

LIDAR 与影像集成的真实感建筑物三维重建研究进展

程亮, 龚健雅, 韩文泉

(南京大学地理信息科学系, 南京 210093; 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉 430079; 南京市测绘勘察研究院有限公司, 南京 210005)

【摘要】真实感建筑物三维重建是摄影测量、计算机视觉研究的热点和难点, 一般来说包括三维几何模型重建与表面纹理恢复两个方面。本文立足于 LIDAR 与影像集成的三维重建技术, 以三维重建过程为线索, 从三维几何模型重建、表面纹理恢复两个方面, 梳理归纳不同的 LIDAR 与影像集成方案, 聚焦于数据处理的方法、算法、策略, 对最新的研究成果进行总结与分析。

【关键词】建筑物三维重建; 真实感; LIDAR; 影像

【中图分类号】 P282

【文献标识码】 A

【文章编号】 1009-2307(2009) 01-0021-04

DOI: 10.3771/j.issn.1009-2307.2009.01.005

1 引言

建筑物三维重建的研究在过去几十年中一直得到极大的关注^[1,2]。随着计算机图形图像处理能力的进步, 三维渲染技术在渲染速度和真实感方面有了很大的提高, 带有表面纹理的三维模型 (textured model) 成为真实感 (realistic) 表达的主流形式^[3]。一般来说, 真实感建筑物三维重建包括两个重要方面: 三维几何模型重建与表面纹理恢复。

真实感三维重建技术主要有: 基于影像的重建技术、LIDAR 与影像集成的重建技术等。基于影像实现真实感三维建模的代表系统有, MIT 的 Seth Teller 具体评述了这些系统, 并指出了存在的不足。Oxford 的 Zisserman 小组^[4]利用近距离序列影像 (视频) 全自动构建带有纹理的三维模型, 此项研究代表了基于影像三维重建的最新技术。Renoldino (2006)^[5]综述了基于影像的三维建模技术。显然, 对于种类繁多、各式各样建筑物的重建工作, 仅仅依靠单一的建模技术很难同时满足高精度、真实感、高度自动化、灵活高效、价格低廉等要求。LIDAR 与影像集成的方法是最具前景的建筑物三维重建方法, 可以同时满足高真实感、更精确、高度自动化等的要求^[1]。

对于 LIDAR 与影像集成的真实感建筑物三维重建技术, Norbert Haala, Sabry F. El-Hakim, J.-A. Beraldin, Claus Brenner, Ioannis Stamos, Franz Rottensteiner, Christian Frueh 等等已有大量深入研究。各种不同的解决方案被纷纷提出, 不同的方法中 LIDAR 与影像集成的策略也各不相同。根据 LIDAR 载体的不同、影像获取平台的不同, 可以有多种不同的集成方案, 如: 空载 LIDAR 与航空影像集成、地面 LIDAR 与近景影像集成、空载 LIDAR 与航空影像及地面影像集成等等。围绕实现真实感建筑物三维重建的目标, 本文以三维重建过程为线索, 从三维几何模型重建、表面纹理恢复两个方面, 归纳总结这些各式不同的集成策略, 聚焦于 LIDAR 与影像集成的数据后处理方法、算法、策略, 对

最新的研究成果进行总结和分析。

2 三维几何模型重建

不论使用何种数据源来重建三维建筑物模型, 一般自动化处理程序大致可归纳为三类, 建筑物区域检测 (building extraction)、建筑物模型重建 (building reconstruction)、语义属性赋予 (semantic attribution)^[10], 本节专注于建筑物模型重建的研究。LIDAR 技术直接获取目标的三维坐标, 无需传统的图像匹配过程, 减少了匹配错误和误差的产生, 降低了技术难度且提高了自动化水平, 尤其是城市地区应用 LIDAR 要比立体匹配优越得多, 为建筑物三维重建提供了方便。很多学者深入研究了基于 LIDAR 重建建筑物三维模型技术。针对基于 LIDAR 重建建筑物三维模型的工作, 国内外一些综述性的文献陆续出现, 基于机载 LIDAR 的有^[5,6], 基于地面 LIDAR 的有^[7]。因此, 对于单纯利用 LIDAR 点云数据重建建筑物三维几何模型的研究, 本文不再赘述。

