

浅谈利用点云数据生产 DEM 的方法

庞宇

辽宁省自然资源卫星应用技术中心, 辽宁 沈阳 110034

[摘要]文中主要针对利用机载激光扫描系统获取的点云数据生产制作 DEM 成果, 并对生产过程中遇到的一些问题, 提出一些意见, 同时研究利用一套点云数据生产多种比例尺的 DEM 产品, 可满足不同基础测绘的需求。

[关键词]点云数据; DEM; 机载激光扫描系统

DOI: 10.33142/ec.v6i4.8068

中图分类号: P23

文献标识码: A

Brief Discussion on the Method of Producing DEM with Point Cloud Data

PANG Yu

Satellite Application Technology Center of Liaoning Natural Resources, Shenyang, Liaoning, 110034, China

Abstract: This paper mainly aims at producing DEM results by using point cloud data acquired by airborne laser scanning system, puts forward some opinions on some problems encountered in the production process, and studies the production of DEM products of various scales by using a set of point cloud data, which can meet the needs of different basic mapping.

Keywords: point cloud data; DEM; lidar

引言

对于当今测绘行业的发展,基础地理信息数据显得极其重要。在基础测绘、实景三维建设等多个项目中对于 DEM 的需求量的是巨大的,而这些需求对 DEM 的成果比例尺又有不同的要求,因此本文主要论述用一套点云数据,生产不同比例尺的 DEM 产品,以满足各个项目的需求。点云数据的获取,现主要技术是利用机载激光扫描系统进行航空数据采集,如今这套技术在国内比较成熟,是大面积获取点云数据的有效手段。本项目主要是利用点云密度 ≥ 1 点/平方米的点云数据制作 2 米格网与 5 米格网的 1:10000 比例尺 DEM。

1 机载激光扫描系统简介

本项目主要使用的机载激光扫描系统是瑞士徕卡生产的 ALS70-HP 激光扫描系统,该系统配有航空数码相机,相机型号: RCD30 航空数码相机,焦距 52mm,像元大小 6 μ m,幅宽 9000 像素。机载激光扫描系统见图 1,系统性能见表 1。



图 1 ALS70 机载激光扫描系统

表 1 ALS70 性能参数

最大相对飞行高度	3500 米	
最大脉冲频率	500 kHz	
视场角(度)	0-75 度可调	
扫描方式	正弦、三角线、平行线	
最大扫描频率	正弦	200
	三角线	158
	平行线	120
回波次数	无限制	
回波强度次数	3	
存储介质	800GSSD	
工作温度	0-40 度	
电压	22-30.3V	

2 利用点云数据生产 DEM 的技术流程

主要工作包括点云数据处理、点云自动分类、人工编辑分类、生产点云类 DEM 与格网类 DEM。技术流程图见图 2。



图 2 主要技术流程

3 点云数据处理

3.1 点云数据解算

对机载激光扫描系统获取的点云数据进行解码,同时利用获取的 GPS 数据、IMU 数据、激光测距数据、地面基站记录文件及其坐标位置等进行联合解算,生成点云数据成果。

3.2 点云数据坐标转换

由于原始点云数据高程是大地高,因此我们需要利用辽宁似大地水准面精化模型将原始点云数据转换为 1985

国家高程基准的正常高。高程系统转换中误差不大于产品中误差值的 0.5 倍。转换后，我们在测区内共布设 10 个精度验证区，范围以 1 幅图为宜，每个精度验证区 25-30 个检查点，且点位分布均匀，地物类别丰富，打点区域的高程变化不能太大，最好选择平地区域，避免高差大的地方影响检查点的有效性。

3.3 航带重叠区消除冗余数据处理及数据分块

消除冗余处理前应对航带之间的重叠度及平面、高程中误差进行检查。航带重叠区数据量大且重复，会影响后期数据处理的效率，因此我们设置一个航带重叠点层，将重叠区的多余的数据放入其中。

