

LIDAR 数据结合特征线获取高精度 DEM 及 DOM

姜琳琳<sup>1</sup>,赵晓明<sup>2</sup>,洪 波<sup>3</sup>

(1. 哈尔滨兰诺数码有限公司,黑龙江 哈尔滨 150090;2. 黑龙江工程学院 测绘工程系,黑龙江 哈尔滨 150050;3. 黑龙江省测绘研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘 要:LIDAR 点云数据是一种快速提取 DEM 的方法。但由于 LIDAR 点云的一些特性和地面上物体的复杂性,很难直接提取出高精度的 DEM 及获取高质量的 DOM。介绍一种 LIDAR 点和特征线相结合的方式,即新兴技术和传统技术相结合,此方法既克服周期性长的缺点,又保证精度。

关键词:激光雷达;DEM;DOM

中图分类号:P232 文献标识码:A 文章编号:1671-4679(2009)02-0032-04

Characteristic line combination of LIDAR data to obtain high-precision DEM and DOM

JIANG Lin-lin<sup>1</sup>, ZHAO Xiao-ming<sup>2</sup>, HONG Bo<sup>3</sup>

(1. Harbin Lannuo Digital, Ltd., Harbin 150090, China; 2. Heilongjiang Institution of Technology, Harbin 150050, China; 3. Heilongjiang Provincial Research Institute of Surveying and Mapping, Harbin 150086, China)

Abstract :LIDAR point cloud is a rapid method of DEM Extraction. Due to the characteristics of LIDAR point cloud and complexity of objects on the surface , it is difficult to make direct high accuracy DEM Extraction and high quality DOM acquirement. This paper introduces a method to combine LIDAR with characteristic line , that is emerging technology combined with traditional technology , which conquer the disadvantage of long periodicity. Furthermore , this could achieve precision guarantee.

Key words :Light Detection And Ranging (LIDAR) ; DEM (Digital Elevation Model) ; DOM (Digital Orthophoto Map)

激光雷达(Light Detection And Ranging, LIDAR)技术是现代对地观测的最新技术之一,该技术可以实现空间三维坐标的同步、快速、精确地获取,并根据实时摄影的数码像片,通过计算机重构来实现大型实体与场景目标的 3D 数据模型,再现客观事物实时的、真实的形态特性,为快速获取空间信息提供了简单有效的手段<sup>[1]</sup>。

数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)是一定区域范围内规则格网点的平面坐标( X, Y)及其高程( Z)的数据。高精度的 DEM 不仅可以非常直观地展示一个地区的地形、地貌,而且也各种地形特征的定量分析和不同类型专题图的自动绘制提供基本数据,因此,高精度 DEM 获取意义重大<sup>[2]</sup>。目前 DEM 主要的获取方式是通过航空摄影、摄影

处理、地面测量(空中三角测量)、立体测量、制图过程的生产模式,其缺点是周期过长。

本文基于 LIDAR 系统通过过滤处理提取纯地形特征信息的点云数据,和立体测量中的特征线相结合,最终生成高精度的 DEM,并在此基础上对同步获取的数码影像进行正射纠正,生成高精度的 DOM。

1 LIDAR 数据过滤方法分析

LIDAR 数据在应用各领域之前,都要过滤出地面点和非地面点。下面介绍几种常用的滤波方法:

1) 数学形态学法<sup>[3]</sup>。通过一片水平分布的记录点上的窗口得到初试地面,所有与该地面在某一距离范围内的点都认为是地面点,然后用一种自回归过程来检验和进一步优化这些地面点。不过与自回归过程相反,窗口以及在初试地面基础上筛选出的点可以很容易地扩展成二维离散数据。

2) 移动窗口滤波法。利用一个大尺度的移动窗

收稿日期:2009-03-12  
作者简介:姜琳琳(1980~),女,助理工程师,研究方向:正射影像。

口找到最低点计算出一个粗略的地形模型,然后过滤掉所有高差超过给定值的点,计算一个更精确的DEM。但是窗口的大小及值的大小都会影响分类结果,而且参数的设置取决于测区的实际地形状况。

3)迭代线性最小二乘内插法。核心思想是基于地物点高程对比应趋于地形表面激光脚点的高程值,线性最小二乘内插法后激光脚点高程拟合残差不服从正态分布,高出地面的地物点高程拟合残差都为正值,且偏差较大。采用一个含有4项参数的权重函数。根据相对高程越高的点其权重系数就越小的原则,达到对地面情况的充分估计。

