

# 融合 LiDAR 点云和影像的 DLG 采集方法

薛春勇<sup>1</sup> 陈小涛<sup>2</sup>

1 广西华遥空间信息科技有限公司 2 中国电力企业联合会

DOI:10.32629/gmsm.v2i5.373

**[摘要]** 在航空摄影测量领域,数字线划图(DLG)的生产方式主要是在立体像对下进行采集,这种方式每种要素都需要人工量测,生产效率不高。本方法结合高密度机载LiDAR点云、正射影像数据和原始影像数据,提出了一种DLG数据生产的新方法。该方法通过一系列的投影差改正算法,可以直接在原始影像和DOM上面进行DLG测图,实现了建筑物等要素投影偏移的自动纠正,以及自动生成等高线和高程点等地貌数据的功能,从而实现了DLG全要素数据的生产。实验表明,本文的算法精度可靠,自动化程度高,在LiDAR点云密度每平方米优于10个点的情况下,完全可以实现1:2000大比例尺测图。

**[关键词]** LiDAR 点云; 数字地面模型; 数字表面模型; 数字正射影像

## 引言

数字测图技术是测绘领域技术发展的一项主要任务,其产品数字线划图(DLG)广泛应用于国土、交通、城市规划、工程建设等国民经济的各个领域。目前,DLG数据采集的生产主要是利用航空摄影的手段,通过摄影测量软件的立体测图方式获取。这种生产方式相对于野外实际测量,大大减少了人工工作量,提高了生产效率,但是其效率和生产方式仍然有很多技术革新的空间。近年来,摄影测量的技术发展日新月异,特别是硬件技术的发展十分迅速。其中,机载LiDAR技术是近年来摄影测量领域发展最快的技术之一。

机载LiDAR技术的发展可以追溯到上个世纪六十年代,但是直到1993年加拿大的Optech公司推出了第一套真正意义上的商业化产品,随后LiDAR技术迅猛发展,现在已相当成熟。利用LiDAR可以获得高精度的数字表面模型DSM,现在已经广泛用于数字高程模型DEM的生产。当今的LiDAR设备还可以同时获取高清的航空影像,这就意味着可以同时获取地面的纹理信息的和三维坐标信息。因此,充分利用二者的信息和相互关系开展研究是几年来技术研究的一个主要方向,其中融合LiDAR点云和单幅影像的测图技术就是这种背景下的一项新技术。

影像具有高分辨率和丰富的纹理信息,是一种连续的数据表现形式,可以精细的描述地物的轮廓信息和类别属性等平面信息;LiDAR点云具有离散的特性,对于地物要素的边界信息描述受到限制,但是它可以准确的测量地面的三维坐标信息,特别是高程信息。因此,结合二者的优势,通过在影像上采集地物轮廓,在点云里面提取其高程进行测图就是单片测图的一个主要思想,另外对于等高线和高程点等地貌数据可以根据滤波后的点云自动生成。本文所述方法操作简单、自动化程度高,在普通的PC机上进行测图工作,无需依赖立体设备,减少了生产成本,提高了生产效率。

## 1 基本原理

### 1.1 基本原理

融合LiDAR点云和影像的测图方法是将原始影像、数字

正射影像(DOM)、LiDAR点云等数据进行有机的组合,并对这些数据进行处理,发掘它们之间的内在联系,从系统实用性的角度出发,制定了一套完整的全要素数据采集方法。本方法分为基础数据的准备、DOM和原始影像与LiDAR点云的数据组织和联动计算、地物要素采集、地物要素的投影差改正、等高线和高程点的自动生成五大部分。其技术流程如图1所示:

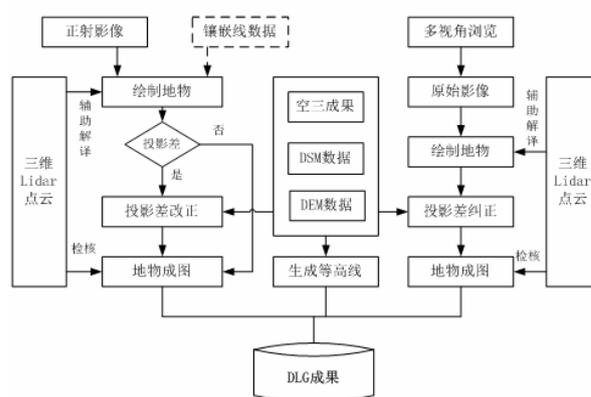


图1 技术流程

步骤一、基础数据的准备:获取被测量区域的航空摄影图像和LiDAR点云,并通过摄影测量数据处理,获取测区的空三成果、DEM\DSM、DOM数据;

