

# 多基线数字近景摄影测量系统在古典园林建筑物 三维重建中的应用

刘千里<sup>1</sup>, 李春友<sup>1</sup>, 柳瑞武<sup>1</sup>, 孟平<sup>2</sup>, 张劲松<sup>2</sup>, 杨会娟<sup>1</sup>

(1. 河北农业大学 园林与旅游学院, 河北 保定, 071000; 2. 中国林业科学研究院 林业研究所, 北京, 100091)

**摘要:**本文提出了基于多基线数字近景摄影测量系统所获得的点云数据来实现园林古建三维建模的方法。以保定古莲花池不如亭三维重建为例,从多基线数字近景摄影测量系统工作原理入手,阐明了获取点云数据的过程和方法,通过对该系统测量误差分析,结果表明,该系统可以对园林古建进行精确测量,进而实现建筑物三维建模,为古典园林建筑物修缮提供数据支持。

**关键词:**多基线;数字近景摄影测量;三维重建;古典园林建筑物

中图分类号:P283.4 文献标识码:A 文章编号:1001-7461(2009)04-0224-05

## Application of Multi-baseline Digital Close-range Photogrammetry System in 3D Modeling of Classical Garden Buildings

LIU Qian-li<sup>1</sup>, LI Chun-you<sup>1</sup>, LIU Rui-wu<sup>1</sup>, MENG Ping<sup>2</sup>, ZHANG Jin-song<sup>2</sup>, YANG Hui-juan<sup>1</sup>

(1. College of Landscape Architecture and Tourism, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China;

2. The Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** A method that the 3D model of classical garden buildings was produced based on points cloud data obtained from multi-baseline digital close-range photogrammetry system (MBDCRPS) were presented. Taking Buruting in Baoding Ancient Lotus Garden as example, the procedure and method of obtaining point cloud data were introduced based on the principle of MBDCRPS. Measurement errors of the system were analyzed. The results showed that the system can accurately measure the classical garden buildings to produce their 3D models and to provide data support for the reputation of ancient garden buildings.

**Key words:** multi-baseline; digital close range photogrammetry; 3D modeling; classical garden building

古典园林作为我国传统文化载体,其中蕴含的历史价值和艺术价值已为越来越多的人所认识<sup>[1]</sup>。古建筑作为古典园林的重要组成部分在其保护或重建过程中,构建古典园林建筑物三维模型是一项基础工作<sup>[2]</sup>。迅速而准确地建立古建筑的三维模型是关键问题,对于外型奇特、表面复杂不规则的古典园林建筑物,用常规方法是很困难的,甚至是不可能的<sup>[2]</sup>。本文应用多基线数字近景摄影测量系统将少量全站仪测量的高精度点位坐标与摄影测量丰富的影像结合起来,建立古典园林建筑物的高精度三维空间点阵数据,精确获取古建筑物特征点的三维坐标,并对其进行三维重建,对古典园林古建筑物的保

护与修缮具有重大意义。

### 1 多基线数字近景摄影测量系统测量原理

张剑清(2007)从摄影测量的基本原理出发,提出了由两幅二维影像所构成的“单基线”立体像对重建三维空间是一个“病态”问题。如图1(a)所示,由目标点a进行影像匹配可能获得多解 $A_1, A_2, A_3$ 。若采用多基线影像进行匹配,正确的光线只能交于同一点,就能较好地得到匹配点A(图1(b))<sup>[3]</sup>。

在传统单基线摄影测量中,自动匹配和交会难以兼顾。多基线摄影测量是一种“多目”视觉方法,

收稿日期:2008-11-01 修回日期:2009-01-08

基金项目:国家自然科学基金(30770401);国家“十一五”林业科技支撑计划专题(2006BADO3A0505)

