

# 利用 LIDAR 点云数据生产 DEM 的实践研究

李万民

宁夏国土测绘院

DOI:10.32629/gmsm.v1i3.36

**[摘要]** 利用 LIDAR 点云数据生产数字高程模型(DEM)是目前最先进的测绘技术之一,工作效率快,数据精度高,一定程度上解决了传统航空、航天摄影测量获取地面三维信息不便的难题。宁夏国土资源厅 2018 年开始用点云数据大规模生产 1:2000 比例尺 DEM,研究解决了许多技术问题,形成了较为完善的技术设计。本文重点探讨了点云分类的原则、点云分类的一般处理和特殊处理,提出了一些生产经验建议及存在的问题,供同仁参考借鉴。

**[关键词]** LIDAR 点云; 点云分类; DEM; 实践; 研究

## 引言

利用 LIDAR 点云数据生产数字高程模型(DEM)较全数字摄影测量法,建立立体模型,采集地形特征点线制作 DEM 精度和效率都有很大提高,是目前 DEM 生产最主要的手段。宁夏 2017 年获取了 2 万多平方千米的机载激光 LiDAR 点云数据,地面采样间隔优于 1 点/平方米,按照宁夏国土资源厅新型基础测绘工作安排,2018 年开始大规模生产 1:2000 比例尺 DEM,格网间距为 2 米,按照 1:5000 规格分幅,存储格式为 ArcGIS GRID,高程中误差:平地 0.4 米,丘陵地 0.5 米,山地 1.2 米,高山地 1.5 米。生产采用 LIDAR\_DP 软件,将 LiDAR 点云数据地面点精确分类出来,生产 1:2000 DEM 产品。由于我厅是第一次利用 LIDAR 点云生产 DEM,所以在生产中遇到了许多技术问题,本人作为 DEM 技术组的负责人,带领大家深入研讨每个问题,逐个加以解决,不断完善技术设计,总结经验,取得了显著的成效。

## 1 点云分类的原则

DEM 点云是在数字表面模型(DSM)点云基础上去除非地面点并进行水域点云及漏洞等处理后形成的点云。

(1)地貌、土质以及与地面相连而成的道路、水系、高台等地物应表示。

(2)建筑物、高塔、架空跨越的桥梁等人工地物、植被等地物应与地面点进行区分。

(3)临时地物(如临时土堆等静地物,车辆、行人、飞鸟等动地物)、粗差点等应剔除。

(4)地物尺寸小于产品格网间距的忽略处理。

(5)地物高程差异小于相应比例尺 DEM 中误差的可做忽略处理。

(6)手动分类前对于静止水域如池塘、湖泊应进行置平处理。

(7)河流水涯线上的高程应从上游到下游逐渐降低,使用河流断裂线勾勒水涯线走向,两段水涯线在相接处高程应保持一致。

(8)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。

(9)对分类错误的点重新进行分类,分类时,以点云切割面为主要依据,DOM 仅作参考;在比较平滑、直线区域切割面时,剖面宽度可适当放大,在拐角尤其是立交桥、高架公路等接地与架空的临界区域,剖面一定要尽量窄,务求精确。

## 2 点云分类的一般处理

### (1)噪声点处理

噪声没有被自动滤波完全去除,地面点中余留的噪声要经过人工分类去除。高点群和低点群使用线上分类、线下分类、多边形分类工具处理,高点和低点使用深度光滑和低点光滑两个工具处理。

### (2)水系

河流、沟渠和池塘的边缘本应该是连续光滑的,植被的影响会使其中一段或几段中堤岸的点云被自动分类到未分类点中,不处理这种情况会造成形状畸形。在点云编辑中首先要使用断裂线工具把河流、沟渠、池塘的真实边界恢复,再沿水系的水涯线添加河流断裂线或断裂面。

(3)堤岸、道路、沟渠旁边会有大量植被,粗分类导致部分地面点没有被划分到裸露地面点中,导致地面点缺失,真实形状缺失,这部分要通过人工补回。地面点错误划分到植被类中的情况可以使用三角网添加地面点找回,没有地面点的情况需要结合影像判读,使用添加断裂线工具恢复真实地面形状。

(4)粗分类过程中,植被点被识别为地面点,造成地面不连续且局部突出,需要用平滑工具把植被分类到植被层,或者用剖面工具去除地面点以外的点。植被遮挡致使地面点被识别为植被点,造成田埂不连续,局部田埂信息丢失,这种信息丢失对 DEM 效果影响较大,应当用加点或者添加断裂线的方式补足。

(5)其他地面起伏不大的飞点或是高架路、桥梁等被错归为裸露地面点,这些点可以对照影像数据进行判断,人工修改。

(6)建筑物点与其周围的植被点容易混淆被误判,人工分类要仔细区分。

(7)山顶自动滤波时可能有被消平,需要人工补回点云。

使用三角网添加地面点工具可以恢复山脊形状,但点云数量会额外增加,对生成的 DEM 数据影响不大,对生成的点云成果有较大影响。通常情况选择局部滤波方式来恢复真实山形,这种方法的工作量较小,效果较优。

