

多源遥感数据融合的测绘精度研究

潘婉

徐州市铜山区科源测绘服务有限公司 江苏徐州 221000

摘要: 随着遥感技术的快速迭代,单一遥感数据源的局限性日益凸显,多源遥感数据融合技术成为提升测绘精度、拓展测绘应用场景的核心手段。本文立足测绘工程领域需求,系统阐述多源遥感数据融合的核心内涵、理论基础与关键技术,深入分析影响融合测绘精度的各类因素,提出针对性的精度优化策略,最后总结研究结论并展望未来发展方向,为多源遥感数据融合技术在高精度测绘中的规范化应用提供理论支撑与技术参考。

关键词: 多源遥感数据;数据融合;测绘精度;误差控制;优化策略

引言

遥感技术是现代测绘工程的核心支撑,已广泛应用于国土规划、灾害应急等领域。单一遥感数据源存在成像局限,难以满足高精度测绘的多维度需求,多源遥感数据融合技术成为突破瓶颈、提升测绘精度的关键。本文立足测绘工程需求,梳理融合理论与技术,分析精度影响因素,提出优化策略,为多源遥感数据融合在高精度测绘中的规范化应用提供理论支撑与技术参考。

1 多源遥感数据融合的核心理论与技术基础

1.1 多源遥感数据融合的核心内涵与分类

多源遥感数据融合是指整合不同传感器、时间、空间及光谱分辨率的遥感数据,通过特定算法消除冗余与冲突,提取精准全面的地物信息,为测绘作业提供高质量支撑的过程,核心目标是依托数据互补,提升地物识别、空间定位及高程测量精度,弥补单一数据源的局限。根据融合层次,可分为三类:像素级融合直接运算原始像素,细节保留好、精度高,但对预处理要求高、易受噪声影响;特征级融合先提取地物特征再融合,兼顾精度与效率,抗干扰性强,应用最广泛;决策级融合基于特征识别结果融合,抗干扰性最优,但精度受特征提取质量和决策规则影响^[1]。

1.2 多源遥感数据融合的理论基础

多源遥感数据融合的理论基础源于信息论、概率论

等多学科,核心理论有三类:一是信息互补理论,通过整合不同数据源优势,弥补信息缺失,提升信息完整性与准确性;二是误差传递理论,揭示数据全流程误差的传递叠加规律,为误差溯源与控制提供依据;三是模式识别理论,支撑地物特征提取匹配,提升融合结果可靠性。此外,贝叶斯估计、神经网络、小波分析等也提供重要支撑,其中小波分析可实现多尺度信号分解重构,是像素级融合核心理论;神经网络凭借非线性映射与自学习能力,提升融合算法泛化能力与精度。

1.3 多源遥感数据融合的关键技术与流程

多源遥感数据融合核心流程包括数据采集、预处理、融合及精度评估四大环节,各环节关键技术直接决定测绘精度。数据采集的核心是合理选源,结合测绘需求匹配数据源,控制传感器、飞行姿态等采集误差。预处理是关键前提,核心技术包括配准(统一坐标系,保障空间一致性)、辐射与几何校正(消除误差,提升数据准确性)、去噪处理(抑制各类噪声干扰)。融合环节核心是算法适配,按层次选择对应算法,平衡精度与效率。精度评估需明确多维度指标,采用定量与定性结合的方法,全面检验融合效果^[2]。

2 多源遥感数据融合测绘精度的影响因素分析

2.1 数据源因素

数据源是多源遥感数据融合的基础,其质量与兼容性直接决定融合精度,核心影响因素包括空间、光谱、时间分辨率及数据精度。空间分辨率越高,地物细节越丰富、定位精度越高,但数据处理难度增加;光谱分辨率越高,地物分类识别越精准,却易受噪声干扰;时间分辨率越高适配动态测绘,但高更新频率会增加作业成本。

作者简介: 潘婉(1989.12--),女,汉族,江苏徐州人,职务/职称:中级工程师,学历:本科,研究方向:测绘地理信息。

数据源兼容性至关重要,不同传感器的成像原理、坐标系差异会引发数据冲突与冗余,加剧误差传递。数据源原始误差(如传感器精度、POS系统误差)会通过融合叠加,其中POS系统IMU与GNSS融合误差、传感器畸变误差是主要来源,直接降低测绘精度。

