

文章编号: 0494-0911(2011)06-0039-04 中图分类号: P[258]; TU198.6

文献标识码: B

基于地面激光扫描仪的建筑数字化方法

王 峰¹, 陈焕然¹, 程效军²

(1. 广州市城市规划勘测设计研究院, 广州 广东 510060;

2. 同济大学 测量与国土信息工程系, 上海 200092)

Digitalizing Building Based on Ground Laser Scanner

WANG Feng, CHEN Huanran, CHENG Xiaojun

摘要: 通过对同济大学大学生活动中心建筑群以及校史馆的数字化试验, 总结出既有建筑的数字化流程, 其中包括数据采集、点云去噪补洞、点云配准、表面重建以及模型的纹理映射 5 个步骤。采用该方法能够得到几何精度较高的、表面带有丰富细节和逼真纹理的数字模型。

关键词: 三维建模; 数字建筑; 激光扫描仪; 数据采集; 点云数据

一、引言

基于点的计算机图形学(point-based graphics)这一表述近年来常出现在一些国际会议或相关文献中^[1-3], M Pauly 在其博士论文中将基于点的计算机图形学的一般流程概括为点云的获取、点云的处理、表面重建、模型绘制 4 个阶段^[2]。随着激光扫描技术的发展, 基于点的计算机图形学的研究愈来愈受到人们的重视, 并逐渐应用到生产中^[4-5]。文献[4]仅探索了地面激光扫描在大型工厂中的扫描方案, 文献[5]则主要探讨建筑物三维模型的重建和应用。本文通过大量试验对基于地面激光扫描技术的建筑数字化过程进行了全面的研究与总结, 属于基于点的计算机图形学研究范畴。

二、建筑物的数字化流程

为了探索既有建筑的数字化方法, 本文采用了两款扫描仪(Faro 的 LS880 和 Leica 的 HDS3000)先后对同济大学大学生活动中心建筑群、校史馆、文远楼等建筑进行大量的扫描作业和数据处理试验, 总结出了基于地面激光扫描仪的数字化流程, 如图 1 所示。并通过采集大学生活动中心建筑群试验验证数据采集体系适用于大面积扫描作业; 通过对校史馆的数据采集和建模等试验验证数据处理流程的可行性。

三、建筑物的数据采集体系

数据采集可以分为以下几个步骤: 踏勘试验场

地与布设控制网、控制测量、靶标布设、扫描、靶标测量与提取。数据采集的试验方案采用全站仪和扫描仪配合的方法, 类似于官云兰提出的数据采集方案^[6], 本文在此基础上进一步改进、细化。

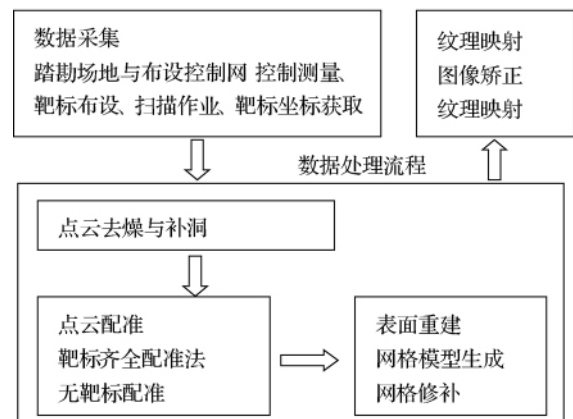


图 1 基于地面激光扫描仪的建筑物数字化流程

1. 踏勘场地与布设控制网

场地踏勘主要完成扫描测站的布设和控制点的布设工作。

根据现场情况估计扫描测站应设的站数和位置。扫描测站的设置应尽量减少树和灌木丛的遮挡; 测站之间应相互弥补, 减少不可视区域; 扫描测站距离扫描区域不宜太远, 如 LS880 扫描仪应尽量不超出 30 m; HDS3000 扫描仪应尽量不超出 50 m。

在扫描测站选定后, 按照扫描测站的情况来进行控制点的布设: ① 控制点的布设要确保每个控制点和两相邻控制点通视; ② 控制点处可视区域应尽

收稿日期: 2010-06-08

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重大项目(2006BAJ03A07); 国家自然科学基金项目(4097124)

