

面向新型基础测绘的激光点云智能处理与动态更新机制

童海雄

湖北省国土测绘院

DOI:10.32629/gmsm.v9i3.2472

[摘要] 新型基础测绘以数字化、智能化、服务化为核心,对激光点云数据的精度、密度等提出严格要求。通过预处理智能优化、语义分割与特征提取及多源数据融合等方法,可实现点云数据高效处理;构建“数据层-算法层-应用层”三级架构,结合变化检测、分类识别及协同更新策略,形成激光点云动态更新机制,支撑新型基础测绘多场景需求。

[关键词] 基础测绘; 激光点云; 智能处理; 场景需求

中图分类号: P2 文献标识码: A

Intelligent Processing and Dynamic Updating Mechanism for Laser Point Clouds in New Fundamental Cartography

Haixiong Tong

Hubei Provincial Institute of Land Survey and Mapping

[Abstract] New foundational surveying and mapping, with digitalization, intelligence, and service orientation as its core, imposes stringent requirements on the accuracy and density of laser point cloud data. Through methods such as intelligent preprocessing optimization, semantic segmentation and feature extraction, and multi-source data fusion, efficient point cloud data processing can be achieved. By establishing a three-tier architecture of "data layer-algorithm layer-application layer" and integrating change detection, classification recognition, and collaborative update strategies, a dynamic laser point cloud update mechanism is formed, supporting the multi-scenario demands of new foundational surveying and mapping.

[Key words] basic surveying and mapping; laser point cloud; intelligent processing; Scenario requirements

引言

国土空间规划和生态文明建设等领域的快速进步,使得传统基础测绘所使用的静态模式很难达到高精度、动态化的需求。数字化和智能化技术的不断发展促使新型基础测绘发生转变。激光点云技术拥有高精度、立体化数据采集能力,是支撑新型基础测绘发展的主要技术,有必要对处理方法和更新方式进行分析。

1 新型基础测绘核心内涵与技术要求

1.1 新型基础测绘的核心特征

新型基础测绘以数字化、智能化、服务化为导向,依据新时代测绘地理信息事业发展的需求,突破传统基础测绘的局限,建立全方位、高精度且动态化的服务模式。其核心特征包括数据获取立体化,整合空天地一体化观测技术,达成多尺度、多维数据的高效采集,突破单一数据源的限制^[1]。同时重视数据处理智能化,依靠人工智能、大数据等实现自动处理、智能分析、精准提取。且服务模式多元化,聚焦国土空间规划、生态文明建设等重点领域,提供个性化定制测绘服务,推动测绘成果向服务产品转化,见表1。

表1 特征类型

特征类型	核心体现	技术支撑
立体化获取	多尺度、多维度数据采集,打破单一数据源局限	空天地一体化观测技术
智能化处理	自动处理、智能分析、精准提取,提升效率与质量	人工智能、大数据技术
多元化服务	个性化定制,推动数据向服务转化	定制化服务平台、数据共享技术

1.2 新型基础测绘对激光点云数据的要求

新型基础测绘对激光点云数据提出了清晰严格的要求,主要集中在精度、密度、完整性及时效性。从精度方面来看,满足不同尺度测绘成果的相关要求,平面和高程精度需适配分级标准新型基础测绘分级标准,以保证地物细节被精准还原,进而为后续的数据处理、应用提供可靠的基础。在密度方面,要依据测绘区域的地物复杂程度动态调整,城市密集区域提高点云密度来捕获建筑细节,偏远地区则能合理降低密度以兼顾效率与成本。完整性要求点云数据覆盖全面,无漏洞缺失,特别要保障关键地物的点云覆盖^[2]。时效性要求激光点云数据能快速获取并更新,符合新型基础测绘动态更新需求,为实时化测绘服务提供数据支持。

2 面向新型基础测绘的激光点云智能处理方法

2.1 激光点云预处理智能优化

激光点云预处理是保障后续处理精度的核心前提,其智能优化围绕噪声抑制、配准优化与密度均衡三大核心目标。针对随机噪声与孤立点,采用统计滤波结合自适应阈值调节技术,通过分析局部邻域内点的分布特征,自动剔除偏离均值的异常点,并引入渐进式形态学滤波实现地面点与非地面点的初步分离。在多站点云配准环节,优化迭代最近点算法,结合光束法平差进行全局优化,提升拼接精度与收敛速度,解决遮挡区域定位漂移问题^[3]。针对密度不均,采用克里金插值算法,结合空间自相关特性动态调整插值权重,在保留地形特征真实的基础上,实现密度均匀化,为后续语义分割与特征提取提供高质量数据支撑。

