

论遥感影像处理在测绘工程中的技术创新

李魏¹, 夏平¹, 景晓峰²

1. 江苏创时空信息技术有限公司, 江苏 扬州 225000

2. 扬州市朴席镇人民政府安全生产和生态环境办公室, 江苏 扬州 225000

DOI: 10.61369/ETQM.2026020030

摘 要 : 本文聚焦遥感影像处理在测绘工程中的技术创新展开研究, 首先明确了技术创新的时代背景与现实意义; 随后深入剖析了当前遥感影像处理的核心技术创新点, 包括高分辨率影像精细化处理技术、智能化特征提取技术、多源遥感影像融合技术及动态监测与时序分析技术, 并阐述了各技术的创新原理与技术优势; 接着结合国土调查、工程建设监测、应急测绘等实际测绘工程场景, 构建案例验证体系, 证实技术创新的应用价值; 最后分析了遥感影像处理技术在测绘工程中的应用瓶颈, 并对未来技术创新方向进行展望。

关 键 词 : 遥感影像处理; 测绘工程; 技术创新; 特征提取; 多源融合; 动态监测

On the Technological Innovation of Remote Sensing Image Processing in Surveying and Mapping Engineering

Li Wei¹, Xia Ping¹, Jing Xiaofeng²

1. Jiangsu Chuangshikong Information Technology Co., Ltd. Yangzhou, Jiangsu 225000

2. Office of Work Safety and Ecological Environment, People's Government of Poxi Town, Yangzhou City, Yangzhou, Jiangsu 225000

Abstract : This study investigates technological innovations in remote sensing image processing for surveying and mapping engineering. It first establishes the historical context and practical significance of these innovations. Subsequently, it analyzes core technological advancements, including high-resolution image refinement, intelligent feature extraction, multi-source image fusion, and dynamic monitoring with temporal analysis, while explaining their underlying principles and technical advantages. Case studies from land surveys, construction monitoring, and emergency mapping demonstrate the practical value of these innovations. Finally, the research identifies application bottlenecks in remote sensing image processing and outlines future innovation directions.

Keywords : remote sensing image processing; surveying and mapping engineering; technological innovation; feature extraction; multi-source fusion; dynamic monitoring

引言

在测绘工程数字化、智能化转型的关键阶段, 遥感影像处理技术凭借其大范围、快速化、非接触式的数据获取与处理优势, 已成为测绘工程数据采集、处理与应用的核心技术支撑^[1]。在此背景下, 遥感影像处理技术的创新发展成为推动测绘工程技术升级的关键动力。本文系统研究遥感影像处理在测绘工程中的技术创新, 剖析核心创新技术的原理与应用要点, 结合实际工程案例验证创新技术的有效性, 对于提升测绘工程成果质量、拓展遥感影像处理技术应用场景具有重要的理论意义与工程价值^[1-3]。

一、遥感影像处理在测绘工程中的核心技术创新

结合当前测绘工程的实际需求与技术发展趋势, 遥感影像处理技术的创新主要集中在高分辨率影像精细化处理、智能化特征提取、多源数据融合及动态监测与时序分析四个核心方向, 这些创新技术有效解决了传统技术的瓶颈问题, 提升了测绘工程的质量与效率。

量与效率。

(一) 高分辨率影像精细化处理技术创新

高分辨率遥感影像(空间分辨率 $\leq 1\text{m}$)能够清晰呈现地物的细节特征, 如建筑物轮廓、道路纹理、植被分布等, 但其数据量庞大、细节信息丰富, 传统处理技术难以实现精细化处理。针对这一问题, 高分辨率影像精细化处理技术从影像校正、去噪、增