LIDAR 与摄影测量两种技术之间存在着很强的互补性。利用影像与 LIDAR 集成重建建筑物三维几何模型的方法, 充分考虑了激光扫描数据的三维特性和影像的高分辨率特性, 做到相互补充。激光扫描技术直接获取点三维坐标, 为建筑物重建提供了理想的数据集, 然而激光点云数据也存在一些问题 (如边缘不够精细、缺乏纹理信息等), 因此将点云数据与影像融合起来, 可以获取更精确、更完整、更可靠的建筑物三维几何模型。本文根据典型的应用, 将 LIDAR 与影像集成的三维建模技术大体分为三类: 边缘精化、辅助建模与模型验证。边缘精化是指融合 LIDAR 与影像信息, 得到更精确、细节更丰富的建筑物轮廓边缘; 辅助建模是利用影像数据, 辅助激光点云数据进行三维建模, 以提高建模的效率、自动化程度等; 模型验证是指在没有地面真值 (ground-truth) 的情况下, 利用影像数据验证激光点云建模结果的正确性、可靠性。

2.1 边缘精化

Haala (1997) 集成航空影像、规划数据、DSM 等多源数据重建三维建筑物, 利用航空影像与 DSM 结合重建建筑物的轮廓, 并在规划数据的辅助下对 DSM 进行面片分割, 完成建筑物的重建。其中, 航空影像与 DSM 集成重建建筑物轮廓分为两步: 首先提取出 DSM 的边缘信息, 利用 DSM 的边缘信息辅助影像上边缘提取, 以降低计算复杂度、减少干扰信息; 因为影像提取的边缘相对精细, 再利用影像上提取的边缘精化 DSM 的边缘, 得到最终的建筑物轮廓。

Rottensteiner (2003) 利用 LIDAR 数据构建三维建筑物



作者简介:程亮 (1978-), 男, 南京人, 博士, 主要从事数字摄影测量、LIDAR 数据处理等方面的研究。

E-mail: geoc1@163.com

收稿日期: 2007-07-27

基金项目:国家重点基础研究发展计划项目 (973) 对地观测数据 - 空间信息 - 地学知识的转化机理 (2006CB701300)

模型,在利用影像上边缘几何精度高的特点精化模型。整个研究分为四步:首先在规则化的 LIDAR 数据中利用 polymorphic feature extraction 的方法分类以获得建筑物区域;然后,利用区域生长法分割面片,并判断相邻的平面是否须合并或交会;再将所有平面整合以平差计算建筑物模型参数,并增加三个约束条件(两平面交会得到水平的屋脊线、两墙平面为垂直交会、顶面与墙面交会为屋檐)以修正模型;最后利用影像上在边缘精度高的优势,将 LIDAR 生成的建筑物模型投影到影像上,设定 buffer,将 buffer 内的影像线段一起加入平差,以改善建筑物模型。该研究利用视觉效果验证,证实影像的加入确实有助于修正建筑物模型的边缘。Franz Rottensteiner 在集成影像信息辅助空载 LIDAR 数据建筑物三维重建方面有大量的研究。

Ma(2004)^[8]利用航空影像辅助空载 LIDAR 建模和精化,利用高分辨率航空影像提供的精确的建筑物边缘信息改进三维模型的几何精度,提高建模的精度和效率。具体方法为:首先基于 LIDAR 构建三维几何模型;根据影像的外方位元素,将三维模型投影到相关的立体像对上,分别得到二维模型;利用 canny 算子检测影像边缘,利用检测出的边缘精化二维模型(三维模型的投影结果);立体像对上的二维模型的精化工作均完成后,利用精化后的二维模型重建三维模型。

