

倾斜摄影空中三角测量解算优化研究

雷康乐

三和数码测绘地理信息技术有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i8.1934

[摘要]为了解决倾斜摄影空中三角测量成果易分层、弯曲、解算效率低的问题,本文对倾斜摄影空中三角测量解算展开优化研究。文章首先介绍无人机倾斜摄影技术,其次介绍了空中三角测量技术,然后对空中三角测量展开优化研究,最后以实际作业数据为例,对本文提出的空中三角测量优化方案进行验证。对解算结果对比分析可知,采用本文的优化方案,可以提升空中三角测量成果的通过率,降低成果分层、弯曲的比例,并且可以提升数据解算的效率。本文的研究,以期为高精度空中三角测量成果解算带来借鉴,为高质量实景三维模型数据的制作提供参考。

[关键词] 倾斜摄影; 空中三角测量解算; 空三优化; 实景三维模型

中图分类号: O353.5 文献标识码: A

Research on Optimization of Aerial Triangulation Calculation for Tilt Photography

Kangle Lei

Sanhe Digital Surveying and Mapping Geographic Information Technology Co., Ltd.

[Abstract] In order to solve the problems of easy layering, bending, and low calculation efficiency of aerial triangulation results in oblique photography, this paper conducts optimization research on the calculation of aerial triangulation in oblique photography. The article first introduces the drone oblique photography technology, then introduces the aerial triangulation technology, and conducts optimization research on aerial triangulation. Finally, using actual operational data as an example, the proposed aerial triangulation optimization scheme is verified. By comparing and analyzing the solution results, it can be concluded that adopting the optimization scheme proposed in this paper can improve the pass rate of aerial triangulation results, reduce the proportion of layering and bending of results, and enhance the efficiency of data solution. This study aims to provide reference for the calculation of high-precision aerial triangulation results and for the production of high-quality real-world 3D model data.

[Key words] oblique photography; Aerial triangulation calculation; Space three optimization; Realistic 3D model

引言

近年来,无人机倾斜摄影技术发展迅猛,已经被广泛用于各行各业。例如基于倾斜摄影技术生产高精度实景三维模型成果,用于房地一体项目中的地籍测绘和指界确权工作,在提高地籍测绘效率的同时,减少了入户调查的次数,实现了电脑上指界确权工作,极大地提高了房地一体项目的作业进度,降低了作业成本,缩短了作业周期^[1-2]。随着社会发展对测绘成果需求日益提升,国家提出并推动了实景三维中国建设项目,该项目要求完成建成区范围内的高分辨率实景三维模型成果^[3]。这种项目在实际作业过程中,需要处理的影像数据多,并且存在分辨率差异大的问题。在进行空中三角测量解算时,容易出现空三解算结果分层、弯曲、失败、效率低等问题,因此对于倾斜摄影空中三角测量解算优化的研究是非常有必要的^[4-5]。本文首先对无人机倾斜

摄影技术和空中三角测量解算进行介绍,然后对空中三角测量优化进行了深入研究,最后采用多组数据对空中三角测量解算的通过率、效率、精度等方面进行对比。由对比结果可知,采用本文提出的优化方案,可以有效解决倾斜摄影空中三角测量成果分层、弯曲、通过率低、解算效率低等问题,为倾斜摄影高精度数据的生产提供保障,有利于推动倾斜摄影技术在各个行业中的应用。

1 无人机倾斜摄影的概述

无人机倾斜摄影是指将采集倾斜影像的设备固定在无人机上,按照已有航线,通过飞控控制相机按照等间隔距离进行曝光,获取具有一定重叠度的多角度影像数据,结合像控点成果,采用专业的数据处理软件,生产精度符合一定比例尺的测绘成果^[6-7]。常见的倾斜设备是5镜头相机,其采集影像示意图如图1所示。



图1 5镜头倾斜摄影示意图

通过图1可以看出,在采集影像时,下视和侧视相机分别采集目标物体顶部和侧面数据,并且距离相机越近,采集的影像分辨率越高。5镜头倾斜设备中,下视和侧视夹角常见的是 45° ,这种情况下,对于平坦的地面来说,侧视相机距离目标物体的距离是下视的1.414倍,采集的影像分辨率低。通过分析影像分辨率、相机焦距、像元大小和航高可知,对相机焦距进行调整,可以获取分辨率相同的影像数据。因此在进行5镜头相机组装时,将侧视焦距调整为下视的1.414倍,然后对焦距进行固定,从而保证了采集的影像分辨率是相同的,有利于影像数据的高精度解算。

2 空中三角测量解算

基于影像之间的重叠关系,通过特征点检测、特征点提取、同名点匹配等算法,恢复影像摄影时的准确位置和姿态,结合采集的像控点,对像片坐标进行纠正,得到精度符合测绘精度要求的成果,这就是空中三角测量。在摄影测量解算中,空中三角测量成果是非常重要的,其精度直接影响后续产品的精度。