4)基于地形坡度法。基本思想是基于非地形坡度引起的两相邻点与高程差异有关的坡度值,认为其中较高的点是非地面点。该法根据一个可接受的两点间的高程差,构造两点间距离函数的函数。

从以上几类算法可以看出,各类算法都有各自的优缺点,有待改进,几乎每一种算法都要将离散观测值内插成规则格网以便于数据操作,这样必然会有内插误差<sup>[4]</sup>。几乎所有的方法都是把高程低的点归属于地面点,高程高的点不归属于地面点,而实际情况有时候却并非如此,从而带来了一定的系统误差。现有数据处理技术上、作业流程上的缺陷,使得该技术在实际应用中还存在问题。

下面介绍的处理方法能够很好地避免由于算法不足而产生的误差。采取的实验区域是美国加州的一块数据,LIDAR点数据是4 ft一个点,第一步先观察由滤波处理后的LIDAR点直接生成10×10格网的DEM。

从图1可以看到整体的地表形态,河流、道路、山脊、山谷都能区分出来,但是当仔细看下去的时候会发现,地表特性又不是很明显,尤其是道路、水系的边界似乎不能清晰易见。下面介绍的方法却能很好地解决这一问题。



图1 滤波处理后LIDAR点生成的DEM

## 2 数据处理

### 2.1 LIDAR数据的抽稀

与图1所用数据一样,都是通过过滤处理的代表纯地形特征信息的点云数据,现在对相同的数据做处理。由于LIDAR点的密度非常大,4 ft一个点,而对于生成10×10格网的DEM来说,这样大的数据一定会产生数据冗余,增加大量的数据运行时间,所以第一步是要对LIDAR点进行抽稀。实验数据把LIDAR点抽稀成30 ft间距的点。

### 2.2 剔除特征线附近的点

本实验利用点和线共同生成DEM,这样生成出来的DEM既满足精度,又美观。但是由于LIDAR点本身存在的离散性、不均匀性、缺少光谱信息、存在数据缝隙等一些特性,再加上LIDAR数据处理技术上的不完善,很容易造成矢量线附近的LIDAR点和线矛盾,所以要想生成高精度的DEM,首先要把线附近的LIDAR点剔除。图2是LIDAR点对应的矢量数据。

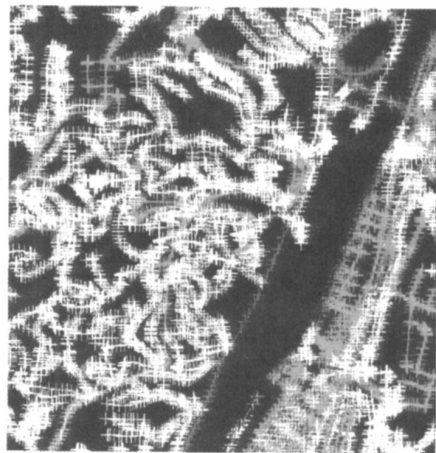


图2 LIDAR点对应的矢量线

### 2.3 点线结合生成DEM

由图2和图3生成10×10格网的DEM,如图4所示。

从图1和图4的比较明显看出,矢量和点生成的DEM更能充分表达地表信息,看上去也更圆滑、更美观。

## 3 DEM的应用

DEM在测绘、水文、气象、工程建设、通讯、军事等国民经济和国防建设及人文和自然科学领域有着广泛的应用,利用数字高程模型(DEM)可方便地生成三维方块图、视线图、等高线图、地貌晕渲图等<sup>[5]</sup>。不过DEM更为广泛的一个应用却是数码影像的正

射纠正。

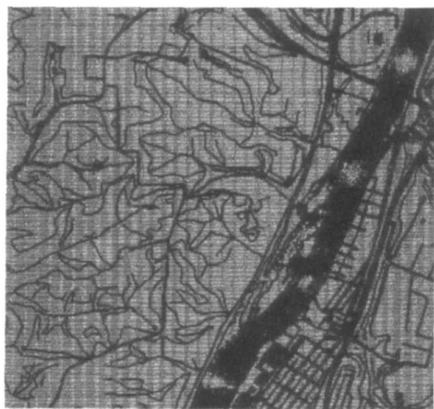


图 3 抽稀后并剔除线附近数据的 LIDAR 点



图 5 图 4 DEM 数据纠正后的正射影像



图 4 图 2 和图 3 数据结合生成的 DEM



图 6 图 1 DEM 数据纠正后的正射影像

目前,最为快捷、有效的正射纠正方法当推计算机数字微分纠正,数字微分纠正技术根据遥感器的构像方程和已建立的 DEM,对数字图像逐像元进行微分纠正<sup>[6]</sup>。其所需变量除航摄参数、外方位元素以外,更需要高精度的 DEM 以保证纠正质量。本文基于 LIDAR 和矢量数据获取的 DEM 对同步获取的航空影像进行正射纠正。