2.2 预处理因素

数据预处理是消除数据误差、提升数据质量的关键环节,预处理的效果直接决定融合精度,主要影响因素包括配准精度、辐射校正精度、几何校正精度、去噪效果等。配准精度是预处理环节的核心影响因素,若配准偏差过大,会导致不同数据源的地物位置不匹配,融合后出现重影、错位等问题,严重影响空间定位精度;辐射校正不彻底,会导致不同数据源的辐射亮度不可比,融合后出现光谱失真,影响地物识别精度;几何校正精度不足,会导致地物的空间位置偏差,降低测绘成果的空间准确性;去噪处理不充分,会导致噪声在融合过程中传递、放大,干扰地物特征的提取与匹配,降低融合精度^[3]。

此外,预处理过程中的人为操作误差也会影响融合精度,操作人员的专业技能、参数设置的合理性,会直接影响预处理的效果,如像控点布设密度不足、分布不均,会导致几何校正精度下降,进而影响融合精度。

2.3 融合算法因素

融合算法是多源遥感数据融合的核心,其合理性与优化程度直接决定融合精度,主要影响因素包括算法的适配性、算法的复杂度、参数设置的合理性等。不同融合算法的适用场景与精度表现存在差异,若算法选择与数据源类型、测绘任务需求不匹配,会导致融合结果的精度下降,如像素级融合算法适用于对细节信息要求较高的场景,决策级融合算法适用于对可靠性要求较高的场景。

算法的复杂度也会影响融合精度,过于简单的算法难以充分挖掘多源数据的互补信息,无法实现精度提升;过于复杂的算法虽然能提升融合精度,但会增加数据处理时间,且易受噪声干扰,导致过拟合,反而降低融合结果的稳定性。同时,融合算法的参数设置直接影响算法的运行效果,参数设置不合理会导致融合过程中出现信息丢失、数据冗余等问题,影响测绘精度。此外,不同算法的误差传递特性不同,部分算法会放大原始数据的误差,进一步降低融合精度。

2.4 环境因素

环境因素是多源遥感数据融合测绘精度的外部影响

因素,主要包括气象条件、地形地貌、电磁干扰等。气象条件方面,光照强度、云层覆盖、风速、温湿度等均会影响遥感数据的采集质量,进而影响融合精度,如风速过大导致无人机姿态抖动,会使影像模糊度增加,点云密度下降;气温变化会导致IMU零偏漂移,影响定位精度;湿度过高会导致激光雷达信号衰减,降低数据质量。

地形地貌方面,地形起伏、植被覆盖度、地物复杂度等会影响遥感数据的采集与预处理效果,如山区地形起伏大,导致像控点布设困难,空三精度下降;植被覆盖度高的区域,光学遥感的穿透能力较弱,难以获取地表真实信息,导致融合精度下降;建筑密集区域,阴影遮挡会造成影像扭曲,增加图像处理难度。电磁干扰方面,高压线等区域的电磁信号会影响GNSS信号接收,导致定位误差增大,影响融合精度。

3 多源遥感数据融合测绘精度的优化策略

3.1 优化数据源选择,提升数据基础质量

数据源的合理选择是提升融合精度的基础,需结合测绘任务的精度要求、作业场景,制定科学的数据源选择方案。一是明确数据源的精度要求,根据测绘成果的空间定位精度、高程测量精度需求,选择空间分辨率、光谱分辨率、时间分辨率适配的数据源,优先选择原始误差小、数据质量高的遥感数据;二是提升数据源的兼容性,选择成像原理相近、坐标系统一的数据源,减少数据冲突与冗余,若数据源不兼容,需提前进行格式转换与坐标系统一处理;三是优化数据源组合,根据不同数据源的优势,构建互补性强的数据源组合,如LiDAR与光学遥感数据融合,兼顾高程精度与纹理信息;SAR与光学遥感数据融合,弥补光学遥感受气象条件干扰的短板。同时,需控制数据采集过程中的误差,优化飞行参数,提升原始数据质量^[4]。

3.2 强化预处理流程,降低预处理误差

预处理环节的优化是降低误差、提升融合精度的关键,需构建规范化的预处理流程,重点优化以下内容:一是提升配准精度,根据数据源类型选择合适的配准算法,优化配准参数,采用亚像素级配准技术,减少配准偏差,同时加强配准结果的检验与修正,确保不同数据源的空间一致性;二是优化辐射校正与几何校正,采用高精度的校正模型,消除大气传输、光照条件、传感器畸变、地形起伏等因素导致的误差,结合POS数据与像控点数据,提升校正精度,确保地物的空间位置与辐射

