

文章编号: 2095-2163(2023)02-0103-05

中图分类号: TP391.4

文献标志码: A

基于照片建模技术的无人机航摄三维建模

许豪杰¹, 史洛阳¹, 卢美琪², 刘文博¹, 张安卓²

(1 长春建筑学院 电气信息学院, 长春 130600; 2 长春建筑学院 城建学院, 长春 130600)

摘要: 随着计算机技术的进步, 照片建模技术作为一种新型的三维建模技术, 相对于传统的建模方法具有更高的效率和更好的便捷性。利用无人机倾斜摄影技术获得的原始素材, 利用三维建模软件完成精细化建模, 相对于其他高成本、高劳动力、低效率的建模方式, 具有灵活性好、生产效率高、周期短、成本低等优点, 在三维城市建模的应用中具有很大的优势和良好的应用前景。本文以长春建筑学院图书馆的三维模型建立为例, 利用倾斜摄影技术和照片建模技术进行快速建模, 对于智慧城市的建设和发展中具有巨大作用。

关键词: 照片建模; 倾斜摄影; 三维建模

3D modeling of UAV aerial photography based on photo modeling technology

XU Haojie¹, SHI Luoyang¹, LU Meiqi², LIU Wenbo¹, ZHANG Anzhuo²

(1 School of Electrical Information, Changchun Institute of Architecture, Changchun 130600, China;

2 School of Urban Construction, Changchun Institute of Architecture, Changchun 130600, China)

[Abstract] With the progress of computer technology, photo modeling technology, as a new 3D modeling technology, has higher efficiency and better convenience than traditional modeling methods. Compared with other modeling methods with high cost, high labor force and low efficiency, the original material obtained by UAV tilt photography technology has the advantages of good flexibility, high production efficiency, short cycle and low cost. It has great advantages and good application prospects in the application of 3D urban modeling. Taking the three-dimensional model establishment of the library of Changchun Institute of Architecture as an example, this project uses tilt photography technology and photo modeling technology for rapid modeling, which plays a great role in the construction and development of smart city.

[Key words] photo modeling; tilt photography; 3D modeling

0 引言

目前, 市场上广泛应用于建模领域的技术有4种: 传统手工建模、三维激光扫描建模、数字近景摄影测量建模和倾斜摄影测量建模。传统手工建模是指使用3dsmax等建模软件, 通过观察CAD图纸或者是建模物体的照片了解建筑物的大致轮廓后进行建模, 该方式在模型结构上相较于其他方式更美观, 但精度较低, 对劳动力的需求较大, 生产周期长, 复杂模型的建模对建模人员的技术水平要求较高, 不易于大范围模型的建立。

三维激光扫描技术是GPS空间定位系统之后测绘技术的又一突破。三维激光扫描技术通过非接触激光、摄影和白光对三维物体进行扫描, 获得大

量的点云数据, 经过自动对点云信息进行匹配、降噪等操作, 构建三角部分模型和曲面模型, 最后通过人工手动将纹理信息映射到三维模型表面。三维激光扫描技术支持快速、连续的扫描方式获得物体表面三维点云数据, 精度较高、操作方便, 适用于小规模精细模型的构建。但也有一些缺点:

(1) 扫描对象的空间大小有一定的限制, 大型物体扫描困难;

(2) 激光扫描设备制造难度极大, 由于零部件制作成本高, 激光扫描设备的价格非常昂贵, 不利于该技术的发展和普及;

(3) 无法获取被测物体的颜色和纹理, 后期仍需人工处理。

数字近景摄影测量技术是指对近景图像经过自

作者简介: 许豪杰(2001-), 男, 本科生, 主要研究方向: 人工智能、虚拟现实; 史洛阳(2000-), 男, 本科生, 主要研究方向: 计算机应用技术、计算机科学与技术; 卢美琪(1999-), 女, 本科生, 主要研究方向: 电力经济与管理、虚拟现实; 刘文博(2001-), 男, 本科生, 主要研究方向: Web应用与开发、网络渗透测试; 张安卓(2001-), 女, 本科生, 主要研究方向: 电力经济与管理、虚拟现实。

收稿日期: 2022-04-11

哈尔滨工业大学主办 ◆ 系统开发与应用

动匹配、空三运算、生成点云、纹理映射等操作后构建物体的三维模型,该方法所使用素材的照片往往是在 100 m 范围内获得的近距离图像,建立的模型精度高,效果好,但由于照片的拍摄往往存在死角,所以在建筑模型的建立上会遇到许多困难。此外,在获取素材时也需要工作人员现场测量,大比例尺测量将消耗大量人力物力,只可用于小比例尺建模。