本次航空影像 DEM 所用的 LIDAR 点和矢量数据是同步获取的,两者坐标系都是 WGS84 坐标系,因此,不需进行坐标系的转换。在此基础上,在 MIRASUITE 软件支持下直接利用影像的外方位元素、经反复优化的相机校正参数和 LIDAR 点与矢量数据共同获得的 DEM 数据,对数码影像进行正射纠正。

实际上还有一步实验过程,就是用相同的纠正参数、不同的 DEM 纠正的正射影像。

从图 5 和图 6 很难看出两者的差异,那是因为截取的影像面积过大,不容易看见,现在在这两副影像上按 1:1 比例截取两块相同坐标的影像。

从图 7、图 8 很清晰地看到由点和线一起纠正

的影像能很好地保证地形特征,而只有 LIDAR 点纠正的影像却容易在道路或者是水系的边缘产生扭曲、变形。不但影响影像的美观,更影响精度。当然,这可以通过对 DEM 的平滑做后续处理,但这同样会降低精度,而且浪费大量的人力、物力,在一般情况下是不可取的。



图 7 图 5 影像上局部放大图



图 8 图 6 影像上局部放大图

4 结束语

相对于其它遥感手段,激光雷达遥感技术的最大优势在于可以快速、直接并精确地探测到真实的地表及地面的高程信息。但是,基于激光雷达数据提取高精度的 DEM 往往也受到一些因素的限制:激光点数据的特点,包括点密度、回波次数、SILC 信息等;地面状况,包括地形复杂程度、受地形影响的地物、植被及真实地表的连续性等;非地面点

过滤算法的适应性。因此,根据应用目的,本文采用的 LIDAR 点和矢量线相结合的方式成功地避免了 LIDAR 本身不足而造成的后续影响,又减少了立体采集人员采集大量特征点的时间,使两者的优缺点互为补充,互为结合。对于目前 LIDAR 点的应用情况而言,是一种比较可取的形式。不过,对 LIDAR 点的探索将不断改进,信息的获取、算法的提升都将是测绘人孜孜以求的方向。

参考文献

[1]张 卡,盛业华. 遥感新技术的若干进展及其应用[J]. 遥感信息,2004(2):56-62.  
[2]周淑芳,李增元,范文义. 基于机载激光雷达数据的 DEM 获取及应用[J]. 遥感技术与应用,2007,22(3):356-360.  
[3]LINDENBERGER J. Laser - Profilmessungen Zur Topographisch - en Gela. Ndeaufnahme[A]. Deutsche Geoda. TTische Kommission[C]. Series C. Munich,1993.  
[4]余 洁,张国宁,秦 昆,等.LIDAR 数据的过滤方法探讨[J]. 地理空间信息,2006,4(4):8-10.  
[5]魏富朝,王洪峰. 利用 LIDAR 技术获取大比例尺 DEM 应用实践[J]. 山西建筑,2007,33(19):359-360.  
[6]王佩军,徐亚明. 摄影测量学[M]. 武汉:武汉大学出版社,2005.

[责任编辑:郝丽英]

(上接第 3 页)

了大部分的 CH,基体的碱度降低,大大改善了水泥水化浆体对纤维的腐蚀,消除了由于腐蚀导致中空玻璃纤维与混凝土匹配的影响,实现自愈合的功能。

参考文献

[1]习志臻,张 雄. 仿生自愈合水泥砂浆的研究[J]. 建筑材料学报,2002,5(4):23-26.  
[2]范晓明. 混凝土裂缝自修复的研究进展[J]. 混凝土与水泥制品,2006(4):13-16  
[3]刘小艳,姚 武,郑晓芳. 混凝土损伤自愈合的试验研究[J]. 建筑材料学报,2005,8(2)45-49.

[4] DRY CAROLYN. A comparison of internal self-repair with resin injection in repair of concrete[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2003,17(1) 79-89.  
[5] 蒋正武. 国外混凝土裂缝的自修复技术[J]. 建筑技术,2003,34(4):261-262.  
[6] K. L. LITHERLAND, D. R. OAKLEY,B. A. PROCTOR. The use of accelerated ageing procedures to predict the long term strength of GRC composites[J]. Cem. And Concr. Res,1981,11: 455-466.

[责任编辑:郝丽英]