

# 浅析无人机倾斜摄影测量近景影像绝对定向方法

张肖肖

山东东方道途数字数据技术有限公司

DOI:10.12238/jpm.v4i7.6119

**[摘要]** 近年来,无人机倾斜摄影测量技术不断发展,以其高效的数据采集能力,在空间规划、应急管理等领域发挥着重要作用。无人机倾斜摄影测量技术具有性能高、操作简单、成本低以及受地理环境影响小等优势,通过配合移动平板与软件,可在短时间内快速、大量采集地表信息。作为无人机倾斜摄影中的重要步骤,像控点的布设影响着航摄成果精度以及外业工作量,因此针对无人机倾斜摄影测量技术的像控点布设方案的优化设计具有重要意义

**[关键词]** 无人机倾斜摄影;近景影像;绝对定向;

## Analysis of the absolute orientation method of close-up image

Zhang Xiaoxiao

Shandong Dongfang Daoyou Digital Data Technology Co., LTD. Shandong Jinan 250101

**[Abstract]** In recent years, uav tilt photogrammetry technology has been developing continuously, and with its efficient data acquisition ability, it plays an important role in spatial planning, emergency management and other fields. UAV tilt photogrammetry technology has the advantages of high performance, simple operation, low cost and small influence by geographical environment. By cooperating with mobile tablets and software, surface information can be collected quickly and in large quantities in a short time. As an important step in the uav tilt photography, the layout of the image control points affects the accuracy of the aerial photography results and the field workload, so the optimal design of the image control point layout scheme for the uav tilt photogrammetry technology is of great significance

**[Key words]** UAV tilt photography; close-view image; absolute orientation;

### 引言

三维重建一直是一个热门研究课题,其中基于影像的三维重建受到广泛关注。研究发现直线特征较点特征包含更丰富的几何和语义信息,尤其是对于存在较强线特征的地物,在结合点特征的三维重建上引入线特征约束会极大地改善不符合人类视觉感知的情况(如建筑物轮廓边缘不平整),甚至可以直接利用直线匹配的结果进行三维重建,直观观察到线特征属性强的场景特征。因此,结合线特征的重建方法较单纯的点重建有更加直观的重建效果,而其中的核心便是直线的匹配算法。

### 1 无人机倾斜摄影测量技术

是指在作业时挂载多台航摄影,从空中对地面进行航摄并获取多角度、全方位、高清晰的影像数据,在进行拍照时,飞控将下视镜头的位置和姿态记录下来,并用于后期数据的高精度解算。由于搭载的航摄影多,因此获取的影像信息更加丰富,在空中三角测量解算环节,空三精度主要和影像的分辨率、丰富的影像信息以及POS数据有关,倾斜摄影由于飞行高度低,因此获取的影像分辨率很高,这为高精度的测绘产品提供了保

障。目前常见的5拼航摄影组成的倾斜设备,其由1个下视和4个侧视航摄影组成,在作业时,5个航摄影同时拍照,获得一组五张照片。

### 2 无人机倾斜摄影测量原理

无人机倾斜摄影测量通过无人机从不同角度快速采集被测物的影像数据,并通过三维建模软件将影像数据生成三维实景模型,可以全面准确地反映出地上附着物的外形、高度、位置等属性。将该技术运用于征地外业调查,可大幅降低征地外业调查工作强度、减少各项财务支出,而取得的影像成果又可作为发生征地纠纷时的判定依据,全面提高调查真实准确度。以无人机为平台,以倾斜摄影相机为工具的一种航空摄影系统,是由无人机摄影系统和三维建模软件共同实现。倾斜摄影技术是通过在无人机上搭载的五镜头相机,同时从垂直和倾斜多角度采集获取地面物体完整影像数据,再通过建模软件将获取的影响数据进行加工处理并完成建模,并最终输出实景三维模型、正射影像图(DOM)、数字表面模型(DSM)等多种成果。利用生成的三维模型,作业人员可以从高低空多视角对地面物

体进行观察对比并进行精确测量，对比传统实地外业测量该技术具有显著优势。

### 3 绝对定向坐标系建立

直接测量无人机近景定向过程中，会存在各种不确定因素，如直线特征干扰、冗余坐标较多等，为了避免误差，需要建立绝对定向坐标系，进行准确测量。首先要建立一个比例相同的空间坐标系，即利用空间坐标系直观实际图像，排除预知的因素影响，测量近景图像。通过建立空间坐标系，对得到的矩阵的方向变化坐标进行规范化处理，弥补了传统方法的不足，在 Rodrigues 矩阵的基础上，设所需要的方向变化矩阵中， $\lambda$  为比例系数；R 为矩阵。坐标点的处理可以减少直线特征干扰数据和冗余坐标，提高计算精度，如果公式为 0，则需要重新计算并单独处理，以确保操作的准确性。在此条件下，根据参数中的坐标和运行距离的方向 $[\lambda]$ ，计算比例系数的均值，起始值用  $\lambda_0$  表示。

