

# 基于机载 Lidar 的地貌数据快速更新方案研究

赵云昌, 丁莹莹, 高照根, 刘建明

(山东省国土测绘院, 山东 济南 250013)

**摘要:**空间地理信息作为国家信息资源的重要组成部分之一,承担着越来越重要的作用,地貌数据作为空间数据的组成部分,其数据采集及更新十分重要。机载 Lidar 问世以来受到测绘行业广泛重视,其应用不断扩展。该文以地貌数据的快速更新为研究目的,深入分析了地貌更新流程以及机载 Lidar 数据成果,并在此之上提出基于机载 Lidar 数据的地貌快速更新方案,研究其具体步骤以及核心技术,同时采用 CAD 二次开发实现地貌更新数据预处理,大幅提高地貌更新效率。

**关键词:**机载 Lidar;地貌更新;激光点云;CASS

**中图分类号:**P217

**文献标识码:**B

激光雷达技术始于 20 世纪 60 年代左右,属于主动式遥感技术,集激光技术、光学技术和微弱信号探测技术于一体的现代化遥感手段<sup>[1,2]</sup>。机载 Lidar 系统集成高精度差分 GPS、惯性导航系统 INS 以及激光扫描仪等设备,以飞机作为搭载平台快速获取空间三维数据,同时可配备航空相机,获取航空影像数据。地形图用来表示自然或者人文现象的各种地图符号,是人们认知世界的另一种工具,广泛用于空间辅助决策方案中<sup>[3]</sup>。同时,针对地貌数据处理的研究也不断深入<sup>[4]</sup>,传统的地貌数据采集一般采用航空摄影测量方式进行作业,耗费人力、物力,而机载 Lidar 数据可直接生成 DEM,在各种渲染工具的辅助下,可将一个直观的三维地形展现在作业人员面前。AUTOCAD 作为重要数据采集平台之一,提供各种二次开发接口,为用户扩展提供可能<sup>[5]</sup>。因此,该文中经过深入研究机载 Lidar 数据之后,利用 CAD 平台进行二次开发,形成一套完整的地貌更新方案,为今后地貌更新提供新思路、新方法。

## 1 可行性分析

传统地貌绘制方式已经广泛应用在生产中,具有其特有优势,而机载 Lidar 系统的兴起可以为地貌绘制、更新提供新的解决方案。

### 1.1 传统方式

传统的地貌绘制主要是在航摄立体测图模式下完成的,主要步骤:①数据准备。依据技术设计要求准备测区的航空相片、相机参数以及外业控制测量成果,建立测区数据及参数。②空中三角测量。主要包括内定向、自动选点并相对定向、半自动或人工测量地面控制点,交互式完成调整和编辑,通过区域网平差获得空三加密成果。③构建立体模型、核线重采样并利用摄影测量系统软件自动生成地貌曲线。④地貌人工编辑并入库。作业人员根据测区要求对自动生成地貌进行编辑,确保曲线贴合地形表面,采集高程注记点,并进行地貌元素采编以及入库。

### 1.2 基于机载 Lidar 的优势

机载 Lidar 系统具有采集速度快、精度高等优势,在获取空间数据的同时可以获取航空影像,地貌数据更新中所需数据可以从这些原始数据中获取。其技术优势:①机载 Lidar 系统采取主动式遥感方式。通过发射激光脉冲获取目标的反射信号从而获取表示地面三维信息的点云数据。②高效率、高精度、高密度。激光扫描系统以飞机作为运载平台,通过航高、航速以及激光扫描仪视场角(FOV)进行控制。③具有穿透性。激光 Lidar 发射脉冲具有穿透性质,可以穿透树木枝叶、低矮植被,从而获取真实地形信息。

收稿日期:2013-11-11;修订日期:2014-01-08;编辑:曹丽丽

作者简介:赵云昌(1980—),男,山东寿光人,工程师,主要从事测绘及地理信息工作;E-mail:yunchangzhao@126.com

而传统方式使用影像数据,在植被复杂区域尤其山区,难以获取真实地面信息。④具有回波信息。机载 Lidar 扫描系统具有回波性质,而不同地物的回波能力不同,因此可以利用这一性质进行辅助分类。

## 2 地貌元素更新方案

经过对机载数据深入研究以及传统地貌更新流程分析后,该文提出基于机载 Lidar 数据的地貌快速更新方案。

### 2.1 数据及软件

机载 Lidar 数据主要包括激光点云数据、航空像片数据。点云数据经过精细分类处理后生成高精度 DEM 数据,航空像片数据利用该 DEM 进行正射纠正,完成 DOM 制作。文中使用分类后的点云数据(.las)以及 DOM 数据(.tif)作为原数据,并进行其他数据生成,最终获取地貌更新所需数据。南方 CASS 软件是基于 AutoCAD 进行开发的测绘软件之一,该文利用此软件进行地貌更新矢量化,并在此基础上进行二次开发实现地貌数据预处理。MicroStation 软件用于激光点云数据处理,并生成相关辅助数据。

