

摄影测量与遥感融合在土地整治监测中的应用

李岩

北京东方新星勘察设计有限公司 北京 100071

【摘要】：摄影测量和遥感融合技术可以有效地弥补传统土地整治监测精度低、时效性差、覆盖范围小的缺点。利用多源影像融合、三维建模、变化检测来支持土地整治全过程的监测。就数据融合畸变、解译偏差、技术集成难等而言，经由算法改良、专业化解译体系以及落地支撑体系的完善，可以给土地整治的精细、智能化监测赋予稳定的可靠技术途径。

【关键词】：摄影测量；遥感融合；土地整治；动态监测

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.045

土地整治监测是保障工程质量与生态效益的关键环节。传统的监测方式效率低、精度差，不能适应全域整治及生态修复的要求。摄影测量适合做高精度的几何量测和三维重建，遥感适合做光谱识别和动态提取，两者融合可以达到优势互补的目的，给土地整治全生命周期提供准确、高效、常态化的数据支持，具有重要的实践意义。

1 摄影测量与遥感融合技术原理及方法

1.1 融合技术原理

摄影测量和遥感的结合依靠地表信息多维互补来达到几何和光谱信息的协同增强。摄影测量以航空、航天、低空摄影影像为数据源，用立体匹配、空三加密、三维重建的方法得到高精度的空间坐标、地形起伏和几何形态，建立准确的空间基准，解决土地整治几何量测和定位问题。遥感依靠多种类型的传感器来获取光谱特征，从而对土地利用进行分类，对植被、土壤、地表温度等进行提取和反演^[1]。两者都用统一的坐标系作为基础，通过配准、融合、特征提取的方式把高精度的几何数据和多维度的光谱数据结合起来，得到定位准确、属性清楚的综合监测数据，给土地整治全生命周期监测提供主要的技术支持。

1.2 常用融合方法

(1) IHS 变换融合

采用 RGB 和 IHS 色彩空间转换，将强度、色调、饱和度分量分开，用摄影测量高分辨率全色影像代替强度分量，逆变换得到结果。方法运算简便，可以保持纹理细节和色彩信息，适合现状图制作、地物轮廓提取，但是同色系层次区分不好，复杂地形解译效果差。

(2) 主分量变换融合

主分量变换用线性变换实现多光谱信息降维重构，把冗余波段压缩成核心主分量，用高分辨率影像取代第一主分量来完

成融合。可以处理 3 波段以上的数据，色调差别明显，能分辨出植被、水体、建设用地等，常被用来做适宜性评价和生态分析，需要和直方图匹配校正色调偏移。

(3) 小波变换融合

小波变换用多尺度分解把影像分成高频纹理和低频光谱分量，分别处理之后再重构。具有信息压缩、特征增强的能力，处理速度快，适合大范围整治区的动态监测，光谱保真度好，但是细节表现力差，需要和地形校正相结合来提高成像质量。

(4) Brovey 变换融合

Brovey 变换用多光谱波段归一化处理和高分辨率影像乘积运算来融合光谱信息和空间信息，可以最大程度上保留原始影像的色调特征，对山地、农田、水体等自然地物表达效果好，建设用地边界和结构轮廓清晰^[2]。该方法适合于土地整治工程进度监测、地表变化识别等场合，城区建筑区域色调偏暗的缺陷，可以采用辐射校正技术加以改善。

2 摄影测量与遥感融合在土地整治监测各环节的应用

2.1 项目规划阶段：基础数据精准采集与规划依据构建

项目规划属于土地整治工作前的环节，基础数据是否齐全、准确直接影响到规划方案的科学性。摄影测量和遥感融合技术，依靠多源数据的整合来达到整治区域现状的全面感知，给规划设计提供量化的支撑。现状调查和基础图件制作时，将技术整合低空摄影测量得到的厘米级高分辨率影像和卫星遥感多光谱数据结合起来，经过辐射校正、几何配准、信息融合处理，得到具有高精度地形和清晰地物属性的现状影像。依靠融合影像自动提取土地利用类型、地形坡度、水系分布、道路格局等信息，制作出 1:500~1:2000 大比例尺现状图件，代替传统的人工测绘方式，大大提高基础数据的采集速度和现实性^[3]。

准确的现状图件可以确定整治区域土地资源禀赋、地形限制条件,防止规划方案同实地情况相脱离,削减工程实施期间的设计变更。

土地适宜性评价环节,融合技术把摄影测量解算的地形坡度、坡向、高程等地形因子同遥感反演的土壤湿度、植被覆盖度、土地退化程度等生态因子加在一起,再借助GIS空间分析功能创建评价模型。采用多因子综合量化的方法对土地农业利用、生态修复、建设开发等进行划分,确定整治区的功能定位及工程布置方向。该评价模式冲破传统定性评价的束缚,用量化的数据来支撑规划决定,提高土地整治规划的合理性以及资源的利用效率。

