

多源遥感数据融合在地图制图中的应用研究

董杰莲 杨镜波

云南通和地理信息研究有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v9i2.2438

[摘要] 随着遥感技术在测绘领域的广泛应用,单一遥感数据源的局限性日益突出,常存在空间分辨率与光谱信息不匹配、时间覆盖不连续等问题。多源遥感数据融合技术通过整合不同平台、不同传感器获取的遥感数据,有效实现了数据优势互补,为地图制图提供了更为丰富、精准的信息支撑。

[关键词] 多源遥感数据; 数据融合; 地图制图; 空间分辨率; 专题地图

中图分类号: P237 文献标识码: A

Research on the Application of Multi-source Remote Sensing Data Fusion in Map Cartography

Jielian Dong Jingbo Yang

Yunnan Tonghe Geographic Information Research Co., Ltd.

[Abstract] With the widespread application of remote sensing technology in the field of mapping, the limitations of a single remote sensing data source have become increasingly prominent. There are often problems such as mismatch between spatial resolution and spectral information, and discontinuity in time coverage. The multi-source remote sensing data fusion technology integrates remote sensing data obtained from different platforms and different sensors, effectively achieving data complementarity and providing more abundant and precise information support for map production.

[Key words] Multi-source remote sensing data; Data fusion; Map production; Spatial resolution; Thematic map

引言

地图作为地理空间信息的核心载体,其精度与内容丰富度直接影响地理决策的科学性与有效性。传统地图制图依赖单一数据源,难以满足现代社会对地图更新速度、信息维度的多元化需求。遥感技术凭借大范围、全天候、周期性的观测优势,成为地图制图的核心数据来源。但单一遥感数据存在明显局限,光学遥感易受天气影响,SAR遥感光谱信息匮乏,高空间分辨率数据成本较高,这些问题导致单一数据难以兼顾地图制图的多方面要求。

1 多源遥感数据融合的理论基础与技术框架

1.1 多源遥感数据类型与特征

多源遥感数据涵盖光学遥感、SAR遥感、高光谱遥感等多种类型,各类数据具有独特核心特性。光学遥感依赖太阳辐射获取地物信息,能提供清晰的纹理与光谱特征,但易受云雾、光照等天气条件影响。SAR遥感通过主动发射电磁波实现观测,具备全天候、全天时工作能力,可穿透部分植被与地表覆盖物,却存在光谱信息匮乏的问题。高光谱遥感则拥有数十至数百个窄波段,能精准捕捉地物光谱细节,不过空间分辨率相对较低。不同数据源在空间分辨率、光谱范围、时间分辨率及环境适应性上差异显著,这些差异决定了它们在地图制图中的优势与局限性,例如

高空间分辨率数据适合精细地物识别,高时间分辨率数据则适用于动态监测。

1.2 数据融合核心原理

多源遥感数据融合的本质是对不同来源的信息进行冗余互补与协同增强,通过整合分散的数据资源生成更具价值的信息产物。这一过程包含数据配准、特征提取、信息融合等关键环节,各环节紧密衔接形成完整逻辑链条。数据配准是基础,需将不同坐标系、分辨率的遥感数据统一到同一空间参考框架,确保数据空间位置的一致性。特征提取则是从各类数据中提取出反映地物本质的关键信息,如纹理、形状、光谱等特征。

1.3 数据融合技术分类

依据数据处理层级,多源遥感数据融合技术可划分为像素级、特征级、决策级三类。像素级融合直接对原始遥感影像的像素点进行处理,能最大程度保留原始数据信息,融合精度较高,常用算法包括加权平均法、主成分分析法等,适用于对数据细节要求高的地图制图场景,但对数据预处理要求严格。特征级融合先对各数据源进行特征提取,再对特征信息进行融合处理,兼顾了融合精度与处理效率,在土地利用分类、地物识别等制图任务中应用广泛。

2 多源遥感数据融合在地图制图中的核心应用价值

2.1 提升地图几何定位精度

多源遥感数据融合为提升地图几何定位精度提供了有效技术路径,核心在于融合高空间分辨率与高定位精度的数据。高空间分辨率数据能提供精细的地物纹理信息,帮助识别微小地物特征点,而高定位精度数据(如搭载GNSS的遥感数据)则能提供准确的地理坐标参考。通过将两类数据进行融合处理,可利用高定位精度数据的坐标信息校准高空间分辨率数据的几何位置,减少数据采集过程中因传感器误差、大气折射等因素导致的观测误差。

