

植被密集区机载 LiDAR 数据处理探索

投稿人：柳学权 13697556250 唐久清

单位：《海南华诚测绘科技有限公司》

摘要：

机载激光 LiDAR 是获取密林区域空间数据的一种有效方式。山地密林地区地形复杂，地面点云数量相对较少，激光 LiDAR 点云数据的分类处理是数据后处理的难点。本文介绍了一种将机载 LiDAR 数据进行滤波处理后，与单点实测的特征点位相融合，获取 DEM 的方法。

关键词：

机载 LiDAR；植被密集；滤波；DEM

1 引言

海南省山地丘陵较多，热带植被茂盛，东南部雨林区的植被覆盖率甚至达 90% 以上，获取这些地区的数字地面模型（DEM）一直都是测绘的难点。传统的单点定位技术，无法在密林地区有效进行，而数字摄影测量技术的精度又比较低。

近年来，测绘领域出现并逐步成熟的一种高新技术—机载 LiDAR 技术，具有数据获取快捷、准确度高的优势，是 DEM 获取的理想方法^[1]；但激光 LiDAR 数据采集包括地面、植被等各种物体反射的所有回波信息，要对 LiDAR 点云数据进行滤波和分类处理，才能获取有效数据，而地形复杂的密林地区的激光 LiDAR 点云数据处理目前仍是该技术应用的一个热点和难点^[2]。

2 项目背景

本项目区域位于海南南部，属于高山丘陵区，降雨丰沛，相对海拔约 300 米。项目区面积约 5Km²，主要有热带雨林和果园等三种地类，约 50% 的区域是热带雨林区，植被郁郁葱葱，藤曼密布，树木高度 5~10 米，植被覆盖率达 90% 以上；果园（主要为芒果和木瓜）约占 40%，芒果地的植被覆盖率约 30%~50%，木瓜地植被覆盖率约 70%~80%；还有少量的水库区域，面积约占 10%。

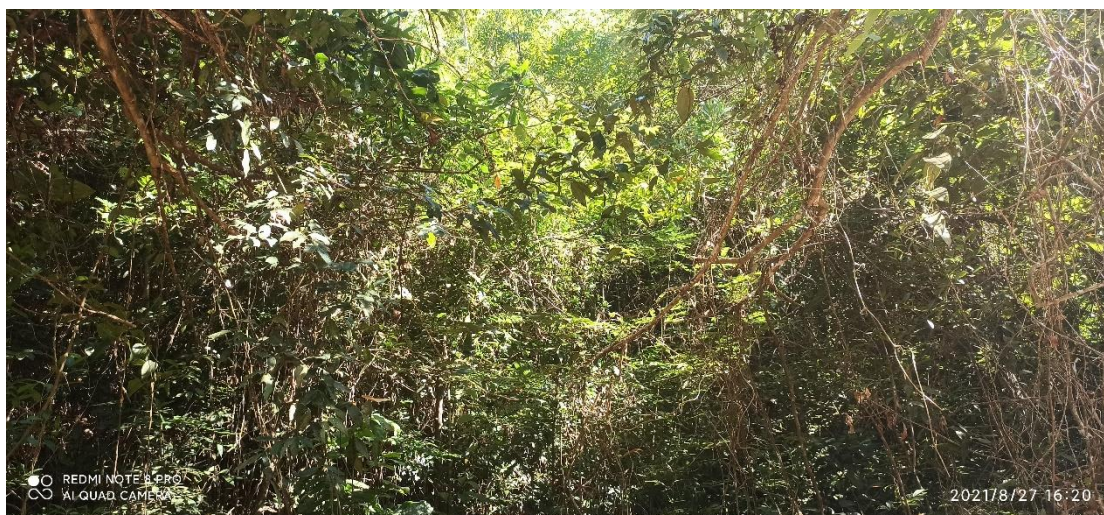


图1 热带雨林区景观示意图

考虑到测区植被密集，采用人工 RTK 采集数据不仅需要开路耗工耗时，而且有些地方地势低洼，是网络信号覆盖盲区，无法采集数据。由于植被覆盖密集，倾斜摄影也不易拍摄到地面且精度不高，而激光 LiDAR 在林区有一定的穿透性，综合考虑各种技术特点后，决定采用机载 LiDAR 来采集数据。