作者简介:刘千里,男,在读硕士,研究方向为园林规划设计。E-mail:liuqianli0803@163.com

\*通讯作者:李春友,男,副教授,硕士生导师,从事森林环境监测与模拟研究。E-mail:lchy0815@tom.com

是根据张祖勋、张剑清等提出的计算机视觉代替人眼的“短基线、多影像摄影测量”原理,采用短基线获取大重叠度的序列影像。在短基线序列影像中,相邻的两幅影像摄影基线短、交会角小,可用于自动匹配,而首尾的影像摄影基线长、交会角大,并且有多个观测值,交会时可以提高精度<sup>[3-5]</sup>。由多基线摄影测量方法获取的序列影像既有利于影像的自动匹配,同时也可以提高交会精度,克服了单基线的缺陷。该系统将少量全站仪测量的高精度点位坐标与摄影测量丰富的影像信息结合起来,建立高精度的数字化模型<sup>[4]</sup>。

“短基线、多影像摄影测量”的主要特点是:首先按要求拍摄大量具有较短基线和不同交会角的序列影像,然后通过少量物方控制点的空间坐标及其对应的像点坐标建立空间关系,从而解算出相机参数和影像外方位元素;进而计算出由先进匹配算法获取的大量同名点的空间坐标<sup>[4-6]</sup>。

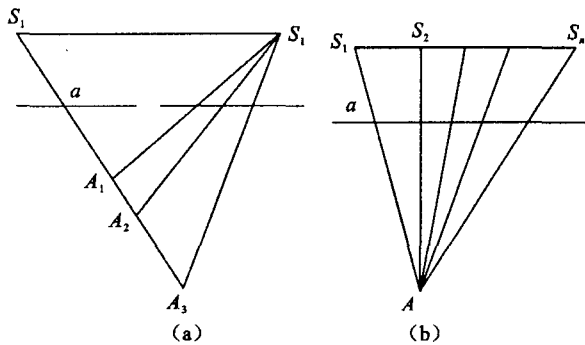


图 1 单基线立体影像与多基线立体影像  
Fig. 1 Single and multiple baselines stereo image

## 2 保定古莲花池不如亭简介

保定古莲花池是全国重点文物保护单位、全国十大名园之一位于保定市区中心,为元代汝南王张柔所建,始建于公元 1227 年。现总面积 24 000 m<sup>2</sup>,其中池塘面积 7 900 m<sup>2</sup>。现存的主要建筑有濯锦亭、水心亭、水东楼、藻咏亭、君子长生馆、响琴、洒然亭,高芬轩环池而建,直隶图书馆、观澜亭、不如亭分散园中。不如亭原名“苍然一形亭”,或“霞亭”,1903 年直隶总督袁世凯重建时,亭南翼成蔬圃,因取名《论语子路》中孔子所说的“吾不如老圃”话意,改名为“不如亭”。

## 3 多基线数字近景摄影测量系统测量方法与数据获取

### 3.1 测量方法

(1)控制点布设 为了使拍的照片可供量测,并且可提供高的量测精度,根据建筑物的位置、大小形

态结构需要在建筑物上均匀布设控制点。标定控制点的控制牌的大小应在所获得的影像上占 10 个像素为最佳。在所测建筑物上至少出现 4 个控制点,分布时应满足被摄区域 4 个角上都有控制点。

(2)利用全站仪精确测量控制点坐标 该系统利用的全站仪为南方测绘仪器公司生产的型号为 NTS-352R 免棱镜全站仪,该型号的全站仪可以不架设棱镜,系统会自动发出一束红外线照射到被测物体上然后反射回来完成测量过程,这就要求所制作的控制牌要光滑且反射性强,而且要求天气晴朗被测建筑物要清晰可见这样才能保证测量精度。然后选择合适的测站架设好全站仪,可以假设该测站坐标为(10,10,10)然后精确测量建筑物上控制点的相对三维坐标。