### 2.2 地貌更新流程

经过多种地貌更新方案探索研究,最终形成地貌更新流程(图 1)。

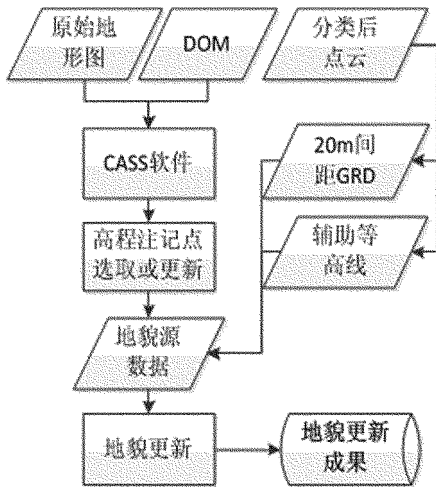


图 1 地貌更新流程图

地貌更新详细步骤:①准备测区原始地形图作为底图,准备机载数据分类后数据。②使用 CASS 测图软件将原始地形图数据打开,并更新高程注记点。③

插入 DOM 数据,辅助作业员查看纹理信息,对于高程注记点选取具有重要意义。④利用 MicroStation 软件将分类后的点云数据生成 20 m 间距的 ArcInfo (.grd)数据,此数据用于表达地形信息,等高线更新时主要依靠此数据。⑤利用 MicroStation 软件生成等高线数据,此数据具有十分高的数学精度,但是微地貌复杂,并且沿河流、道路延伸,不能自动剔除人工地物信息,所以具有重要参考意义,但不能直接代替等高线。⑥高程注记点高程计算。针对原始地形图中高程注记点进行增添、修改及删除后,注记点只具有平面意义,需对其高程值重新计算。⑦加载 ArcInfo (.grd)数据,用于地形参考,加载等高线用于等高线走势参考。⑧地貌元素更新矢量化,编辑后形成地貌成果。

## 3 核心技术

该文中使用的两种数据处理软件的数据格式具有差异性,不能直接利用,因此作者基于 CAD 进行二次开发,实现地貌原数据的自动转换并解决相关核心技术问题。

### 3.1 DOM 影像插入

CASS 软件自身具有影像插入功能,但需要多个参数,这些参数的获取及输入影响作业效率。该文中利用 GDAL 开源库进行参数的读取以及计算。

其中 Tiff 影像坐标文件中记录左上角像素中心坐标,竖直向下为正,而 CASS 软件中图像插入基点坐标应为左下角像素的左下角,竖直向上为正。其中不仅仅存在竖直方向轴不同,还存在着半个像素的误差,因此需用公式 1 计算插入点信息:

$$\text{width}_{\text{insert}} = \text{Resolution} \times \text{width}_{\text{image}}$$

式中:Resolution 为图像分辨率,width<sub>i</sub> 为对应的宽度以及高度,参数 1/2 为校正半个像素误差。

### 3.2 高程注记点更新

高程注记点更新完成后,仅仅具有平面意义,需要重新计算其高程信息,为了提高高程计算精度,该文采取三角网内插方式计算。主要涉及两个核心技术问题,点云索引以及三角网构建。

(1)构建点云数据索引。点云数据量十分庞大,而且无序排列,不具有任何拓扑信息,利用所有数据进行三角网构建十分费时。而注记点高程计算只需利用指定范围内数据进行内插即可,无需全部构建。

该文中采取分块索引方式进行处理,即首先采用网格划分,确定索引块大小,遍历点云数据进行分块,如公式 2 所示:

$$\text{Row}_{\text{index}} = \frac{Y_{\text{pc}} - Y_{\text{min}}}{\text{blocksize}}$$

$$\text{Col}_{\text{index}} = \frac{X_{\text{pc}} - X_{\text{min}}}{\text{blocksize}}$$

式中: $\text{Row}_{\text{index}}$ ,  $\text{Col}_{\text{index}}$  为索引块行号、列号,  $Y_{\text{pc}}$ ,  $X_{\text{pc}}$  为点云坐标,  $X_{\text{min}}$ ,  $Y_{\text{min}}$  为索引左下角坐标,  $\text{block}$  为分块大小。

在进行数据索引时,计算高程注记点指定范围内的数据。首先获取索引块数据,主要包括以下索引块:①遍历索引块 4 个角点,只要其落入高程注记点指定范围内,即包含此索引块。②计算高程注记点所在索引块  $(X_{\text{sj}}, Y_{\text{sj}})$ 。③计算以高程注记点为圆心  $(X_{\text{sj}}, Y_{\text{sj}})$ , 以指定范围长度  $\text{raidus}$  为半径的圆的 4 个角点,分别为  $(X_{\text{sj}} + \text{raidus}, Y_{\text{sj}})$ ;