Hu(2007)^[9]融合空载 LIDAR、航空影像和视频信息,构造精确表面、细节边缘、有实时的侧面纹理的三维场景。文中提出了两套关于集成 LIDAR 与航空影像三维建模的解决方案,其一是自动的,另一个是交互式的。自动的解决方案是利用正射影像图与 LIDAR 数据集成,在正射影像图上提取边缘,利用点云数据和先验的知识进行层层过滤,最终得到精确的建筑物轮廓,结合点云数据的高程信息,完成三维模型的重建。交互的解决方案是首先通过人工交互的方式提取建筑物的轮廓,再采用基于基元的方法自动从 LIDAR 数据中提取面片信息,进而融合成三维模型。

2.2 辅助建模

Ameri(2000)提出结合航空影像与 DSM 自动重建建筑物模型的算法。研究主要分为三个部分,建筑物检测、模型重建、基于几何约束的模型优化。首先利用 DSM 粗略的获得要处理的区域;接着以区域生长法分割影像上的建筑物区域获得二维的建筑物顶面,再将二维平面交会到物空间中,获得三维平面,利用 Polygon Adjacency Relationship (PAR)的方法建立三维建筑物顶面模型间的几何位置关系,并判断建筑物顶面间是否可再合并成更完整的建筑物模型;最后利用几何约束条件(连通、共线、共面、正交)调整建筑物模型。

Beraldin(2002)^[10]在 Donatello's Maddalena 三维重建项目中指出,基于地面 Lidar 技术重建物体三维模型时,点云的拼接会造成误差的传递,因此提出了基于近景摄影测量技术提高点云拼接几何精度的解决方案。其采用的方法是,在目标的周围布置一些易于辨别的特征点,分别采用摄影测量和地面 LIDAR 进行测量,LIDAR 作业时采集区域较小以获取高几何细节信息,而摄影测量成像范围很大且基线长;以这些特征点为公共点,建立摄影测量系统与 LIDAR 系统之间的对应关系;采用摄影测量技术建立全局坐标系,将各个部分的点云数据转换到摄影测量坐标系进行拼接,提高了最终模型的几何精度。

Schenk(2002)提出基于传感器不变(sensor invariant)特征配准方法,将空载 LIDAR 数据与航空影像纳入同一空间坐标系,将两种数据融合得到更完善、信息更丰富的表面模型。传感器不变特征是指在不同数据源中保持不变的不变特征,如边界、轮廓、面片等。文中介绍了基于影像二维边界与 LIDAR 三维边界的配准方法、基于三维模型(由立

体像对生成)边界与 LIDAR 三维边界的配准方法等。

相关的研究还有,Michele(1998)指出融合来自于点云和立体相对的三维点可以提高三维模型的质量。Haala(1999)基于空载 LIDAR 和影像数据提取城市地区的建筑物和树木。首先利用多光谱影像和 LIDAR 数据对建筑物、树木和草地等分类;再利用 LIDAR 数据和规划数据重建建筑物模型。Jochen(2000)提出了利用语义信息(例如影像上的阴影)辅助 LIDAR 建模。Brenner(2000)利用 DSM 和规划数据重建具有复杂结构的建筑物。Mcintosh(2002)通过影像中的边缘信息提高 DSM 的精度,利用立体像对匹配处理提取三维线段,将此三维线段与 LIDAR 生成的 DSM 进行配准,基于 TN 模型并将提取的三维线段作为断裂线(break line)完成 DSM 的精化。Martin(2003)通过图像的边缘和激光图像的边缘比较可以得到建筑物的真正边缘,该方法对平屋顶、尖屋顶及组合屋顶均取得了比较好的效果。Vosseman(2001,2002)介绍了利用规划数据辅助空载 LIDAR 建模的方法,同时指出影像与 LIDAR 集成重建建筑物三维模型极具前景。

