

基于LiDAR的静止水域置平方法比较与研究

王安妮

中煤航测遥感集团有限公司 陕西西安 710199

摘要: 在利用LiDAR点云数据进行DEM生产过程中, 水域置平是耗费时间较长的一项工作。虽然目前部分研究已实现自动化水域置平, 但在实际生产工作中, 仍以人工干预为主, TerraSolid、GlobalMapper和LiDAR_DP等主流点云分类软件均可以实现水域置平工作。本研究通过对三种软件中水域处理的方法进行比较和研究, 提供了不同生产场景下不同处理选择的参考。相比之下, TerraSolid和GlobalMapper更适合于水域置平的批量操作, LiDAR_DP则大大节省了特征线赋值、水域点云分类和水域方面的单独检查工作。

关键词: LiDAR DEM生产 水域置平 方法比较

1. 引言

DEM (Digital Elevation Model, 数字高程模型) 是用于表示实际地形特征空间分布的重要基础测绘地理信息资料, 现已被纳入国家空间数据基础设施建设的重要内容之一。近年来, 激光雷达扫描技术以受气候影响小、测量精度高、能够穿透树林遮挡获取地表数据等优势, 逐渐成为获取高精度DEM成果的重要手段, 应用前景广阔^[1]。

但是, 由于激光雷达的激光打到水面上, 绝大部分会被吸收, 小部分镜面反射, 造成水域内点云数据较稀疏或没有点云数据。因此在利用点云数据生产高精度DEM时, 需要对水域的点云数据进行单独处理, 再与其他区域的数据进行接边后生成DEM^[2]。

根据国家CH/T8023-2011《机载激光雷达数据处理技术规范》, 需对DEM中的水域进行置平操作, 但此部分工作量仍然较大。目前许多研究已实现自动化或半自动化水域置平^[2-3], 但在目前的基于LiDAR制作DEM的实际生产中, 水域置平处理仍主要以人工操作为主。

本研究主要基于点云分类方面三种不同的主流软件TerraSolid、GlobalMapper和机载LiDAR数据处理系统(简称LiDAR_DP), 以静止水域为例, 对点云生产DEM过程中的水域置平操作进行研究和对比, 进而提供根据不同生产场景选择不同的水域置平方法。

2. 数据准备

2.1 数据获取

目前利用三维激光扫描仪是进行点云数据采集最常见的方式之一。根据三维激光扫描仪设备搭载的平台不同, 点云数据采集方式主要分为三大类:

(1) 星载: 星载LiDAR采用卫星平台, 运行轨道高、观测视野广, 基本可以测量到地球的每一个角落,

为三维控制点和数字高程模型的获取提供了新的途径, 同时星载平台长期运行, 有利于实现测绘地理信息的时间序列监测工作。

(2) 机载: 机载LiDAR主要借助有人机或无人机平台进行大规模的点云数据采集。其中有人机LiDAR航飞高度较高, 覆盖范围广, 作业效率高, 同时成本相对较高; 而无人机方式则机动性更强、更适合于小范围或空域有限制的区域, 也可作为有人机方式有扫描盲角时的补充手段。

(3) 地面: 地面LiDAR主要分为车载移动测量系统(Mobile mapping system, MMS)、手持式激光扫描。车载移动测量系统实现了地基侧面视角激光点云覆盖, 可应用于条带地形测图、高速公路资产管理、影像城市构建等领域^[4]; 手持式激光扫描灵活便携, 适合扫描物体, 如结构复杂或多曲面物体等。

2.2 点云数据预处理

3D点云数据的预处理是利用有效点云信息进行三维重建及障碍物感知的基础, 是3D点云配准、3D点云拼接环节的前提, 一般点云数据预处理工作包括点云解算、航带拼接和噪声剔除等。

(1) 计算激光点的三维坐标数据

一般情况下, 航飞结束后, 激光点云成果并无法直接获得, 需要对原始获得的激光扫描仪数据(根据各厂商设备各有不同)、DGPS / IMU数据、地面GPS基站数据和与其它相关数据等利用专业软件进行联合解算获得点云的惯导数据, 即定位定姿数据, 然后利用联合定位定向数据、原始点云信息及系统所提供的各类参数进行解算, 获得每一个激光点的三维坐标空间坐标数据(X, Y, Z)。根据项目成果需要, 将LiDAR点云数据转换到地方