3 任务内容及技术路线

本项目主要任务是获取作业区域（水库及周围山体）约 5km²DEM 成果（高程成果精度不低于 1: 500 地形测量），用于山体坡度分析。

本项目项目采用飞马 D2000 无人机，飞行相对地面高度为 120m，挂载飞马机载 D-LiDAR2000 模块采集地面 LiDAR 数据，同时也采用正射相机采集整个测区的光学影像，用于辅助地面植被覆盖效果分析。



图2 测区正射影像（植被分区）示意图

机载激光 LiDAR 采集的点云数据十分密集，约 180 点/m²，数据大量冗余；因此，首先对数据 1m 空间网格单元进行抽稀；抽稀后，再进行 1m 水平平面网格的 2.5D 栅格过滤器过滤，只保留每个方格网最低高程点，然后进行植被滤除，去除大多数的植被。完成上述操作过程后，检查发现，木瓜、芒果地基本上地形点得到了很好的保留，但密林地区仍有一部分的植被点未滤除干净，因此进行第二次 2.5D 栅格过滤器过滤，设置 5m 的虚拟网格，滤除非地面点，即可保留必要的高程点；最后融入实测的特征点位，生成 DEM。技术路线如下图：

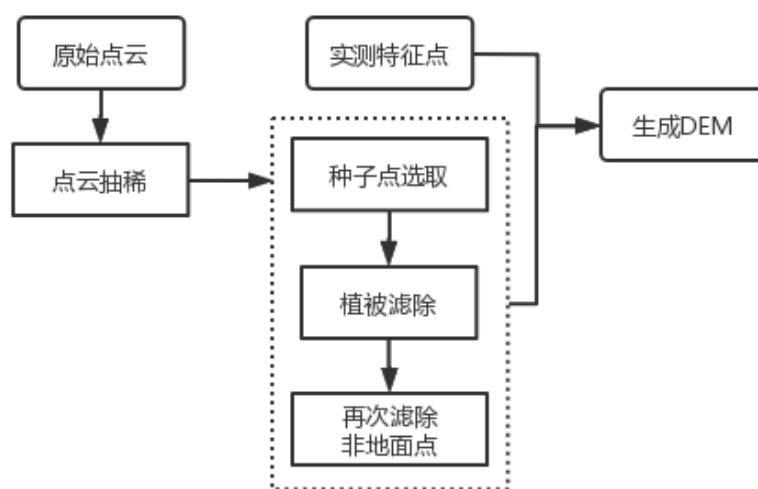


图 3 技术路线示意图

4 数据处理具体流程

4.1 数据处理软件

本项目 Lidar 数据滤波处理采用 RiSCAN PRO 软件，该软件是 Riegl 公司激光点云后处理软件，可以处理地面站、车载和机载激光数据，有点云拼接、抽稀、合并、植被过滤、构建 TIN，以及绘制等值线等功能。

数据建模、效果分析运用的是 Geomagic 软件，该软件是一款专业的点云建模软件，曲面建模编辑非常强大，有各种诸如点云去噪、平滑及抽稀等功能。

4.2 点云抽稀

整个项目共采集约 10.5 亿点，由于数据量巨大，直接过滤植被计算时间较长，先按 1m 空间单元格、八叉树抽稀的方法对点云数据进行抽稀，抽稀后点云数量约 2 千万点。

4.3 种子点选取

由于激光的穿透性和多次回波数据，经过上面抽稀后，在植被覆盖区域，空间上仍有多

个高程值，即有可能是植被顶部或中间的值，而地面点处于最低点，最低点一般为地面点或低矮的小植被点。RiSCAN 软件有 2.5D 光栅过滤器，可以过滤掉空间上多个高程值，结果取最高、最低或平均值，这里我们采用最低值过滤来选取地面的种子点。前提是观察过点云，没有地面下的反射点和噪声数据。