2.2 激光点云语义分割与特征提取

该环节核心在于精准识别地物类别并提取关键几何与语义特征。依托深度学习架构,构建自适应协同学习网络,整合点云三维几何信息与多模态辅助特征,通过自适应权重融合模块动态分配权重,缓解单一模态数据局限。采用体素化编码与点基特征聚合相结合的方式,提取法向量、曲率等几何特征及反射强度等辐射特征,结合多头注意力机制增强特征表达能力^[4]。针对地物形态差异,设计多尺度特征提取模块,实现建筑物、植被、水体等精准分割,通过特征筛选与融合剔除冗余信息,保留核心特征,为新型基础测绘成果的精细化构建提供结构化数据支撑,提升地物识别的准确率与鲁棒性。

2.3 点云与多源测绘数据融合处理

点云与多源测绘数据融合处理旨在弥补单一数据的不足,实现测绘信息的互补与增值。融合对象涵盖光学影像、BIM模型、DSM数据等,采用特征级融合为主、结果级融合为辅的协同策略。通过透视投影技术将点云映射至相机坐标系,实现与光学影像的像素级空间对齐,再通过跨模态特征融合模块整合两者优势,提升语义理解能力。针对点云与BIM模型融合,通过几何特征匹配与坐标统一,实现实体模型与点云数据精准对应,完善三维场景细节表达。融合过程中引入智能校验机制,自动修正数据偏差与冗余,形成统一的多源融合数据集,显著提升基础测绘成果的完整性、精度与应用价值^[5]。

3 面向新型基础测绘的激光点云动态更新机制构建

3.1 动态更新需求分析与总体框架

3.1.1 新型基础测绘数据更新需求

新型基础测绘以高精度、实时性、全要素为核心需求,其数据更新需求源自测绘成果应用场景的多元化与地物变化复杂性。伴随城市建设、生态保护、应急管理等领域的发展,传统静态更新模式无法满足动态监测与精准决策的需求,亟需建立高效的激光点云动态更新模式。一方面,更新数据要有高时空分辨率,精准捕捉建筑物新建、道路拓宽、植被覆盖等微小及快速变化;另一方面更新过程要自动化、智能化,降低人工干预成本。不同场景对更新精度、更新周期的需求各异,需结合实际制定差

异化更新标准,保证更新成果能适配新型基础测绘的多场景应用需求,为后续更新机制提供明确的需求导向与目标支撑。

3.1.2 动态更新机制总体架构

动态更新机制运用分层设计理念,构建“数据层-算法层-应用层”三级协同架构,实现激光点云数据从采集到更新的闭环管理。数据层整合多时态激光点云、多源测绘辅助数据、地物变化历史数据,经标准化处理数据统一格式与质量,为后续的变化检测和更新提供高质量输入。算法层集成变化信息检测、类型识别、精度控制等核心算法,建立智能算法引擎,实现变化信息自动检测与精准识别。应用层针对新型基础测绘实际场景,提供更新成果展示、查询、校验与应用接口,支撑成果快速落地和复用。各层级通过数据接口与通信协议协同联动,保证更新机制高效、稳定、可扩展,全面支撑新型基础测绘数据的动态更新需求。

3.2 变化信息智能检测与识别

3.2.1 多时态点云变化检测算法

多时态点云变化检测在动态更新中是核心部分,其算法设计关键在于达成不同时态点云数据的精确对比、变化区域的有效提取。运用基于特征匹配的变化检测算法,先对不同时态点云配准优化,消除坐标偏差的影响。结合点云的几何特征和辐射特征,建立多特征融合对比模型,通过特征差异度,设定合适的差异阈值,初步筛选出变化候选区域。引入自适应密度调整策略,针对不同密度区域动态调整对比参数,解决低密度区域变化检测精度不够问题。融合时序分析方法,结合地物变化的时间特性剔除虚假变化信息,提高检测准确率,实现变化区域的准确定位与有效提取。

3.2.2 变化类型智能分类与识别

该环节旨在明确变化区域的地物类型与变化性质,为更新策略的制定提供依据。利用深度学习建立多分类模型,整合变化区域点云特征、多源辅助数据特征及历史变化数据,实现精准分类。综合地物变化的形态特征与语义特征,将变化类型划分为建筑物、道路、植被、水体、人工设施等类别,通过样本训练与模型优化提高泛化能力与识别精度。引入注意力机制强化变化区域关键特征提取,减轻相似变化类型的混淆。结合规则推理方法校验修正分类结果,去除分类错误区域,保证变化类型识别的准确性与可靠性,为后续更新处理提供精确变化信息支持。