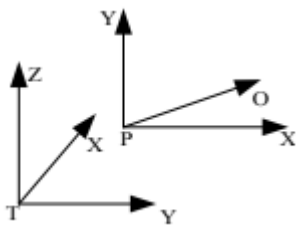


图1 空间坐标系示意图

### 4 算法描述

首先输入一组影像对，分别记作目标影像与搜索影像，通过利用尺度不变特征变换与随机抽样一致算法对该组影像对进行稀疏匹配点的获取，并同时利用等直线匹配算法获取目标、搜索影像直线段。首先利用稀疏匹配点的核线方程获取目标影像直线段对在搜索影像直线段的候选索引，然后根据该索引二次利用透视变换矩阵进一步减少候选直线的索引。由于近景影像某些影像对之间的相对位移无法计算相机投影矩阵，需进行最终的双向分类检核。若存在相机投影矩阵，则使用重投影误差检核的方案确定最终的匹配直线；若不存在，则利用改进后的自适应变换描述符，进行最终的检核。核线约束即在存在相互重叠区域的立体影像对之间的一种几何约束，该几何约束可将同名点的搜索范围由整个二维图幅降至一维直线上。若匹配直线对的两端点相互对应，则是最理想的匹配形态。

### 5 影像灰度确定

对影像定位坐标点进行了初始处理，在此基础上，在方向变化矩阵中，由于矩阵的数据输入范围尚未确定，矩阵是不断变化的，容易产生一些未知的方向因子，而空间角度的大小对其的影响也具有不确定性。因此，需要确定影像的灰度，即通过影像间投影方式的循环变化，放大显示影像，设灰度差用  $n$  来表示，则： $n_1 + g_1(x, y) = n_2 + g_2(x, y)$  式中， $g_1(x, y)$ 、 $g_2(x, y)$  分别为坐标参数。此时确定的影像灰度是唯一的，但是影响色度的因素较多，例如自然因素阳光或物理因素辐射，当影像显示比例较小时，影像产生畸变，影像间投影方式的变化只有一

次，达不到循环变化的效果，因此，需要利用最小二乘法，二次匹配影像灰度，匹配函数为： $R = h_0 + h_1 g_2(a_0 + a_1 x + a_2 y, b_0 + b_1 x + b_2 y)$  式中， $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$  为变化后系数； $b_0$ 、 $b_1$ 、 $b_2$  为受影响后系数； $h_0$ 、 $h_1$  为变量。根据公式可知，最小二乘法结果是否准确取决于比例系数，系数增加，结果也就相对准确，所以，具有更清晰、更具体的影像灰度差，进而确定影像的灰度。在影响灰度值的基础上，对定向影像进行优化处理。

### 6 已有像控点布设方案

作为无人机航摄测图中尤为关键的一环，像控点布设的好坏对成像成果的质量高低有着重要的影响。传统的航空摄影中对像控点的布设具有严格的标准与要求。其中平面点选取的基本原则是选择影像中倾斜的地物拐角点、固定点状地物等地物点；高程点选取的基本原则是周围地势起伏变化较小，将相邻像片中清晰像控点作为主刺点。像控点布设基本原则下的像控点布设方法主要有两种，分别是全野外布设法与非全野外布设法。其中全野外布设法需要大量野外工作，与现实条件不符合；非全野外布设法包括区域网法与航带网法，仅需少量像控点就可进行点加密。

### 7 空三解算

空中三角测量解算是数据处理中最重要的一环，其借助航摄的影像外方位元素和相机自带的内方位元素，通过共线方程，解算得到每张影像准确的外方位线元素和角元素。然后匹配少量的加密点，对影像上的地物进行地位。通过转刺像控点与平差，将空三加密成果从自由网下转换到测量坐标系下来，从而得到了测绘精度要求的空三成果。

### 8 M S L D 直线描述符检核

若近景影像间的相对位移变化较小，则使用改进后的 M S L D 直线匹配算法进行直线匹配检核。本文对参考影像提取直线与搜索影像并建立 M S L D 描述符，然而参考影像上的目标直线两端点与搜索影像候选直线的两端点，由于提取算法的原因产生端点不对应，进而在进行描述区域建立时，目标直线所代表的局部特征长度与候选直线的局部特征长度不对应。为解决该问题，对目标直线两端点进行对应搜索影像上核线的计算，获取候选直线与核线的交点，作为候选直线局部特征长度。在对存在尺度变换影像间建立描述符时，尽管已经将描述符区域长度进行了相互对应，仍会产生相应的变换。为抵抗尺度变换带来的不利影响，本文通过计算整个同名点所能覆盖的最大矩形重叠区域，获取重叠区域中参考影像的矩形宽  $W_{id1}$  和搜索影像的矩形宽  $W_{id2}$ ，计算宽长度的比值  $s = W_{id1} / W_{id2}$ 。若设置目标直线描述区域宽为  $W_1$ ，则可以利用比值  $s$  计算候选直线的描述区域宽度  $W_2$ 。此时得到了与目标直线相对应的描述区域长度，以及具有抵抗尺度变换意义的描述区域宽度。通过以下方式建立目标、候选直线的描述符。在对影像进行梯度统计时，需要先使用去噪滤波对影像进行降噪处理，以降低由于摄影设备等原因导致的影像噪声。