作者简介: 王 峰(1978—), 男, 河南周口人, 博士, 工程师, 主要从事 GIS、数字城市与三维建模方面的研究。

可能包含所有欲扫描区域。

同济大学大学生活动中心建筑群的踏勘与控制点布设如图2所示,图中单独数字(如1、转1等)为控制点点号。

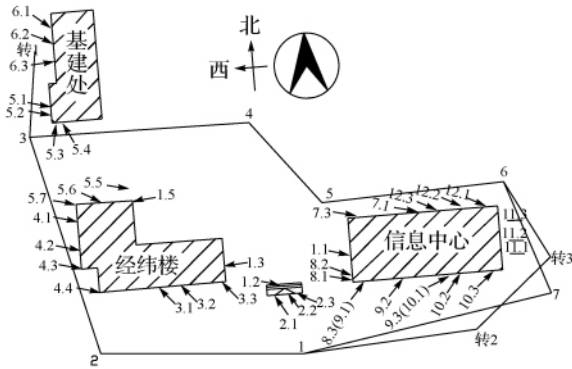


图2 大学生活动中心控制点及靶标布设情况

2. 控制测量

为了布设高精度的控制网,可将控制测量分为平面控制测量及高程控制测量,并分别进行测量与平差计算。平面控制测量采用SOKKIA NET1200全站仪,从1号点开始逆时针测量。先测出每条边的长度及每个控制点上的内角,然后通过控制网平差得到各控制点坐标。高程控制测量采用索佳SDL30电子水准仪进行。对校史馆和大学生活动中心进行数据采集时,控制网均布设了7个点,最后利用闭合导线计算出控制测量成果。

3. 靶标布设

靶标应在每一站扫描开始前布设,如布设过早,靶标易被挪动或者丢失。本试验所用的靶标包括Leica平面靶标、Faro球形靶标、自制靶标,其中应用最多的是自制靶标。自制靶标为打印靶标纸,直接贴在墙上,不必回收,使用方便。而标准靶标需要摆放到地上、窗台、台阶等处,摆放后易被挪动,作业不方便;球形靶标则难以使用全站仪测量其控制网下的坐标。

扫描仪扫描时,靶标与扫描仪测量光线的入射角要保证在一定范围内。大学生活动中心的数据采集时,靶标全部采用了自制靶标,共布设40多个,靶标布设情况如图2所示。图中靶标的编号包含扫描仪测站和从左到右的测站内的靶标序号,如靶标4.3表示第4扫描站的从左到右的第3个靶标。由于全站仪的入射角度限制,一些靶标虽然通视,但无反射信号,所以设置了转点,如图2中的转1、转2等,专门用于测量那些无反射信号的靶标。

4. 扫描作业

采用不同的分辨率扫描建筑物和靶标,建筑物的采集分辨率应设置低些,而为了能够准确地提取靶标中心点,对靶标则应采取较高分辨率单独扫描。扫描时,首先以非常低的分辨率整体扫描;然后选择欲采集区域,按照正常分辨率扫描该区域;最后专门针对靶标以较高分辨率扫描,一站扫描结束后分别保存区域点云文件和靶标的点云文件。由于扫描仪开始工作后,将会默认设置一个坐标系,而该坐标系在扫描仪下次重启之前不会改变,重启之后将重新设置。所以在一站扫描期间,扫描仪不能重启,这样才能保证该站所有扫描点均在同一个坐标系下。

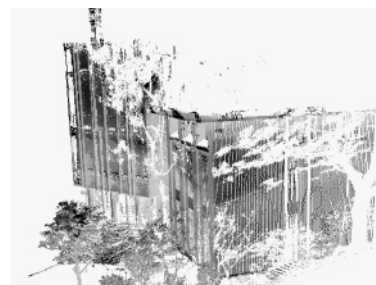
5. 靶标坐标获取

采用全站仪测量靶标,以获取其在控制网坐标系下的坐标。靶标测量应在一站扫描结束后立即进行,以防止靶标挪动或丢失。本次试验中由于靶标采用透明胶布粘贴,而刮风下雨、人为挪动、自然脱落等原因致使部分靶标丢失,因此部分靶标未能在扫描结束之后及时进行测量,给后面的点云配准工作带来了麻烦。所以应采用多种方法进行配准,以应对靶标不齐全的情况。

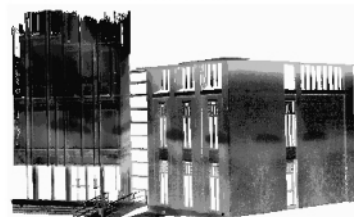
四、激光扫描数据的处理流程

1. 点云去噪与补洞

获取的原始点云数据,由于灌木丛遮挡,自身遮挡、玻璃透射等原因造成了大量的空洞和噪音,如图3(a)所示。原始点云质量很差,需要进行去噪、补洞等处理,图3(b)为处理后的点云。



