

从 LiDAR 数据中获取 DSM 生成真正射影像

潘慧波,胡友健,王大莹
(中国地质大学 信息工程学院,湖北 武汉 430074)

摘 要:传统的正射影像在进行数字纠正时通常是 将地物纠正在 DTM 上,致使城区造成屋顶和树木的坐标投影差。若利用 LiDAR 生成的密集 DSM 则可以制作真正射影像。阐述 LiDAR 技术的工作原理和系统组成以及真正射影像的制作原理,详细介绍从 LiDAR 数据中获取 DSM,再结合同步采集的数码影像进行正射纠正生成真正射影像的可行性方法。

关键词:机载激光雷达;DSM;正射纠正;真正射影像

中图分类号:P225.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7949(2009)03-0047-04

DSM extraction from LiDAR data and its application
to processing true-ortho images

PAN Hui-bo , HU You-jian , WANG Da-ying
(Department of Geomatics Engineering ,China University of Geosciences , Wuhan 430074 ,China)

Abstract :Traditional ortho images is corrected by terrain model (DTM) , as a result of which objects like housetops and trees are projected incoorrectly. If using surface model (DSM) which extracted from Lidar data , objects and ground are well corrected , then we can process true-ortho images. This paper summarizes the principle and makeup of Lidar , then explains elaborately a method of extracting DSM from Lidar data and applies it to process ture-ortho images.

Key words :Lidar ; DSM ; ortho correct ; ture-ortho image

1 LiDAR 系统的原理和组成

机载激光雷达(Light Detection And Ranging , LiDAR)系统是一种主动式对地观测系统,用于直接快速地获取地球表面的三维空间信息。它通过主动发射激光脉冲,精确记录传感器发射和接收激光脉冲信号瞬时时刻,利用光速恒定的原理,将发射和反射时间间隔转换为斜距量测,叠加传感器的高度、激光扫描角度以及从 GPS 得到的传感器的位置信息后,能够准确地计算出激光脉冲所到达地面的每一个地面光斑的 X、Y、Z 坐标,其系统原理如图 1 所示。

LiDAR 系统采集原始数据,配合测区及邻近陆地设立的 GPS 基站进行同步观测,实现动态的 GPS 相位差分测量定位,主要由五部分组成:

1) 激光测距仪:用于进行地形扫描探测,测定激光雷达发射点到地面激光脚点的距离。

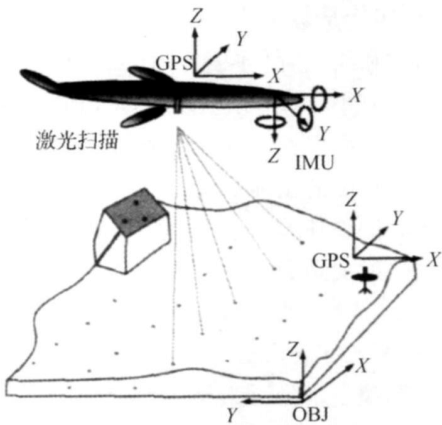


图 1 LiDAR 系统原理图

- 2) 惯性导航系统 (INS):用于记录激光信号发射和反射时飞机的瞬间姿态。
- 3) 动态差分 GPS 定位系统:用于确定激光雷达

收稿日期:2008-09-03
作者简介:潘慧波(1985~),女,硕士研究生。

信号发射参考点的空间位置。

4) 成像装置:一般为 CDD 相机,用来同步获取地面的数码航空影像,用于制作正射影像以及 3D 建模等方面。

5) 实时监测与数据记录设备、数据处理软件:计算机用于控制整个系统,包括协调各传感器的运行、存储飞行过程获得的回波信号、数码影像和飞机位置与姿态文件。数据处理软件包括:动态差分 GPS 数据的后处理;计算激光脚点的三维坐标;生成高精度的数字表面模型(DSM)和数字地面模型(DTM);数据分类;数据的特征提取以及融合等等。

2 真正射影像的制作原理

摄影测量直接获取的地面数码影像,往往由于传感器姿态或地形起伏等原因,存在地物位置偏差及地物变形的问题。正射纠正是解决这一问题的有效途径,可以有效地剔除由于传感器和相机旋转、地形起伏以及在图像获取和处理过程中产生的位置误差,最终生成无变形、同时具有地图几何精度和影响特征的图像,即数字正射影像(Digital Orthophoto Map, DOM)。对于遥感图像解译、信息提取等图像信息挖掘工作具有重要意义。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。