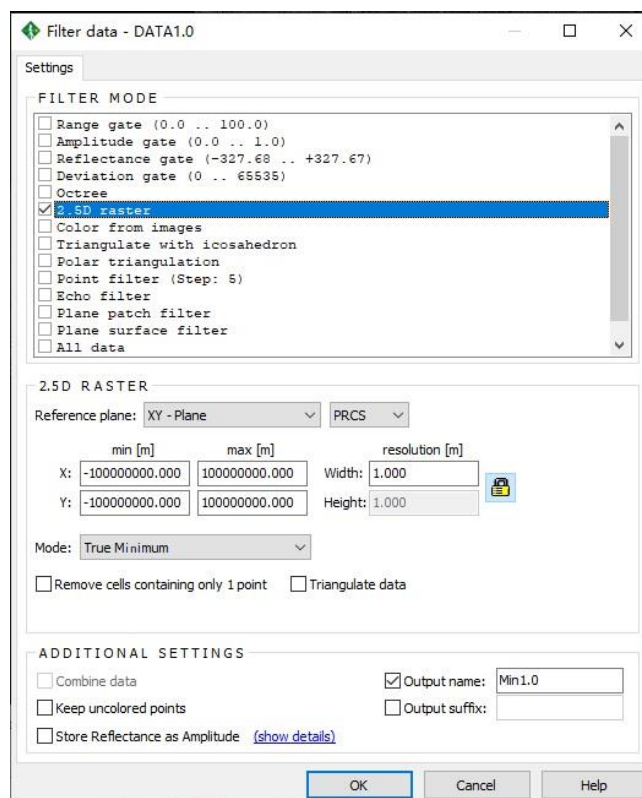


图 4 2.5D 栅格化处理参数设置

4.4 植被滤除

经过上述两个步骤过滤后，再采用 RiSCAN 软件地形过滤器，对植被进行过滤，植被过滤后，点云剩下约 4 百万点。



图5 点云植被滤除后点云示意图（白色为点云）

由此可见，通过采用植被过滤算法保留了大量的原始地面点，图上道路点云和果园地面点保留较多，特征突出，而植被密集山林区域点地面点比较稀疏。

4.5 密林区再次滤除非地面点

过滤后导入 Geomagic 软件建模（图6），模型可以比较直观地观察出效果：原始山林覆盖的山体仍有很多植被上的点未滤除干净，表现为山体部分模型表面有密集的刺突。但如果在 RISCAN 软件接着执行上面同样的过滤操作会导致大量的地面点被滤除掉，山体部分点非常稀疏而且分群，失真非常严重，无法构建连续的山体模型。

