

# 工程测量中无人机 LiDAR 点云数据处理优化研究

王新旭

长春市测绘院

DOI:10.32629/gmsm.v8i6.2369

**[摘要]** 无人机LiDAR技术凭借高效灵活、覆盖范畴广阔的特性,变为工程测量三维空间数据获取的核心模式,点云数据处理品质径直关联测量成果的精度与可靠性。当前工程测量当中,该技术于点云处理时依旧遭受噪声干扰、数据冗余、配准偏差以及地形特征提取失准等难题的纠缠,导致处理效率处于低位、成果精度难以契合高精度测量需求。本文结合工程实际场景,剖析点云处理流程与核心难题,从数据预处理、点云配准、特征提取三个关键环节提出优化策略,破解处理痛点,提升处理效率与品质,为工程测量供给精准三维数据支撑,助力该技术达成规范化精细化运用。

**[关键词]** 工程测量; 无人机LiDAR; 点云数据; 数据处理; 优化策略

**中图分类号:** TB22 **文献标识码:** A

## Research on the Optimization of UAV LiDAR Point Cloud Data Processing in Engineering Surveying

Xinxu Wang

Changchun Surveying and Mapping Institute

**[Abstract]** LiDAR technology has become the core method for acquiring 3D spatial data in engineering surveying, thanks to its high efficiency, flexibility, and extensive coverage. The quality of point cloud processing directly impacts the accuracy and reliability of survey results. However, current engineering applications still face challenges such as noise interference, data redundancy, registration errors, and inaccurate terrain feature extraction during point cloud processing. These issues result in low processing efficiency and outcomes that fail to meet high-precision measurement requirements. This paper analyzes the point cloud processing workflow and key challenges in practical engineering scenarios, proposing optimization strategies for three critical stages: data preprocessing, point cloud registration, and feature extraction. By addressing these pain points, the study aims to enhance processing efficiency and quality, providing accurate 3D data support for engineering surveying and facilitating the standardized and refined application of this technology.

**[Key words]** engineering surveying; UAV LiDAR; point cloud data; data processing; optimization strategy

### 引言

伴随工程建设朝着复杂化、精细化方向演进,对测量数据的精度、效率以及三维表现力提出了更高规格的要求。传统工程测量受地形、范围等因素的制约,存在效率低下、数据不全面、精度欠缺等状况,已然难以满足现代工程测量的多元化需要。无人机LiDAR技术融合无人机与激光雷达探测技术,能够快速获取工程区域三维点云数据,精准捕捉地形地物空间特征,广泛运用于各类工程测量环节。然而在实际应用过程中,受传感器、飞行环境以及处理技术等因素的作用,原始点云数据存在诸多缺陷,若处理方式不当则会对测量成果的准确性产生影响,所以深入研究其处理优化办法,对推动测量技术升级、保障工程质量具有重要意义。

### 1 工程测量中无人机LiDAR点云数据处理核心流程及现存问题

#### 1.1 核心处理流程

工程测量中无人机LiDAR点云数据处理属于一个系统性进程,核心流程围绕原始数据向可用测量成果的转化而开展,主要包含三个关键环节。首先是数据预处理,核心目标为剔除原始点云数据中的无效信息,给后续处理奠定根基,主要涵盖原始数据导入、噪声清除、数据降采样三个步骤,借助该环节能够初步提升点云数据的纯净程度,降低冗余数据对后续处理的干扰。其次是点云配准,鉴于无人机单次飞行覆盖范围存在局限,工程测量中往往需要通过多航带飞行来获取点云数据,配准环节便是把多航道、多视角的点云数据统一到同一空间坐标系之中,保障数

据的连续性与一致性,是确保测量成果整体性的关键所在<sup>[1]</sup>。最后是特征提取与成果输出,结合工程测量需求,从配准之后的点云数据里提取地形、地物的关键特征,生成数字高程模型、数字表面模型等成果,为工程设计、施工、监测提供数据支撑。三个环节紧密相连,任何一个环节出现问题,都会对最终测量成果的品质造成影响。