数字微分纠正是指根据有关的参数与数字地面模型,利用相应的构像方程式,或按一定的数学模型用控制点解算,从原始非正射的数字影像获取正射影像,这种过程是将影像化为很多微小的区域逐一进行,且使用的是数字式处理。它的基本任务是实现原始图像和纠正后图像这两个二维图像间的几何变换。用足够小区域作为纠正单元,利用该纠正单元的地面实际高程控制纠正元素,从而实现从中心投影到正射投影的正确变换。设任意像元在原始图像和纠正后图像中坐标分别为 (x, y) 和 (X, Y) ,它们之间的映射关系为

$$x = F_x(X, Y); y = F_y(X, Y), \quad (1)$$

$$X = f_x(x, y); Y = f_y(x, y). \quad (2)$$

数字影像是由像元素排列而成的矩阵,其处理的最基本单元是像素,因此,对数字影像进行数字微分纠正,在原理上最适合点元素微分纠正。但由于很难真实地测定每个像元的物方坐标 (X, Y, Z) ,一般采用线性内插。因此,数字纠正中,一般是利用反解公式(1)求解对应像元素的坐标,然后采用双线性内插进行灰度内插,最后将像点的灰度值赋值给纠正后的像元素。依次对每个纠正元素进行运算处理,获得纠正的数字图像,如图 2 所示。

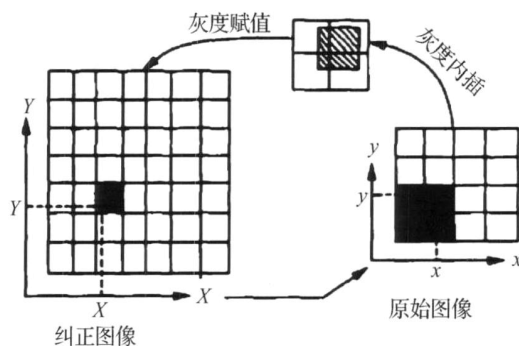


图 2 灰度值内插获得纠正影像

传统的正射影像是采用 DTM 模型进行纠正,如图 3 所示,但如果在城区就会造成高出地面的房屋和树木等目标的坐标投影差。而采用 DSM 模型纠正,高出地面的房屋和树木等目标的平面位置和比例都能正确地纠正过来,最后得到真正射影像,如图 4 所示。

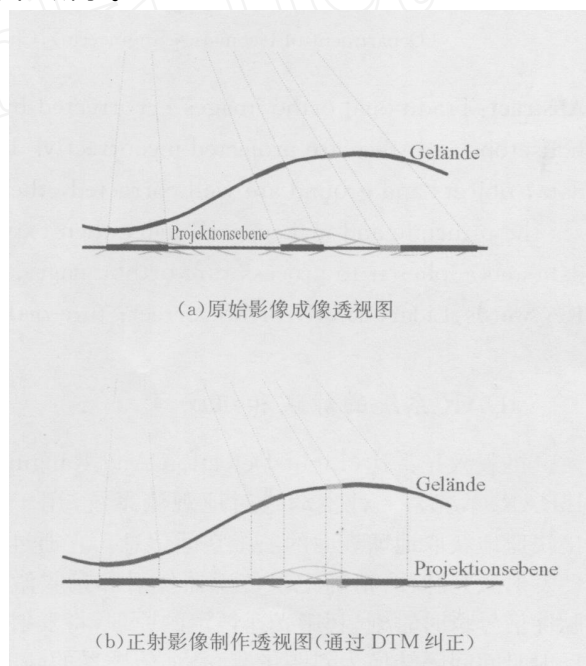


图 3 传统正射影像

3 试验与分析

采用 DTM 模型纠正生成的正射影像,很容易造成房屋和树木的平面位置和比例的偏差。本文通过从 LiDAR 系统的激光点云数据中提取的 DSM,对同步采集的数码影像进行数字微分纠正生成真正射影像。

3.1 原始 LiDAR 数据预处理生成规则 DSM

原始 LiDAR 数据是按照时间采集和存储的,其分

布呈现随机离散的点云,使直接处理非常困难,需要进行预处理,即对原始点云数据进行重采样,得到按距离采样的规则格网的数据。重采样的实质是灰度内插的原理。本文首先将点云数据格网化转换成光栅图像,然后采用最临近距离的算法进行重采样。