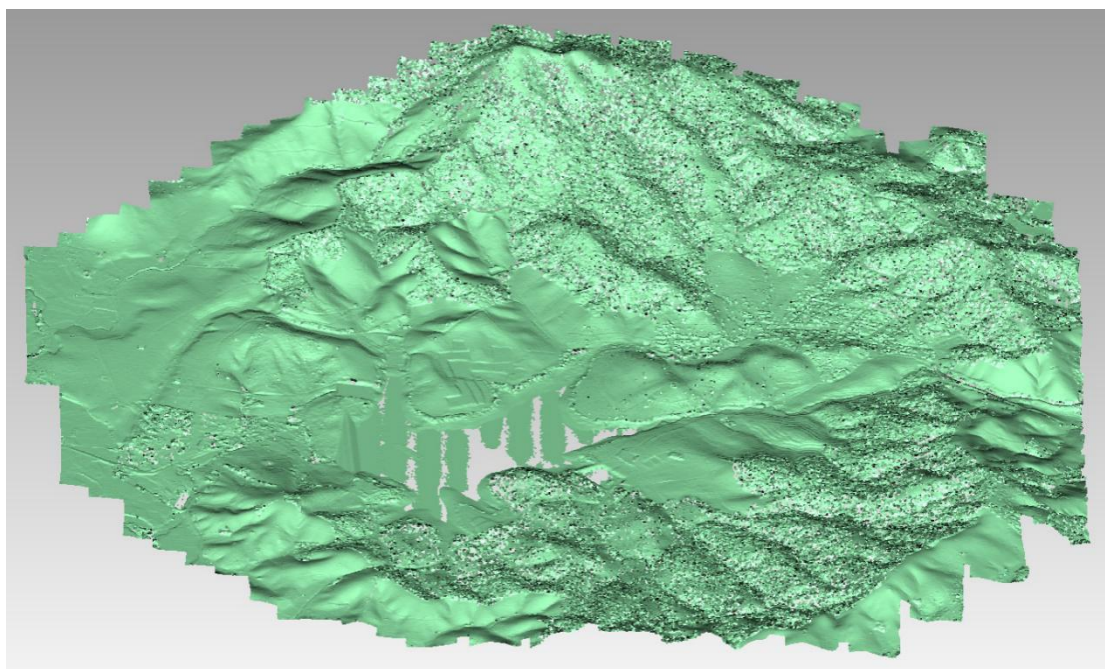


图 6 植被滤除后点云模型示意图

经过多次分析和尝试，我们发现，地面点的间距取 5m 时效果最为理想，因此我们采用 5m 的单元格再次进行 2.5D 栅格法，进行密林区非地面点再次地滤除。从图 7 可以看到山体比较平滑，非地面点基本上已经滤除干净了。

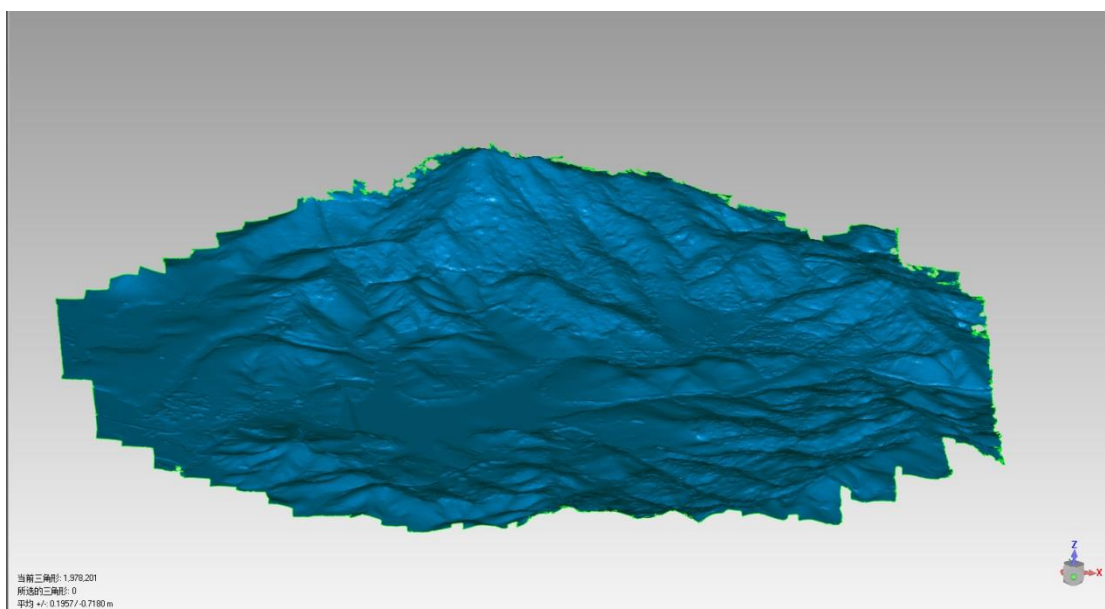


图 7 净化非地面点后效果示意图

5 成果及精度检测

该项目区植被遮挡严重，无法获取路边等地物的特征点位，因此，我们仍采用 RTK 单点定位的方法获取一定地物的特征点位，融合入处理后的机载 LiDAR 点云，生成最终的 DEM。

