

基于多种摄影方式下三维建模对古建筑的保护研究

陈和虎 张 勇

西安科技大学 陕西 西安 710000

摘要:目的:通过单镜头无人机使用多种摄影方式来构建精细化的古建三维模型,预期通过最简单的方式构建精细化效果较好的数字化模型。方法:采用多点云数据融合的方法,设计不同的航线方案。从大面积的倾斜摄影到小部分的近景摄影以及个别的贴近摄影,将这三者点云数据相融合。结果:通过该方法建成的古建模型符合精度规范的要求,最大化的呈现古建的精细化结构,同时大幅减轻经济的负担,为实景三维中国的建设提供了有力的支撑。

关键词:古建筑保护;倾斜摄影;近景摄影;贴近摄影

Research on the Protection of Ancient Buildings through 3D Modeling Based on Multiple Photography Methods

Chen Hehu, Zhang Yong

Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710000, Shaanxi

Abstract: Objective: To construct a refined three-dimensional model of ancient architecture by using a variety of photography methods with a single lens UAV, and it is expected to construct a digital model with a better fine effect by the simplest way. **Method:** Multi-point cloud data fusion method was used to design different route schemes. From large-area oblique photography to small close-range photography and individual close photography, the three point cloud data are integrated. **Results:** The ancient architecture model built by this method meets the requirements of precision specifications, maximizes the refined structure of ancient architecture, and greatly reduces the economic burden, providing a strong support for the construction of 3D China in real life.

Keywords: Protection of ancient buildings; Oblique photography; Close range photography; Close to Photography

引言

无人机倾斜摄影技术近年来发展迅速,国内外的专家学者从无人机倾斜摄影的关键技术展开研究,“云控制”摄影测量^[1]、数字近景摄影测量^[2]、贴近摄影测量^[3]、像控点的布设、多点云数据的融合等多种方式进行研究分析。关于多种摄影方式组合的实景三维建模鲜有学者做过针对性的研究^[4],现有的消费级无人机航拍古建筑的研究主要是单独针对倾斜摄影、近景摄影或者贴近摄影,本文针对古建筑等精细化的建筑构建,提出基于消费级单镜头无人机结合倾斜摄影,近景摄影和贴近摄影这三种摄影方式采集影像数据以实现高质量三维建模的方法。以韩城北营庙为例。

1 多种摄影方式下的三维建模方法

多种摄影方式下的三维建模方法,就是采用倾斜摄影、近景摄影和贴近摄影三种飞法相结合,以手动控制和自动控制相组合的形式来飞古建筑。按照古建筑的特点定制个性化航摄方案,高质高效地创建三维模型的方法。

1.1 古建筑中倾斜摄影方案分析

倾斜摄影方案是无人机对古建筑群进行井字型的飞行,

通过五架次的飞行方式进行大面积的数据化采集,相较于专业的五镜头无人机,消费级无人机采用五架次的飞行方式采集数据,同时因为古建的高度不高,纹理结构复杂,所以飞行高度一般设置的略低,高于所划区域最高建筑的二十米即可。飞行的高度越低,影片清晰度也就越高,同时采集的数据量也就越大,相片数量会越多。

1.2 古建筑中近景摄影方案分析

近景摄影方案是在倾斜摄影的基础上,着重对古建筑的立面、屋檐下的死角和被树木遮挡处进行拍摄,用来补全因环绕航拍造成的模型空洞、几何粗糙和拉花的情况。近景摄影为手动控制,可随时调整无人机离建筑物的距离和相机的各种参数从而可获取高质量的影像数据。

1.3 古建筑中贴近摄影方案分析

贴近摄影方案是在前两者的基础进行,古建筑有很多精细的建筑构件,例如木雕、斗拱、雀替等精细小巧的构件,因此使用贴近摄影对这些精细物件进行拍摄。可通过手持无人机拍摄和遥控器操控两种方式。手持无人机具备风险可控、安全系数高,适用于低处的建筑构件。遥控器操控风险

不可控、安全系数低但能够用于高处的建筑构件，两者方式相结合。三种摄影方式之间要有重叠度足够的过度影片来做耦合，以确保三者点云数据能够相结合，构建效果最佳的三维古建筑模型。

2 多种摄影方式支持的三维建模实验

2.1 实验设备及对象

本次的实验选择为大疆精灵4 Pro采集影像。精灵4 Pro为单镜头多旋翼无人机，搭载2000万像素的大底索尼Exmor R CMOS传感器，续航时间为40min。采用了镜头 FOV 84° 8.8 mm/24 mm (35 mm格式等效) f/2.8 - f/11带自动对焦(对焦距离1 m - 无穷远)。

根据多种摄影方式下精细化建模的特点，选取韩城的北营庙作为试验对象。北营庙戏楼建筑尤为突出，是古建中比较典型的具有精细化结构的建筑物。北营庙为元代所建，是主祀关帝的庙宇，坐北面南，总面积2460平方米。

2.2 实验数据获取

在天气晴朗无云的日子对北营庙进行数据采集，外业时间为10:00—16:00。北营庙现存主体建筑为过殿、献殿、寝殿、戏楼，在作业前对主体建筑进行重点等级分类，分为I、II、III等级。I类为重点建筑，II类为次重点建筑，III类为非重点建筑。使用单镜头无人机，通过倾斜、近景和贴近三种方式来飞古建筑。对于I类古建筑通过倾斜摄影、近景摄影、贴近摄影三种相结合的方式，II类古建筑采用倾斜摄影和近景摄影相结合的形式，III类古建筑通过倾斜摄影来获取数据，从而做到效益最大化。

