

无人机多源遥感技术在历史建筑数字化重建中的应用研究

田可庆, 卢宏勇, 马明舟*

大连理工大学城市学院 辽宁大连

【摘要】随着科技发展,无人机多源遥感技术在历史建筑保护领域的应用愈发广泛,呈现出与人工智能、虚拟现实融合,数据处理自动化、实时化以及多领域协同发展的趋势。然而,其在应用中也面临着数据处理难度大、传感器适配性不足、飞行稳定性与安全性有待提高以及专业人才短缺等难点。不过,该技术凭借高效的数据采集能力、高精度的测绘成果、非接触式的测量方式以及丰富的多源数据等优势,为历史建筑数字化重建带来了新的机遇,极大地提高了重建效率与精度,为历史建筑的保护、研究与传承提供了有力支持。本研究对于推动无人机多源遥感技术在历史建筑保护领域的深入应用,具有重要的理论与实践意义。

【关键词】无人机多源遥感技术; 历史建筑; 数字化重建; 发展趋势; 应用难点

【基金项目】2024 年大连理工大学城市学院大学生创新创业训练计划项目(校级 A 类)基金,课题项目名称:倾斜摄影与激光扫描融合的古建筑建模方法研究,项目编号: X202413198006X(阶段性研究成果)

【收稿日期】2025 年 5 月 15 日

【出刊日期】2025 年 6 月 17 日

【DOI】10.12208/j.sdr.20250042

Application research of multi-source remote sensing technology of unmanned aerial vehicles in digital reconstruction of historical buildings

*Keqing Tian, Hongyong Lu, Mingzhou Ma**

Dalian University of Technology City College, Dalian, Liaoning

【Abstract】 With the development of technology, the application of multi-source remote sensing technology of unmanned aerial vehicles in the field of historical building protection is becoming increasingly widespread, showing a trend of integration with artificial intelligence and virtual reality, automation and real-time data processing, and collaborative development in multiple fields. However, it also faces difficulties in data processing, insufficient sensor adaptability, the need to improve flight stability and safety, and a shortage of professional talents in its application. However, this technology, with its efficient data collection capabilities, high-precision surveying results, non-contact measurement methods, and rich multi-source data, has brought new opportunities for the digital reconstruction of historical buildings, greatly improving reconstruction efficiency and accuracy, and providing strong support for the protection, research, and inheritance of historical buildings. This study has important theoretical and practical significance for promoting the in-depth application of unmanned aerial vehicle multi-source remote sensing technology in the field of historical building protection.

【Keywords】 UAV multi-source remote sensing technology; Historical buildings; Digital reconstruction; Development trend; Application difficulties

历史建筑作为人类文明的瑰宝,承载着丰富的历史、文化和艺术价值,是一个国家和民族文化遗产的重要物质载体。它们见证了时代的变迁,反映了不同历史时期的建筑风格、社会经济状况以及人

们的生活方式,具有不可替代的历史文化价值。然而,随着时间的推移以及自然和人为因素的影响,许多历史建筑面临着严重的损坏甚至消失的风险。自然因素如风雨侵蚀、地震、火灾等,会对历史建筑

第一作者简介: 田可庆(2003-)男,河南驻马店,本科,研究方向: 人机测绘技术;

*通讯作者: 马明舟(1984-)男,辽宁大连,硕士,副教授,研究方向: 无人机测绘技术。

的结构和外观造成不可逆的破坏。传统的历史建筑保护方式,无法满足对历史建筑进行深入研究和数字化重建的需求。无人机多源遥感技术的出现,为历史建筑数字化重建带来了新的契机。通过无人机多源遥感技术获取的数据构建的三维模型,不仅可以直观地展示历史建筑的外观和结构,还能够对建筑的内部空间进行虚拟漫游,让人们仿佛身临其境般感受历史建筑的魅力。

1 无人机多源遥感技术在历史建筑数字化重建中的发展趋势

1.1 技术层面的发展

在无人机硬件性能方面,未来有着显著的提升方向。续航能力一直是限制无人机应用范围和时间的关键因素,随着电池技术的不断创新,如新型锂电池、氢燃料电池等的研发和应用,无人机的续航时间有望大幅增加。

