

无人机倾斜摄影技术三维建模及精度分析

谢铁伟¹ 孙宇航² 李铁³ 邱中琦⁴

中国建筑第八工程局有限公司东北公司

DOI:10.12238/jpm.v6i6.8147

[摘要] 无人机倾斜摄影测量技术可以从不同角度宽范围获取物体图像，真正反映物体的真实情况，获得的垂直图像对物侧面不完整信息。这种方法具有成本低，时间自由和空中交通控制小的优点。提高了精度和维护效率，目前倾斜摄影是获取更有效地面信息的重要技术，图像质量决定了摄影质量逼真模型。

[关键词] 无人机；倾斜摄影技术；三维建模；精度；

3D modeling and accuracy analysis of drone oblique photography

Xie Tiewei¹ Sun Yuhang² Li Tie³ Qiu Zhongqi⁴

Northeast Company, China Construction Eighth Engineering Bureau Co., LTD.

[Abstract] Unmanned aerial vehicle oblique photogrammetry technology can acquire images of objects from various angles over a wide range, truly reflecting the true condition of the object. The obtained vertical images provide incomplete information about the object's side. This method has the advantages of low cost, flexible timing, and minimal air traffic control. It improves accuracy and maintenance efficiency. Currently, oblique photography is an important technique for obtaining more effective ground information, with image quality determining the realism of the model.

[Key words] UAV; oblique photogrammetry technology; 3D modeling; accuracy;

前言：

提到倾斜摄影测量技术在倾斜摄影测量中的应用和前景，可以真正反映地球上的客观情况，满足人们对三维信息的需求，增强三维数据所产生的现实感。通过将图像控制点与图像中的地面特征相匹配来提高地形测绘和建模的准确性。

一、研究背景

近年来，三维地形和建筑模型已成为数字城市三维景观模型中最重要的模型。其中，数字城市建设的关键要素之一是创建建筑的三维模型。与传统的垂直摄影测量相比无人机倾斜摄影测量可以获得建筑物侧面纹理的信息，近似摄影测量可以获得近地信息。图像匹配是生产摄影测量数字产品的关键，其效率直接影响随后的相对方向空中三维加密生成质量。帮助无人机获得广泛的多视觉图像，实现三维精确模型重建。根据无人

机控制模式，遥控设备主要分为无线电控制、自动软件控制和综合控制三类。无人机或小型飞机进行的局部测量，地形图和数字表面模型的显示精度很高。过去只使用一个照相机的图像来收集场景数据，倾斜摄影测量技术用于多个角度。因此，收集到的场景信息可以有效地反映场景纹理。无人机倾斜摄影测量技术具有自动化程度高、后续处理方便的优点，低水平摄影测量研究所的三维模型具有精度高、成本高、逼真等优点，应用于城市规划、智能城市建设等多个应用。倾斜摄影测量是利用无人机上安装的摄像头，对进行方向的测量左右前后直，经过一系列处理后获得地面数据。无人机倾斜测量技术，广泛应用于人们的生活和工作中，点云数据，数字正成像等。目前，计算机视觉、摄影测量等领域的专家学者也开始探索各种城市三维建模方法，这些方法已经成为国内外关注的焦点，通过深入的研究和实践，取得了一定的成效。

二、无人机倾斜摄影优点

与传统航空摄影的大型飞机相比，无人机因其独特的便利性、速度和成本而得到了更广泛的应用。随着无人机技术的发展，它成为一种倾斜摄影测量技术的实用载体，提高了它的机动性和灵活性使它的寿命很短，图片内容丰富人类干预的减少。物理侧纹理传统的数字正面图像，主要获得上半身纹理总体成本较低无人机倾斜摄影技术在收集，制造三维城市模型方面更有效，节省时间和精力果精确误差超过了标准要求的范围，不管随后的三维测量、模型部分和其他过程处理得有多好，那么整个模型的不合理位置可能会影响整个模型的准确性，过度放置图像控制，消耗了大量的人力和物质资源。基于无人机本身的特点，与卫星遥感和大型飞机的航空成像系统相比，无人机体积小，重量轻，运输方便，适用于多平台和多空间使用，不易受天气和地形条件的影响，可以在平坦的土地，道路，城市广场和军舰等不同区域灵活垂直起降，也可以借助发射装置，弹射器等辅助设备发射。此外，还可以实时准确地访问视觉数据，从而大大提高数据采集的及时性和科学性。空中摄影系统可以获得高分辨率的多相和多光谱遥感数据。无人机通常在低空飞行并靠近物体时拍摄图像，因此它们可以获得高分辨率的遥感图像。目前，无人机的航拍分辨率测绘精度，可用于创建高精度的三维景观地图。无人机结构简单，重量轻，价格低廉，安全可靠，可以实时获取目标检测的准确信息，并且易于采集和维护。无人机航拍系统可以根据飞行导航控制系统，沿着地面测控站预先设计的飞行路线飞行，图像数据可以实时传输到地面控制终端。因此，在沙漠、森林、自然灾害等困难地区进行航空摄影时，即使无人机损坏，也能保证操纵器和图像数据的安全。