步骤二、DOM图像和LiDAR点云的联动计算:通过实时计算DOM图像的显示范围,并计算这个区域在LiDAR点云上的位置,实现二者同步移动;

步骤三、地物要素采集:根据步骤一中所述的已知数据,采用数据采集工具在步骤一中所述航空摄影图像或DOM图像上采集地物要素。

步骤四、地物位置纠正:根据步骤三中的地物要素采集结果,结合LiDAR数据,获取采集地物的高程信息,对当前所采集到的地物矢量轮廓线进行位置纠正。

步骤五、等高线的生成:利用LiDAR点云数据滤波得到DEM,再根据测图的比例尺和地形确定等高距,计算等高线的高程,然后根据DEM内插等高线点,最后通过对等高线点的跟

踪和光滑生成等高线。

### 1.2 关键技术

本方法研究了融合LiDAR点云和影像进行DLG测图的整个技术流程,并以算法的实用性和较高的自动化程度作为目标,主要研究了以下技术:

1.2.1 LiDAR点云和影像的可视化及联动计算。对于海量LiDAR点云进行抽稀显示和高度渲染,对于影像数据进行金字塔的构建和按层次显示,解决了大数据量的点云和影像的可视化问题。对于DOM和点云数据利用视图平面坐标进行联动,对原始影像利用像主点坐标和地面覆盖范围与点云数据实现联动计算。

1.2.2 基于Ransac和最小二乘的建筑物高程信息自动提取算法。共线方程描述了地物位置和原始影像之间的投影关系,因此利用共线方程可以将LiDAR点云投影到原始影像中,然后计算影像中当前建筑物的位置,并统计该区域的LiDAR点云特征,通过Ransac和最小二乘算法分析和估计该区域的三维平面方程,从而实现了从影像上自动获取到面状建筑物的高程信息。

1.2.3 正射影像中地物采集的投影差改正算法。基于LiDAR点云和DOM,要实现全要素采集,其难点在于如何恢复带投影差的地物的地理位置。DOM内的要素既有经过投影纠正的也有未经过投影纠正的,同时正射影像还是由不同的纠正片拼接在一起,投影关系比较复杂。本文结合DOM、DEM和LiDAR点云等数据的内在联系,首先将DOM上带投影差的地物恢复到正确的原始影像上,然后采用Ransac和最小二乘技术自动获取该地物高程信息,最后通过共线方程将地物从原始影像上纠正中正确的地理位置,从而实现了DOM测图。

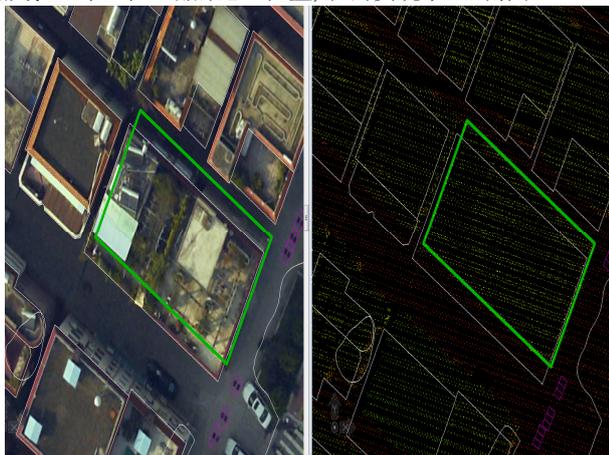


图2 建筑物投影差改正

### 1.2.4 多角度原始影像测图方法

对于单幅影像的测图方法,经常会出现影像上地物压盖地物的情况,从而导致了部分地物不可见,在这种情况下,就要考虑从相邻影像上寻找被压盖的地物。本方法首先计算被压盖地物在主影像的方位,然后计算该位置上反方向的相邻原始影像,通过在该原始影像上绘制目标地物,然后进行投影差改正,解决压盖地物的数据采集问题。