2.2 项目实施监管阶段:工程动态管控与质量全程把控

实施监管是保证土地整治工程按照规划进行、质量合格的关键环节,传统的监管方式不能对工程进度和质量实施全面覆盖、实时跟踪。摄影测量和遥感融合技术依靠多时相影像对比、三维模型比对、隐蔽工程检测来创建起空中与地面、表面与地下相结合的全方位监管体系。工程进度监测依靠多时相融合影像变化检测技术来完成,定时取得整治区段的摄影测量及遥感影像,执行统一基准配准和融合对比操作,从而找出土地平整、灌溉排水设施创建、田间道路修建、农田林网布置等工程的开展区域及其达成情况。利用影像光谱差异、空间形态变化,准确找出新增工程图斑,对工程建设进度进行量化分析,对比设计方案和实际施工进度的差距,及时发出滞后工程预警信号,督促施工单位调整作业计划,保证工程按时完成。

工程质量监管把地表监测和地下探测技术融合起来,创建起全方位的质量管控模式。地表层用高分辨率融合影像检测田块规整度、道路平整度、渠道衬砌完整性等外观质量,用三维模型量测工程几何尺寸,看是否满足设计要求。地下层面利用摄影测量空间定位和遥感辅助选址,用探地雷达对渠道衬砌厚度、管道埋深、防渗层质量等隐蔽工程进行无损检测,防止隐蔽工程质量隐患。该种监管模式把工程质量当作全方位的、全过程的、非接触式的监测对象,替代以往的手工抽样检验手段,提高了质量监管的全面程度以及准确程度。

2.3 项目验收评估阶段:工程量精准复核与整治效果科学评价

项目验收评估是检验土地整治工程完成情况和实施效果的最后一步,它把技术作为主要的量化手段,从而达成验收工作客观化、标准化、高效化的目的。工程量复核环节把技术整合摄影测量三维量测和遥感影像解译功能结合起来,对土地平整面积、新增耕地面积、渠道长度、道路面积、林网面积等主要工程量实行自动化量算。利用影像和设计图纸空间叠加对比的方式,对实际工程量和设计工程量进行对比分析,得到量化复核报告。该方法抛弃传统的手工丈量、估算法,消除人为误差,提高工程量复核的准确性、效率,给项目竣工验收提供客

观依据^[4]。

整治效果评价从土地利用结构、生态环境、生产条件三个方面入手,用融合技术进行多指标的量化分析。从土地利用结构层面来讲,用多时相融合影像对比的方式对耕地、林地、草地等用地类型转换的方向和规模进行监测,评价土地利用格局改善的效果。从生态环境角度出发,提取NDVI、地表温度、土壤湿度等遥感指标,并结合摄影测量地形数据,对植被覆盖改善、水土流失控制、微气候调节等生态效益进行分析。从生产条件的角度来审查田块的标准化、灌排设施和道路是否达到规定要求,考察农业生产条件的改善程度。多维评价结果构成完整的成效评价体系,客观体现土地整治项目综合效益,为以后项目改进和经验推广给予参照。

3 应用中面临的挑战及优化路径

3.1 应用挑战

(1) 数据融合精度受限

摄影测量和遥感数据来自于不同的传感器,空间分辨率、光谱范围、成像时间存在差别,数据配准和融合时容易出现几何偏移、光谱失真、纹理模糊等状况,从而导致融合影像质量下降,土地整治监测的精度受到影响。

(2) 影像解译精准度不足

土地整治区域地物类型繁杂,耕地、林地、建设用地、水体等交错分布,存在同物异谱、异物同谱的现象,常规解译方法很难实现地物类型的准确区分,造成土地利用分类、工程量提取等结果出现偏差^[5]。

(3) 技术集成与落地难度较大

融合技术包含摄影测量、遥感、GIS、计算机视觉等诸多学科的知识,对于技术人员来说其专业素养的要求比较高。另外多源数据格式不统一、软件平台兼容性差、缺少行业应用标准等,使得技术很难在基层土地整治工作中实现规模化使用。

3.2 优化路径

(1) 深化数据融合算法优化

多源数据融合精度直接影响到土地整治监测的可靠程度,根据数据源类型来构建差异化的、适应性强的融合算法体系,并且要创建起标准化的预处理流程,从源头上减少数据畸变的影响。光学遥感和摄影测量数据融合以空间精度、光谱保真度为主,采用改进的IHS变换和主分量变换耦合算法,先利用主分量变换把多光谱信息降维并提取核心特征,然后用高分辨率摄影测量影像取代IHS的空间强度分量,加入直方图匹配来修正色调偏移,保证纹理细节的保留以及光谱信息的恢复。雷达影像和光学影像融合以穿透性和光谱性互补为宗旨,用小波变换和边缘特征增强算法把影像分解成不同的尺度频带,对低频轮廓信息用加权融合、高频细节信息做边缘增强,减弱地形阴