2.3 模型验证

利用影像数据可以很好地验证激光扫描三维建模的效果,提高建模可靠性。当缺少地面真值时,三维建模的效果很难得到有效的评价,利用影像数据则是一种方法。Tucci(2001)为了评估 LIDAR 建模的精度,在目标上标识有明显特征的点,分别利用 LIDAR 和摄影测量技术测量目标,再分别计算 LIDAR 获取的特征点之间的距离、摄影测量获取的特征点之间的距离,对距离进行对比以评价 LIDAR 三维建模精度。文献^[11]将三维模型投影到二维影像上,可以发现建模中的错误,并可以进行定性或定量的评价;同样将影像作为纹理投影到模型上,也可以发现建模中的错误。

由于 LIDAR 数据可以直接获取三维坐标,以上关于 LIDAR 与影像集成的研究都是以激光点云数据为主、以影像数据为辅进行三维建模。也有学者对以影像数据为主、以点云数据为辅的建模工作进行了研究,以点云数据作为影像匹配的初始值,降低了立体像对匹配时的误匹配率,减少了影像匹配的计算复杂度和处理时间。

3 表面纹理恢复

纹理总是附在目标重建对象的表面,国内外计算机视觉及摄影测量领域对建筑纹理恢复的研究多是与建筑物三维模型重建的研究密切联系在一起的。纹理恢复可以分为纹理获取和纹理映射两个步骤。建筑物纹理包括顶部纹理、侧面纹理两大部分,顶部纹理可以容易的从航空影像或高分辨率遥感影像获取,建筑物侧面纹理的获取是研究的重点。纹理重建的关键是确定二维纹理影像与三维几何模型之间的对应关系。从影像与 LIDAR 数据之间相对位置关系是否预先已知的角度,可以将不同获取策略下的纹理影像划分为定向影像与未定向影像两类。基于此,本文将不同策略的纹理重建划分为两类:基于定向影像的纹理重建、基于未定向影像的纹理重建。

3.1 基于定向影像的纹理重建

不少的三维激光扫描设备配备了 CCD 传感器,这种激光扫描系统获取目标点云数据的同时,也能获取目标的同步影像,影像数据象素与三维空间点云之间存在一一对应的关系。为了获取建筑物图像真实感三维模型,文献^[12]采用集成激光扫描技术与数码相机的方案,将数码相机与激光扫描设备捆绑在同一个平台上,使得相机与激光扫描设备同步工作。在开始数据采集前,对相机进行标定(calibration),固定相机与激光扫描设备的相对位置和方位,即可以获得影像坐标系与激光扫描坐标系之间的转换关系。因

此,对于每个三维坐标,都可以计算其对应的纹理坐标,进行纹理映射,解决了所获取的纹理影像与几何模型之间的对应关系问题。

但是这种方式牺牲了二维影像获取的灵活性,由于获取影像时的拍摄位置和角度受激光扫描设备限制,往往无法获取理想的影像,且现有硬件系统提供的同步影像分辨率低于普通数码相机的分辨率,难以满足细节丰富目标的纹理重建要求,因此真实感三维重建需要的纹理影像大多是由独立的高分辨率彩色相机获取。

3.2 基于未定向影像的纹理重建

通过空中或地面摄影(摄像)的方式获取影像,影像获取的过程与激光扫描分离,互相不受影响,优点在于获取目标表面纹理时候可以很灵活,特别是地面摄影时可以有效降低遮挡、阴影等的影响;缺点也显而易见,影像与点云获取的分离使得两者对应关系的确定变得困难。采用半自动方式处理这个问题相对简单,通过人工的确定两者的几个显著同名点,即可计算两者大致相对关系,确定二维影像相对于点云数据的投影矩阵,进行纹理映射^[13]。