图3 多视角原始影像

### 1.2.5 等高线的自动生成算法

根据LiDAR点云滤波后得到的DEM数据,统计区域DEM数据的高程信息,根据测图比例尺设定等高距,然后通过对DEM数据的内插和跟踪自动生成测区等高线。并可以根据光滑系数进一步内插等高线数据,生成光滑的等高线。

## 2 实例分析

本文应用该方法开发了一套软件系统,并将该系统应用于某地区1:2000地形图的测制。该测区有居民地、道路、水系、山地等,地物类别丰富,其中LiDAR点云的平均密度为每平方米10个点左右,影像平均地面分辨率优于0.1米,空三加密按照1:2000的要求进行,LiDAR点云的测量精度在0.2米以内,应用该地区的影像和点云数据进行DLG测图,如下图所示:

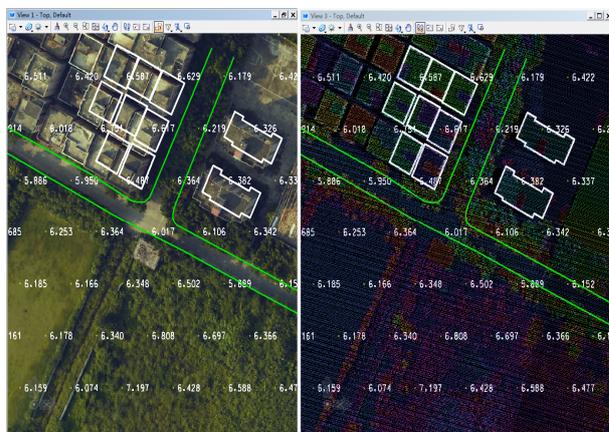


图4 地物要素采集

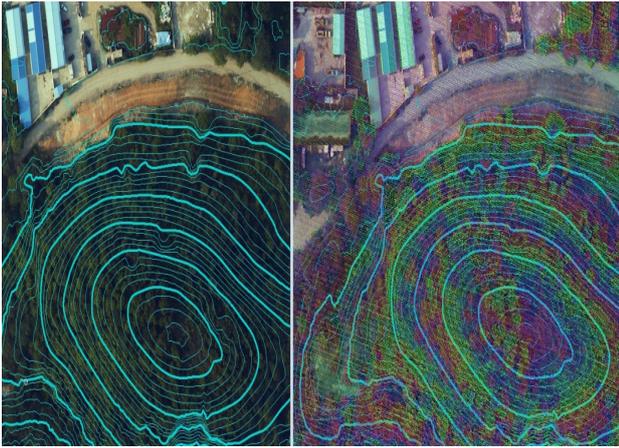


图5 等高线自动生成

最后对测图结果用实际控制点,并在立体模型下面进行精度检测,检测结果完全满足1:2000比例尺的测图要求。如下表所示:

表1 数据采集误差统计表

中误差类别	平地、丘陵地精度指标	山地、高山地精度指标
平面中误差	<0.6m	<0.8m
高程中误差	<0.3m	<0.5m

### 3 结论

机载LiDAR数据可以提供高精度的高程信息和面信息,

而影像数据具备丰富的光谱信息以及目标的边缘信息,两者的结合优势互补,为DLG测图提供了一种新的解决方案。

结合本文已完成的研究内容,在接下来的研究工作中,还有以下内容需要进一步完善和技术攻关:

(1)对于点云密度低,影像质量差的数据,需要进一步提高算法鲁棒性,增强系统健壮性。

(2)提高测图的自动化程度,提供多种功能的算法辅助,对于部分独立地物实现自动化测图。

### 参考文献

[1]李长辉.城市机载LiDAR测图系统关键技术研究与应用[J].测绘通报,2013,(8):36-39.

[2]陈松尧,程新文.机载LiDAR系统原理及应用综述[J].工程测量,2007,16(1):27-31.

[3]张小红.机载激光扫描测高数据滤波及地物提取[D].武汉大学,2002,(3):228.

[4]邓非.LiDAR数据与数字影像的配准和地物提取研究[D].武汉大学,2006,(6):43.

[5]王致华.机载激光雷达定标方法研究[D].首都师范大学,2014,(5):49.

[6]付宓.机载激光LiDAR测图与人工测图的对比分析[D].重庆交通大学,2013,(3):96.

[7]尤红建.基于机载激光扫描数据提取建筑的研究现状[J].测绘科学,2005,30(5):114-116.