为了检测数据误差，我们现场根据不同植被的覆盖类型，采用 RTK 单点定位的方法采集

一部分地面检测点，下面是检验误差情况。

(1) 芒果地实际采集检查点 1357 个，经采用曲面分析工具检查点与面偏离标准差 0.27m，小于 1/3 等高距。

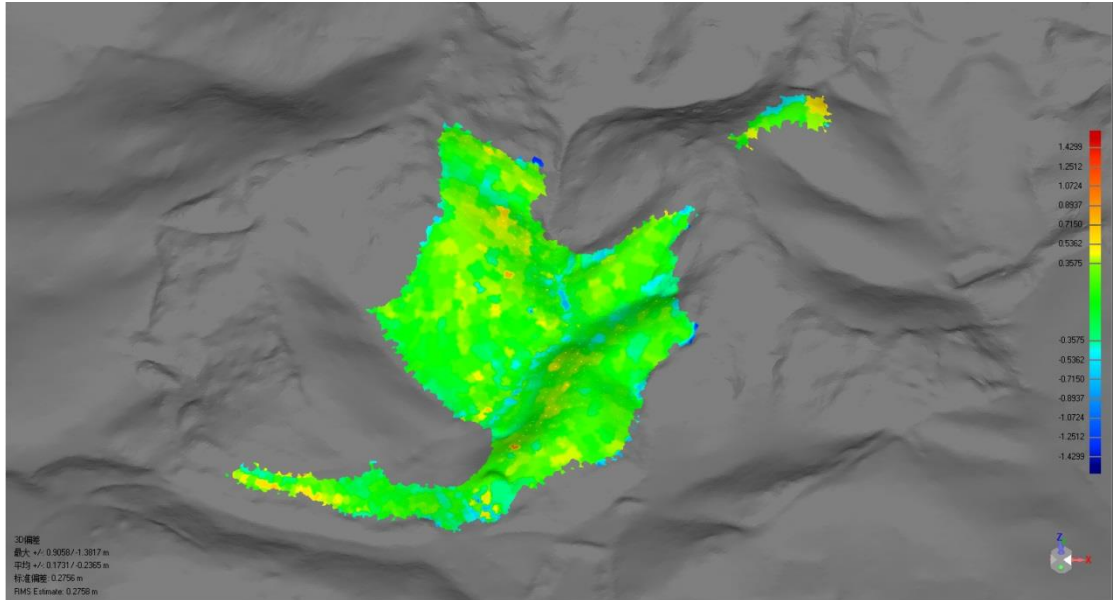


图 8 芒果地高程误差分布图

说明芒果地激光点高程与地面实测点比较，高程接近，但由于芒果地是梯田坎，采用 5m 格网点 DEM 数据曲面建模后与原始采集高程点比较个别点误差较大。

(2) 山林中实际采集检查点 1232 个，分布在山脊，山谷，山间小路、以及沿着山体中间分别采集两条 1.2km，和 0.3km 断面，经采用曲面分析工具检查点与面偏离标准差 1.14m，小于 3/2 倍等高距。