确定索引块之后,合并所有索引块内点云数据,遍历选取高程注记点指定范围内数据。

(2)三角网构建。建立点云索引数据之后,可快速获取高程注记点周边数据,此时点个数少,可直接进行三角网构建。采用逐点插入法:①寻找点集中的左上角、左下角、右上角、右下角点作为初始多边形。②对初始多边形进行三角剖分。③逐点插入未处理点,找出包含未处理点的三角形,把与各个顶点连接形成新三角形。④对三角形进行优化处理。⑤如果所有点完成则退出,否则执行步骤 3 直到结束;构建完成三角网之后,计算高程注记点所在三角形编号,并依据此三角形构成空间平面计算高程注记点高程。

### 3.3 辅助等高线

由机载点云生成的 DEM 精度高,可以精细表达地形走势,利用此数据生成等高线数据,数学精度较高,可以作为地貌更新时的参考数据。

(1)等高线生成。当前等高线生成方法一般利用 DEM 数据,通过 DEM 构建 TIN 数据,再此之上生成等高线。可利用 DEM 生成等高线的软件有 Global Mapper, JX-4, TerraModleler 等,其中 TerraModleler 可利用激光点云数据直接生成。

(2)加载等高线方法。利用 MicroStation 生成等高线之后,将数据存储为 DGN(.dgn V7 版本),采用 GDAL 进行读取,遍历每一条记录,判断记录类型,其中  $\text{wkbLineString25D}$ ,  $\text{wkbPolygon25D}$  为等高线数

据,解析后根据节点进行连接,将所有等高线转换为 CAD 中带有标高的二维多段线,同时计算并注记标高。

## 4 实例分析

### 4.1 地貌预处理

该文中基于 CAD 平台利用 .net 进行二次开发,将地貌数据的前期预处理部分集成至“地貌预处理”菜单,可实现对原始地形图不必要数据的剔除、影像插入、高程注记点高程值计算以及导入辅助高程点和等高线(图 2)。



图 2 地貌预处理菜单

### 4.2 地貌更新

依照该文提出流程,对实验数据进行地貌更新操作,获得了良好的更新成果。实验证明,利用该文中的解决方案能够快速更新地貌信息,验证了基于机载 Lidar 数据的地貌快速更新方案的可行性。

## 5 结语

机载 Lidar 作为一种新兴的航空遥感技术,集多种优势于一身,具有广阔的应用空间。地貌数据作为重要的空间地理数据,其数据更新速度直接影响其应用效率。该文中在充分研究机载数据成果以及地貌绘更新程后,提出基于机载 Lidar 的地貌快速更新方案,对其使用数据、绘制流程以及遇到的技术难题进行逐步解决,并利用 CAD 二次开发出地貌预处理插件,大幅提升作业效率,最终形成一套完整的地貌更新流程,为今后利用机载 Lidar 数据进行地貌更新提供解决方案。

**参考文献:**

- [1] 赵峰. 机载激光雷达数据和数码相机影像林木参数提取研究[D]. 中国林业科学研究院, 2007.
- [2] 赵平建. 基于三维散乱点云的曲面重构技术研究[D]. 大连理工大学, 2009.
- [3] 时荣, 任慧萍, 李玲. 浅谈机载 Lidar 点云数据地貌更新[J]. 产业与科技论坛, 2013, 12(3): 79 - 80.
- [4] 王兆忠, 田振环, 曹艳玲, 王琳. 几种等值线绘制方法的评述比较——以新疆尉犁县赛列克西勘查区为例[J]. 山东国土资源, 2013, 29(12): 42 - 45.
- [5] 于岱峰, 苗晓辉, 王召泽. 基于 AutoCAD 的房产基础测绘成图软件设计与实现[J]. 山东国土资源, 2012, 28(2): 40 - 42.

## Study on Fast Updating Method of Landform Data Based on Airborne Lidar Data

ZHAO Yunchang, DING Yingying, GAO Zhaogen, LIU Jianming

(Shandong Surveying and Mapping Institute of Land and Resources, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** Spatial information is one of the important components of national information resources. It plays more and more important role. As parts of spatial data, acquisition and update of geomorphic data are very important. Since the advent of airborne Lidar, its applications continue to expand. With the rapid update geomorphic data for research purposes, after deep analysis on the features of airborne Lidar data and update process of geomorphic data, fast update method based on airborne Lidar data has been put forward. Specific steps and the core technology of this method have been introduced. At the same time, data preprocessing based on secondary development of CAD has been carried out, which will greatly improve the efficiency of updating landform data.

**Key words:** Airborne Lidar; geomorphologic updating; laser data; CASS software