2.2 丰富专题地图信息表达

专题地图作为突出展示某类地理信息的载体,其信息表达维度的丰富性直接影响使用价值,多源遥感数据融合在此方面发挥着重要作用。以土地利用专题地图制作为例,单一光学遥感数据虽能识别地物类型,但在区分相似地物时易出现误差。融合光学遥感数据的光谱信息与SAR遥感数据的结构信息后,可通过光谱特征判断地物材质,结合结构特征分析地物形态,实现耕地、林地、建筑用地等土地利用类型的精准识别与划分。在植被覆盖专题地图中,融合高光谱遥感数据的精细光谱信息与高空间分辨率数据的空间分布信息,能准确提取植被生长状态参数,区分不同植被种类。

2.3 提高地图更新效率与时效

传统地图更新依赖实地勘测或单一遥感数据,更新周期长、效率低,难以满足城市建设、灾害应急等场景对地图时效性的要求。多源遥感数据融合通过融合高时间分辨率与高空间分辨率数据,构建了高效的地图更新机制。高时间分辨率数据(如MODIS数据)可实现对地观测的高频次覆盖,及时捕捉地物变化信息,而高空间分辨率数据(如高分系列卫星数据)能提供清晰的地物细节,精准定位变化区域。通过对两类数据的协同处理,先利用高时间分辨率数据快速发现变化区域,再针对变化区域调用高空间分辨率数据进行详细观测与信息提取,避免了对全域进行高分辨率数据采集的繁琐流程,大幅缩短地图制作周期。

3 多源遥感数据融合在地图制图中的关键技术应用

3.1 预处理阶段融合应用

数据预处理是多源遥感数据融合的基础环节,直接影响后续融合效果与地图制图质量,融合技术在该阶段的应用主要体现在辐射校正、几何校正及去噪拼接等方面。辐射校正是消除传感器响应差异与大气影响的关键,通过融合地面实测光谱数据与遥感影像数据,可建立更精准的辐射传输模型,提高影像灰度值与地物实际反射率的匹配度。几何校正中,利用高定位精度的SAR数据与光学影像进行配准融合,能有效修正光学影像因地形起伏产生的几何畸变,提升影像空间位置准确性。

3.2 地图要素提取融合应用

地图要素提取是地图制图的核心环节,多源遥感数据融合技术能显著提升要素提取的准确性与完整性。光学遥感数据在地物光谱识别上具有优势,SAR遥感数据在捕捉地物几何结构与

空间关系方面表现突出,融合两者进行地物边界提取,可通过光谱特征确定地物类别,结合结构特征精准勾勒地物边界,有效解决单一数据提取中边界模糊的问题。针对道路、建筑等人工地物,采用高空间分辨率光学影像与SAR影像融合的提取策略,光学影像可识别道路标线、建筑外观等细节特征,SAR影像能穿透遮挡物获取建筑高度、道路走向等结构信息,两者结合实现人工地物的快速精准提取。

3.3 可视化表达融合应用

地图可视化表达直接影响用户对地理信息的理解与使用,多源遥感数据融合技术为提升可视化效果提供了有力支撑。多光谱遥感数据包含丰富的波段信息,融合多光谱数据与高空间分辨率数据,可通过波段组合生成符合人眼视觉习惯的真彩色或假彩色影像,显著提升地图色彩的真实性与地物辨识度,使不同地物类型在地图上呈现清晰差异。在三维地形地图制作中,融合高空间分辨率影像数据与数字高程模型(DEM)数据,将影像纹理信息叠加到DEM生成的地形表面,构建出逼真的三维地形模型,直观展示地形起伏与地物空间分布关系。

4 多源遥感数据融合在地图制图应用中的挑战

4.1 数据异质性的融合难题

数据异质性是多源遥感数据融合在地图制图应用中面临的首要挑战,主要体现在不同传感器数据在尺度、格式、精度上的差异。从尺度来看,不同遥感卫星的空间分辨率从米级到千米级不等,时间分辨率也涵盖小时级、天级、月级等多种类型,尺度差异导致数据难以直接匹配。格式方面,光学遥感数据多以栅格形式存储,包含光谱灰度信息,SAR数据则以复数形式记录相位与幅度信息,矢量数据与栅格数据的混合使用进一步增加了格式统一的难度。精度差异同样突出,不同传感器的定位精度、辐射精度存在差距。

4.2 融合算法适应性不足

现有多源遥感数据融合算法在地图制图应用中,普遍存在适应性与稳定性不足的问题。在复杂地理环境下,如山地、湿地、城市密集区等,地物类型多样、空间关系复杂,传统融合算法难以精准捕捉不同地物的特征差异,易出现融合结果失真。例如在城市区域,高大建筑的阴影与遮挡会导致数据特征紊乱,多数算法无法有效区分阴影区域与实际地物,影响地图要素提取精度。同时,融合算法对数据质量敏感性较高,当输入数据存在噪声、云影、条带等缺陷时,算法鲁棒性不足的问题凸显,融合结果的误差会被放大。

