

无人机lidar在地理场景数据更新中的应用研究

汪继承 李宝
安徽省第三测绘院

摘要: 本文研究了无人机LiDAR技术在地理场景数据更新中的应用,介绍了LiDAR技术的前景和无人机LiDAR的优势,重点关注了数字高程模型(DEM)和数字表面模型(DSM)的生成及其质量评估。阐述了无人机LiDAR数据采集的关键因素,评估DEM和DSM更新质量的指标选择和应用方法。通过实际案例展示了方法的有效性,无人机LiDAR技术为地理信息领域提供了高精度的地表数据,为各种应用领域提供了重要支持,为地理场景数据的更新和精度提升开辟了新的可能性。

关键词: 无人机LiDAR; DEM; DSM; 数据更新; 评估指标

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.23.123

引言

地理场景数据更新在地理信息科学及应用领域中具有重要的意义,更新可以提供最新的地理信息数据,并应用于环境监测、城市规划、自然灾害管理等多个行业,数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)和数字表面模型(Digital Surface Model, DSM)是地理场景数据的关键组成部分,广泛用于地形分析、洪水模拟、通信网络规划等方面。随着无人机技术的迅猛发展,无人机LiDAR已经成为一种高效获取地理场景数据的工具,为DEM和DSM的更新提供了新的解决方案,亟须深入探讨无人机LiDAR技术在地理场景数据更新中的应用,研究无人机LiDAR数据的采集、处理与分析方法,进行更新成果的精度评定。

一、DEM和DSM传统更新方法比较

(一) DEM和DSM的传统更新方法

数字高程模型(DEM)和数字表面模型(DSM)的传统更新方法包括基于测量、遥感和摄影测量技术,以及基于地面控制点的插值等方法,存在一些局限性。常用方法包括:(1)地面测量,使用全站仪、GPS等测量工具对地形进行测量;(2)遥感技术通过卫星和航空摄影来获取地表信息,包括高程数据,尽管遥感数据广泛应用;(3)基于已有数据克里金法、IDW等插值方法。

(二) 各种更新方法的不足

尽管传统的DEM和DSM更新方法在一些应用中取得了成功,但它们存在一些显著的不足。传统方法通常需要大量时间和资源,包括人力和设备以完成地形数据的更新,这在需要频繁更新的应用中可能效率低下。传统方法的精度通常受到测量和遥感技术的限制,特别是在复

杂地形和高精度要求下,可能无法满足精度需求,遥感数据和地面控制点可能会在某些区域不均匀分布,导致数据稀疏性和插值误差。综上所述,传统的DEM和DSM更新方法在某些情况下存在不足之处,特别是在需要高精度、高分辨率和频繁更新的应用中,因此,研究和应用无人机LiDAR技术作为一种更新方法变得尤为必要。

无人机LiDAR技术可以提供高密度、高精度的点云数据,有望弥补传统方法的不足,并为地理场景数据的更新和精度提升提供新的解决方案。

二、无人机LiDAR数据获取与处理

(一) 数据获取前准备

在准备阶段,选择和配置无人机平台和LiDAR传感器是至关重要的,无人机的选择取决于飞行任务的性质,包括目标区域的大小、复杂性和所需精度,LiDAR传感器的选择应考虑其分辨率、波长、扫描频率等技术参数,以适应具体任务需求。航线布设规划是数据获取前的关键环节,应考虑目标区域的地形和地物特征,规划合适的航线确保数据采集的覆盖度和均匀性。此外,飞行高度的设置需根据任务要求和传感器性能来确定,以平衡数据质量和数据采集速度。

(二) 数据获取

数据获取阶段需严格遵循飞行计划和航线布设,在实际飞行中,无人机携带LiDAR传感器,以一定的飞行高度和速度飞越目标区域,LiDAR传感器将激光束发送到地面,并记录回波信号,在数据获取过程中,飞行高度的选择与地形复杂性和需求密切相关,高度设置不当可能导致点云数据不足或过度重叠,影响后续处理。航线规划需要重要考虑,良好的航线设计可确保数据采集的覆盖完整性,考虑到目标区域的地形特征,规划交叉航线以提高点云密度和质量。