很多学者试图实现全自动建立二维纹理影像与三维几何模型的对应关系,以完成纹理自动映射,其关键实现技术是影像与几何模型的配准。一般来说,有两种方式来实现^[14]:一种方法需要得到若干组物体表面的空间特征点以及与之对应的图像特征点,进而利用这些 3D-2D 特征点的对应关系来实现配准;另一种方案是利用目标上的线特征(如侧影轮廓线等)来实现配准。基于特征点的方法简单、易行,但要求物体表面存在明显的特征点以便于从激光点云数据和影像中都容易提取,这在实际应用中可能难以满足。建筑物场景一个重要的特点就是大量平行和垂直的直线存在于窗户、门洞、阳台等实体之中,因而采用匹配三维模型与影像上的线特征方式来实现配准,对于建筑物这一特定领域具有很强的针对性。不少学者从线特征匹配入手,研究了建筑物几何模型与纹理影像的自动匹配问题。

武汉大学张祖勋等对建筑立面纹理获取与快速重建做了大量深入的研究。张祖勋(2003)^[15]利用灭点理论获取建筑场景三维重建中影像方位元素。吴军等(2005)探讨了基于直升机载视频序列影像进行建筑墙面纹理快速重建的方法,采用了基于轮廓线配准的建筑墙面纹理重建策略,探讨了墙面纹理质量分析与改善技术。康志忠(2005)^[16]讨论了基于车载序列影像建筑立面纹理的快速重建,侧重于研究消除近景摄影条件下大倾角影像的畸变差、多张影像的拼接、遮挡去除等。车载方式与直升机载方式各有利弊,直升机载方式作业相对快速、成像范围大,遮挡情况较少,但经济成本较高,受天气状况影响,城市低空高度限制对于影像质量也有影响;车载方式经济成本低,影像质量一般相对直升机高,但遮挡情况普遍严重,效率相对低。从技术层面,两种作业方式除了都要解决几何模型与纹理影像的配准问题外,各自的技术难点也有所不同,直升机载方式下由于平台的剧烈震动导致的影像扭曲变形等问题必须预先得到较好的解决,车载方式面临道路两旁的树木遮挡去除、近距离大倾角摄影的畸变差消除等技术问题。

Fueh(2004)提出了一种利用倾斜航空影像(oblique aerial imagery)自动重建三维建筑物纹理的方案,倾斜摄影的过程已知粗略的内、外方位元素,通过匹配二维影像上的线段与三维建筑物模型三维线段的投影结果完成配准,综合影像遮挡影响、影像分辨率、模型法向量等选择高质量的纹理,最终形成纹理库(texture atlas)以备模型的渲染。相对利用航片获取屋顶纹理、利用地面摄影获取侧面纹理的手段,采用航空倾斜摄影的作业方式可以同时获取建筑物的顶部和侧面的纹理信息,有利于提高纹理获取效率,且成像范围更大,更符合快速、高效、大范围建模的要求。

但相对技术难度更大,主要体现在航空影像成像范围大、干扰信息多,增加了自动化处理的难度;大倾角摄影获取的航空影像与几何模型的配准困难等。

Iannis Stamos在三维几何模型与二维纹理影像的特征匹配方面有大量深入的研究^[17]。Stamos(2002)^[18]提出了一套解决方案,系统研究了集成点云数据和影像信息构建真实感三维模型。利用平面分割(planar segmentation)技术检测平面区域(planar region),通过平面区域相交得到三维边界,利用此三维边界和影像上的二维线段做 3D-2D 特征匹配,建立纹理影像与几何模型的对应关系。3D-2D 线匹配技术无疑是获取影像与几何模型对应关系,自动恢复纹理的关键技术,在计算机视觉领域,也有大量的相关研究。

相关研究还有,Wang(1996)基于多景影像提取建筑物连续、完整的侧面纹理,以克服从单一影像中提取建筑物侧面纹理时会面临的由于阴影、遮挡而造成的影像缺失的问题。孙敏提出了对建筑物侧面纹理采用地面摄影并由计算机生成的方法。万剑华提出了影像纹理的图像符号化的方法,即根据建筑物的对称性和规律性,对摄取的建筑物侧面影像进行图像分割,选取一至多种图像块作为图式符号,通过图像镶嵌、拼接等办法生成完整纹理影像。文献[19]在MUR I系统项目中,利用地面激光扫描与数码相机获取建筑侧面的几何结构和纹理信息,利用空载激光扫描与航空像片获取建筑物顶部细节和 DSM,实现了真实感 Berkeley街区的重建。文献[20]给出了一种数据处理算法,详细讨论了利用地面激光扫描与数码相机重建带有纹理的三维建筑物侧面。