(3)古建筑影像采集 该步骤是本系统测量过程最关键的一步,照片质量好坏直接影响系统处理数据的精度,因此,相机要用高分辨率的(不低于 1200 万像素),在对建筑物进行拍摄之前要对现场进行考察,选择合适的拍摄距离和拍摄地点,根据拍摄建筑物的大小、拍摄距离选择合适的相机镜头,一般测量上选择标准定焦镜头 EF50mm f/1.4USM。由于距离较近,广角摄影采用平行摄影(如图 2),平行摄影的照片重叠度要有 30%,且每个摄站上只摄取一张影像而且被拍摄对象最好占满整个相幅,最少不能少于 1/3,相邻摄站距离为拍摄距离的 1/10 左右为宜,拍摄时相机镜头焦距打到无穷远,选择手动变焦,光圈快门可以使用自动(以拍摄的照片清晰为前提)。取像及摄站顺序应遵守从左向右顺序。

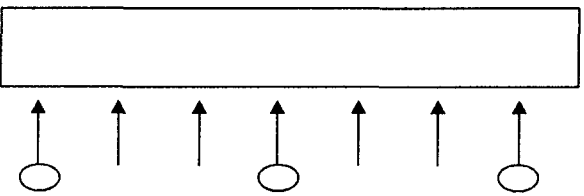


图 2 平行拍摄示意图  
Fig. 2 Schematic diagram of parallel photography

### 3.2 数据获取

多基线数字近景摄影测量系统需要一部普通单反(定焦)数码相机,原则上 4 个控制点,就可以很快地完成一个区域(对象)的精确测量和建模。其面积可从零点几平方米到数万平方米。在满足成 1:500 地形图国标精度要求前提下,其最远测距可超过 1 500 m,近距离测量可达 0.2 mm 的精度,三维重建将有自动纹理的功能。多基线数字近景摄影测量系统由以下几个模块组成(如图 3)通过该系统以上几个模块功能处理数据可以得到基于三维空间坐

标的各种产品,包括各类数据、图形、图像、数字表面模型以及三维动态序列影像等。



图3 系统主界面

Fig. 3 Interface of system

多基线数字近景摄影测量系统软件数据处理流程(如图4)

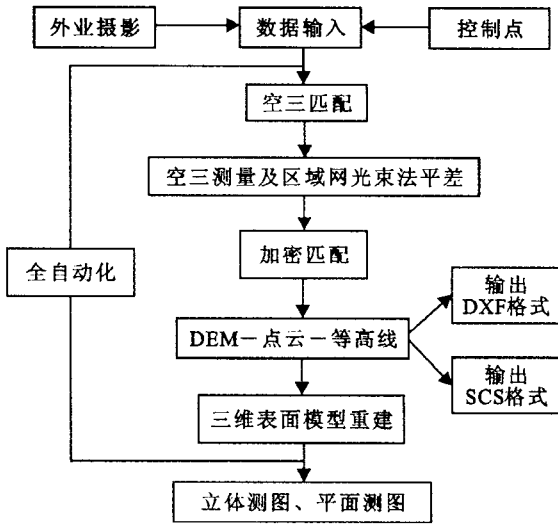


图4 数据处理流程

Fig. 4 Data processing flow

通过以上流程对数据进行处理可以得到保定古莲花池不如亭的三维空间点云数据(如图5,6)。



图5 三维空间点云

Fig. 5 Three-dimensional space points cloud

利用系统建立的古莲花池不如亭的三维空间点云,在立体编辑模块下可建立不如亭的立体模型,配合立体显示器和立体眼镜在立体模型上可以提取建筑物边界点、特征线、高度等信息实现对其精确测量。

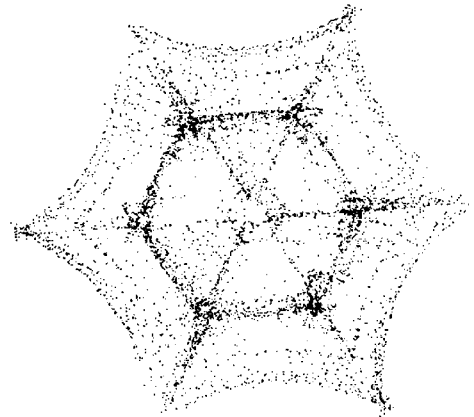


图6 三维空间点云(俯视)

Fig. 6 Three-dimensional space points cloud (overlooking)