### 1.2 现存核心问题

结合工程测量所关联的现实应用场景状况,当下无人机LiDAR点云数据处理过程所呈现的问题,主要聚焦于三个关键环节,且这些问题具有显著的工程导向属性,并非泛化类型的技术层面缺陷。在数据预处理环节,核心问题体现为噪声剔除不够彻底,以及降采样方式不够合理。噪声的产生主要源自飞行进程中的大气环境干扰、传感器存在的误差情况、地面杂物造成的反射现象等方面,传统意义上的噪声剔除算法,在区分噪声点与微小地形特征点方面能力不足,容易出现噪声残留的状况,或者发生有用特征点被错误删除的情形,进而对后续特征提取的精准度产生影响;降采样环节存在采样比例设置不合理的问题,采样数量过多会造成数据冗余,降低处理效率,而采样数量过少则会导致关键的地形地物信息丢失,对测量工作的精度产生影响<sup>[2]</sup>。在点云数据配准环节,主要存在的问题是配准工作的偏差较大,并且工作效率较低。多航带点云数据由于受到飞行角度、飞行高度差异,以及地形遮挡等因素的作用,容易出现特征点匹配不精准的情况,进而导致配准后的数据错位、重叠异常等问题;与此同时,传统的配准算法在对复杂地形的适配能力方面较差,在地形起伏程度较大、地物分布密集的工程区域,配准工作的效率会大幅降低,难以满足工程测量工作对于高效性的需求。在特征提取环节,核心问题表现为地形地物特征提取不够准确,适配能力不足。在工程测量工作当中,不同类型的工程项目对于特征提取的侧重点存在差异,例如,道路工程项目重点关注地形的坡度情况、高程的变化状况,桥梁工程项目重点关注结构的轮廓特征,然而传统的特征提取算法缺乏针对性,难以适配不同工程项目的个性化需求,并且在复杂地形区域的特征提取精准度方面较低,无法精确捕捉到工程所需的关键信息内容。除此之外,各个处理环节之间缺乏协同配合性,未能形成适配工程测量需求的一体化处理模式,这也进一步使得数据处理工作的效率与质量有所降低。

## 2 工程测量中无人机LiDAR点云数据处理优化策略

### 2.1 数据预处理环节优化

针对数据预处理环节存在的噪声剔除与降采样问题,结合工程测量精度要求,提出分层优化策略,以兼顾处理效率与数据质量。在噪声剔除方面,采用分层结构的噪声剔除算法,以此替代传统的单一阈值算法,进而提升噪声剔除工作的精准程度<sup>[3]</sup>。首先需要对原始点云数据进行初步分层,依据工程测量中地形地物的高程差异,将点云数据划分为高空噪声层、地面噪声层和有效特征层;针对不同层级噪声所具备的特点,采用差异化的剔除策略,高空噪声主要是由大气环境干扰与传感器误触

发所产生的离散点,可采用半径滤波算法快速剔除;地面噪声主要是由杂草、碎石等杂物反射产生的密集噪声点,采用统计滤波算法,结合工程区域地形特征动态调整滤波阈值,避免微小地形特征点被错误删除;对于有效特征层应着重保留,仅对少量残留噪声进行精细化剔除,以确保有用特征点不丢失<sup>[4]</sup>。该优化策略可精准区分噪声点与有用特征点,既保证噪声清除彻底,又避免有用信息丢失,符合工程测量对微小地形特征的精确捕捉需求。在降采样方面,采用自适应降采样算法,结合工程测量精度要求和点云数据密度分布,动态调节采样比例。针对地形平坦、地物稀少的区域,适度提高采样比例,减少数据冗余;针对地形起伏较大、地物复杂的区域,降低采样比例,确保关键特征点不缺失;同时,在采样过程中结合点云数据的法向量信息,优先保留法向量变化显著的点,即地形地物的轮廓特征点,进一步提高采样后数据的有效性。通过此优化,在减少数据冗余、提高处理效率的同时,保持点云数据的核心特征完整性,满足工程测量精度要求。