强三个方面实现创新突破。

在影像校正方面,创新采用“立体匹配+GNSS/IMU辅助”的联合校正技术。传统的单幅影像校正依赖地面控制点,精度受控制点分布影响较大,而该创新技术通过立体影像对的密集匹配生成密集点云,结合GNSS/IMU获取的外方位元素,构建高精度几何模型,实现无地面控制点或稀少控制点下的高精度校正,校正精度可达亚米级,满足大比例尺地形图测绘的精度要求。例如,在1:2000比例尺地形图测绘中,采用该技术可将影像平面中误差控制在0.5m以内^[4-6]。

在影像去噪方面,突破传统的高斯滤波、中值滤波等单一去噪方法,创新研发自适应多尺度去噪算法。该算法通过分析影像不同区域的噪声类型(如高斯噪声、椒盐噪声)与细节特征,自适应调整滤波尺度与参数,在去除噪声的同时最大限度保留地物细节信息。相较于传统方法,该算法的峰值信噪比(PSNR)提升10%-15%,有效提升了后续特征提取的精度。

在影像增强方面,创新采用基于Retinex理论的多尺度增强算法与自适应直方图均衡化结合的技术。传统增强技术易导致影像过曝光或细节丢失,而该创新技术通过分解影像的光照分量与反射分量,对反射分量进行多尺度增强,同时结合自适应直方图均衡化调整影像对比度,使地物细节(如建筑物边缘、道路标线)更清晰,为后续的地物识别与测绘数据提取提供高质量的影像基础。

(二) 多源遥感影像融合技术创新

单一遥感影像数据源存在局限性,如光学影像易受天气影响、SAR影像分辨率较低、高光谱影像空间分辨率不足等。多源遥感影像融合技术通过整合不同传感器、不同分辨率、不同时相的遥感影像数据,实现优势互补,提升测绘工程的数据质量与应用能力,是当前的重要技术创新方向。

在光学与SAR影像融合方面,创新采用基于深度学习的生成对抗网络(GAN)融合模型。传统的融合方法(如小波变换、PCA)易导致融合影像细节丢失或光谱失真,而该模型通过生成器与判别器的对抗训练,将光学影像的高光谱信息与SAR影像的全天候、全天时成像优势相结合,生成兼具高空间分辨率、高光谱质量与强抗干扰能力的融合影像。在阴雨天气下的城市测绘中,该融合影像的地物识别精度比单一光学影像提升25%-30%,有效解决了恶劣天气下的测绘数据获取难题。

在高分辨率与高光谱影像融合方面,研发基于稀疏表示的多尺度融合算法。该算法通过对高分辨率影像的空间特征与高光谱影像的光谱特征进行稀疏分解与联合重构,生成高空间分辨率、高光谱分辨率的融合影像,既能清晰呈现地物的空间细节,又能保留地物的光谱属性。在国土调查中,该融合影像能够精准区分不同类型的土地利用方式(如耕地、林地、建设用地),分类精度达到90%以上,比单一高分辨率影像分类精度提升15%左右^[7]。

在遥感影像与LiDAR、GNSS数据融合方面,创新构建“影像+点云+定位”的多源数据融合框架。通过将遥感影像的纹理信息与LiDAR点云的三维几何信息相结合,利用GNSS数据提供的高精度定位基准,实现地物的精准三维建模与测绘。例如,在

城市三维建模中,该融合技术能够快速构建建筑物的精细化三维模型,不仅包含精准的几何形态,还具备真实的纹理信息,为智慧城市建设提供核心数据支撑。

(三) 动态监测与时序分析技术创新

随着测绘工程向动态化、实时化方向发展,对遥感影像的时序分析与动态监测需求日益增长。传统的动态监测技术基于少量时相影像的对比分析,精度低、时效性差,难以满足工程建设监测、灾害应急等场景的需求。基于时序遥感影像的动态监测技术通过对多期影像的协同分析,实现地物变化的精准识别、量化分析与趋势预测,成为技术创新的重要方向。