4.3 技术标准与规范缺失

多源遥感数据融合技术在地图制图领域的应用缺乏统一标准与规范,这一问题严重制约了技术的规模化推广。目前,多源数据融合的技术流程没有明确行业标准,不同机构与研究人员在数据预处理、融合算法选择、结果输出等环节采用的方法各异。部分单位基于自身需求制定了内部流程,但缺乏通用性,导致不同来源的融合数据难以相互兼容,增加了数据共享与协作的难度。融合数据的质量评价体系也尚不健全,现有评价指标多

集中在像素级精度,缺乏从地图使用角度出发的综合评价指标,无法全面反映融合数据在地图制图中的适用性。在地图制图中,融合结果的精度验证方法同样存在争议,不同验证方法的结果差异较大,缺乏权威的验证标准,使得融合技术的应用效果难以得到客观公正的评价。

5 多源遥感数据融合在地图制图中的发展方向

5.1 智能融合算法研发

结合人工智能技术研发智能融合算法,是多源遥感数据融合在地图制图中的重要发展方向。深度学习技术具有强大的特征提取与自适应学习能力,基于深度学习的多源数据融合模型能自动挖掘不同类型遥感数据的深层关联特征,实现特征的自适应提取与融合。与传统算法相比,深度学习模型可通过大量样本训练优化参数,提高对复杂地理环境的适应能力,减少人工干预。人工智能技术在优化融合决策方面发挥关键作用,通过构建智能决策模型,可根据不同数据源的质量与制图需求,自动选择最优融合策略与算法参数,提升融合结果的针对性与可靠性。智能融合算法的应用能显著提升地图制图的自动化水平,从数据预处理、要素提取到地图生成的全流程,都可通过智能算法实现高效处理。

5.2 快速融合技术发展

面向实时制图的快速融合技术发展,是应对突发场景与动态监测需求的重要举措。边缘计算技术的兴起为多源数据实时处理提供了新路径,将融合算法部署在边缘计算节点,可实现遥感数据的就近处理,减少数据传输延迟,提高融合处理效率。通过边缘计算与云计算的协同,边缘节点负责快速处理实时数据,云计算则承担大规模数据存储与复杂模型训练任务,形成高效的实时处理体系。轻量化融合算法的研发同样关键,针对移动端地图制图设备性能有限的问题,对传统融合算法进行优化简化,在保证融合精度的前提下降低算法复杂度与计算开销,使快速融合技术能在手机、平板等移动设备上实现应用。实时融合技术在动态地理环境监测中具有核心作用,可实时捕捉地形地貌、植被覆盖等地理要素的变化,及时更新地图内容,为灾害应急、交通调度等实时性要求高的场景提供有力支持。

5.3 技术标准体系构建

构建完善的技术标准与质量评价体系,是推动多源遥感数据融合技术在地图制图中规范化应用的必然要求。行业主管部门应牵头组织科研机构、企业及高校共同参与,结合现有技术发展水平与制图需求,制定多源数据融合的技术流程规范。明确数据预处理、融合算法选择、结果验证等各环节的操作标准,统一数据格式与接口规范,实现不同机构间融合数据的兼容与共享。建立融合数据质量评价的量化指标体系,从空间精度、光谱精度、时效性等多个维度设置具体评价指标,制定科学的评价方法。

6 结论

多源遥感数据融合技术通过整合不同类型遥感数据的优势,有效弥补了单一数据源在地图制图中的局限性,为地图制图领域带来了革命性变革。本文研究表明,该技术在理论层面具备完善的技术框架,通过像素级、特征级、决策级等不同层级的融合处理,可实现数据信息的协同增强。在应用层面,其核心价值体现在提升地图几何定位精度、丰富专题地图信息表达维度、提高地图更新效率与时效性等方面,在数据预处理、要素提取、可视化表达等关键环节发挥着不可替代的作用。

[参考文献]

- [1]马京振,孙群,李少梅,等.多尺度矢量空间数据融合的基本问题研究[J].测绘科学,2022,47(09):208-216.
- [2]张雪亚.GIS与遥感技术在地图制图中的融合应用与实践[J].科技与创新,2025(19):209-211.
- [3]赵伟山,李治明,胡天明.“天地图·酒泉”市级节点数据融合及制图优化的设计与实现[J].测绘,2021,44(03):136-139.
- [4]万荣军.基于栅格数据矢量化技术的专题地图快速制图方法研究[J/OL].自然资源信息化,2025(1):1-6.
- [5]刘鑫,韩林华,刘海红.专题制图中多源数据的获取与处理技术[J].中国军转民,2024(15):34-36.

作者简介:

董杰莲(1997--),女,白族,云南大理人,本科,助理工程师,技术部经理,研究方向为测绘工程。

杨镜波(1990--),男,白族,云南省大理州人,本科,助理工程师,研究方向为测绘工程。