(a) 原始点云



(b) 去噪补洞后的点云

图3 校史馆某站扫描数据去噪补洞前后

相比本文采用的两款扫描仪中,Faro 扫描仪采集的数据质量较差,噪音量大;Leica 的数据噪音少,处理起来相对容易些。Faro 采集的数据偏差较大的噪音可以先在其配套软件 Faro Scene 内手工选择删除,可以在二维鱼眼图像中删除,也可以在三维状态下删除。在扫描仪的配套软件中去除偏差较大的噪音后,还可以在 Geomagic Studio 中进一步去噪与交互式操作补洞。

2. 点云配准

点云去噪和补洞之后,即可开始配准。本次试验采用的配准方法有基于控制点的配准法、公共区域同名点配准、无靶标手动配准法。靶标齐全的点云,使用控制点配准,将点云配准到控制网坐标系下;靶标缺失的点云利用公共区域肉眼识别,手动选择同名点,进行两两配准;当同名点对不能找到时,利用手动配准法。后两种方法均为两两配准。为了将所有点云转换到统一的控制网坐标系下,两两配准时要求其中一站必须为已经配到控制网坐标系下的点云。

在大学生活动中心的点云配准时,采用这3种方法,解决了靶标丢失的问题,配准后点云文件大小1.4 GB。图4展示了大学生活动中心的配准后的点云,根据控制点制作了垫板,并粘贴了遥感影像。

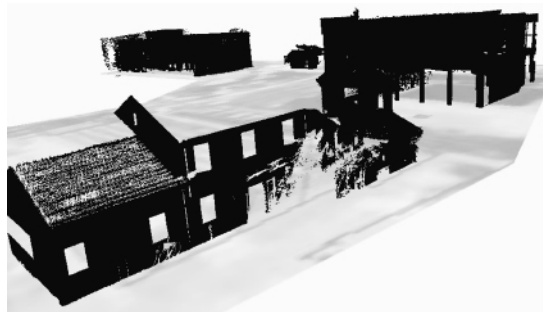


图4 大学生活动中心建筑群配准后的点云

(1) 靶标齐全的控制点配准

利用全站仪实测标靶坐标 (X, Y, Z) ,得到标靶在统一控制网坐标系下的坐标。提取标靶在当前扫描仪坐标系下的坐标 (x, y, z) 。根据标靶的全站仪实测坐标及扫描坐标,计算出每站点云数据与控制网数据的6个变换参数,利用变换参数将每站点云数据转换至统一的控制网坐标系中^[6-7]。最后,采用文献[8]中的方法来分析和评估配准误差和精度。

虽然全部采用控制点进行配准精度高,但是需要布设控制网,计算控制点坐标,还需要利用全站

仪实测标靶坐标,这些都增加了外业工作量。而内业数据处理工作量与测站之间两两配准的方法相比要小得多。因此在研究区域范围小、精度要求高的项目中可以采用此方案^[6]。由于校史馆的靶标齐全,所以仅采用控制点法进行配准。

(2) 无靶标配准

在无靶标且肉眼找不到同名点对的情况下,可以在 Geomagic Studio 内完成配准。首先添加两站点云数据,其中一站必须为已经配好的数据,并以该站数据作为参考,对另外一站数据进行变换。在人眼观察的情况下进行配准时,该配准方法精度较差,但是对于建筑物数字化精度要求不高时,该方法也是可行的。

3. 表面重建

表面重建是建筑物数字化中至关重要的一步,通过表面重建得到的结果可以是三维物体的表面网格模型,也可为拟合后的点模型。本文的表面重建在 Geomagic 和笔者研发的软件中结合完成。

Geomagic Studio 可以根据实物或实物的点位数据生成准确的三角网模型。通过点云封装生成初步的三角形模型,由于点云本身的离散性会导致模型存在一定缺陷,需要在多边形阶段对其进行修补、调整等操作后,才能得到准确的实物数字模型。

除了点云修补外,还有一些洞或者参差不齐的边界需要在网格生成之后进行修补。由于建筑物本身形状复杂多样,所以目前网格的修补很难自动化,一般需要交互式操作完成。网格的修补采用 Geomagic Studio 和笔者开发的软件结合进行。Geomagic Studio 能够进行一般的补洞、边界拉伸等,但是对修补的网格不能控制颜色,网格编辑也不方便,有些功能不能实现,如添加半透明的玻璃。针对这些问题笔者开发的软件添加了模型的交互编辑功能,可以选择颜色和透明度,然后添加玻璃类的三角网等。