多源遥感传感器的融合与创新是技术发展的重要趋势。高光谱传感器能够获取地物在连续光谱范围内的详细信息,在历史建筑数字化重建中,可用于精确分析建筑材料的成分和特性。在实际应用中,将热红外传感器与可见光相机、激光雷达等融合使用,能够从多个角度全面了解历史建筑的状况^[1]。此外,随着传感器技术的不断进步,新型传感器也将不断涌现,为历史建筑数字化重建提供更多的数据维度和更精准的信息。

数据处理算法的优化对于提升重建精度起着至关重要的作用。目前,针对无人机多源遥感数据处理的算法不断改进,如基于深度学习的图像识别和分类算法,能够更准确地从海量数据中提取历史建筑的特征信息。通过对大量历史建筑图像数据的学习,深度学习算法可以自动识别建筑的结构、纹理、装饰等细节特征,从而提高三维模型构建的准确性。同时,数据融合算法也在不断发展,能够更好地将不同传感器获取的数据进行融合,消除数据之间的矛盾和冗余,提高数据的质量和可用性。例如,在点云数据与影像数据融合过程中,新的融合算法可以使两者在空间位置和属性信息上实现更精准的匹配,为历史建筑的数字化重建提供更可靠的数据基础。

1.2 应用领域拓展

无人机多源遥感技术在不同类型历史建筑数字化重建中的应用将更加深入。对于古建筑群,如中

国的丽江古城、山西平遥古城等,该技术可以实现对整个古建筑群的大规模、高精度数字化重建。通过无人机搭载的倾斜摄影相机和激光雷达,能够快速获取古建筑群的整体布局、建筑外观以及内部空间结构等信息,构建出包含丰富细节的三维模型。这些模型不仅可以用于古建筑群的保护规划和修复方案制定,还可以作为数字化文化遗产进行永久保存和展示。对于单体古建筑,如埃及的金字塔、印度的泰姬陵等,无人机多源遥感技术可以聚焦于建筑的细节特征和独特构造,获取高精度的数据,实现对建筑局部的精细化重建。例如,利用高分辨率的光学相机和三维激光扫描技术,能够对古建筑的雕刻、壁画等细节进行精确还原,为古建筑的研究和保护提供珍贵的数据资料。

该技术与其他相关领域的融合发展趋势也日益明显。在文化旅游领域,将无人机多源遥感技术构建的历史建筑三维模型与虚拟现实(VR)、增强现实(AR)技术相结合,可以为游客提供沉浸式的旅游体验。游客通过佩戴VR设备或使用AR手机应用,仿佛穿越时空,置身于历史建筑之中,更直观地感受历史建筑的魅力^[2]。在教育科普方面,利用无人机多源遥感技术获取的历史建筑数据,可以开发出丰富多样的教育资源。例如,制作历史建筑的科普动画、虚拟教学模型等,帮助学生更好地理解历史建筑的文化内涵和建筑艺术,提高学生对历史文化遗产保护的意识。此外,在城市规划领域,历史建筑数字化重建的数据也可以为城市规划提供参考,使城市建设在保护历史文化遗产的基础上实现可持续发展。

1.3 行业标准与规范的完善

当前,无人机多源遥感技术在历史建筑数字化重建应用中,行业标准存在缺失或不足的情况。在数据采集环节,不同的操作人员和设备可能采用不同的飞行高度、速度、角度以及数据采集频率等参数,导致采集到的数据质量参差不齐。在数据处理方面,缺乏统一的处理流程和算法规范,不同的处理软件和方法可能会得出不同的结果,使得数据的准确性和可靠性难以保证。在成果质量方面,也没有明确的评估标准,对于三维模型的精度、完整性等指标缺乏量化的评价方法。

未来,建立统一的行业标准与规范具有必要性

和紧迫性。在数据采集方面, 需要制定详细的操作规范, 明确无人机的飞行参数、传感器的设置要求等, 以确保采集到的数据具有一致性和高质量。比如, 规定针对不同规模和类型的历史建筑, 应采用合适的飞行高度和速度范围, 以及传感器的分辨率和拍摄角度等参数。在数据处理方面, 应制定统一的数据处理流程和算法标准, 明确数据预处理、特征提取、数据融合等各个环节的操作方法和技术要求, 提高数据处理的准确性和效率。在成果质量方面, 要建立完善的评估体系, 制定量化的评价指标, 如三维模型的精度误差范围、纹理映射的准确性等, 确保数字化重建成果符合历史建筑保护和研究的需求。只有建立健全行业标准与规范, 才能促进无人机多源遥感技术在历史建筑数字化重建领域的健康、有序发展^[3]。

