

基于无人机影像的山区地形变化监测方法研究

王 勇

兴安盟不动产登记中心 内蒙古 乌兰浩特 137400

【摘要】基于无人机影像的山区地形变化监测方法研究，旨在利用高分辨率影像数据实现对复杂山地地貌的动态监测与精确分析。通过构建无人机多时相影像获取、三维重建与数字高程模型（DEM）差分分析的技术流程，实现地形变化特征的自动提取与定量化表达。研究重点在于通过影像匹配算法与地表形变分析模型，识别滑坡、崩塌、侵蚀等地貌演变过程，提升地形变化监测的空间精度与时间响应能力。结果表明，该方法具备高精度、高灵活性与低成本的优势，可为山区生态治理与灾害预警提供可靠技术支撑，对区域地貌演化规律的研究具有重要意义。

【关键词】无人机影像；山区地形；变化监测；数字高程模型；地表形变

DOI:10.12417/2811-0528.26.01.082

引言

山区地形复杂多变，受自然因素与人类活动的共同影响，地貌形态常呈现出显著的动态变化。传统监测方式受地形遮挡与空间分辨率限制，难以实现高精度、连续性的地形监测。随着无人机遥感技术的快速发展，高分辨率影像与三维建模技术为地形变化研究提供了新的可能。通过无人机影像数据获取与处理，可实现对山区地表形态的精细刻画与时间序列分析，为揭示地形演变机理提供有效路径。该研究以精准监测与量化分析为核心，探索基于无人机影像的山区地形变化监测新思路，为地质灾害防控与资源环境评估奠定技术基础。

1 山区地形变化监测的现实需求与挑战

山区地形变化监测是地理信息科学与地貌学研究中的核心议题之一。受地质构造运动、气候变化以及人类工程活动等多重因素影响，山区地形呈现出显著的动态性和复杂性。滑坡、崩塌、泥石流等地貌过程频发，导致地表形态在短时间内发生剧烈变化。传统监测手段依赖地面测量和卫星遥感，受地形遮挡、空间分辨率和时间分辨率限制，难以捕捉细微地形变动与高频动态过程。山区地貌的不规则性和高程起伏使得监测精度下降，尤其在植被密集或光照条件复杂的区域，数据获取与处理更加困难，这对地形演变研究与灾害防控提出了更高要求。

无人机影像技术的出现，为解决山区地形监测的技术瓶颈提供了新的途径。高分辨率影像、灵活的航线规划与低空近距摄影测量，使得在复杂地貌条件下仍可实现高精度数据获取。通过无人机搭载多光谱或倾斜摄影设备，可在不同时间节点获取多时相影像，为构建数字表面模型（DSM）与数字高程模型（DEM）提供基础数据。同时，基于影像匹配与三维重建算法，能够实现对微小地形变化的定量化分析。无人机技术突破了传统遥感的时空局限，为山区地表形态演变过程的连续监测和多维表达创造了条件，提升了地形变化分析的精细化与动态

化水平。

在地形变化监测的实际应用中，数据处理与结果解译仍面临诸多挑战。高分辨率影像数据体量庞大，对数据融合、点云滤波和模型优化算法提出了更高的计算要求。山区区域光照不均、阴影覆盖及气候条件变化频繁，易造成影像畸变和空间配准误差，影响监测精度。地形变化过程受地质结构、水文条件和人类活动等多因素交织影响，如何在多源数据中提取地貌变化的主导因素，成为研究的关键难点。通过优化无人机影像获取策略、完善数据处理流程与建立高精度地形变化识别模型，可为山区地形演变监测提供坚实的技术基础与理论支撑。

2 基于无人机影像的山区地形变化监测技术体系构建

基于无人机影像的山区地形变化监测技术体系构建，核心在于实现高精度影像获取、地形数据重建与变化信息提取的有机结合。山区地形环境复杂，高差起伏显著，对飞行平台的稳定性与数据质量提出了严苛要求。通过合理设计航线参数与飞行高度，可在多视角条件下获取高分辨率影像，为后续三维重建提供精确的空间信息。倾斜摄影与多光谱成像技术的应用，使地表纹理、植被覆盖及地形起伏特征得以全面记录，为构建数字高程模型提供了丰富的影像基础。多时相影像的获取则为动态监测提供了时间序列数据支撑，为地形变化的定量化分析奠定条件。