### 9 旋转角与旋转轴确定

在优化模型的基础上, 计算影像的旋转角与旋转轴。在对近景影像的测量中, 在空间坐标系的前提下, 已知比例系数, 假设旋转角度的大小为 0, 计算出移动距离, 从而确定绝对定向的控制方向。公式如下:

$$\dot{X}_m = \frac{\sum_{i=0}^n X_m}{n}$$

式中,  $X_m$  为影像在空间坐标系的实际方向  $X$  的坐标点。计算空间坐标, 如下:

$\dot{X}_m = X_m - \dot{X}_m$   
 $\dot{Y}_m = Y_m - \dot{Y}_m$  将公式中的空间坐标转换为  
 $\dot{Z}_m = Z_m - \dot{Z}_m$

平面坐标, 为  $\begin{bmatrix} \dot{X}_G \\ \dot{Y}_G \\ \dot{Z}_G \end{bmatrix} = \lambda R \begin{bmatrix} \dot{X}_m \\ \dot{Y}_m \\ \dot{Z}_m \end{bmatrix}$

在公式中可以看出, 变换后的空间坐标已经抛开了距离的因素, 因此, 可以精准地测量旋转角度。在设角度值为 0 时, 得到方程:  $V=Ax-1$  式中,  $Ax$  为角度参数。实际近景影像和平面空间坐标可以看成两个部分, 当旋转中的实际影像与平面影像相重合时, 表示为:

$R_j = R \text{rot}(n_j, \alpha) = \begin{bmatrix} c & -s & 0 \\ s & c & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$  式中,  $n_j$

为实际近景系数;  $R$  为矩阵;  $\alpha$  为角度。

### 10 多视影像密集匹配与三维建模

利用成熟的多视影像密集匹配技术, 匹配得到稠密的三维点坐标, 然后按照不规则三角网构建规则, 软件在后台进行不规则三角网的构建。构建完成后, 得到的是白膜, 并不是真正意义上的三维模型, 需要进行纹理映射, 纹理映射的实质就是将地物实际的二维图像纹理映射至三维模型, 通过纹理的自动映射, 可以得到高精度的实景三维模型, 对于部分区域由于遮挡等原因导致的模型拉花变形, 则需要后期对模型进行修饰和单体化, 本次生成的部分三角网、白膜和映射纹理后的模型。

### 11 精度提升措施

无人机航测测图的误差来源主要分为飞行误差、像控点测量误差、内业刺点误差等, 针对不同阶段的误差可采取针对性的措施, 以提高成图精度。(1) 飞行检查主要是检定相机参

数, 同时为了提高影像拍摄的稳定性, 使用云台将相机稳固安装在无人机上。(2) 航空摄影应选择光照充足、透明度良好、风力在 5 级以内的时段进行, 可以有效减少飞行误差以及提高影像匹配度, 航摄结束后, 现场对飞行质量进行检查。(3) 像控点布设位置应选择空旷的明显处(最小高度角  $30^\circ$ ), 以便于内业刺点识别。(4) 使用高精度观测手段对像控点坐标进行观测, 保证像控点成果精度。(5) 目前市场上针对无人机航片处理的软件种类较多, 各类航片处理软件中最为关键的还是空三解算算法, 为了提高空三解算精度, 选用空三解算算法较为成熟的软件进行数据处理。

### 结束语

本文基于摄影测量原理, 设计了一种近景影像绝对定向方法, 通过模拟影像建立空间坐标, 获取实际空间与平面模型间存在的属性关系, 依据复杂地形空间参数, 建立投影模型, 完成无人机倾斜摄影测量近景影像绝对定向, 提高了定位精度, 简化了定位过程, 优化了近景影像绝对定向效果。

### 参考文献

- [1] 邓非, 杨璐宏, 颜青松. 一种直线特征的近景影像绝对定向算法[J]. 测绘科学, 2019, 44(9):23-32
- [2] 张平, 王竞雪. 直线对几何特征约束的近景影像特征匹配[J]. 遥感信息, 2020, 35(4):128-136
- [3] 丁影, 李浩, 刘亚南, 等. 平面约束的近景影像绝对定向方法及其精度[J]. 测绘科学, 2020, 45(3):74-80
- [4] 袁家明, 张卡, 陈辉, 等. 基于几何规则的车载近景立体影像道路交通标线自动提取[J]. 测绘通报, 2020(4):30-36
- [5] 王明明, 王佳, 冯仲科, 等. 一种结合已有 DOM 和 DEM 的高精度自动刺像控点方法[J]. 测绘通报, 2019(3):116-120
- [6] 郑守住, 汪本康, 陈绍杰, 等. 高速影像中圆形标志点的自动识别与定向[J]. 测绘科学技术学报, 2020, 37(4):54-61
- [7] 何腕莹, 王竞雪. 结合特征编组与局部描述的直线匹配算法[J]. 测绘科学, 2020, 45(6):130-137