3.3 影响纹理重建真实感的因素

确定了纹理影像与几何模型之间的对应关系,即可完成纹理映射的过程。整个过程看起来简单易行,但仍有一些因素会影响纹理重建的真实感效果,其中主要因素有影像辐射差异与遮挡等。

1) 辐射差异(Radiometric image distortion)。不同的影像获取设备、不同的光照条件、不同的拍摄角度等等都会造成同一目标在不同影像上的辐射差异。使用有辐射差异的影像做纹理映射,会造成模型表面边界处的纹理断裂、不一致、不均匀等现象。为了避免这个问题,包括基于混和(blending)方法在内的多种方法被陆续提出。

2) 遮挡。从现实环境中拍摄建筑物纹理图像时,不可避免会受到外界环境的干扰,如树木、电杆以及其他物体的遮挡;从空中摄影时,由于城市的大部分建筑物都比较密集,建筑物往往也会互相遮挡。显然遮挡所导致的纹理影像的不完整必将影响目标的真实感和美观性,消除纹理遮挡是真实感建筑物重建的重要步骤。

4 结束语

真实感建筑物三维模型具有高度的逼真感,在城市规划、景观设计、城市通讯、三维导航、噪声和空气污染的传播等方面有着广泛应用,正凸现出越来越高的经济价值和应用前景。基于 LIDAR 点云数据与影像集成的建筑物三维重建技术最具前景,其优势在于:可以提高三维模型的真实感、丰富模型的纹理细节与几何细节、提高模型的几何精度,同时有助于提高建模的自动化程度、降低建模的计算复杂度等等。但也存在一些亟待解决的瓶颈问题:

- 1) LIDAR 与影像集成时,配准的自动化程度仍然不高,三维几何模型与二维纹理影像的配准技术仍不够成熟,难以达到全自动配准,全自动重建纹理的目标。
- 2) LIDAR 与影像集成时,配准的精度至关重要,以边缘的精化为例,如果配准的精度过低,则融合影像与 LIDAR 数据精化建筑物边缘没有意义。
- 3) 影像相对 LIDAR 点云数据包含着更多的信息,如