亮度准确；三是优化去噪处理，根据不同数据源的噪声类型，选择合适的去噪算法，如SAR影像采用相干斑抑制算法，光学影像采用高斯滤波算法，在消除噪声的同时，最大限度保留地物细节信息，减少信息丢失；四是规范人为操作，提升操作人员的专业技能，制定标准化的预处理参数设置方案，减少人为操作误差^[5]。

3.3 优化融合算法，提升融合精度与稳定性

融合算法的优化是提升融合精度的核心，需结合数据源类型与测绘任务需求，实现算法的适配性与优化。一是选择合适的融合算法，根据融合层次与精度要求，选择适配的融合算法，如对细节信息要求较高的场景，采用小波融合、PCA融合等像素级融合算法；对可靠性要求较高的场景，采用神经网络、贝叶斯决策等决策级融合算法；二是优化融合算法参数，通过实验调试，确定最优的算法参数，平衡融合精度与处理效率，避免参数设置不合理导致的信息丢失或过拟合；三是创新融合算法，结合深度学习、人工智能等技术，开发新型融合算法，提升算法的泛化能力与抗干扰能力，实现多源数据互补信息的充分挖掘，如基于注意力机制的融合算法，可自适应提取不同数据源的关键特征，提升融合精度；四是建立算法误差补偿模型，通过分析算法的误差传递特性，针对性地进行误差补偿，减少算法误差对融合精度的影响。

3.4 加强环境干扰控制，降低外部误差影响

针对环境因素对融合精度的影响，需采取针对性的控制措施，降低外部误差。一是优化数据采集时间，避开恶劣气象条件，选择光照充足、风速较小、无云层覆盖的时间段进行数据采集，减少气象条件的干扰；二是针对复杂地形，优化飞行方案与像控点布设方案，如山区地形适当提高飞行高度、增加像控点密度，植被覆盖区结合LiDAR数据，提升地表信息的获取精度；三是加强电磁干扰防控，在电磁干扰较强的区域，采用PPK动态后处理差分技术，弥补GNSS信号失锁的影响，提升定位精度；四是建立环境误差补偿模型，通过分析不同环境因素对数据质量的影响规律，构建误差补偿模型，对采集的数据进行误差修正，降低环境因素导致的误差。

3.5 构建完善的精度评估体系，实现全流程精度管控

建立科学、完善的精度评估体系，是实现多源遥感

数据融合全流程精度管控的重要保障。一是明确精度评估指标，涵盖空间定位精度、高程测量精度、地物识别精度、数据完整性等多个维度，根据测绘任务的需求，制定具体的精度阈值；二是优化精度评估方法，采用定量分析与定性分析相结合的方式，通过对比融合结果与实测数据，计算误差指标，全面评价融合精度；三是建立全流程精度反馈机制，在数据采集、预处理、融合等每个环节，均进行精度检验，及时发现误差来源，针对性地进行优化调整，实现精度的闭环管控；四是引入自动化检测与人工复核双轨制，提升精度评估的效率与准确性，确保测绘成果满足精度要求。

结论

本文研究表明，多源遥感数据融合可有效整合不同数据源的互补优势，弥补单一遥感数据的成像局限，显著提升测绘成果的定位、高程及地物识别精度，是现代高精度测绘的核心支撑技术。融合测绘精度受数据源兼容性、预处理配准精度、融合算法适配性及环境干扰等核心因素影响，各类误差通过全流程传递叠加。通过科学选择数据源、规范预处理流程、优化融合算法、强化环境控制及构建全流程精度评估体系，可形成系统化精度提升方案，充分发挥多源数据融合价值，为技术规范应用提供科学依据。

参考文献

- [1] 段昭义. 基于多源遥感数据融合的矿山生态恢复效果测绘研究[J]. 中国资源综合利用, 2025, 43(02): 220-223.
- [2] 赵钧儒, 孙亚娟, 郑新鹏. 多源遥感数据融合技术在海洋地形测绘中的应用研究[J]. 黑龙江国土资源, 2025, 23(01): 54-60.
- [3] 梁作前, 杨兆东, 朱守信, 等. 融合无人机多源遥感数据的自然灾害应急测绘应用研究[J]. 工程勘察, 2025, 53(05): 67-72.
- [4] 王叶天, 胡昌华. 遥感数据云层检测和处理研究概述[J]. 地理空间信息, 2023, 21(09): 139-144.
- [5] 王山. 矿区多源遥感数据测绘应用关键技术研究[J]. 世界有色金属, 2023, (08): 26-28.