目前无人机行业发展迅速,诞生了大疆等科技巨头,无人机倾斜摄影技术也随之飞速发展。通过在无人机平台上安装云台相机,可以同时采集垂直和倾斜的多角度影像,相较于数字近景摄影测量建模可以获得更完整、更准确的物体信息,这些倾斜图像可以通过软件处理来生成三维模型。基于倾斜摄影技术的三维建模方式具有操作范围广、成本低、效率高等优点。倾斜摄影数据处理对计算机硬件配置的要求较低,可以实现计算机集群处理,更适合大规模三维模型的构建,但这种方法也存在建筑物侧面和底部信息收集不完整的缺点。

作为当前计算机图形学领域一个非常热门的研究领域,照片建模的主要目的是通过二维图像中的各项信息建立物体的三维模型,在智慧城市、3D 打印、影视制作等领域有广泛的应用。照片建模的方式成本低、操作简单、智能化程度高,所建立的模型真实感强,纹理和色彩逼真。本文以长春建筑学院图书馆三维模型为例,利用大疆 Mini2 无人机对图书馆穹顶进行拍照获取数据,并利用真实感捕捉对照片进行建模,获得精细模型。

1 照片建模流程

照片建模技术不仅提高了大范围三维建模的效率,还能准确的反映拍摄物体的表面真实情况,推动了智慧城市的发展。通过倾斜摄影技术等方式,多角度、多层次对物体进行拍摄,获得一组重复率较高的图像,然后对图像的特征信息进行提取分析,计算出图像对应的三维位置信息并密集匹配,获得物体的稀疏点云,但通常包含许多无效点。为了消除冗余信息,需要对点云进行筛选,以提高模型计算的速度和精度,经过贴图和建立纹理即可快速建立一个三维的城市模型,具体工作流程如图 1 所示。

倾斜图像由具有一定倾斜角度的倾斜相机获得,同一物体可以从多个视点和视角获取图像,从而获得更详细、更大、多分辨率的侧面信息,最终产品是通过记录高度、速度、航线重叠、侧面重叠和坐标等参数形成的。

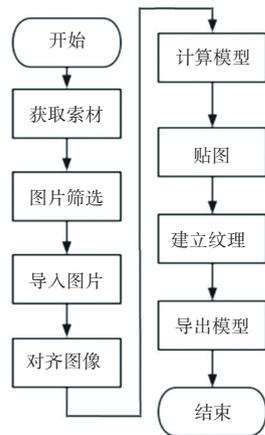


图 1 工作流程图

Fig. 1 Work flow chart

1.1 基于照片建模的三维建模软件

Reality Capture 是一款功能强大的照片三维建模软件,可以帮助用户将复杂的 3D 模型变简单,更简易的模型制作方法,傻瓜式的操作,软件压缩包小,相比其它的照片三维建模软件要简单的多。已经成功用于智慧城市、影视、3D 打印等诸多领域。

1.1.1 获取素材

为了建立一个高质量的三维模型,照片的获取是重中之重,模型的质量主要取决于所使用的照片的质量。获取高分辨率、高重叠度、高清晰度和良好的照明条件的照片是三维建模的必要要求。本文采用大疆 Mini2 自带的三轴 4K 机械增稳相机,其三轴机械增稳系统,不论是定点悬停,还是高速飞行,都可以保证画面稳定流畅,1 200 万像素航拍相机最高可录制 4 K/30 fps 视频。为了获得更好的照片效果,采用手动对焦。此外,为减少噪点的产生,在拍摄过程中随着无人机位置的变化,ISO 值也会随之调整。为了获得充足的进光量,光圈值应该足够高,降低光圈大小以产生足够的景深,保持背景清晰。由于气流的影响,图像因为抖动产生模糊,快门速度不应该过慢。鉴于图书馆体积较大,呈方形坐落于校区中部,并且周围有其他建筑物遮挡,航拍采用环形路线,即围绕建筑物环绕飞行 360° 建模建筑进行拍摄,环形航线如图 2 所示。该方式适用于单体建筑的拍摄,通过较少的照片即可建立模型,耗时短、工作量小且建模效果良好。

本次起飞区选在图书馆正前方,抵达指定高度后,按照要求将设置图像轨迹重叠度 > 80%, 横向重叠度 > 50%, 无人机每飞行 8°, 进行一次照片的环绕式拍摄。为了保证建模的质量,采用多层次拍摄,以获得更多的建筑信息。初始设置的参数适用于对高