三、无人机倾斜摄影技术三维建模

基于激光扫描技术的三维建模。根据交付平台的不同，激光扫描系统分为三类：机载激光扫描系统，机载激光扫描系统和地面激光扫描系统。倾斜摄影作为视图和直接安装在无人机上的四转子，从而使无人机低空飞行，收集数据点来控制地面图像和数据的倾斜。通过数据处理模式创建三维现实。研究所创建的三维现实模型的实验精度测试为无人机低倾角摄影测量提供了广阔的可能性。无人机倾斜摄影技术有效地创建了各种三维现实模型。图像匹配是恢复三维模型的关键步骤，因此，是模型研究的重要课题之一三维模型是完整和精确的。通常的方法是手持摄影，或使用机载摄影测量系统进行额外测量。现代激光扫描技术的一个非常重要的方面是将地面扫描相结合，以获得有关城市三维重建的数据。地面三维激光扫描技术可以在现场进行扫描，以获得建筑物的点云数据，然后执行数据校准和优化，提取三维建筑模型轮廓，建模和纹理等关键过程，

以产生广泛的真实城市三维模型数据。目前采集数据的方法主要有：移动测量机、激光扫描仪、机载激光雷达。空中激光雷达接收数据更快，更适合大面积生产数据。

移动测量机器用于获取街道和景观等地带的的数据。对于单个建筑物等小区域的三维模型，通常使用三维激光扫描仪进行生产。这些技术数据的使用与天气条件的相关性较小，数据采集是有效的，通常被称为单一作物的操作方法。但是，存在许多缺点，即获得的数据量大，后期处理数据的工作量大，这很容易导致数据冗余。基于航空摄影技术的三维建模利用航空摄影技术获取原始图像，利用行业外收集的图像控制点坐标作为控制数据，进行航空三角测量。然后，利用空白三元组的加密结果，收集创建三维模型所需的基本框架，并将行业外收集的建筑物纹理数据附加到建筑物表面，最后构建一个真实的三维模型，目前已经使用航空摄影测量法创建了广泛的三维数字城市模型，以获得原始数据。使用这种方法建立三维模型有许多优点，如：数据处理速度快，模型结果精度高，可以处理广泛的模型数据。然而，这项技术容易受到天气因素，图像采集缓慢和空域申请时间较长的影响。另外，由于机载摄像机视场角度有限，无法获得更多的建筑物侧面纹理，特别是建筑物的底部纹理难以获得，模型需要稍后修复才能获得更逼真的三维模型。

目前使用三维建模方法使用构建三维建模软件模型基于空间几何和矢量数据编辑领域纹理技术创建了三维纹理模型。这种方法相对简单，需要大量手动操作。效率适用于小规模紧凑的三维建模利用激光扫描技术对被测物体进行完整扫描，去除噪声点后，获取物体表面大量点云数据，连接点云，绘制点云三维地图，它可以捕捉到建筑边缘和侧面元素的完整和清晰数据。它补充了倾斜照片的数据可以很好地纠正，倾斜照片在地面和建筑附近的扭曲近年来，对无人机倾斜摄影技术的全面分析，多维图像的适应和基于倾斜摄影图像的三维现状建模方法，往往会出现数据接近地面、细节模糊等问题。模型变形等局限性，主要围绕近距离摄影测量帮助无人机倾斜摄影测量，获得多种多视图图像数据，实现高质量三维模型的改进和重建。实现三维建模利用数字摄影测量获得物体的原始图像利用图像信息恢复物体的原始模型，重建三维模型。如三维形网络的构建不需要统一只要通过镜头的图像和近地空间的图像就可以通过相同的点连接起来，自动改进建筑模型和分析模型的结果表明，在空中摄影和高空的三维场景，点云的数据通常是空的，其中一些反映了建筑本身的缺陷不需要改变。但在大多数情况下需要对收集的对象进行完整的描述，否则就很难进行几何建模，因此使用测量算法创建的三维模型是不可能的。包括使用网格三维测量模型在倾斜照片数据中搜索边界获得每个边界连接的顶点并创建点集合。