在工程建设动态监测方面,创新采用“时序影像配准+变化检测+量化分析”的一体化技术。通过对工程建设区域的多期高分辨率遥感影像进行精准配准,采用基于深度学习的变化检测模型(如FC-EF、FC-Siam-conc)识别建设区域的地物变化,再结合像素级的量化分析,计算出建筑物的建设进度、土地开挖面积等关键参数。在高铁建设监测中,该技术能够实时跟踪工程进度,误差控制在5%以内,为工程管理提供精准的数据支持^[8]。

在地表形变监测方面,研发基于合成孔径雷达干涉测量(InSAR)与时序分析结合的技术。通过对多期SAR影像进行干涉处理与时序分析,生成地表形变的时间序列与空间分布图谱,能够精准监测地面沉降、滑坡等形变现象,监测精度可达毫米级。在城市地面沉降监测中,该技术成功识别出沉降热点区域,为城市地质灾害防治提供了重要依据。

在应急测绘动态监测方面,创新构建“无人机遥感+卫星遥感+实时处理”的应急监测体系。利用无人机遥感的快速响应优势获取灾害现场的高分辨率影像,结合卫星遥感的大范围监测能力,通过基于云计算的实时处理平台,快速生成灾害范围图、损失评估图等应急测绘成果,为灾害救援决策提供及时支撑。在洪涝灾害应急响应中,该体系能够在灾害发生后2-4小时内提供初步的灾害评估成果,比传统应急测绘效率提升5-8倍^[9-10]。

二、技术创新在测绘工程中的应用案例分析

某区域国土空间规划项目要求完成1:1000比例尺地形图测绘与土地利用现状调查,测区面积约100km²,包含城市建成区、耕地、山地等多种地形地貌,传统测绘方法效率低、成本高。项目采用高分辨率影像精细化处理与智能化特征提取技术,具体应用流程如下:

- 1.数据获取:采用无人机获取测区0.1m分辨率光学影像,同步采集GNSS/IMU数据;
- 2.影像预处理:采用“立体匹配+GNSS/IMU辅助”校正技术与自适应多尺度去噪算法,完成影像校正与去噪处理;
- 3.特征提取:基于改进U-Net模型提取建筑物轮廓,采用YOLO与语义分割融合技术提取道路信息,通过深度学习密集点云生成技术构建DEM;
- 4.成果制作:结合提取的地物特征与DEM数据,制作1:1000比例尺地形图,采用高分辨率与高光谱影像融合技术完成土地利

用现状分类。

5.应用成效：项目作业周期从传统方法的30天缩短至10天，作业效率提升67%；地形图平面中误差为0.35m，高程中误差为0.5m，满足1:1000比例尺精度要求；土地利用分类精度达到92%，为国土空间规划提供了高精度的数据支撑，相较于传统调查方法，分类误差降低40%。

三、遥感影像处理技术创新的应用瓶颈与发展展望

遥感影像处理技术创新在测绘工程中取得了显著成效，但在实际应用中仍面临诸多瓶颈，同时随着技术的不断发展，也呈现出明确的创新方向，未来需针对瓶颈问题持续突破，推动技术创新向更深层次发展。

（一）应用瓶颈分析

一是数据处理成本较高。“三高”遥感影像数据量庞大，智能化处理算法（如深度学习模型）的训练与推理需要高性能计算设备（如GPU集群）支撑，中小测绘企业难以承担高昂的硬件与软件成本，限制了技术创新的普及应用。

二是复杂场景适应性不足。当前智能化处理技术在简单场景（如平坦地区、单一地物）下表现优异，但在复杂场景（如山区、密集城市区域、多云雾地区）中，由于地物遮挡、噪声干扰等因素，处理精度明显下降，难以满足高精度测绘需求。

三是技术标准化程度低。遥感影像处理技术创新速度快，尤其是智能化算法种类繁多，不同算法的参数设置、处理流程存在差异，缺乏统一的技术标准与质量评估体系，导致不同单位的处理成果难以兼容，影响了技术创新的规模化应用。