坐标系或CGCS2000坐标系,便可得到随机分布的带有高程、位置和强度信息的激光点云。

(2) 航带拼接

在完成大面积区域的点云数据采集时,往往涉及多条航线甚至多个航摄分区。但是由于飞机航高和扫描视场角的限制,以及出于点云精度的考虑,航线之间一般需要根据情况保持20%以上的重叠度,在实景三维中国建设过程中,为了保证所需的高点密度,甚至需要达到3~4倍重叠。因此,不同航带的点云数据需要进行航带间平差和匹配,实现精确拼接,尽可能消除系统误差和随机误差,保证重叠区到非重叠区的平稳过渡。

(3) 激光数据的噪声和异常值剔除

噪声就是与目标信息描述没有任何关联的点,对于后续整个三维场景的重建起不到任何用处的点。激光雷达在采集三维点云数据的过程中,会受到各类因素的影响,所以在获取数据时,就会出现一些噪声。其实在实际工作中除了自身测量的系统误差外,还会受到外界环境的影响如被测目标被遮挡,障碍物与被测目标表面材质等影响因素。由于激光具有被某些物质吸收或被大面积物体遮挡的特性,以及那些具有镜面反射的地面,均会致使某些激光测距点无明显的回波信号。因此,在进行机载激光雷达原始数据处理时,首先应该进行粗差检测,对异常点或噪声点进行剔除。

2.3 点云粗分类

由于LiDAR点云数据量大、具有离散性,其滤波工作依靠纯手工操作将产生巨大的工作量,缺乏可操作性,但依赖计算机全自动分类又受限于地形地物,在地形复杂区域尤其是植被覆盖率较高的区域自动分类效果较差。所以针对LiDAR数据的点云滤波一般先采用自动粗分再采用人工细分类的方法。

点云粗分类主要是将噪点以外的点云数据实现地面点和非地面点的自动分类,目前生产中主要利用TerraSolid中的宏命令实现此目标。经过点云粗分类处理,大部分非地面点数据已经被过滤,剩下的部分地形复杂区域的地面点和非地面点的正确分类需要人工干预进行细分类。LiDAR数据人工细分类是一个需要反复操作及检查的过程,细分类时主要依据常识、分类原则、作业经验等进行。

3. 软件介绍

3.1 TerraSolid

TerraSolid系列软件是基于Microstation开发的第一套商业化LiDAR数据处理软件,主要包括TerraMatch、

TerraScan、TerraModeler、TerraPhoto等模块。

点云分类处理主要涉及TerraScan和TerraModeler两个模块的使用。TerraScan是Terrasolid软件系列中用于管理和处理LiDAR点云的主要应用程序,提供导入和项目结构工具,用于处理激光扫描活动的大量点以及相应的轨迹信息;各种分类程序使得能够自动过滤点云;通过使用半自动和手动分类工具以及多功能3D点云可视化选项,可以改进自动分类的结果。TerraModeler提供创建、编辑和利用表面模型等各项功能,包括从各种来源创建表面模型(TIN),例如存储在二进制文件中或加载到TerraScan、XYZ ascii文件和图形设计元素中的LiDAR点,还提供多种可视化选项,包括彩色晕渲效果、等高线、网格、彩色三角网、高程文本、坡向和纹理表面(与TerraPhoto结合使用)。

3.2 GlobalMapper

作为一款地图绘制软件,Global Mapper不仅能够将数据(例如:SRTM数据)显示为光栅地图、高程地图、矢量地图,还提供了地图的编辑、转换、打印、记录GPS及利用数据的GIS(地理信息系统)功能。后引入的LiDAR模块已经在全球LiDAR处理领域发挥了重要作用。Global Mapper LiDAR模块提供了众多先进的LiDAR处理工具,包括Pixels-to-Points,主要用于从一系列图像中创建摄影测量点云,自动点云分类,自动提取建筑物、树木和电力线,断面查看和点云编辑,自定义数字化或提取三维线和面要素,快速表面生成,LiDAR质量控制等。

3.3 机载LiDAR数据处理系统(简称LiDAR_DP)

机载LiDAR点云数据处理软件(LiDAR-DP)是中煤航测遥感集团有限公司自主研发的一款点云处理软件,提供了一系列全流程、智能化的机载LiDAR点云数据处理工具,如自动消除冗余点云、自动分幅、点云滤波、人机交互滤波、DEM输出等,支持海量点云批量处理,能够快速生成测区DSM、DEM和等高线等基础测绘产品,界面友好,使用方便。

4. 水域置平

现有的利用LiDAR点云数据生产高精度DEM时,主要处理手段是将水域与其他区域分别处理,需满足两个要求:①水域DEM与周边邻近区域的DEM数据间高程关系合理;②水体表面置平,内部DEM平滑过渡自然。因此,制作DEM时需要添加特征线进行处理。