2 无人机多源遥感技术在历史建筑数字化重建应用中的难点

2.1 数据采集难点

在历史建筑所处的环境中, 复杂环境因素给无人机飞行和数据采集带来了诸多挑战。许多历史建筑位于狭窄街巷之中, 两侧建筑物间距较小, 这对无人机的飞行空间造成了极大限制。无人机在这样的环境中飞行, 稍有不慎就可能与周边建筑发生碰撞, 导致设备损坏甚至采集任务失败。

多源传感器同步采集也是一个难题。无人机搭载的多种遥感传感器, 如可见光相机、红外相机、激光雷达等, 它们的工作原理和采集频率各不相同, 要实现它们在同一时刻对历史建筑进行同步采集, 技术难度较大。不同步的采集数据可能会导致同一历史建筑在不同数据源中的信息不一致, 给后续的数据融合和分析带来困难。在实际操作中, 由于传感器之间的时间校准误差, 可能会使得可见光影像和激光雷达点云数据在空间位置上出现偏差, 影响对历史建筑结构和纹理信息的准确提取。此外, 保证数据的完整性和准确性也是数据采集过程中的关键问题。在复杂环境下, 无人机可能会受到电磁干扰、信号不稳定等因素的影响, 导致数据传输中断或采集的数据出现错误。如果在数据采集过程中, 无人机的通信链路受到附近强电磁源的干扰, 就可能导致部分影像数据丢失或出现噪点, 降低数据的可用性。

2.2 数据处理与分析挑战

无人机多源遥感技术在历史建筑数字化重建过程中, 会产生海量的数据。这些数据不仅包括大量的影像、点云等文件, 其存储和管理需要占用巨大的存储空间。而且, 随着数据量的不断增加, 如何高效地对这些数据进行存储和读取, 成为了一个亟待解决的问题。传统的存储设备和数据管理系统在面对如此大规模的数据时, 往往会出现存储容量不足、读取速度慢等问题, 严重影响数据处理的效率。例如, 在对大型历史建筑群落进行数字化重建时, 一次数据采集可能会产生数 TB 甚至数 PB 的数据量, 普通的硬盘存储设备很难满足其存储需求, 且在读取数据进行处理时, 会耗费大量的时间。

从海量数据中准确提取历史建筑特征信息用于重建也是一大挑战。历史建筑的结构和纹理往往非常复杂, 且可能存在损坏、修复等情况, 这使得从数据中准确识别和提取建筑的特征变得困难。古建筑上的雕刻、装饰等细节特征在数据中可能表现为复杂的纹理和几何形状, 如何利用现有的图像处理和分析算法, 准确地将这些特征提取出来, 并用于三维模型的构建, 是当前研究的重点和难点。目前的一些特征提取算法在面对复杂的历史建筑数据时, 仍然存在提取精度不高、漏提等问题。

2.3 技术与人员专业素养要求

操作人员需要具备多领域的专业素养。在无人机操作方面, 他们必须熟练掌握无人机的飞行原理、操控技巧以及应对各种突发情况的能力。然而, 当前专业人才短缺对技术应用推广形成了限制。无人机多源遥感技术是一个新兴的交叉领域, 既懂无人机操作和遥感技术, 又了解历史建筑知识的复合型人才相对较少。高校相关专业的设置还不够完善, 培养的人才数量难以满足市场需求。许多高校在无人机应用技术和遥感科学与技术专业中, 缺乏对历史建筑保护和数字化重建相关课程的设置, 导致毕业生在进入该领域工作时, 需要进行大量的后续培训。现有的培训体系也不够健全, 无法为从业人员提供系统、全面的培训。这使得技术的推广和应用受到了一定程度的阻碍, 限制了无人机多源遥感技术在历史建筑数字化重建领域的深入发展^[4]。

3 无人机多源遥感技对历史建筑数字化重建的优势与影响

3.1 技术优势

无人机多源遥感技术在历史建筑数字化重建中展现出诸多显著优势。在数据采集方面, 其具备高效的数据采集能力。无人机可以快速到达指定区域, 灵活地规划飞行路线, 能够在短时间内对历史建筑进行全面的数据采集^[5]。相较于传统的人工测量方式, 无人机不受地形和空间限制, 能够迅速覆盖大面积的历史建筑区域。在对大型历史建筑群落进行数据采集时, 无人机可以按照预设的航线, 快速地完成对整个区域的拍摄和扫描, 大大缩短了数据采集的时间^[6]。