度较低的物体拍摄,随着楼层高度的增加,顶部的影像重叠度会随之降低,顶部照片的重叠度不足会导致所建模型有漏洞,影响整体效果。需要根据实际需要重新计算了重叠度。

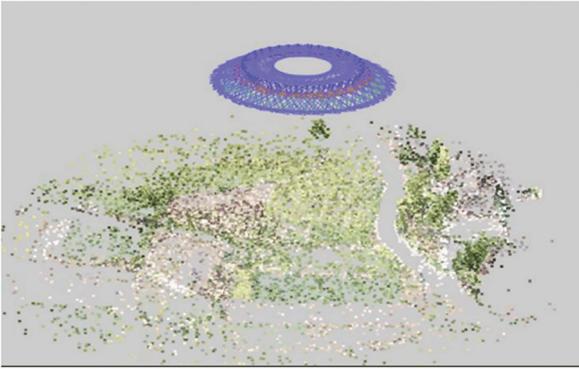


图 2 环形航线

Fig. 2 Circular route

已知: H 为航摄飞行高度; h 为楼房高度; α 为像幅角; S 为建模建筑实际长宽; W_1 为飞行设定的重叠度; W_2 为楼顶处的重叠度; W_3 为地面重叠度; S_1 为拍摄点与建筑物的距离; L 为楼顶处建筑物长(宽)。所需建模建筑的实际长(宽),公式(1):

$$S = 2H \tan \alpha \quad (1)$$

飞机设定的重叠度,公式(2):

$$W_1 = 1 - \frac{S_1}{S} \quad (2)$$

则楼顶处的重叠度,公式(3):

$$W_2 = 1 - \frac{S_1}{L} \quad (3)$$

若要保证航摄区域内所有地物的重叠度达到实际需求(算法理论建议值是 66.7%),则地面重叠度 W_3 ,公式(4):

$$W_3 = 1 - \frac{(H - h)(1 - W_2)}{H} \quad (4)$$

重叠度计算示意图如图 3 所示^[1]。

现场数据采集流程如下:

(1) 飞行准备工作:包括观测当前天气状况,确保不会遇到雨雪天气,风力 ≤ 4 级(8 m/s)能见度 ≥ 5 km;查询当前区域是否为禁飞区与限飞区等;

(2) 起飞:选定一块空旷区域为起飞区,通过软件控制无人机进行飞行作业;

(3) 航路飞行:无人机爬升到指定高度后,根据周围实际情况选择拍摄航线,减少遮挡避免与周围建筑的碰撞;

(4) 航拍任务完成后,将航拍图像数据导出并

检查,主要检查航拍任务是否与设置一致,导航定位系统数据简称 POS,实时动态载波相位差分数据简称 RTK,是否正常,照片是否产生过曝、模糊抖动等问题,判断是否需要二次拍摄。

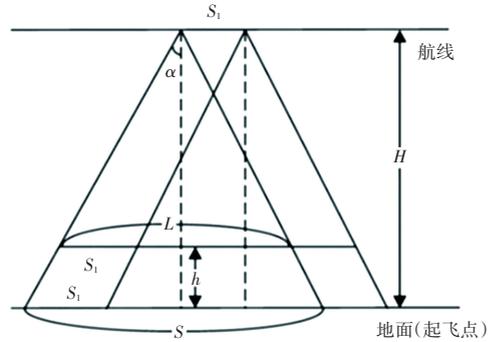


图 3 重叠度计算示意图^[1]

Fig. 3 Schematic diagram of overlap calculation

1.1.2 处理分析

照片数据处理的关键是把握整体,保证每张照片的清晰度、亮度和色差都较高,曝光一致。应充分照明,尤其是凹面和中空部分,避免产生黑色区域。相邻照片的重叠率大于 60%,航线弯曲度小于 3%,像片旋角小于 6° 。在每张照片中,必须确保所有要拍摄的对象都在图片中,并且要拍摄的对象应该约占图片面积的 80%。由于拍摄物体周围环境复杂,所拍摄照片质量参差不齐,需要对照片进行编辑和预处理,预处理后的图像效果直接影响模型的纹理效果。部分图像 POS 数据见表 1。

1.1.3 匹配照片以生成密集点云、生成模型

(1) 导入照片:导入图像尽量选择目标对象在图像中覆盖率 60% 以上的,可以减少组件断开,增加对齐速度;另外,选择无损压缩的照片格式可以获得更精细的模型,因此可以在拍摄时使用 RAW 模式,通过图片处理工具将照片格式转化为.tiff 格式。虽然官方说明中可以使用任意的照片进行建模,照片越多精度越高,但通过实际测试发现,受到相机配置等硬件因素的限制,过多的照片没有任何意义,根据物体复杂程度,本次建模采用了 143 张照片。

(2) 对齐照片:为了缩小查找范围以减轻后续的匹配算法的计算量,需要对照片进行对齐。在对齐之前需要设置建模参数。首先,指定相机先验的精度,当计算的位置和先验在该精度范围内,则认为计算和先验是一样的;其次,通过添加控制点等方式减少组件断开、图像对齐;最后,通过软件计算生成重建后的点云数据。对齐照片耗时大约 20 分钟,得到的密集点云如图 4 所示。