(三) 数据处理

数据处理阶段是整个流程的核心,它将原始点云数据转化为可用的DEM和DSM数据。点云数据预处理包括去除异常值、噪声点过滤及对数据进行校正,以确保数据质量。进而将点云数据分类为地面和非地面点云,提取地面点云用于DEM生成。分别利用地面和地表的点云数据,采用插值方法生成DEM和DSM数据。数据处理过程中,在城市或建筑物密集区域需将建筑物的去除、分类等特殊处理,以确保最终的DEM和DSM数据的精度和完整性。完成DEM和DSM生成后,必须进行模型验证和精度评估,此过程涉及与参考数据的比对,以计算均方根误差

(RMSE)、绝对误差等指标,以验证模型的准确性。在整个数据处理流程中,需确保每个处理步骤都得到了正确的实施,数据的完整性和准确性得到了保证。

三、LiDAR点云数据处理路线及算法

(一) LiDAR点云数据处理路线

根据DEM、DSM生产更新要求,利用无人机 LiDAR 点云技术,实现小面积区域内DEM和DSM更新。通过资料收集、分析,将DLG更新中发现的地貌变化区域作为数字高程模型(DEM)与数字表面模型(DSM)更新范围。预先设计多种控制点布设方案、航线敷设方案,无人机分别挂载激光雷达和下视镜头进行飞行作业,并现场完成试验区像片控制点布设。其中:点云数据用于制作DEM、DSM等基础地理信息数据;下视镜头数据制作DOM辅助地理场景数据更新。点云数据经过预处理(包括数据配准、去噪、去冗抽稀)和滤波处理,点云自动分类和手工分类编辑,通过目视检查分类编辑后的点云,对有疑问的区域用断面图查询分析,并参照辅助反映地表、地物原貌信息的原则切准模型,采集带有高程信息的特征线:根据DEM和DSM要求对分类后的点云构TIN,制作高质量高精度的DEM和DSM,并将该数据与DEM、DSM的拼接、融合,完成数据的更新。点云获取与处理的技术流程如图1所示。

(二) 局部DEM和DSM制作、更新

局部DEM和DSM的制作、更新始于数据获取前的准备工作,依据无人机和LiDAR传感器的选择与配置,根据任务的要求选择适当的无人机平台和LiDAR传感器,传

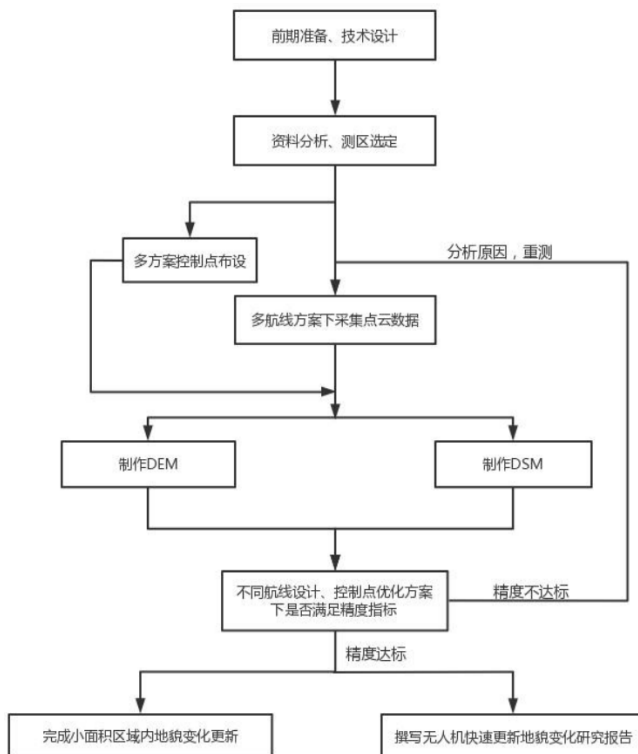


图1 点云处理路线

感器的分辨率、波长和扫描频率等参数需要与任务的精度需求相匹配。试验区域规划的飞行路径和航线布设如图2所示,为确保数据采集的完整性和均匀性,考虑到地形和地物特征,设计合适的航线覆盖整个区域。飞行高度根据任务要求确定,较低的飞行高度通常可以提供