五、表面模型的纹理映射

对于模型可以分开按照材质赋予单一纹理,比如可选用砖块纹理、木材纹理等;也可为模型赋予使用数码相机获取的真实图像。

本次试验利用专业数字测量相机 Rollei d30 对校史馆进行拍摄,获得对应的 RDC 格式图像,该格式含有一些重要的相机内部参数。如果采集的相片质量不佳,如不清晰、偏暗和范围过大等,可对这些相片进行相应的预处理。Rollei Dimage 是数码相机工作站 RolleiMetic 的一个图像处理软件包,其有丰富

的图像处理功能,可对相片进行裁剪、增强对比度、锐化、均衡等一系列处理。在模型编辑处理时,将后来添加的玻璃和其他部分分开,玻璃不粘贴纹理。纹理映射采用了笔者开发的软件来完成。图5所示为校史馆的一面墙的照片粘贴到模型的例子,其中图5(a)为墙的照片经 Rollei 软件纠正后的正射图像,图5(b)为映射到模型后的效果。

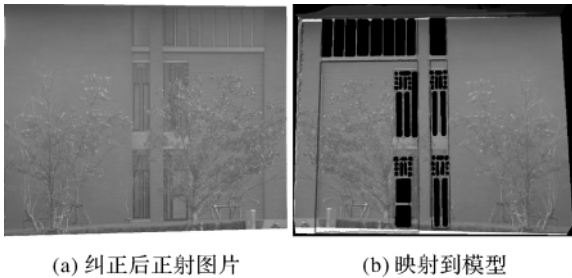


图5 纠正后的正射图像映射到校史馆侧墙模型

六、结束语

通过对同济大学大学生活动中心建筑群的数据采集与初步处理,以及校史馆的三维模型重建,总结出了基于地面激光扫描仪的建筑物数字化流程,为制定扫描仪的操作规程作了有益探索。通过该流程能够获取高逼真的建筑物模型,然而,该方法中数据处理的自动化程度有待进一步提高;产生

的模型数据量过大,影响了其渲染速度;保持特征的点云模型或多边形模型的压缩还值得进一步研究。

参考文献:

- [1] GROSS M, PFISTER H. Point-based Graphics [M]. USA: Morgan Kaufman, 2007.
- [2] PAULY M. Point Primitives for Interactive Modeling and Processing of 3D Geometry [D]. Zurich: Federal Institute of Technology (ETH), 2003.
- [3] 张帆,黄先锋,李德仁. 基于球面投影的单站地面激光扫描点云构网方法[J]. 测绘学报,2009,38(1): 48-54.
- [4] 张鹏. Leica 三维激光扫描仪在大型工厂中的扫描方案[J]. 测绘通报,2010(3): 73-74.
- [5] 丁延辉,邱冬炜,王凤利,等. 基于地面三维激光扫描数据的建筑物三维模型重建[J]. 测绘通报,2010(3): 55-57.
- [6] 官云兰. 地面三维激光扫描数据处理中的若干问题研究[D]. 上海: 同济大学,2008.
- [7] 施贵刚. 地面三维激光扫描数据处理技术与作业方法的研究[D]. 上海: 同济大学,2009.
- [8] 施贵刚,王峰,程效军,等. 地面三维激光扫描多视点云配准设站最佳次数的研究[J]. 大连海事大学学报,2008,34(3): 55-59.

《测量平差实训指导书》出版

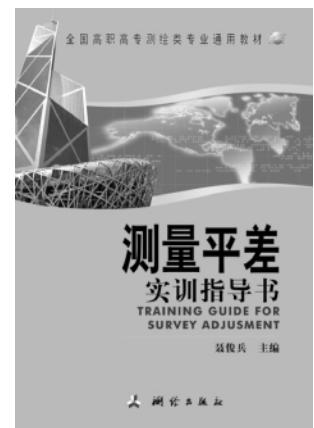
[本刊讯] 由聂俊兵主编的《测量平差实训指导书》一书,已于2011年4月由测绘出版社出版。

“测量平差”是测绘类专业中一门重要的技术基础课,不仅是进一步学习控制测量、GPS 卫星导航定位技术、工程测量等专业课程的理论基础,也是编写控制网设计书及进行工程精度估算与评定的技能基础。

该实训指导书包括两部分。第一部分是针对“全国高职高专测绘类专业通用教材”系列中的《测量平差》一书编写的,并按照原章节的安排,进行了知识点汇编,给出了技能测试及其详细的解答;第二部分是综合技能实训,包括填空题、选择题、判断题、计算题,每道题也都给出了解算过程和答案。

该书主要作为测量平差课程教学的配套教材,适用于高职高专测绘类专业的测量平差课程实训教学,也可供相关专业的工程技术人员学习参考。

该书为16开本,定价18.00元。



(本刊编辑部)