4.1 基于TerraSolid和Globalmapper的水域置平

TerraSolid和Globalmapper对水域置平的处理流程相似,主要分为以下三步:

(1) 水域特征线绘制

在点云分类过程中, 主要依靠对点云进行不规则三角网(Triangulated Irregular Network, TIN)构网的方式, 识别水域, 特征表现为地面点稀疏或无点云数据, 且整体地形表现为四周向下凹陷, 若有影像作为参考, 则对水域的识别将更为直观和准确。利用TerraSolid和GlobalMapper中的绘制多边形工具沿着水域边界绘制特征线。

(2) 水域特征线赋值

因为水域高程不能比堤岸高, 一般取水域边界内高程最小值作为水域高程值(后续需检查剔除异常低值点引起的水域高程值不合理)。在TerraSolid中, 利用“Set Polygon Elevation”工具对绘制好的水域边线进行赋值; 而在GlobalMapper中, 则通过“Calculate elevation/slope stats for selected features ...”工具对水域特征线进行赋值操作。值得注意的是, GlobalMapper中需要将得到的特征线属性值“MIN_ELEV(最小高程值)”重命名为“ELEVATION”, 便于后期DEM生成过程中自动识别特征线的高程属性, 并参与DEM构网。

(3) 水域点云分类

由于水面漂浮物等的影响, 激光点云在部分水域内部也会产生点云回波, 并不会点云完全缺失。在自动分类时, 水域内部点云因符合地面点特点, 会被错分为地面点。因此需要在TIN构网后, 通过浮雕晕渲或是高程分色显示, 利用工具将水域内部的地面点分类至空的水域层或其他指定层。

水域内部的点云分类可以水域特征线为界, 使用TerraSolid中的Classify by polygon工具或Classify by class进行批量转换处理, 其中Classify by polygon工具允许在距离水域特征线一定缓冲距离内进行转换。

4.2 基于LiDAR_DP的水域置平

LiDAR-*DP*提供了非常便捷的断裂线工具, 能够快速添加高程渐变的河流、静止的水域以及其他断裂地形的特征线段。在LiDAR数据处理系统中(LiDAR-*DP*)对水域进行处理, 需要人工参与的工作为绘制水域特征线。在绘制水域特征线时, 该软件允许“自动拾取区域最低点高程”, 但需在绘制水域特征线之前勾选此选项, 同时可自动完成水域内点云数据由其它类别分类至水域点的

目的。

4.3 水域赋值检查

未经水域置平处理的DEM水域范围内会有明显的类似地面的激光点云不规则三角网(triangulated irregular network, TIN)所产生的痕迹, 但经水域置平处理后, 水域整体平整美观, 且高程合理。但由于最终水域的高程值由水域特征线的高程属性值进行确定, 所以存在因部分噪点漏分等情况导致部分高程值不准确的情况, 需要进行后期修改检查。对点云数据中地面点和水域特征线进行联合构网, 若水域高程明显异常, 则需在水域特征线的高程属性字段中进行改正。

5 结束语

通过比较, 除需人工绘制水域特征线以外, TerraSolid和GlobalMapper软件在水域置平处理方面均可以实现批量处理, 大大减少了人工作业量, 但同时后期检查中也要花费更多的时间对DEM中的水域进行检查, 避免因低点或特征线高程值不合适引起的水域高程不合理等情况; 而LiDAR-*DP*软件中虽然无法实现对特征线高程批量赋值, 但在人工绘制水域特征线时, 可自动读取合理高程并赋值并进行点云分类, 并可以实时查看水域置平是否合理, 节省了后期特征线高程批量赋值和点云分类的工作量和庞大的针对水域检查的工作量, 在一定程度上提高了水域置平处理的效率, 并能够保证精度。

目前, 多源数据的融合处理是测绘地理信息行业的研究热点之一, 而真彩色点云[10-11]的相关研究在场景分类应将具有广泛的应用前景, 结合水域的纹理信息和点云中水域的位置、形状等特性, 水域置平全自动化处理将在DEM实际生产中得到实现。

参考文献:

- [1] 郝思宝, 孙希莹, 孙磊. 无人机载LiDAR技术在矿山修复治理中的应用[J]. 地矿测绘, 2020, 36(4): 27-30.
- [2] 周国新, 唐建波, 雷丽珍, 林超, 陈驰. 基于机载点云数据的高精度水域DEM快速生成方法[J]. 地理信息世界, 2019, 26(05): 119-122+128.
- [3] 王强辉, 曾仁廉. 基于LiDAR生成的DEM水域半自动置平处理方法[J]. 测绘地理信息, 2018, 43(04): 68-70+77.