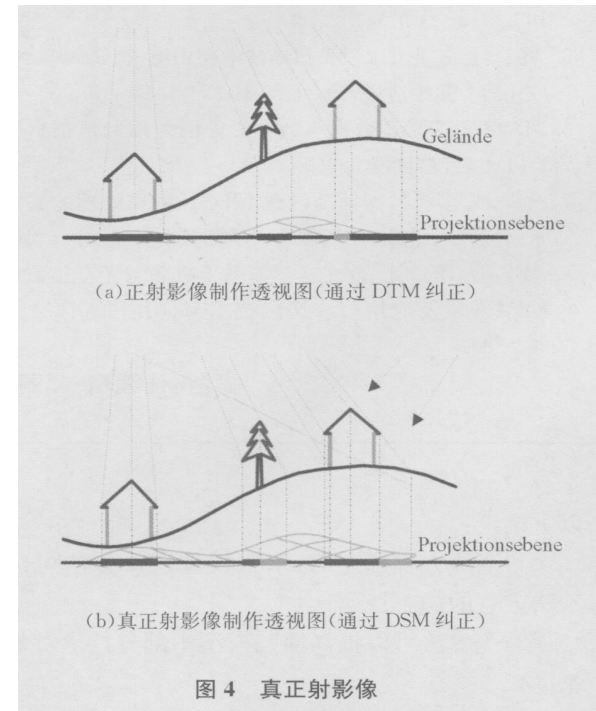


图 4 真正射影像

图 5 是按 0.5 m 间距重采样后的数据显示图像。可以看出:图 5 中有一些漏洞点,这是由于原始 LiDAR 数据在该点及该点的周围没有数值造成的,与噪声是不同的。为了消除这些点,可以进一步进行数据内插补值,本文采用传统的均值滤波方法,即利用像素周围的 3 × 3 邻域的所有像素值的均值作为该像素的值。这样,倘若该像素没有值,就可以由相邻像素的值计算出一个值。

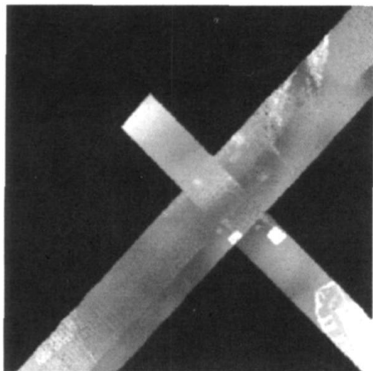


图 5 重采样后的光栅图像

图 6 为利用均值滤波法补值后的图像,即经过预处理后得到的规则 DSM。

3.2 结合数码影像生成真正射影像

本文中的航空影像与激光点数据是同步获取

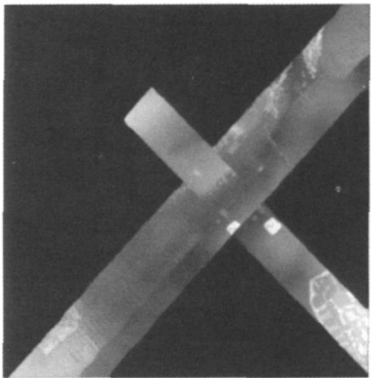


图 6 均值滤波后的图像(DSM)

的,两者的坐标系统一致,因此,不需要进行 DSM 与航片的图像配准。在此基础上,在正射影像软件的支持下直接利用影像的外方位元素和从已知的数学表面模型中得到的地面高程数据,对航摄像片进行单片正射纠正,自动镶嵌生成分幅正射影像。再根据需要对正射影像进行调色处理,得到色调均匀、反差适中、纹理清晰的成果图。

图 7 是基于原始 LiDAR 数据获取的 DSM 生成的整个试验区的数码影像正射影像。正射纠正后的影像具有真实的几何信息和详尽的地物信息;地物位置偏离得到了校正,为进一步的建筑物分类提取、三维几何重建以及建立城市的三维景观动画等奠定了基础。

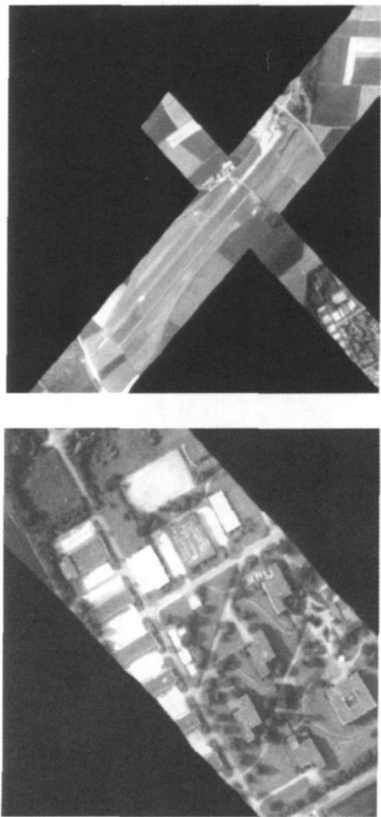


图 7 结合航空影像生成的真正射影像

4 结束语

相对于其他遥感手段,LiDAR 技术的最大优势在于可以快速、直接地获取高精度、高密度的地面三维数据。本文对原始 LiDAR 点云数据进行预处理获取数字表面模型(DSM),再利用它对中心投影的航空影像进行纠正、镶嵌,生成消除投影差的真正射影像图。由于真正射影像图包含地表的各种原始信息,而且经过纠正处理。比例尺和相关位置是准确的,可用于城市规划、环境保护、资源调查等多种领域,是一种高分辨率、实时性好的数字测绘产品。

参考文献

[1]金为铄,杨先宏,邵鸿潮,等. 摄影测量学[M]. 武汉:武汉大学出版社,2001: 237-240 .

[2] 张祖勋,张剑清. 数字摄影测量[M]. 武汉:武汉大学出版社,2002:88-98.

[3] 张小红. 机载激光雷达测量技术理论与方法[M]. 武汉:武汉大学出版社,2007:16-36.

[4] 刘经南,张小红. 利用激光强度信息分类激光扫描测高数据[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2005,30(3):189-192.

[5] 曹 力. 多重三维激光扫描技术在山海关长城测绘中的应用[J]. 测绘通报,2008(3):31-33.

[6] 邓 非. LIDAR 数据与数字影像的配准和地物提取研究[D]. 武汉:武汉大学,2006.

[7] 刘 坤. 多源数据辅助机载 LIDAR 数据处理的关键技术研究[D]. 北京:中国测绘科学研究院,2008.

[8] 周淑芳,李增元,范文义,等. 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.

[责任编辑:郝丽英]

(上接第 46 页)

3.2 回归效果的方差分析

本文采用的模拟数据是从已知函数中提取出来的,函数方程有解并且具有唯一性,因此,它本身已经具有合理性,回归的显著性检验不需要。表 4 和表 5 是直接计算情况下和本文的方法得到的回归参数的协因数阵,数据类型采用 4 字节。

表 4 正常计算中的待求参数的协因数阵

$(A^T A)^{-1}$	2	1	0
2	- 18.599 257	18.599 257	9 206.631 836
1	18.630 430	- 18.530 430	- 9 272.762 695
0	9 190.828 125	- 9 241.528 320	- 4 523 755.000 000

表 5 引入模型误差的待求参数的协因数阵

$(A^T A)^{-1}$	2	1	0
2	0.211 024	- 0.417 979	0.572 279
1	- 0.417 979	0.827 901	- 1.136 041
0	0.572 279	- 1.136 041	3.109 177

从表 4 中可以得到,通过计算机计算求得的方法方程系数矩阵的逆矩阵已经严重失真。不仅矩阵不对称,而且主对角矩阵出现负值,和待求参数的方差是正值的情况相背离。表 5 中通过计算机计算求得的方法方程系数矩阵的逆矩阵,可以较好的符合待求参数的协因数阵。

4 结 论

病态问题产生的根源是由于参数之间存在近似线性关系。通过上面的讨论及算例分析,可以得到

以下结论:

- 1) 当法方程病态时,引入模型误差方法可以改善法方程的病态性质;
- 2) 该方法可以提高回归模型中部分待求参数的精度;
- 3) 该方法不是一个最优无偏估计;
- 4) 该方法的适用性与所采用的原始数据的大小有关系。

参考文献

[1]刘大杰,陶本藻. 实用测量数据处理方法[M]. 北京:测绘出版社,2000:1-16.

[2]崔希璋,於宗伟,陶本藻,等. 广义测量平差[M]. 武汉:武汉大学出版社,2005:163-168.

[3]张尚立,刘 晓,周国梅. 一般线性回归模型岭估计的影响分析[J]. 北京交通大学学报,2005(6):22-24.

[4]归庆明,郭建峰. 病态平差模型直接解算方法的研究[J]. 大地测量与地球动力学,2004,24(3):15-18.

[5]林 路. 协方差阵扰动模型岭估计的影响分析[J]. 工程数学学报,1995(3):83-88.

[6]HOERL A E, KENNARD R W. Ridge regression: bi-ased estimation for non orthogonal problems[J]. Technometrics, 1970,12(1):55-67.

[7]WIGGINS R A. The generalized linear inverse problem: implication of surface waves and free oscillations for earth structure[J]. Reviews of Geophysics and Space Sciences, 1972,10:251-285.

[8]同济大学数学教研室. 线性代数[M]. 北京:高等教育出版社,2002:58-58.

[责任编辑:李铭娜]