3.2.3 变化阈值与精度控制

变化阈值与精度控制对保障动态更新成果质量至关重要,关键在于建立科学合理的阈值设定与精度管控模式。变化阈值设定采用自适应动态调整模式,依据地物变化特性与更新精度需求,借助统计分析方法计算不同区域、地物的合理变化阈值,避免固定阈值导致的漏检或误检。针对不同更新场景设定差异化的精度控制指标(位置、属性、拓扑等),同时明确各精度控制的标准与检验方法。采用分层精度检验策略,对检测、分类、更新成果逐级检验,结合人工与自动校验及时发现并修正精度偏差。建立精度反馈机制,将检验结果反馈至算法

层,实现阈值参数与算法模型的动态优化,满足新型基础测绘精度要求。

3.3 动态更新策略与流程设计

3.3.1 增量更新与全量更新协同策略

依据新型基础测绘数据的变化特性、应用需求,建立增量更新与全量更新协同策略,平衡更新效率与成果质量。其中,增量更新针对局部小范围、零散变化的地物变化情况,仅提取变化区域点云进行更新,这样能降低更新成本、缩短周期,适用于变化频率较低、范围较小的区域。全量更新针对大范围、整体性变化,当变化面积较大、类型复杂或增量更新累积误差超出允许范围,就重新采集并处理该区域的激光点云数据,以保证整体性与精度一致性。建立更新策略自适应选择机制,依照变化范围、变化频率、精度需求自动挑选合适的更新模式,实现协同联动,提高动态更新的高效性与合理性。

3.3.2 分区域、分类型动态更新流程

分区域、分类型的动态更新流程依据精准与高效的准则,结合区域特征、地物类型的差别,建立不一样的更新流程。依据区域重要程度、变化频率及应用需求,将测绘区域划分为核心区域(高频次)、一般区域(常规)、偏远区域(低频次),实现资源合理分配。分类型更新根据不同地物类型的变化特点制定差异化流程:像建筑物更新着重关注位置与结构的变化,植被更新重点留意覆盖度与生长状态,道路更新主要关注走向与宽度。流程涵盖数据采集、变化检测、类型识别、更新处理、精度检验、成果入库等环节,各环节无缝对接,借助自动化技术减少人工干预,保障更新流程的规范高效,提高动态更新的针对性和精准性。

3.3.3 更新周期自适应调整机制

更新周期自适应调整机制的关键在于依据地物变化特性、区域需求、成果精度,实现更新周期的动态优化,防止出现因固定周期造成的更新不及时或者资源浪费状况。建立更新周期评价指标模式,该模式包括地物变化频率、区域重要性、应用需求

紧迫性、更新成本、精度要求等指标,运用层次分析法来确定各个指标的权重,进而建立周期评价模型。依据多时态点云变化检测结果,剖析不同区域、不同地物的变化规律,结合评价模型算出合理的更新周期。要是检测到地物变化频率加快、应用需求更为紧迫,便自动缩短更新周期,要是变化频率降低、精度需求能够适当放宽,就自动延长更新周期。建立周期动态反馈机制,结合更新成果的应用效果与精度检验结果,不断优化更新周期,保证更新周期与实际需求相契合,达成动态更新的精细化管理。

4 结语

激光点云技术的智能处理与动态更新,契合新型基础测绘的核心需求,有效突破了传统测绘的局限。优化后的预处理、融合处理方法提升了点云数据质量,构建的动态更新机制实现了测绘成果的精准、高效更新,为新型基础测绘高质量发展提供了可靠的技术与机制支撑,助力测绘服务向精细化、智能化升级。

[参考文献]

- [1]李晨玉.基于多源异构数据融合的智能网联汽车环境感知系统优化[J].汽车知识,2026,26(02):53-55.
- [2]和豪涛,王旭斌.智能网联汽车多传感器融合的感知技术研究[J].大众汽车,2025,(11):19-21.
- [3]李亚南.专利视角下,智能网联汽车环境感知技术发展态势[J].创意世界,2025,(11):42-45.
- [4]韩永刚.探析智能网联汽车环境感知技术[J].通讯世界,2025,32(10):185-187.
- [5]罗森侨,陈政.基于知识图谱的智能网联汽车环境感知技术数字教材建设[J].汽车维修与修理,2025,(16):106-108.

作者简介:

童海雄(1981--),男,汉族,湖北随州人,本科,工程师,研究方向测绘工程。