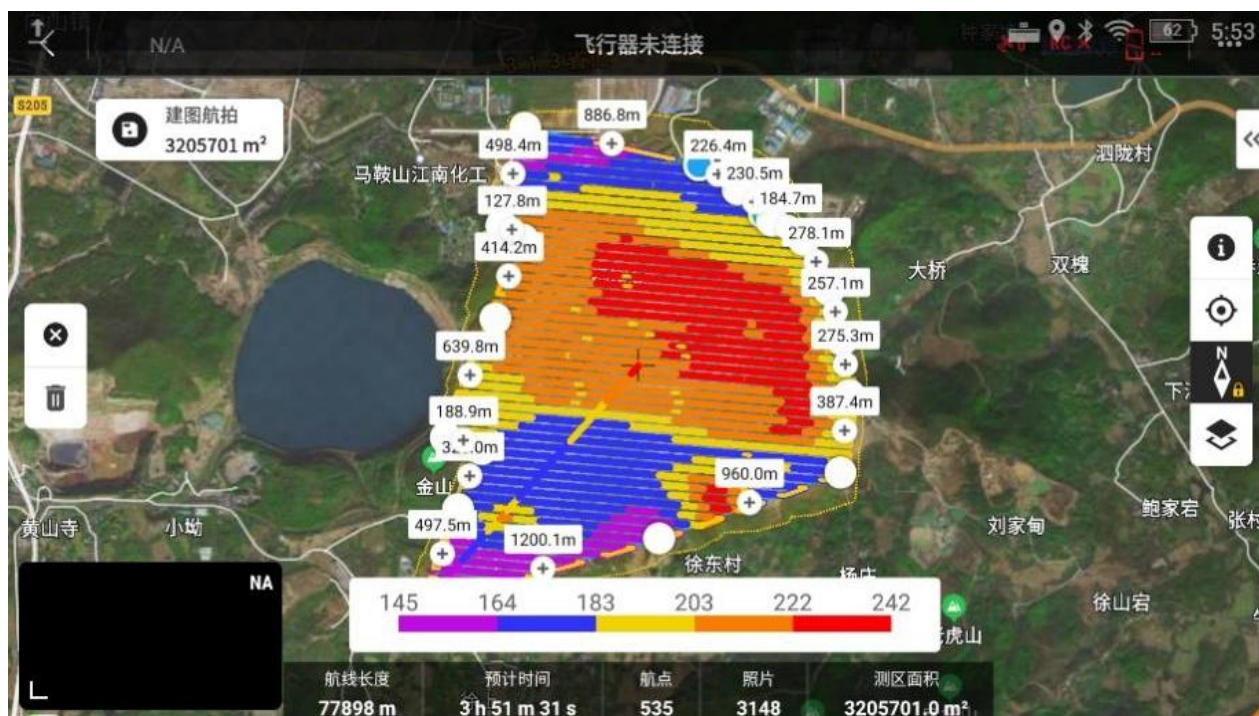


图2 航线布设

更高分辨率的数据，但也需更多的飞行时间，高度设置需要平衡数据质量和采集效率。

数据获取阶段涉及无人机LiDAR的实际飞行和数据记录过程，应确保飞行路径和航线规划的有效执行，最大限度地覆盖目标区域。飞行中应尽量保持飞行高度，保持稳定的飞行速度，同时实时监测数据的质量，检测

和处理可能的问题，如传感器校准问题或数据丢失，以获取高质量的点云数据。

激光点云地面点分离需自动提前和人工编辑相结合对原始点云数据进行噪声过滤、去除异常值，将点云数据分为地面和非地面点云，采用插值方法生成局部DEM和DSM数据，构TIN后人工编辑见图3所示。