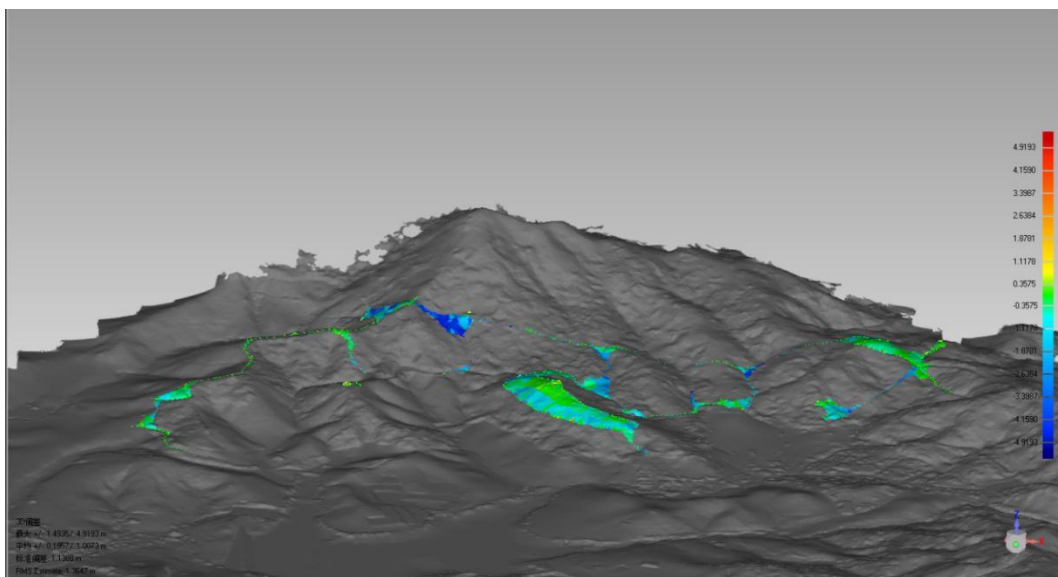


图 9 山地植被密集区域高程误差分布图

本测区经过计算，属于坡度大于 25 度地区，参照《工程测量规范》（GB50026-

2020) P41 5.1.3 地形类别划分和基本等高线确定条款规定^[3]: 地形属于高山地类别, 基本等高距为 1m, 困难隐蔽地区高程误差可以放宽至 3/2 倍等高距 (工程测量 P44 图 10)。

表 5.1.6-2 等高(深)线的插求点或数字高程模型格网点
相对于邻近图根点的高程中误差

一般地区	地形类别	平坦地	丘陵地	山地	高山地
	高程中误差(m)	$\frac{1}{3}h_d$	$\frac{1}{2}h_d$	$\frac{2}{3}h_d$	$1h_d$
水域	水底地形倾角 α	$\alpha < 2^\circ$	$2^\circ \leq \alpha < 6^\circ$	$6^\circ \leq \alpha < 25^\circ$	$\alpha \geq 25^\circ$
	高程中误差(m)	$\frac{1}{2}h_d$	$\frac{2}{3}h_d$	$1h_d$	$\frac{3}{2}h_d$

注:1 h_d 为地形图的基本等高距(m);

2 施测困难的一般地区测图,高程中误差不宜超过表中相应限差的 1.5 倍;

3 当水深大于 20m 或工程精度要求不高时,水域测图的高程中误差不宜超过表中相应限差的 2 倍。

图 10 数字高程模型高程误差

6 结论

在本项目中,虽然原始山林植被密集,但采用多次滤波的方法,可以过滤掉更多的非地面点,从而保证 DEM 数据的质量。经过分析,误差大的地方一般为山地中坡度剧烈变化的区域,比如坡度陡降而狭窄的山谷,或者有陡坎的冲沟等区域,我们后面仍需深入研究采用各种处理方法,提高密林区地形变化剧烈区域或地貌断裂地区数据的精度。

参考文献:

[1] 赵明君,刘超,高翔,李慧慧.基于多尺度网格的点云自适应坡度滤波算法[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2021,44(02):266-272.

[2] 彭丽.植被密集的陡坡区机载 LiDAR 数据滤波方法研究[D].重庆大学.2015.

[3] GB50026-2020《工程测量规范》[S].

作者简介：

柳学权，1981 出生，男，河南省南阳市人，汉族，本科，测绘工程师，现在海南华诚测绘科技有限公司主要从事地理信息和三维数据处理工作

海南华诚测绘科技有限公司

地址：海南省三亚市荔枝沟荔枝沟路 180 号丽苑商住小区 A 栋 1001 室

邮政编码 572022

联系人：柳学权

联系电话：13697556250