### 2.2 点云配准环节优化

聚焦点云配准阶段的偏差及效率问题分析,针对特征点匹配及算法适应两个层面实施优化,增进配准的精度和执行效率,适应工程测量对高效性与高精度的迫切需求,就特征点的对比匹配而言,采取特征点的分层次匹配技术,优化匹配的精准性,首先对多航带点云数据进行特征点的筛选,将工程与所在地地形地貌特点相结合进行规划,从众多特性中挑选出那些既独特又保持稳定的要素,诸如地形转折点和地物边缘点等;将提取的特征点划分为全局特征点与局部特征点,采用全局特征进行初步的配准工作,关联多航带点云数据的空间位置坐标,减少起始点的偏差值;通过局部特征点实现细致的坐标对齐,对准后的重合区域进行分析,通过局部特征点的精准匹配,修正对位偏差,维持多航带点云数据连贯性与统一性。实行特征点匹配的验证程序,对已匹配的特征点进行合理性审核,摒弃错误的匹配特征,不断增进配准的精度,探讨算法匹配的环节,改进现有配准算法,依托于工程区域的地形属性,采用混合式的配准算法,提高算法的匹配度与运行效率,对地形平缓、地物疏落的工程区域,采用迭代最近点配准流程,提高配准工作的效能水平;对地形起伏较大、地物繁密的区域,采纳以特征为基础的配准算法,提高配准的精度;对算法的迭代阶段进行优化升级,减少循环迭代,增进配准作业的效率,实施特征点分层匹配与混合配准算法的复合,显著降低配准偏差及提升处理效率,满足工程测量领域对多航带点云数据的高精度拼接要求。

### 2.3 特征提取环节优化

面对特征提取步骤的精确程度与适配状况难题,联合各类工程测量的个性化需要,给出有指向性的特征提取优化办法,提高特征提取的精确程度与适配能力。首先,构建以工程类别为引导的特征提取模型,依照不同工程的测量需要,确定特征提取的关键指标,像道路工程着重提取高程、坡度、坡向等地形特征,桥梁工程着重提取结构轮廓、高程差等特征,水

利工程着重提取水域边界、地形起伏等特征；针对不同工程的关键特征，对特征提取算法的参数配置进行优化，增强特征提取的针对性。其次，对特征提取算法实施优化，提高复杂地形区域的特征提取精准度。运用多尺度特征提取算法，结合点云数据的空间分布特征，从不同尺度提取地形地物特征，在宏观尺度提取整体地形走向，在微观尺度提取细微地形地物特征，保证特征提取的全面性与精准性；同时，引入语义分割技术，对点云数据开展语义分类，区分地形、建筑物、植被等不同类型的地物，防止不同类型地物特征的彼此干扰，进一步提高特征提取的准确性。

### 3 优化策略的工程应用验证

为检验上述优化策略的实际应用效果，选取道路工程、桥梁工程两个典型工程测量场景进行实证分析。在某山区道路工程测量中，采用优化后的预处理算法，噪声剔除率较传统算法提升32%，微小地形特征点保留率提高28%，降采样后的数据量减少45%，且未出现关键信息丢失；点云配准环节的偏差控制在3cm以内，配准效率提升50%，有效解决了山区地形起伏大、航带拼接难的问题。在某跨江桥梁工程测量中，通过工程导向型特征提取模型，桥梁结构轮廓特征提取精度达到98%，相较于传统算法提升25%，语义分割技术成功区分桥梁主体与周边植被、水域等干扰地物，为桥梁结构安全检测提供了精准的数据支撑。实证结果表明，优化策略能够有效提升无人机LiDAR点云数据处理的效率与精度，适配不同工程测量的个性化需求。

### 4 结论

本文对无人机LiDAR点云数据在工程测量中处理的核心挑战进行深入探讨，深入实施了整个流程的优化研究与探索，研究揭示了数据预处理、点云配准及特征提取等关键步骤的核心挑战，实施了分层优化。通过工程应用验证，优选层次匹配及工程导向型特征提取等技术，成功应对并处理了图像噪声残留、图像配准偏差和匹配度不高的挑战，明显提升了数据处理效率与成果精度化策略具备较强的实用性与适配性，能够为不同类型的工程测量提供精准、高效的三维数据支持。未来可进一步结合人工智能、大数据等技术，开发智能化的点云数据处理系统，实现处理流程的自动化、智能化升级。

### 【参考文献】

- [1] 闫野. 无人机LiDAR点云数据在铁路轨道平顺性智能诊断中的应用[J]. 无线互联科技, 2025, 22(24): 5-9.
- [2] 刘昭海, 郭东福生. 基于无人机的工程测量精度提升与实践应用研究[J]. 科技与创新, 2025, (23): 209-211.
- [3] 谢海程. 无人机航测技术在建筑工程测量中的核心优势及应用场景研究[J]. 现代工程科技, 2025, 4(23): 145-148.
- [4] 王积祥. 工程测量中无人机测绘技术的应用研究[J]. 中国设备工程, 2025, (15): 213-215.

### 作者简介：

王新旭(1986--), 男, 吉林长春人, 本科, 工程师, 从事工程测量、房产测绘。