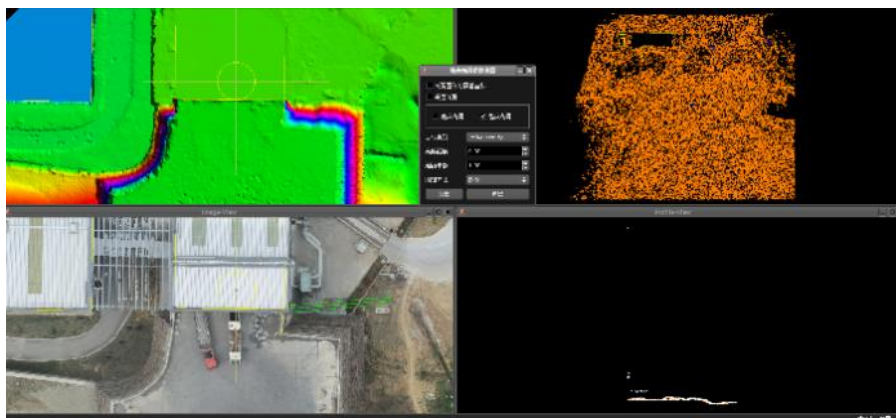


图3 人工编辑

四、DEM和DSM更新的评估方法

在利用LiDAR点云数据更新数字高程模型（DEM）和数字表面模型（DSM）时，应选择适当的评估指标，用以衡量更新质量并确定模型的精度。均方根误差（RMSE）是衡量模型与实际观测数据之间差异的常用指标，较低的RMSE值表示模型的精度较高。绝对误差（MAE）是实际观测值与模型值之间的平均绝对差值，与RMSE不同，MAE不受平方的影响，更关注模型的整体误差水平。高程误差直方图显示了不同误差范围内的数据点数量，这有助于了解误差分布情况。高程精度分析通常考虑特定高程误差阈值内的点的比例，以确定模型在特定精度要求下的性能。

高密度的LiDAR点云通常会产生更精确的DEM和DSM，通过高程误差直方图和高程精度分析，可以更好地了解模型的误差分布，从而确定是否需要进一步的改进或校正。案例中使用RMSE和MAE来评估DEM和DSM更新的精度，计算了高程变化率，通过像片控制点和检查点精测了点云数据的高程精度，经比较分析，无人机Lidar方式获取的点云数据精度较高，特别在硬化地表和无植被覆盖区域，在植被覆盖系数较低的区域，部分激光点能够到达地面，通过点云分类后能够满足内插要求，水域从理论上为黑体，不应存在激光反射点，但由于浮游植物和垃圾的影响，存在少量点云数据，处理时应更加DOM数据或已有的DLG数据将静止水面进行置平处理，流动水域自上而下平缓过渡，且不能与周围的相关地物地表高程之间矛盾。但针对植被覆盖较密集区域，优于激光点无法到达地面，需人工干预。人工干预时需加绘断裂性和特征线，通过剖面图直观的观察点云情况，结合人的已有地

貌知识，合理处理，确保地貌描述真实可靠。

结语

通过实际案例生产，研究探讨了无人机LiDAR在地理场景数据更新中的应用研究，重点关注了数字高程模型（DEM）和数字表面模型（DSM）的更新的技术流程以及质量评估。无人机LiDAR技术为地理信息领域带来了革命性的变化，使我们能够获取高精度的地表数据，可经点云分类后及时更新DEM和DSM。通过选择适当的方法和评估指标，可以确保更新的数据满足各种应用的精度需求，从地形地貌更新到城市规划、环境监测、流域分析等领域，均能利用该法获取最新的高精度的点云数据。未来，随着技术的不断发展，无人机LiDAR将继续发挥重要作用，为地理信息研究和应用提供更加精确和全面的数据支持。随着测绘地理信息的转型升级，保持数据的现势性及丰富数据自，能够较好地服务政府管理决策、助力数字经济发展、服务百姓美好生活，研究新技术提高数据更新质量十分必要。

参考文献

- [1] 张占忠. 无人机LiDAR技术在复杂山区铁路测绘中的应用[J/OL]. 铁道勘察: 1-7 [2023-09-20].
- [2] 李志伟. 基于无人机LiDAR技术的风电装备道路运输通行数值模拟研究[D]. 南昌大学, 2022.
- [3] 李嘉禾. 基于机载LiDAR的实测点云处理方法及地形建模研究[D]. 昆明理工大学, 2022.
- [4] 竹亮. 结合无人机LiDAR与Sentinel-2B影像的郁闭度估测[D]. 东北林业大学, 2022.
- [5] 李明辉. 机载LIDAR系统点云处理算法的研究与实现[D]. 华南理工大学, 2020.