需滤除航带重叠区的冗余数据，并将冗余数据存放在航带重叠点类中，之后我们可按实际作业要求及数据量大小进行分块处理。

3.4 DEM 分类方法

本项目对点云数据共分成十大类，分别为地面点类 (Ground)、非地面点类 (Default)、噪声点类 (Noise)、航带重叠点类 (Overlap)、桥梁涵洞类 (Bridge)、水系类 (Water)、管线类 (Wire)、特征要素类 (Feature)、低点类 (Lowpoint)、其他点类 (Temp)。

3.5 点云自动分类

利用三角网 TIN 模型迭代分类算法从非地面点类中分离地面点类。根据作业区地形情况，设定合适的迭代高程、迭代角度、建筑物的最大边长等参数批量执行自动分类。

3.6 人工编辑分类

3.6.1 人工编辑分类主要内容

人工编辑分类是指利用自动分类后的地面点云构 TIN 模型，在分类软件下目视检查自动分类的 DEM 效果，对于异常区域通过查看点云数据的剖面图进行精细分类。人工编辑分类主要包括：

(1) 在高程变化较大的区域，需要重新设置参数和算法，并对该区域进行重新分类，保证高差变化大的区域分类准确。

(2) 对于自动分类错误的点，用人工编辑的方式进行修正。人工编辑分类一般将点云数据分为 Ground 层(地面点)和 Default 层(非地面点)。

3.6.2 人工编辑分类原则

地貌以及与地面相连而成的道路、水系、高台等地物需表示；路堤、土堤、拦水坝、水闸等底部与地面相接的构筑物等需表示；建筑物、高塔等人工地物(如架空跨越的桥梁)、植被等须与地面点进行区分；临时地物(如临时土堆等地物)需要删除；地物尺寸小于产品格网间距的可不进行人工手动分类处理；地物高程差异小于 DEM 中误差的可不作处理；对于制作 DEM 需要滤除的地物须放到相应的类别，不能删除；对高程突变的区域，调整参数或算法，重新进行小面积的自动分类；对分类错误的点重新进行分类。

3.6.3 人工编辑分类方法及一些问题解决方

水系：河流、水渠、湖泊、坑塘等面状水系内的点云，

不能反映其现状，需要采用人机交互的方式采集水岸线，并进行置平处理。水岸线采集到水面与陆地的交界处。河流边线的高程值从上游到下游逐渐降低，平缓过渡。干涸或部分干涸的河流、湖泊等，其裸露部分归入 Ground 层；水面上的船只，分类到移动物体层；坑塘无水区域点云覆盖完整按地面处理，归 Ground 层，有水区域置平；水面宽度在 2m 以内(含 2m)的河流、水渠，其水面的雷达点云数据不作精确手工分类。

居民地及附属设施：人工建筑归入 Default 层，人工地貌归入 Ground 层；地面上的一些特殊地物，如：人工搭建的舞台、讲台等，归入 Default 层；在软件执行自动分类时，会有部分人工建筑及其他一些杂点放入 Ground 层，这些点我们需要挑出并放入 Default 层，如：建筑物墙角或墙面点、围墙上的点(含墙面)、露天设备、煤堆上的点(被吸收、比较少)及草堆、箱子、垃圾等临时性堆积物上的点；较长、宽的阶梯连接地面与地面，类似山坡的，须归入 Ground 层，若连着地面与建筑物，如大礼堂、剧院前的台阶，则归入 Default 层；坟地、公墓有人工建筑部分归到 Default 层，其余归 Ground 层。

道路及附属设施：道路两旁的通信线杆，电线杆及路灯等放在自动分类的层内，我们不需要修改。道路一边是湖泊，连着地面没有架空，另一边是河流，道路下面明显有涵洞穿过，归类时可不作处理，涵洞上的架空部分归入 Ground 层；高架的公路、立交桥架空部分、底部有 2m 以上(含 2m)的较宽涵洞穿过的公路、桥梁等，所有架空部分都要归入 Bridge 层，底部跨度 2m(含 2m)以下的涵洞归为 Ground 层。