影和噪声干扰,提高复杂地形、多云雨区域融合影像的可用性。

融合算法要嵌入深度学习特征学习模块,用CNN网络自动提取影像的几何轮廓、光谱响应、纹理结构特征,通过样本训练来实现融合规则自适应匹配,代替传统的固定权重融合模式,提高破碎化农田、施工区、生态斑块等复杂场景的融合精度。数据预处理全流程标准化管控,统一辐射校正用6S模型、几何校正用地面控制点和DEM联合配准、地形校正用C校正模型,确定校正参数阈值和精度指标,消除传感器、时相、地形造成的数据偏差,保证多时相、多平台数据具有空间一致性、光谱可比性,为后续解译和分析提供高质量的基础数据。

(2) 构建专业化解译体系

专业化解译体系以地物特征准确识别、信息自动提取为主,按照土地整治全过程监测要求,创建解译标志库、自动化解译模型和动态改良机制,达成监测信息精确化、高效化提取。解译标志库以土地整治区域地物类型为基础,将地物分为地形地貌、土地利用、工程设施、生态要素四类,对耕地、林地、施工用地、灌溉渠道、田间道路、田埂、植被恢复区等子类进行细化,给出每个子类的光谱反射特征、纹理结构特征、几何形态特征和时相变化特征,构建起覆盖全域土地整治场景的标准化解译指标体系^[6]。

自动化解译模型以机器学习为主导,将面向对象分类和随机森林算法结合起来,把影像中的分割对象作为分析单位,输入光谱特征、纹理特征、形状特征和空间关系特征来完成地物类型的准确分类。嵌入工程量自动提取模块,根据解译结果自动生成土地平整面积、渠道长度、道路宽度、新增耕地面积等主要指标。搭载生态参数反演模块,实时提取NDVI、地表温度、土壤湿度等生态指标。建立解译模型动态优化机制,定期开展野外实地核查,采集验证样本修正分类规则,更新解译标志库,根据田块细碎化、地物边界模糊、同物异谱区域优化算法参数,不断提高复杂整治区域的解译精准度。

(3) 完善技术落地支撑体系

技术落地支撑体系以标准化、专业化、协同化为方向,创建起包含技术规范、人才培养、平台共享、应用推广等各个环节的全链条支撑体系,冲破技术应用壁垒,促使融合技术常态化落地。编制土地整治摄影测量和遥感融合技术专项应用规范,明确数据采集精度、预处理流程、融合算法、解译标准、成果输出格式等主要内容,统一不同区域、不同项目的土地整治摄影测量与遥感融合技术操作标准,规范土地整治监测成果精度及交付形式,保证土地整治摄影测量与遥感融合技术应用的规范性以及成果的通用性。

人才培养采取分层分类培养的方式,专业技术人员以算法应用、数据处理、模型创建、精度检验为培养重点,进行操作性培训。针对基层管理人员重在成果进行解读、应用、研判等,提高成果落地应用能力。创建技术交流机制,定时举行案例分享、技术讨论会,促使先进的经验以及操作方法迅速得到推广。

创建跨部门数据共享和一体化监测平台,把自然资源、农业、水利、生态等各方面的土地利用、农田建设、水文、生态监测数据纳入其中,打破数据壁垒,实现多源数据的实时互通。平台集成数据预处理、影像融合、自动解译、成果可视化、动态监管功能,构建起“数据采集—处理融合—解译分析—监测应用”的一体化工作模式,缩减技术操作的繁杂程度,缩减基层应用的技术门槛,助力摄影测量与遥感融合技术在土地整治规划、监管、验收、评定全环节的规模化、常态化地使用。

4 结论

摄影测量与遥感融合技术在土地整治规划、施工及验收过程中均有明显的作用,可明显提高监测精度并提升管理水平。目前还存在着数据融合、影像解译、技术落地等现实问题,可以依靠算法优化、专业体系创建和支撑保障来加以解决。技术不断进步时,该模式也会促使土地整治监测越来越规范、越来越智能化,并且是持续的。

参考文献:

- [1] 刘淼.基于多源遥感的土地综合整治及国土生态修复[J].中国资源综合利用,2025,43(05):71-73.
- [2] 高翔.GIS与遥感技术支持的土地整治动态监测和生态效应分析[J].生态与资源,2025,(11):118-120.
- [3] 田峰,许丽杰.倾斜摄影测量在全域土地综合整治中的实践[J].价值工程,2025,44(18):1-3.
- [4] 王洪波,蒋美霞.工程测量、摄影测量与遥感融合在智能矿山建设中的前景与挑战[J].世界有色金属,2024,(15):19-21.
- [5] 阮迎贺.摄影测量与遥感的融合影像质量综合评价方法研究[J].工程与建设,2023,37(02):495-497+527.
- [6] 李麒.土地整治遥感监测研究进展分析[J].华北自然资源,2020,(01):89-90+93.