表1 POS数据

Tab. 1 POS data

ID	GpsLongitude/经度	GpsLatitude/纬度	GPSAltitude/海拔
DJI_0028	125.518 490 7	43.693 758 777 777 8,360.106	360.106
DJI_0045	125.518 194 8	43.693 638 583 333 3,364.706	364.706
DJI_0051	125.518 192 8	43.693 640 277 777 8,343.006	343.006
DJI_0054	125.518 192 4	43.693 641 444 444 4,330.706	330.706
DJI_0057	125.517 587 4	43.693 400 555 555 6,349.68	349.68
DJI_0059	125.517 585 3	43.693 400 194 444 4,340.58	340.58
DJI_0062	125.517 712 1	43.694 035 611 111 1,430.48	430.48
DJI_0066	125.517 610 6	43.693 612,382.48	382.48
DJI_0071	125.518 239 3	43.693 260 583 333 3,254.101	254.101
DJI_0073	125.518 239 6	43.693 259 5,249.001	249.001

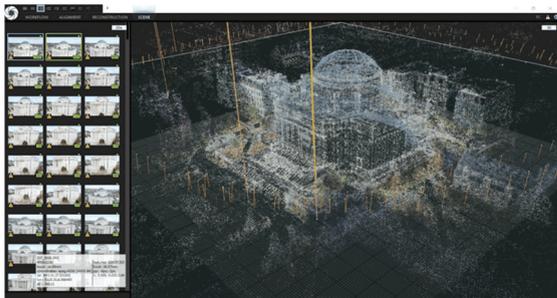


图4 稀疏点云模型图

Fig. 4 Sparse point cloud model diagram

(3) 建立密集点云: 现实场景中物体的形态各异, 其对应的点云数据的空间属性也各不相同。点云按照特征点的密度可分为“稀疏点云”和“密集点云”两种。密集点云中特征点的数量较多, 往往能够精细的表示物体的形状和外观, 可以实现三维场景或物体的全貌构建。但稠密点云的数据相对冗余, 处理时需要耗费较大的计算量。本文通过计算获得稀疏点云信息, 再通过人工筛选, 删去其中不需要的场景点云信息, 缩小建模范围, 减少获得稠密点云数据所需的计算量, 密集点云模型图如图5所示。

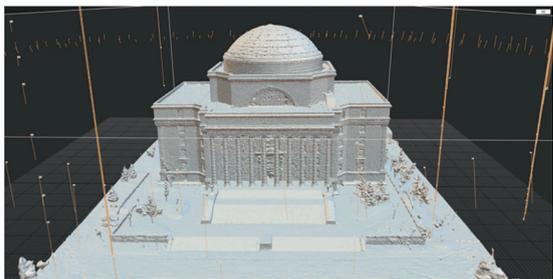


图5 密集点云模型图

Fig. 5 Dense point cloud model diagram

(4) 处理冗余信息: 大规模范围的重建得到的模型占用硬盘的容量会非常巨大, 无论是导出还是

后期的展示和使用都非常不便, 对模型进行优化会生成一个新的简化后的模型。

(5) 贴图、建立纹理: 给网格上色、建立纹理后生成的纹理是非常细碎的碎片, 拼成了模型的表面, 最后导出模型, 最终产品的多角度展示如图6所示。

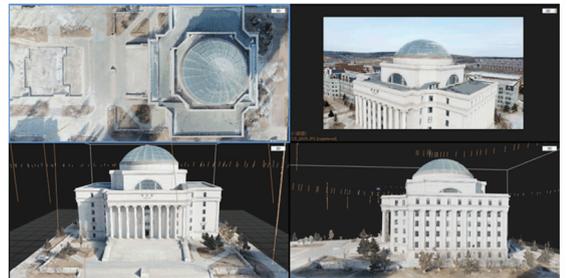


图6 最终产品的多角度展示

Fig. 6 Multi angle display of final product

与其他建模方法相比, 最终的模型在颜色和细节显示方面基本满足了显示的需要。此外, 在本次建模实验发现以下拍摄环境有利于模型的建立。

(1) 不透明、不反光的物体, 例如地面、草地等; 对于轻微反光的物体可以选择使用柔光灯后在阴天进行拍摄, 减少高亮点;

(2) 景内物体保持静止也有利于模型的建立;

(3) 光滑的、结构简单的平面更易于模型的建立。虽然该方式在许多细节上拥有较大的改进空间, 但与其他建模方式相比, 照片建模技术极大的减少了时间、经济和劳动力成本, 缩短了工程周期, 提高了建模效率^[1]。

2 结束语

相比于低效率、高成本的传统手工建模和三维 (下转第113页)