植被地貌：坡、坎上的雷达点云数据，通过剖面图、影像可以判断是实际地形特征的、地面无临时性地物的归入 Ground 层；低于周围地面的雷达点云数据，切剖面发现高程均匀分布，影像辅助判断为坑，须归入 Ground 层；能看出植被是密集覆盖区域的归入 Default 层；堤坝、田埂周围植被将堤坝田埂部分覆盖，导致无雷达点云数据穿透到地面，则该区域的点云归入 Default 层。在植被比较茂密的地区，点云数据较少。分类时，如果该区域附近有可判断是准确的高程点，且其高程值与植被茂密区的点高程值相近，则将这些植被茂密区的点云数据归入地面点层；若无准确的地面点，则我们要参考影像信息，量取该地区植被的高程值，进行高程改正。高密度植被下的地貌处理时需注意是否存在地形缺失，确实存在缺失时需对地形进行修复操作，否则尽量保留原始点云地面点考虑到需模拟的地形地貌较多，会增加大量的雷达点云数据，因此进行模拟时，可对雷达点云数据进行抽稀后再进行地形模拟。

4 DEM 数据生产

4.1 点云类 DEM 数据制作

经过上述的点云分类之后，Ground 层的点云数据可直接作为点云类 DEM 成果，数据格式为 LAS，但这里需要对一些空白区域进行处理。对于河流、湖泊、海洋等面积较大的

无数据水体区域,采集水岸线作为特征线参与高程模型的生成。当点云数据中无法获取水岸线高程时,应实地补测高程信息。对于滤除非地面点后出现的零散、小面积无数据区域,制作数字高程模型时,根据数据实际情况设置较大的构网距离,保证插值结果反映完整地形,不得出现插值漏洞。

4.2 格网类 DEM 数据制作

格网类 DEM 是以点云类 DEM 为基础,通过数据内插处理,以矩形格网方式表达的模型,数据格式为 GIRD。首先利用分类好的点云数据成果、特征线构建不规则三角网,然后按 2m 格网间距和 5m 格网间距进行采样,内插生成格网 DEM。这里需要注意,有水的区域是没有点云数据的,因此涉及到河流、湖泊地区会有较大的漏洞。在制作 DEM 成果时,需根据数据实际情况设置最大构网距离,保证插值结果反映完整模型,不出现插值漏洞。

5 DEM 成果精度检查

本项目选取按图幅总数的 8%进行实地精度检测,精度检测图幅在作业区内均匀分布,并兼顾平原、丘陵等不同地形类别。检查点主要选在人字形屋顶边界与拐角点、细小线状地物交点、高程起伏较小的地方等,每幅图至少选出 60 个检查点。

6 DEM 部分成果



图 6.1 DEM 成果:水稻种植区

以上是本项目部分成果,包括水稻种植区及早地。

7 结束语

本项目主要是利用符合 1:2000 精度要求的点云密度和精度,来制作 1:10000 比例尺 DEM。通过这一套点云数据共制作了 2 米格网与 5 米格网的 1:10000 比例尺 DEM 两套成果,符合基础测绘的需求。同时还可将点云数据用 1:2000 图幅去裁剪分幅,点密度与精度也符合 1:2000 比例尺的精度要求,可应用于城市实景三维建设。一套点云数据生产不同比例尺的 DEM 成果,满足多个项目的要求,有效的节约了成本。

[参考文献]

- [1]许宝华,刘世振.机载 LiDAR 测量技术在潮间带测量中的应用[J].人民长江,2019,50(11):95-98.
 - [2]郭春海,张英明,丁忠明.无人机机载 LiDAR 在沿海滩涂大比例尺地形测绘中的应用[J].测绘通报,2019(9):155-158.
 - [3]吴迪,汪建光,李水英.基于机载 LiDAR 的沿海滩涂地形图制作方法研究[J].测绘与空间地理信息,2017,40(2):66-68.
 - [4]李德仁,周月琴,金为铄.摄影测量与遥感概论[M].北京:测绘出版社,2001.
 - [5]王国明,吕德凤,吴淑清.基于 Virtuozo 数字摄影测量系统的正射影像制作[J].测绘工程,2000(4):49-51.
- 作者简介:庞宇(1982.4-),辽宁工程技术大学,大地测量,单位:辽宁省自然资源卫星应用技术中心,职务:科员,职称:高级工程师。

图 6.2 DEM 成果:旱地