### 4 数据精度分析

通过系统内的空三测量及区域网光束法平差得各测站数据误差(如表1)。

表1 各测站误差

Table 1 Errors of observational station

/m

测站	X方向 误差	Y方向 误差	Z方向 误差	水平方向 误差	平均 误差
A	0.001 0	0.004 4	0.000 8	0.004 5	0.004 6
B	0.001 9	0.000 8	0.000 4	0.002 1	0.002 1
C	0.001 3	0.001 2	0.000 6	0.001 8	0.001 9

从以上结果可以看出,在多基线数字近景摄影测量系统的立体编辑模块的立体模型上可以非常精确地量测出建筑物的尺寸,完全可以代替传统的测量方式。

### 5 三维建模

首先使用点云匹配算法,将分割后的点云与三维模型组件库中的组件相对应,用来满足规则几何体的建模需求<sup>[7-8]</sup>,然后从获得方位元素的照片组选出不同视角下的若干像对,在双目立体摄影测量系统下提取建筑物边界点、特征线、高度等信息,为三维建模提供精确的几何信息,并生成建筑物的主框架,采用专业建模工具 3DSMax 进行建模并修改细节。对保定古莲花池不如亭三维建模(如图7)。

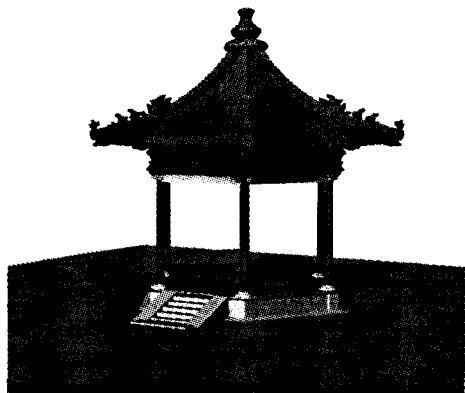


图7 三维模型

Fig. 7 Three dimension modeling

## 6 结论

由于多基线数字摄影测量系统在获取点云影像数据方面取得了突破以及数据融合了其他信息内容,为其在古代建筑物的测绘与保护等领域的应用提供了条件。快速高效地获取测量目标的三维影像数据,其精度可媲美于价格昂贵的三维激光扫描仪,这不但使得测绘技术人员突破传统测量数据处理方法,进行新的数据挖掘和开发研究,而且能使先进的方法得到普及应用,为古典园林建筑物保护和复原等工作奠定了基础。

本文主要研究了使用多基线数字近景摄影测量系统对古典园林古建筑物三维立体测量的方法,探索了基于点云数据进行建筑物三维建模的方法,初步试验表明该方法可以应用于古典园林建筑物的三维建模,是“数字虚拟园林”建设先进的技术手段。然而,获取物体表面点云数据庞大,如何管理和处理相关数据是下一步研究的重点。

### 参考文献:

- [1] 雍振华. 古典园林保护研究[J]. 苏州城建环保学院学报, 2002, 15(3): 57-62.
- [2] 李振涛, 许妙忠. 数字近景摄影测量在古建筑重建中的应用研究[J]. 测绘信息与工程, 2007, 32(4): 8-9.
- [3] 张剑清, 胡安文. 多基线摄影测量前方交会方法及精度分析[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2007, 32(10): 847-850.
- [4] 张祖勋, 杨生春, 张剑清, 等. 多基线-数字近景摄影测量[J]. 地理空间信息, 2007, 5(1): 1-4.
- [5] 张祖勋, 张剑清. 数字摄影测量学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1997.
- [6] 杨国强. 数字近景摄影测量系统研究[D]. 西安科技大学硕士学位论文, 2005.
- [7] 吴静, 靳奉祥, 王健. 基于三维激光扫描数据的建筑物三维建模[J]. 测绘工程, 2007, 16(5): 57-60.
- [8] 王健, 靳奉祥, 卢秀山. 动态激光测图数据处理系统[J]. 山东科技大学学报: 自然科学版, 2005, 24(4): 63-65.