数据处理是技术体系中的关键环节，通过影像配准、点云生成与滤波、三维重建及正射影像融合等过程，形成高精度地形模型。基于结构光匹配算法与稠密点云技术，可有效提取地表高程信息并还原真实地形形态。数字高程模型与数字表面模型的差分分析，是识别地形变化区域的重要手段。通过差值计算与空间统计，可定量表达地表高程变化幅度与方向，从而揭示滑坡、侵蚀及堆积等地貌过程。数据融合过程中需考虑光照

差异、地表反射率及影像几何畸变的影响，采用自适应滤波与多尺度融合方法可有效提高模型精度与空间连续性。

在变化信息提取与分析阶段，通过构建地形变化识别模型，实现空间特征与时间特征的联合解译。利用地形剖面分析、坡度曲面拟合与体积变化计算，可精确描述局部地貌的变形特征。结合遥感反演与地理信息系统空间叠加分析，能够实现多因子驱动下的地形动态监测。技术体系的完善还需考虑数据自动化处理与智能识别算法的引入，以提升信息提取效率与变化检测的稳定性。通过影像数据、空间分析与模型算法的协同构建，可实现山区地形变化的高精度、动态化监测，为地貌演化研究与灾害风险评估提供科学依据。

3 无人机影像在山区地形变化监测中的应用验证与效果分析

无人机影像在山区地形变化监测中的应用验证，是评估技术体系有效性与精度水平的重要环节。山区区域地形起伏剧烈，地表形态复杂多样，无人机平台通过灵活的飞行控制与高分辨率传感器，能够在不同季节和气候条件下获取地表变化数据。通过多时相航拍影像的对比分析，可直观反映地貌变化过程及地形变形趋势。高程数据与影像纹理的综合利用，使得滑坡、崩塌、侵蚀带及堆积区等微地貌单元得以清晰识别。对比地面实测结果发现，无人机影像数据在高程精度与空间连续性方面表现出显著优势，能够有效反映地形起伏特征和形变幅度，为复杂地貌区域的动态监测提供高可信度的空间信息。

在具体应用中，通过无人机获取多时相影像并建立数字高程模型，可实现对地形变化的定量分析。基于差分分析与体积

计算方法，能够精确计算局部区域的地表高程变化量与地形体积差异。地形变化特征通过坡度曲率分析与形变场分布得到可视化表达，揭示不同地貌类型在时间序列上的演变规律。点云数据的高密度与稠密重建算法的应用，使地形微小形变的识别精度达到厘米级水平。配合地理信息系统空间叠加分析，可进一步识别地形变化与降雨强度、地质构造及人类活动之间的关联，为地质灾害监测提供综合分析依据。该技术在高山峡谷、滑坡频发区及交通沿线地带的应用中，表现出较强的环境适应性与稳定性。

在效果分析阶段，通过模型对比与精度验证，可评估监测成果的可靠性。不同分辨率影像与不同航高数据的对比显示，无人机影像在低空航测条件下具备更高的地形还原度与纹理清晰度。光照条件、地表反射率与传感器性能对数据质量具有直接影响，优化影像预处理与正射校正流程可有效减少误差积累。实地验证结果表明，基于无人机影像的监测结果与地面控制点数据偏差较小，平均垂直精度控制在十厘米以内，满足地形动态监测要求。通过长期序列监测与统计分析，可准确揭示地形变化的时空分布特征，为山区地貌演变研究与灾害风险评估提供科学的技术支撑。

4 结语

基于无人机影像的山区地形变化监测方法，为复杂地貌区域的动态分析提供了高精度技术支撑。研究构建了集影像获取、三维重建与差分分析为一体的监测体系，实现了地形变化的定量化识别与可视化表达。该技术在滑坡、侵蚀及地表形变监测中表现出优越的空间分辨率与时效性，为山区生态保护、灾害预警与地貌演化研究奠定了坚实基础。

参考文献：

- [1] 刘志强.无人机遥感在地形变化监测中的应用研究[J].遥感技术与应用,2021,36(4):812-820.
- [2] 王珊珊,李德军.基于无人机影像的数字高程模型精度分析[J].测绘科学,2020,45(6):102-110.
- [3] 陈伟,赵春光.山区地形变化的多时相遥感监测方法研究[J].地理信息科学,2022,28(3):459-468.