3 空中三角测量优化研究

倾斜影像空中三角测量的解算,除了和软件有关外,还和采集的原始数据有关,包括影像数据、相机参数和POS数据。本文采用图2的优化方案对倾斜影像空中三角测量解算进行优化。

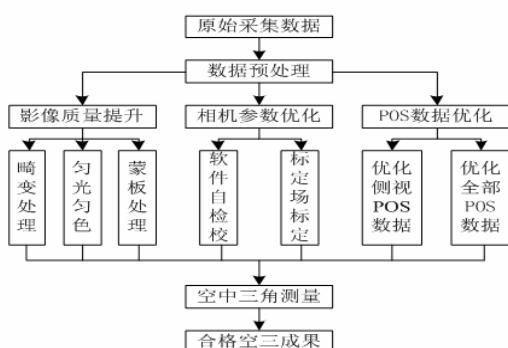


图2 空中三角测量解算优化

3.1 影像质量提升。空中三角测量解算的实质是对影像进行解算,得到重叠区域相同地物的同名点,完成影像之间相对关系的纠正。因此提升影像的质量,可以提高空中三角测量解算成果的质量。目前无人机搭载的相机一般为非量测数码相机,采集的影像是中心投影影像,只有影像中心是不存在畸变的,距离影像中心越远,影像畸变越大,越不利于数据的解算,因此需要对影像畸变进行处理。除了影像畸变外,影像的纹理也对空中三角测

量解算结果影响较大,因为在特征点检测和提取的过程中,其主要是基于影像的像素纹理完成的。不同影像上同一地物理论上是具有相同纹理的,但是由于外界因素的影响,在采集影像时,同一地物通常呈现不同的纹理,因此需要对影像纹理进行优化处理。

对于影像畸变的处理,通常采用两种方式,一种是利用准确的相机参数,对影像的畸变进行优化处理;另一种是采用蒙板的方式,对影像边缘畸变大的影像进行屏蔽,不让参与实际的解算。利用准确的相机参数对影像畸变进行处理,主要是输入相机的内方位元素、像幅大小、像元大小、径向畸变和切向畸变等参数。以影像中心点或者左下角对应的像素为起点,按照逐像素纠正的方式,对影像的畸变进行优化处理,得到质量更高的未畸变影像成果。对于重叠区域存在色差问题,采用匀光匀色的方式进行处理。首先选取一张地物信息丰富的影像为模板影像,然后利用Photoshop等软件,对影像的纹理进行调整,确保模板影像中的地物纹理与实际相符,不失真。然后以调整后的影像为模板,在EPT等软件中,对所有影像进行匀光匀色处理,得到质量高,纹理差异小的影像成果数据。

3.2 相机参数优化。准确的相机参数有利于高精度的空中三角测量解算。对于相机参数的获取,常见的方法有检校场检校和软件自检校。检校场检校是指通过布设高精度的控制点,然后利用相机从多个角度对布设的控制点进行采集,然后利用重叠区域影像之间的对应关系,结合控制点,对相机的准确参数进行解算,常用的方法有屏幕检校和检校墙检校。软件自检校是指利用作业时采集的影像数据,利用作业软件,完成相机参数的检校。

检校场检校一般用于高精度相机参数的检校,目前国内检校场少,而且检校成本高。即使花高价完成检校,在相机运输过程中,不可避免因震动等因素导致相机的参数发生变化,从而导致相机参数不可用。因此在实际作业中,利用检校场对相机参数进行检校,是很少使用的。软件自检校是指使用少量的影像数据,结合少量像控点,对相机参数进行解算,通过调整像控点位,不断地对相机参数进行优化。当平差迭代得到的结果不再发生变化,导出此时的相机参数为最终检校后的参数。将得到的参数作为输入数据,输入到软件中,就可以完成对所有影像数据的解算。

3.3 POS数据优化。POS数据是记录相机曝光时的位置和姿态的,对于影像数据的解算来说,可以作为约束条件,完成相关影像之间的快速匹配。目前无人机搭载的设备,其定位精度并不能满足测绘成果对精度的要求,而且无人机在作业过程中,容易受外业因素影响,导致其姿态较差,在作业过程中,一般是不引入外方位角元素的,只利用相机曝光时的位置数据。对于倾斜设备来说,一般只记录下视相机曝光时的位置数据,然后将下视POS数据赋值给侧视相机,实现POS数据和影像数据的对应关系。

对于下视POS代替侧视POS数据的优化,可以通过侧视相机和下视相机之间的安置参数,以下视POS数据为基准,对侧视相机的POS数据进行解算,从而得到侧视相机曝光时的准确位置数

据。对于POS数据精度低的问题,可以引入差分技术,通过不断的对飞行轨迹参数进行解算,从而得到高精度POS数据成果。除了采用差分技术对所有POS数据进行优化外,还可以降低空中三角测量解算的绝对精度,通过这种方式实现POS数据相对精度的提高,然后再采用高精度方式得到高精度空中三角测量成果。即首先完成相对精度的优化,再实现绝对精度的优化。