采用大疆DJI GS Pro软件进行五架次航摄飞控，根据北营庙的长、宽以及最高建筑的高度和针对地面影像的相机倾角不宜过大的原则综合考虑，沿着北营庙院墙长宽分别设置50米和60米的航线规划长度，飞行高度设定为55m，航向重叠率为85%，旁向重叠率为80%；相机倾斜视角设置为45°，航速5m/s，共拍摄影像380张，耗时25分钟。航摄方案如图1所示。近景摄影中，因消费级无人机不带rtk所以采用手动拍摄，以北营庙主殿和戏楼为主，采用井字型立面飞行，拍摄选择自动拍摄，采用2s每张的参数，近景摄影共得影像400张。航摄方案如图2所示。贴近摄影用于古建的细小结构处，以戏楼为中心点，将无人机贴近被摄物体的2-3米处近距离拍摄，共得影像200张，航摄方案如图3所示。

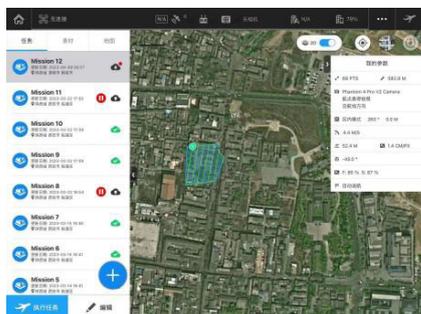


图1 倾斜摄影航摄方案



图2 近景航摄方案



图3 近景航摄方案

2.3 实验结果

将采集的影像数据进行匀色匀光、冗余数据的删除^[5]，同时进行影像增强预处理。通过cc软件进行三维模型的重建。导入pos点数据并进行像控点刺点，空三运算结束后，得到像片的外方位元素和整个场地的稀疏点云，如图4所示。

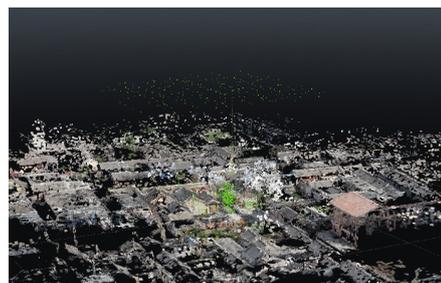


图4 北营庙空三成果

通过多种摄影方式融合建起的古建三维模型精细化效果极佳，如图5所示。相比较单一的倾斜摄影或近景摄影而言，多点云数据融合是当前构建古建模型较好的方式。



(a) 北营庙戏楼模型



(b) 彩画模型细节

图5 精细化模型结构

3 模型的精度分析

对比无人机倾斜摄影的三维模型重建,多源点云数据的融合在整体质量上都有很大的提升。为了对该古建筑三维模型进行精度的分析,在古建筑周围布设了5个外业测量点作为检查点,所有像控点与检查点利用GPS-RTK进行高精度的实地量测,在其相应的古建三维模型中量测出所对应检查点的坐标,检查点精度通过均方根误差来表示,X方向(m_x)、Y方向(m_y)、平面(m_s)、高程(m_h)的均方根误差通过式(1)、(2)、(3)、(4)计算得出。

$$m_x = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x'_i - x_i)^2}{n}}$$

$$m_y = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y'_i - y_i)^2}{n}}$$

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h'_i - h_i)^2}{n}}$$

$$m_s = \pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$$

式中, n 为测点数; x'_i 、 y'_i 、 h'_i 为模型匹配值; x_i 、 y_i 、 h_i 为检查点测量值检查点坐标成果如表1所示。

表1 控制点成果

点名	Y坐标	X坐标	高程
A001	110.4334182E	35.4646322N	382.062M
A002	110.4332510E	35.4646537N	381.788M
A003	110.4333138E	35.4648089N	381.685M
A004	110.4330717E	35.4649464N	381.155M
A005	110.4330091E	35.4645718N	381.192M

此次单镜头无人机倾斜摄影建模的坐标误差中,X轴

方向的均方根误差为0.077, $m_y = 0.162$ 、 $m_s = 0.102$ 、 $m_h = 0.088$ 根据《CH/T 9015-2012 三维地理信息模型数据产品规范》模型的平面精度和产品精度均符合要求。

4 结论

融合倾斜摄影、近景摄影、贴近摄影的三维建模方法能够最大程度化的完成模型的搭建,使模型在精度和细节方面都达到了较好的效果。本次实验的数据采集和模型构建耗时3天,整个无人机设备价格在一万以内。该方法的成功实施,为古建三维模型的快速构建提供了新的思路,成为航空摄影中一个新的发展方向,相信在未来会发挥越来越重要的作用。具有一定的应用价值。

参考文献

- [1]张祖勋,陶鹏杰.谈大数据时代的“云控制”摄影测量[J].测绘学报,2017,46(10).
- [2]张祖勋,杨生春,张剑清,柯涛.多基线-数字近景摄影测量[J].地理空间信息,2007(01):1-4.
- [3]何佳男.贴近摄影测量及其关键技术研究[D].武汉大学,2019.DOI:10.27379/d.cnki.gwhdu.2019.000509.
- [4]宰春旭.基于多种摄影方式的精细化三维模型构建方法研究[D].昆明理工大学,2021.DOI:10.27200/d.cnki.gkmlu.2021.000963.
- [5]郇建豪,杨冉.无人机倾斜摄影冗余数据删除算法[J].测绘工程,2022,31(04):11-17.DOI:10.19349/j.cnki.issn1006-7949.2022.04.002.

项目基金:西安科技大学哲学社会科学繁荣项目(立项号:2023SY03)。