(8)对道路编辑时,要保持路面的平坦,既保持道路两侧高程基本一致,并且道路上邻近地方不应有太大的高程跳跃。

(9)对流动水域(河流、水渠)编辑时,水域高程依据上下游水位点高程进行平滑处理,沿水涯线添加河流断裂线必须从同一方向开始,统一规定为从上游向下游画。对静止水域(湖泊、水库及坑塘等)编辑时,可将区域范围内的所有各网点点设置为统一高程。

(10)如果只保存点云即关闭软件,会造成断裂线丢失,建议手动保存断裂线备份文件。保存断裂线的时候不要自定义命名,按照默认命名即可。

### 3 点云分类的特殊处理

(1)建筑物四周高于地面的硬化地表(如房屋前后的台阶、斜坡、平台等房屋附属)的点云分类。多数建筑物房屋前后的台阶或平台在模型上不清晰,但如遇到个别的大型建筑时,需将其地基周围地形恢复。

(2)道路或街道隔离带、绿化带、花坛、人行道等被树木遮挡的较多,地面点云数量较少,为确保被树木遮挡部分的 DEM 高程正确,处理方式:建成区街道或道路突出地面的隔离带、绿化带、花坛、人行道等保留,被树木遮挡部分需加断裂线补充完整,高程信息参考有地面点的同一条绿化带或花坛等的点云高程。非建成区的道路绿化带、花坛、人行道等地面点要保留,被树木遮挡部分不需要加断裂线补充,但与建成区连接的遮挡部分加断裂线补充完整。

(3)水面处理:由于水面自身特性不反射点云,因此水面上几乎没有点云数据,为合理真实地反映水流的湍急与平稳,处理方式:水塘、水库、湖泊等封闭范围的水面以点云数据水涯线水位作为静止水面高程选择标准;河流上下游水面高差较大的,要求添加河流断裂面由高到低缓慢过度表示。水面处理原则上以摄影时期的水位为准加特征线,河岸破碎的要求加断裂线补完整。

(4)依山而建的房屋或是靠山房,由于房屋地基与屋后的斜坡或陡坎有一定高差,同时此类房屋周围往往被树木遮挡,导致房屋周围没有明确分界线的地面点,如果按照实际点云情况房屋周围会出现不同高差,生成 DEM 后出现房屋地基面是一个斜面。处理方法为:该类房屋地基周围的地面点高差较大时,加断裂线将地基置平,断裂线的高程是以房屋周边正确的地基高程为依据。

(5)地下车库出入口处点云处理方法为:地下车库出入口处点云保留,放到地面点;人行地下室出入口处点云不保

留,放入未分类点;由于其他地物遮挡造成地下车库出入口周边地面点缺失的区域添加断裂线,保证出入口的形状完整且合理。

### 4 经验与建议

(1)拿到一批点云数据做 DEM 编辑,如果没有进行高程修正,需先修正高程再进行编辑,可以有效减少工作量。

(2)河流,干级渠旁边会存在行树,影响判读水涯线准确位置,作业人员应当统一“添加河流断裂线”标准。不然接边时会出现相邻图幅渠面宽度相差较大。

(3)添加河流断裂线必须同向沿水涯线添加两条单独断裂线,再使用“添加河流断裂线”工具选中两条断裂线并指定起始与终止点高程。

(4)断裂线需要单独保存。如果只保存点云即关闭软件,会造成断裂线丢失。保存断裂线的时候不要自定义命名,按照默认命名即可。

(5)水域高草地、堆放较多无法清晰判断情况下,点云做剖面如果存在连续地面点则只做光滑处理,光滑尺度选择 0.1,如果无连续地面点或者地面点较少则作为水域添加断裂面置平。

(6)河流断裂线添加,沿河边添加断裂线应从同一方向开始。

(7)数据编辑完成后及时做好备份,尤其在接边时一定要做数据备份。

### 5 结束语

利用 LIDAR 点云数据生产 DEM 精度高、效率快,对于我们也是一项全新的工作,生产中会遇到许多问题,如长度大于多少米的桥梁、渡槽等可以滤除?农村房屋的地基如何处理,才能保证既满足精度要求又能提高生产效率?多大面积和高度的河心岛、湖心岛才进行点云处理?水面宽度大于多少米的沟渠、河流,需用河流断裂线处理水面较为合适等,都需要在实践中探索和研究解决。另外,陕西煤航公司研发的 LIDAR\_DP 软件也存在一些缺陷,如数据在添加断裂线时反应很慢,耗时很长;编辑断裂线时,若选择长度过长或面积过大的湖泊断裂线需要等待很长时间;编辑过程中软件会出现死机现象;软件输出的文件格式与国家规范要求不一致等都需要不断加以改进和完善。

### [参考文献]

- [1]CH/T8023-2011 机载激光雷达数据处理技术规范[M].北京:测绘出版社,2012:5.
- [2]CH/T9020.2-2013《基础地理信息数字成果 1:500、1:1000、1:2000 生产技术规程第 2 部分:数字高程模型》[M].北京:测绘出版社,2014:3.
- [3]靳克强,龚志辉,王勃等.机载激光雷达数据提取 DEM 的关键技术分析[J].测绘工程,2010,19(06):39-42.