, 响应时间不超过 0.5 秒。

1.2 垂直领域大模型技术

(1) 技术原理:

收集大量与朱子文化相关的文本数据, 包括古籍、学术论文、新闻报道等。对数据进行清洗、标注和预处理后, 通过本地嵌入模型、向量数据库与外置微调大模型的协同, 构建“语义编码 - 向量检索 - 智能生成”技术闭环。Qwen3-Embedding-8B 模型作为本地部署的文本编码器, 基于 Transformer 架构实现深层次语义编码。生成的向量数据通过 ChromaDB 的 API 接口实时写入向量数据库, 利用 ChromaDB 的 HNSW 索引结构实现近邻向量检索, 构建动态更新的知识向量库。

在外置微调环节, 通义千问 110b 模型作为核心推理引擎, 通过检索层与 ChromaDB 建立连接, 在处理用户查询时首先触发 Qwen3 模型进行输入文本向量化, 然后在向量库中检索 top-K 相关向量, 将原始文本片段与向量检索结果作为外置知识注入大模型输入层。模型采用 LoRA (低秩适配器) 技术进行参数高效微调, 在冻结预训练权重的前提下, 通过

训练新增的低秩矩阵实现领域知识适配, 使模型输出既保持通义千问的基础生成能力, 又能精准调用本地知识库中的专业信息。

(2) 性能指标:

模型在朱子文化相关任务上的准确率达到 90%以上; 能够处理多种类型的输入, 如文本、语音等; 具备知识推理和生成能力, 能够根据用户需求生成相关的文化内容。

1.3 数字人智能语音精准交互技术

(1) 技术原理:

基于三维建模技术设计具有朱子文化特色的数字人形象, 赋予其生动的表情和动作。采用语音识别技术将用户的语音输入转换为文本, 利用自然语言处理技术理解用户意图。通过对话管理系统生成合适的回复文本, 并运用语音合成技术将文本转换为语音输出, 实现数字人与用户的语音交互。

(2) 性能指标:

语音识别准确率达到 95%以上; 自然语言处理的响应时间不超过 1 秒; 数字人的表情和动作自然流畅, 能够准确传达情感; 支持多轮对话, 保持对话的连贯性和逻辑性。

2、技术的创造性与先进性

2.1 创新性融合多种技术

将数字博物馆、三维场馆重建、垂直领域大模型和数字人精准交互等多种先进技术有机融合, 形成一套完整的朱子文化数字化保护与活化利用解决方案。这种跨领域的技术融合为传统文化的数字化保护提供了新的思路和方法。

2.2 个性化与智能化服务

垂直领域大模型和数字人精准交互技术能够根据用户的需求和兴趣提供个性化的文化服务。大模型可以根据用户的问题生成详细的解答和相关的文化内容推荐, 数字人能够以生动、亲切的方式与用户进行互动, 提高用户的参与度和学习效果。

2.3 高精度与沉浸式体验

数字博物馆和三维场馆重建技术实现了朱子文化相关文物和场馆的高精度数字化重建, 为用户提供了沉浸式的参观体验。用户可以通过 VR 设备身临其境地感受朱子文化的历史场景, 增强了文化传播的吸引力和感染力。

2.4 持续学习与优化能力

垂直领域大模型具有持续学习的能力, 能够不断吸收新的朱子文化知识和研究成果, 优化自身的性能和回答准确率。数字人精准交互技术也可以通过用户的反馈不断调整交互策

略, 提高服务质量。

3、技术的适用范围

文化教育领域: 可作为学校、培训机构等开展朱子文化教育的辅助工具, 为学生提供生动、直观的学习资源。

旅游产业: 与朱子文化相关的旅游景点相结合, 打造数字化旅游体验项目, 提升旅游景点的吸引力和竞争力。

文化研究机构: 为研究人员提供丰富的数字化文化资源和研究工具, 促进朱子文化的学术研究。

公共文化服务: 在博物馆、图书馆等公共文化场所展示

和传播朱子文化, 提高公众的文化素养。

4、应用情况

数字博物馆上线: 已建成朱子文化数字博物馆, 完成了部分朱子文化相关场馆的三维重建, 并在数字乡村(五夫)平台上线。游客可以通过手机或 VR 设备参观三维场馆, 感受朱子文化的独特魅力。吸引了大量用户参观访问。用户可以通过数字博物馆了解朱子文化的历史渊源、思想内涵和文化遗产。项目应用平台如图 1 所示。



图 1 数字乡村应用

智能问答服务: 基于垂直领域大模型和数字人精准交互技术, 推出了朱子文化智能问答服务。用户可以通过语音或文本与数字人进行互动, 获取关于朱子文化的知识和信息。

文化内容生成: 利用垂直领域大模型生成了大量的朱子文化相关文章、诗词、故事等内容, 并在社交媒体和文化平台上进行传播, 扩大了朱子文化的影响力。

5、总结

本文整合三维重建、数字博物馆、垂直领域大模型、数字人智能语音交互等数字化技术, 构建适配历史文化名镇发展的数字乡村整体架构与功能体系, 将朱子文化、礼学思想、闽北茶文化与乡村治理、文旅发展、特色农业、生态保护深度结合。通过技术赋能实现朱子文化活态传承与年轻化传播, 有效破解传统村落数字化建设同质化难题, 全面提升五夫镇基层治理效能与农文旅产业融合水平。

本次研究验证了特色地域文化与数字乡村建设深度融合的可行性与实践价值, 既为五夫镇朱子文化遗存保护、文化资源活化利用提供技术支撑与实践方案, 也为闽北朱子文化数字化建设、历史文化名镇乡村振兴提供参考借鉴。

【参考文献】

- [1] 习近平. 在福建考察时的讲话[J]. 求是, 2021(12): 4-18.
- [2] 刘丹丹, 黄安民. 福建省朱子文化旅游开发研究[J]. 武夷学院学报, 2018, 37(4): 9-15.
- [3] 陈利华. 闽北朱子文化与乡村文旅融合发展路径研究[J]. 福建论坛(人文社会科学版), 2023(S1): 89-92.
- [4] 武夷山市人民政府. 五夫镇历史文化名镇保护与发展规划[R]. 武夷山: 武夷山市自然资源局, 2023.
- [5] 范以锦, 郑昌茂. 数字乡村文化振兴的路径探析和逻辑建构[J]. 中国编辑, 2021(11): 16-22.

作者简介: 第一作者: 马阿曼(1981-3), 女, 汉族, 陕西礼泉, 硕士, 副教授, 研究方向: 数字图像复原、计算机视觉; 第二作者: 石亮(2004-3), 男, 汉族, 江西九江, 大学本科, 研究方向: 虚拟数字人开发, 大模型微调, 高斯三维重建等。

基金项目: 福建省自然科学基金项目 基于偏微分方程的朱子文化遗存图像复原技术研究(2022J011205)。