非接触式测量也是该技术的一大优势。无人机在进行数据采集时, 无需与历史建筑直接接触, 避免了因接触而可能对历史建筑造成的损坏。对于一些珍贵的历史建筑, 传统的测量方式可能会对其结构和表面造成磨损或破坏, 而无人机多源遥感技术则有效地解决了这一问题。在对一座古老的木质结构历史建筑进行数据采集时, 无人机可以在不触碰建筑的情况下, 从各个角度获取其数据, 确保了历史建筑的完整性和安全性。

3.2 对历史建筑保护与研究的影响

无人机多源遥感技术为历史建筑保护规划制定提供了有力的数据支持。通过获取的高精度三维模型和详细的建筑数据, 可以直观地了解历史建筑的现状, 包括建筑的结构完整性、外观损坏情况等。这些数据能够帮助保护专家和规划者准确评估历史建筑的保护需求, 制定出针对性强、科学合理的保护规划。在制定一座历史建筑的修缮计划时, 可以根据无人机获取的三维模型和影像数据, 精确地确定需要修缮的部位和程度, 合理安排修缮资源, 提高保护工作的效率和质量^[7]。

3.3 社会与文化价值

无人机多源遥感技术在历史建筑数字化重建中的应用, 具有重要的社会与文化价值。从文化遗产传承角度来看, 通过数字化重建, 历史建筑的信息得以永久保存。无论未来历史建筑遭遇何种自然灾害或人为破坏, 其数字化模型都可以作为珍贵的文化遗产传承下去, 让后人能够了解和感受先辈们的建筑智慧和文化底蕴。即使一座历史建筑因不可抗力而损毁, 其数字化模型依然可以通过虚拟现实、增强现实等技术进行展示, 让人们仿佛能够亲眼目

睹其昔日的风采^[8]。

4 结论

本研究深入探讨了无人机多源遥感技术在历史建筑数字化重建中的应用。从发展趋势来看, 在技术层面, 无人机硬件性能不断提升, 多源遥感传感器融合与创新加速, 数据处理算法持续优化; 在应用领域, 其在不同类型历史建筑数字化重建中的应用更加深入, 并与文化旅游、教育科普、城市规划等领域加速融合; 同时, 行业标准与规范的完善也在逐步推进。

在应用难点方面, 数据采集受复杂环境因素制约, 多源传感器同步采集困难且数据完整性和准确性难以保证; 数据处理与分析面临海量数据存储管理难题, 不同类型遥感数据融合分析复杂, 特征信息提取难度大; 技术应用对操作人员的专业素养要求高, 涵盖无人机操作、遥感知识和历史建筑知识等多领域, 而当前专业人才短缺限制了技术推广。

不过, 该技术具有显著优势, 高效的数据采集能力、高精度的测绘成果、非接触式的测量方式以及丰富的多源数据, 为历史建筑数字化重建提供了有力支持。在历史建筑保护与研究中, 为保护规划制定提供数据支撑, 助力建筑结构分析和病害检测, 推动历史建筑演变和建造工艺研究。其社会与文化价值也十分突出, 实现文化遗产永久传承, 促进公众文化教育, 提升城市文化形象。

参考文献

- [1] 彭望琚等编.遥感概论[M].北京:高等教育出版社.2002.
- [2] 余咏胜.游宁君.数码航摄像机——传统胶片航摄像机的替代者[J].测绘通报.2005(3):6-10.
- [3] 佚名.空地一体化历史建筑三维重建与再利用研究——以长沙潮宗街金九故居为例[J].建筑文化.2022(13):135.
- [4] 佚名.传统与科技接轨——历史建筑数字化保护及改造再利用研究[J].道客巴巴.2024.
- [5] 李鹏昊.无人机遥感技术下历史建筑信息模型构建——以宁夏银川市拜寺口双塔为例[J].建筑与文化.2019.(11):68-70.
- [6] 马科.无人机测量技术在古建筑测绘实践中的应用研究

[J].信息记录材料.2024.25(05):236-238+242.

究[J].城市勘测.2023.(03):109-112.

- [7] 江文亚.王一波.庞前聪.等.数字化新技术在历史建筑保护中的实践与探索[J].城乡规划(城市地理学术版).2016.(A01):57-63.

- [8] 吕成亮.多源数字勘测技术在历史街区改造中的应用研

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS