

文章编号:1001-1595(2009)04-0376-01

集成影像与 LiDAR 数据重建 3 维建筑物模型研究

程 亮^{1,2}

1. 南京大学 地理信息科学系,江苏 南京 210093; 2. 俄亥俄州立大学 土木环境工程与测绘科学系,美国

3D Building Model Reconstruction from Imagery and LiDAR Data

CHENG Liang

1. Department of Geographical Information Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Department of Civil & Environmental Engineering & Geodetic Science, The Ohio State University, USA

3 维建筑物模型重建一直是测绘、遥感等领域研究的热点。机载激光雷达(LiDAR)技术已经成为 3 维建筑物模型获取的一种重要手段,但现阶段机载 LiDAR 数据的点间距一般为 m 级,其空间分辨率远低于摄影测量常用的 cm 级分辨率航空影像,基于 LiDAR 数据所重建的建筑物模型的精确性与细节性相对较低。摄影测量技术与 LiDAR 技术具有很强的互补性,两者结合可满足高自动化、更精确、更细节的重建要求,是目前极具前景的建筑物模型重建方法。

集成影像与 LiDAR 数据重建 3 维建筑物模型的研究已逐渐开展,但国内外大多数相关研究尚停留在概念层面,未涉及具体技术细节;已有方案普遍未能充分发挥影像的高分辨率特性,导致最终模型的精确性与细节性往往不能令人满意。为了提高 3 维建筑物模型重建的精确性、细节性及自动化水平,本文集成高分辨率多视航空影像与 LiDAR 数据,以影像处理为主线、LiDAR 数据为必要补充,以自动恢复精确、细节的 3 维建筑物轮廓为研究重点,以“轮廓提取—轮廓线段匹配—3 维轮廓生成—建筑模型重建”为基本框架,建立了一套集成影像与 LiDAR 数据重建 3 维建筑物模型的技术方案。文章主要研究内容如下:

1. 轮廓提取是建筑物模型重建的重要基础工作,提出一种超高分辨率影像与 LiDAR 数据结合的建筑物轮廓提取方法。通过充分融合影像与 LiDAR 数据,形成了轮廓提取感兴趣区域约束的策略、主方向指导下的线段提取方法、基于 LiDAR 密度分析与 K-means 聚类的轮廓筛选方法,保证了精确、细节建筑物轮廓的准确获取。实验表明,本方法提取出的轮廓更为精确,细节保持完好,自动化程度更高。

2. 提出一种基于单应矩阵约束的轮廓线段自动匹配方法,通过单应矩阵的约束实现多视影像间轮廓线段的传递与套合,降低同名线段搜索难度,提高匹配准确率。其中,影像间单应矩阵的估计是线段匹配的关键,为此提出一种鲁棒的仿射不变特征提取方法,并在此基础上进一步提出遥感影像仿射不变特征匹配的自动优化方法,实现单应矩阵的准确、可靠获取,从而形成较完备的多视轮廓自动匹配方法。实验结果表明,该鲁棒的仿射不变特征提取方法,达到了提取高质量(高信息量、空间分布均衡、高重复率)仿射不变特征的目的,有利于后续影像匹配;遥感影像仿射不变特征匹配的自动优化方法,可以自动发现并剔除误匹配,确保了单应矩阵的获取质量;基于单应矩阵约束的轮廓线段自动匹配方法,不仅可以高准确率的匹配轮廓线段,还可以有效应用于一般意义的线段匹配处理。

3. 在建筑物 3 维结构线生成的具体处理中,采取轮廓与屋脊分离的策略,重点研究基于多视同名轮廓线段与

LiDAR 数据的 3 维轮廓线生成方法。该方法将传统线-线前方交会模式转换为光束与物方平面的交会模式,不仅避免了传统线-线前方交会模式下结果精度受交会角影响的问题,而且发挥了 LiDAR 数据高程精度高的优势,多视同名轮廓进一步提高了 3 维轮廓线精度。结合多视匹配结果与 LiDAR 数据进行了实验,生成了具有良好精度的 3 维轮廓线。

4. 由于遮挡、噪声以及自动处理技术水平所限,获取的 3 维轮廓线与屋脊线总是存在一定的问题,如:漏检测、断裂等。利用这些并不完善的数据来恢复 3 维建筑物模型,分割—合并—成型算法是有效解决方案之一。本文在分析该算法优缺点的基础上,针对存在的局限,借助 LiDAR 数据,提出了一种改进的分割—合并—成型算法。主要改进在于:通过 LiDAR 数据密度分析—扫描探测—影像灰度验证的方式,自动恢复缺失的轮廓线;基于 LiDAR 数据利用 RANSAC 算法拟合屋顶面,成型处理更为可靠。实验验证了方法的有效性。

总体实验结果表明,本文集成高分辨率多视航空影像与 LiDAR 数据重建 3 维建筑物模型方案具有以下特点:①可以有效重建结构复杂的 3 维建筑物模型,效果令人满意;②重建的 3 维轮廓正确率与完整率高;③相对基于 LiDAR 的方案,重建的 3 维轮廓精度更优;④相对基于 LiDAR 的方案,鲁棒性更好;⑤相对基于影像的重建方案,自动化程度更高。

中图分类号:P23

文献标识码:D

收稿日期:2009-06-01

作者简介:程 亮(1978—),2008 年毕业于武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,获摄影测量与遥感专业博士学位(指导教师:龚健雅)。同年进入南京大学地理信息科学系任教。2009 年赴美国俄亥俄州立大学从事博士后研究。主要研究方向为数字摄影测量与机器视觉、行星测图、机器人导航、海岸带遥感。

Author: CHENG Liang(1978—), A lecturer of Department of Geographical Information Science at Nanjing University in China and a Postdoctoral Researcher of Mapping and GIS Laboratory at The Ohio State University in USA. He received his doctorate in photogrammetry and remote sensing from State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing at Wuhan University in 2008, majors in digital photogrammetry and machine vision, planetary mapping, navigation for Robotic exploration, and coastal remote sensing.