4 案例分析

案例一:某城市开展实景三维中国建设项目,采用四架多旋翼无人机,搭载不同焦距的相机,对任务区范围倾斜影像数据进行采集,共获得优于3cm的倾斜影像约15万张。在数据解算过程中,由于数据量太大,电脑配置无法满足整块数据解算的要求,将所有影像分为3块,每块约5万张影像,利用Context Capture(下文简称CC)软件进行空中三角测量解算。在解算过程中,3块只成功解算了1块,2块出现了分层问题。为了解决这一问题,采用Mirauge3D软件对分层的2块进行低精度空中三角测量解算,然后将解算得到的POS数据引入CC软件中,通过CC高精度解算,得到了未分层的空中三角测量成果。如图3所示,是POS数据优化前后的空中三角测量成果。

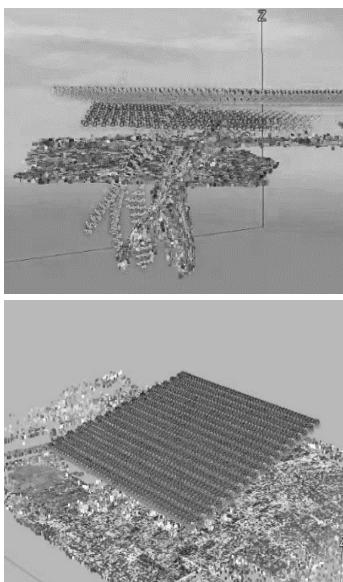


图3 POS数据优化前后的空中三角测量成果

案例二:某河湖开展河湖确权登记,采用倾斜摄影方式生产实景三维模型,用于地形图测绘和指界确权。河湖长度约35km,采用倾斜摄影方式进行倾斜影像数据的获取,然后利用建模软件生产模型,并基于模型完成地形图测绘和指界确权。无人机在飞行时,采集分辨率优于5cm的影像85000张。由于受地形影响,采集的影像存在一定的色差和阴影。在数据解算过程中,第一次未对相机参数进行检校,并且未对影像进行匀色处理,结果空三成果直接呈现弯曲状态(如图4左图所示)。为了解决空三成果弯曲问题,选取一幅影像为模板影像,利用Photoshop软件进行调色,批量优化航摄影像,提升影像的色彩和对比度。选取约3000张影像,利用6个像控点,对其进行多次迭代平差解算,得到优化后的相机参数。将优化后的相机参数和影像导入软件中,对

85000张影像进行解算,解算成果无明显弯曲(如图4右图所示)。利用控制点进行平差调整后,加密点重投影中误差小于0.5个像素,成果可以用于模型生产。如果不采用优化后的相机参数进行解算,这种数据需要划分成很多块,且需要增加块与块接边区域的像控点。这种方式作业的话,会增加作业成本,降低作业效率,不利于数据的高效解算。

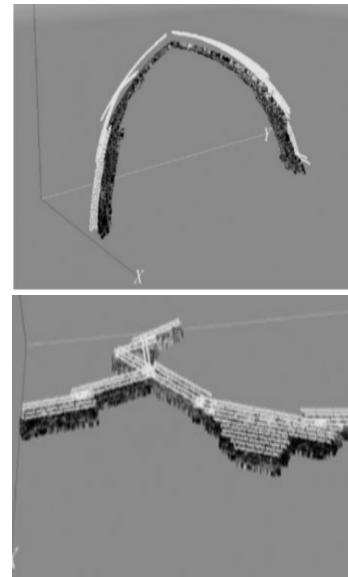


图4 相机参数优化前后的空中三角测量成果

5 结束语

本文提出了多种空中三角测量解算优化方案,对倾斜摄影的影像质量、POS精度和相机参数进行优化。利用优化前后的数据进行对比分析,得出采用优化后的数据,可以提升倾斜摄影空中三角测量解算的效率,解决解算成果分层、弯曲问题,提高倾斜摄影数据的可用性,为倾斜摄影在各个行业的应用提供保障。

[参考文献]

- [1] 马喜飞. 倾斜摄影空中三角测量数据解算优化研究[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(08): 41–44.
- [2] 吴英梅. 倾斜摄影空中三角测量解算优化研究[J]. 黑龙江科学, 2023, 14(12): 120–123.
- [3] 杨朋荷. 倾斜摄影空中三角测量解算优化研究[J]. 科学技术创新, 2022, (19): 7–10.
- [4] 王鑫. ContextCapture软件空中三角测量优化研究[J]. 科学技术创新, 2022, (17): 12–15.
- [5] 吴献文. 倾斜摄影空中三角测量结果若干优化方法[J]. 华南地震, 2021, 41(01): 94–101.
- [6] 冯一鸣, 崔红霞. 基于相机预标定的倾斜摄影空中三角测量方法[J]. 渤海大学学报(自然科学版), 2023, 44(01): 92–96.
- [7] 朱杰. 后差分方法在空中三角测量POS数据精度优化中的应用[J]. 电子测量技术, 2022, 45(19): 101–105.

作者简介:

雷康乐(1987--),男,汉族,甘肃平凉人,本科,工程师,研究方向:航空摄影测量。