为了确定这个闭环是否空视觉效果非常好，如果视觉角度

在地面上就会发现模型的阴影部分结构有粘合，根据倾斜的镜头收集了一些接近目标的照片，形成了金字塔的相应图像基于倾斜摄影技术的三维建模方法。它可以快速创建数字正像城市、数字高建模、数字正像、数字网格等数字产品，适用于城市的宽带三维模型，首先采用倾斜光度法获取图像数据。快速构建真实的三维模型，然后使用近距离摄影和倾斜摄影，使用方法从多个图像源收集数据模板，使用无人机倾斜照片拍摄工业设施，以及便携式或低级环形照片等近距离镜头。为了补充局部近地表面隐藏的细节，结合多个来源的测量数据，自动匹配图像精确显示物体的空间位置和特征，可视化显示三维场景的几何可靠性。然后灰色图像和深度对应最小的正方形以确定相同名称的点过程周期，并完成自动匹配两个近视图像上相同名称的点；在密切协调的结果下获得更完整的点云数据，创建一个现实的三维模型，但仅使用倾斜图像不能满足高质量侧纹理和纹理的要求；然而，在地球上近距离和低海拔拍摄的环形图像允许近距离拍摄高分辨率物体图像。可见倾斜摄影测量不仅可以获得垂直图像顶部的信息，还可以显示倾斜图像的侧纹理，近距离摄影测量可以更好地捕捉，地球附近的图像和侧纹理。结合完整的图像数据，恢复更精细的三维现实模型。

四、无人机倾斜摄影技术三维建模精度分析

根据无人机倾斜摄影测量系统获取遥感数据，包括垂直和倾斜图像，首先对原始图像进行预处理，因为原始图像在拍摄时光线不均匀，拍摄角度和时间差异不同等因素，倾斜图像在获取时也有平行光和反向光，图像之间存在辐射差异。因此，图像必须标准化并均匀着色。在图像控制点用于空间解决倾斜图像统一开放空间数据坐标系然后与倾斜现实模型和地面数据结合，角度、高度重叠、水平和垂直摄影，近地空间图像和原始模型之间的连接点的选择必须完全由一个清晰易于解释的交叉位置，来填补在计算空的第操作时，根据从上下线提取点的方法，完成了对盲点的补充完成了模型的恢复。在近照数据收集，并根据选定的控制点调整近视模式，以实现若干近视图像的粗略方向，在第一张近距离照片中在粗定向完成后，次区域提取密集的特征点，并将它们与倾斜照片中云深度的三维图像结合起来，以便得到附近第二张近距离照片中的每个点的近似位置。光束法区域网平差的是每张像片对应的光束。利用每个光束变换使模型光线实现相交，把测区影像纳入到标系得到每所有加密点的物方坐标。倾斜图像数据用于空编码、模型构建、造成数据管理和处理的问题，如三维地质数据整合。

倾斜摄影和卫星遥感已成为构建三维城市现实模型的标准方法。主要是基于多个来源的综合对齐，包括高海拔多通道倾斜图像和低空近视图像。利用倾斜航空摄影原理收集近地空间图像，根据无缝扫描原则规划移动扫描路线，绘制线条、这

些点将参与计算三角形网络中的点，然后绘制纹理，最终形成三维目标场景。实时还原联合制作的开放空间数据生成的三维建模在于数据作为基准数据测量系统无人机倾斜，用于三维建模实际地形可视化收集图像底部和两侧建筑后提取特征点的坐标，依照路口至近距离摄影原则还结果需要在图像引导后进行共享建模。根据垂直图像和倾斜图像的数据，结合使用图像空白加密解决方案计算的每个图像的外方位元素，使用密集的多视觉图像匹配技术生成具有真实高密度云景观的数字表面模型数据，如图1所示。假设坐标与固定点的变化是随机变量，可以通过计算最小二乘方程来获得坐标变化的散射-协方差矩阵的理论坐标精度。在三个空密码的组合对齐后，检查点误差是外部测量坐标值与从与外部方位元对应的图像点坐标计算出的加密坐标值之间的差值。平面精度，高度精度和长度精度是三维模型系统中坐标和模型长度的测量，然后是平面坐标和平面坐标的高度控制点的外部测量。



图1 密集点云视图

为了评估模型的实际精度，使用上述方法测量的现场控制点坐标作为控制点的实际坐标。然后分别计算这两个值之间的平均误差和差值，以评估平面精度和高度精度。图像控制点的测量精度是模型数据的基准，图像控制点是空加密方向的基础，图像控制点的测量精度越高，加密结果的精度就越高，因为高精度的图像控制点可以严格限制误差的传播和积累。因此，在外部测量图像控制点坐标时，必须严格控制图像控制点的精度，这对于提高模型的精度至关重要。

结束语：

无人机倾斜拍摄照片有助于在现场获取最新图像数据，添加图像控制点可以提高模型的准确性，通过使用图像控制点，坐标信息对图像进行几何校正来提高图像的准确性，并根据图像点云迭代倾斜图像可以详细显示更多信息。

[参考文献]

- [1]曹帅杰.倾斜摄影测量在实景三维建模中的关键技术研究[D].昆明：昆明理工大学，2023.
- [2]杨国民.摄影测量技术应用及展望[J].测绘与空间地理信息，2023，39(1)：13-15，18.
- [3]周吕菲.基于无人机倾斜摄影三维建模及精度[J].水力发电，2022，46(4)：41-45，50.