纹理、颜色等,复杂的信息会使得分析工作变得复杂,例如单纯根据影像提取边界会得到过多的边缘线段,使得提取唯一、精确的边界变得困难。

参考文献

- [1] Brenner C. Building reconstruction from images and laser scanning [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2005, 6(3-4): 187-198.
- [2] Rottensteiner F, Briese C. A New Method for Building Extraction in Urban Areas from High Resolution LIDAR Data [C] // ISPRS Commission III Symposium, Graz, Austria, 2002.
- [3] Remondino F, El-Hakim S. Image-based 3D modelling: a review [J]. The Photogrammetric Record, 2006, 21(115): 269-291.
- [4] Fitzgibbon A W, Zisserman A. Automatic 3D model acquisition and generation of new images from video sequences [C] // Proc. of European Signal Processing Conf. (EUSIPCO98), Rhodes, Greece, 1998: 1261-1269.
- [5] 黄先锋. 利用机载 LIDAR 数据重建 3D 建筑物模型的关键技术研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2006.
- [6] 尤红建, 苏林. 基于机载激光扫描数据提取建筑物的研究现状 [J]. 测绘科学, 2005, 30(5): 114-116.
- [7] Joaquim S, Carles M, David F, et al. A review of recent range image registration methods with accuracy evaluation [J]. Image and Vision Computing, 2007, 25(5): 578-596.
- [8] Ma R. Building Model Reconstruction from Lidar Data and Aerial Photographs [D]: The Ohio State University, 2004.
- [9] Hu J. Integrating complementary information for photorealistic representation of large-scale environments [D]: UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA, 2007.
- [10] Beraldin J-A, Guidi G, Ciofi S, et al. Improvement of metric accuracy of digital 3D models through digital photogrammetry. A case study: Donatello's Maddelelena [C] // IEEE Proceedings of the International Symposium on 3D Data Processing Visualization and Transmission (3DPVT 2002). Padova, Italy, 2002.
- [11] Neumann U, You S, Hu J, et al. Augmented Virtual Environments (AVE): Dynamic Fusion of Imagery and 3D Models [C] // IEEE Virtual Reality 2003. Los Angeles, California, 2003: 61-67.
- [12] 张爱武, 胡少兴, 孙卫东, et al. 基于激光与可见光同步数据的室外场景三维重建 [J]. 电子学报, 2005, 33(5): 810-815.
- [13] Allen PK, Stamos I, Smith B, et al. 3D modeling of historic sites using range and image data [C] // In Proceedings of IEEE Conference on Robotics and Automation, 2003: 145-150.
- [14] 刘钢, 彭群生, 鲍虎军. 基于多幅实拍照片为真实景物模型添加纹理 [J]. 软件学报, 2005, 16(11).
- [15] 张祖勋, 吴军, 张剑清. 建筑场景 3 维重建中影像方位元素的获取方法 [J]. 武汉大学学报 (信息科学版), 2003, 28(3): 265-271.
- [16] 康志忠, 张祖勋. 基于车载序列影像的建筑立面纹理的快速重建 [J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2005, 30(11): 960-964.
- [17] Liu L, Stamos I. Automatic 3D to 2D Registration for the Photorealistic Rendering of Urban Scenes [C] // IEEE CVPR 2005 Conference. San Diego, 2005: 137-143.
- [18] Stamos I, Allen PK. Geometry and Texture Recovery of Scenes of Large Scale [J]. Journal of Computer Vision and Image Understanding, 2002, 88(2): 94-118.
- [19] Frueh C, Zakhor A. Constructing 3D city models by merging aerial and ground views [J]. CGA, 2003, 23(6): 52-61.
- [20] Frueh C, Zakhor A. Data Processing Algorithms for Generating Textured 3D Building Facade Meshes From Laser Scans and Camera Images [C] // Proc. 3D Data Processing, Visualization and Transmission. Padua, Italy, 2002: 834 - 847.

A review on realistic building 3D reconstruction using LIDAR and imagery

Abstract: Realistic 3D modeling is a challenging problem and has been a research topic for many years. It includes two aspects: 3D geometry model reconstruction and surface texture recovery. Focusing on realistic building 3D reconstruction integrating LIDAR and imagery, the paper concentrates on the data processing algorithms, strategies, and methods. It summarizes various synthetic approach of LIDAR and imagery, and makes a comprehensive survey on related researches from the two aspects: 3D geometry model reconstruction and surface texture recovery.

Key words: building 3D reconstruction; realistic; LIDAR; imagery

CHENG Liang, GONG Jian-ya, HAN Wen-quan (Department of Geographical Information Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China; State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China; Nanjing institute of surveying, mapping & geotechnical investigation, co. Ltd, Nanjing 210005, China)

(上接第 16 页)

Approaches of research on geo - information TuPu

Abstract: Geo - information TuPu is an entire digitized method that will propose the complex issues to simplistic expression. The method provides a new platform for the geography cognition research. The article analysis the background and significance of the concept, and summaries the main research results of this area in the last ten years, predicts the new research area which should be developed. The results show that the basic theoretical system and the technical system of Geo - information has gradually formed a clear research mentality, along with the enrichment of the case research, its theoretical system and the technical system will be improved and developed.

Key words: geo - information TuPu; approaches of research; summarize

ZHANG Rong - qun (College of information and electrical engineering of china agricultural university, Beijing 100083, China)