四是专业人才匮乏。遥感影像处理技术创新融合了遥感、计算机、测绘等多学科知识，对从业人员的综合素养要求较高，目前行业内既掌握遥感影像处理技术又熟悉人工智能算法的复合型人才短缺，制约了技术创新的落地应用。

（二）发展展望

一是轻量化与低成本化发展。未来将研发轻量化的智能化处理算法与软件，通过模型压缩、边缘计算等技术，降低对高性能计算设备的依赖，同时构建基于云计算的共享处理平台，中小测

绘企业可通过按需付费的方式使用创新技术，降低应用成本。

二是复杂场景自适应技术突破。结合强化学习、迁移学习等先进人工智能技术，研发具有场景自适应能力的处理算法，通过对不同复杂场景的样本训练与模型优化，提升技术在山区、密集城市、恶劣天气等场景下的处理精度，实现全场景的高精度测绘。

三是标准化与规范化建设。行业协会与科研机构应联合制定遥感影像处理技术创新的标准体系，包括数据采集标准、算法评价标准、成果质量标准等，同时建立统一的成果共享与兼容机制，推动技术创新的规模化、标准化应用。

四是多学科融合与人才培养。加强遥感、计算机、测绘、地理信息等学科的交叉融合，在高校与职业院校设立相关专业方向，培养复合型专业人才；同时企业应加强在职人员的技术培训，提升从业人员的创新应用能力，为技术创新落地提供人才保障。

五是智能化与实时化深度融合。未来将进一步整合人工智能与实时遥感技术，研发“实时数据获取-智能处理-成果输出”的一体化系统，实现测绘工程的实时化作业，满足智慧城市、自动驾驶、应急救援等领域的实时性需求，推动测绘工程向“实时智能测绘”方向发展。

四、结论

遥感影像处理技术在测绘工程中的创新发展，是推动测绘工程从传统模式向数字化、智能化、动态化转型的核心动力。本文通过对遥感影像处理技术发展演进的梳理，明确了智能化与融合化是当前技术创新的核心方向；深入剖析了高分辨率影像精细化处理、智能化特征提取、多源影像融合、动态监测与时序分析四大核心创新技术的原理与优势；通过国土空间规划、高铁工程监测、洪涝应急测绘三个典型案例，验证了技术创新在提升测绘工程效率、精度与应用能力方面的显著成效；最后分析了技术创新面临的数据处理成本高、复杂场景适应性不足等瓶颈，并展望了轻量化、标准化、实时化的发展方向。创新的瓶颈与突破路径 [J]. 测绘科学技术学报,2019,36(2): 111-115.

参考文献

- [1]李德仁,王密,邵振峰.遥感影像处理与应用的现状及发展趋势[J].武汉大学学报(信息科学版),2019,44(1):1-8.
- [2]龚健雅,夏桂松.高分辨率遥感影像处理与分析技术进展[J].测绘学报,2020,49(3):273-286.
- [3]张祖勋,张剑清.数字摄影测量与遥感影像处理技术发展回顾[J].测绘地理信息,2018,43(1):1-5.
- [4]王树根,朱庆.遥感影像智能化处理在测绘工程中的应用研究[J].测绘通报,2019(6):45-49.
- [5]刘经南,姜卫平.空天地一体化遥感测绘技术创新与应用[J].地理学报,2021,76(2):245-258.
- [6]马洪超,周杨.高分辨率遥感影像精细化处理算法研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2020,45(4):567-574.
- [7]夏桂松,龚健雅.基于深度学习的遥感影像地物提取技术研究进展[J].测绘学报,2019,48(7):885-901.
- [8]杨元喜.多源遥感影像融合理论与方法研究[J].测绘科学,2020,45(5):1-8.
- [9]陈军,李志林.时序遥感影像动态监测技术在工程测绘中的应用[J].测绘工程,2021,30(3):1-6.
- [10]宁津生,杨凯.遥感影像处理技术创新的瓶颈与突破路径[J].测绘科学技术学报,2019,36(2):111-115.