

基于Virtuoso3D的大面积弱纹理区域空三计算研究

曹建军

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市200092]

摘要:针对目前无人机倾斜摄影测量内业数据处理过程中,大面积弱纹理区域空中三角测量出错率高且精度难以保证的现状,现采用Virtuoso3D对大面积弱纹理区域进行空中三角测量计算。首先,介绍了基于Virtuoso3D平台的空中三角测量的操作步骤,以容东片区实际项目为例,该区域被大面积植被、防尘网覆盖,航拍过程中会出现在多张连续影像中,存在特征点不明显或者缺失现象。在空三计算过程中,基于多视影像进行特征点计算提取的方法容易出现连续弱纹理像片不参与运算出现漏洞的问题,而Virtuoso3D采用机器视觉普适性算法,配合基于摄影测量的严密解算方式,在减少匹配次数的同时充分提升空三成功率和精度,有效解决大面积弱纹理区域空三连接点分布不均、断裂、分层等问题,自由网之后的精转点遵循由粗到精的原则分层迭代获得可靠的空三成果。

关键词:倾斜摄影;Virtuoso3D;空中三角测量;弱纹理

中图分类号: TU18

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)09-0186-03

0 引言

近年来,随着无人机倾斜影像测量硬件设备和内业数据处理平台的发展,实景三维模型建模在测绘领域、CIM、GIS领域得到了广泛的应用。国内外学者对倾斜摄影多视角影像进行实景三维模型重建做了大量的研究工作。李卉^[1]利用无人机搭载非量测数码相机,采用一整套设计方案,为基于多旋翼无人机进行倾斜摄影测量构建三维模型的方法提供了验证,表明此方案的可行性。还原了建筑物侧面纹理,构建三维模型。曲林等人^[2]利用无人机自制镜头获取倾斜摄影数据,应用Inpho、Pix4Dmapper、街景工厂等软件进行实景三维建模的方法。除总结研究成果外,还对无人机实景三维建模的应用领域进行了探讨,为智慧城市的三维系统建设提供新的解决方案。王丙涛等^[3]在总结了三维建模技术流程的基础上,提出倾斜摄影三维建模成果的精度与质量水平检测方法,在一定程度上为倾斜摄影三维建模技术规范 and 模型数据标准提供了参考与借鉴。周小杰等^[4]利用无人机倾斜摄影技术实现免调绘的大比例尺地形图测绘方法。

空中三角测量(简称空三测量)作为倾斜摄影测量过程的重要环节,其成果质量直接决定着最终产品的数学精度,目前对于空三测量的优化尚缺乏深

入研究。作为空三加密中的重要内容,相对定向精度对空三成果质量至关重要。当前数字摄影测量中对地面目标的自动识别与提取主要依赖于对影像结构与纹理的分析^[5],在雄安新区植被、防尘网密集,弱纹理区的空中三角测量精度难以控制,严重影响了空三测量加密和实景三维模型构建的精度。现根据实际项目经验,以Virtuoso3D倾斜摄影三维建模系统为基础,介绍空三测量加密的操作方法,分析弱纹理区域空三测量中的常见问题并提出相应的解决方案,提高弱纹理区域空三测量精度,提高弱纹理区域实景三维模型构建精度和效率。

1 空三测量

1.1 空三测量原理

在无人机倾斜摄影测量内业数据处理过程中,空三测量是指利用五镜头相机连续拍摄的具有一定重叠度的航摄像片,根据像片曝光时的外方位元素和一定数量的野外实际测量像控点,以数据后处理方法解算获取加密点的平面坐标和高程。

在Virtuoso3D中,空三测量是自动完成的。软件广泛采用机器视觉普适性算法搜索相似影像,配合基于摄影测量的严密解算方式,在减少匹配次数的同时充分提升空三成功率和精度,有效解决空三连接点分布不均、断裂、分层等问题,自由网之后的精转点遵循由粗到精的原则分层迭代获得可靠的空三成果,以供后续实景三维模型重建使用。

空中三角测量是实景三维模型构建过程中的一

收稿日期:2021-01-13

作者简介:曹建军(1976—),男,硕士,高级工程师,注册测绘师,从事工程测量及无人机倾斜摄影测量技术研究工作。

个重要环节,通过空三加密计算出大量的连接点,利用这些连接点构建不规则三角网 TIN,生成实景三维模型的基本框架,将三维模型白膜和表面的纹理信息进行自动映射,从而获取具有真实、自然纹理的高分辨率实景三维模型^[6]。

1.2 Virtuoso3D 空三测量操作步骤

Virtuoso3D 空三测量包括以下步骤:

(1)外业数据整理。根据测区范围选择影像、POS 数据、像控点数据。

(2)影像导入。在新建工程导入影像数据,并添加 POS。

(3)提交自由网空三测量任务。影像、POS 数据导入完成并检查无误后,进行自由网空三测量任务提交。

(4)刺像控点。自由网解算通过后,将野外实际测量的像控点坐标,按照实际位置刺到像片上。

(5)提交控制网空三测量任务。控制点刺点完成并检查无误后,进行控制网空三测量任务提交。

2 弱纹理区域空三测量优化实例分析

2.1 航摄区域概况

航测区域位于容东片区,测区面积约 7 km²,地形起伏落差较小,测区房屋密度小、楼层低,拆迁与施工场地较多,植被与防尘网等弱纹理区域面积比重大,见图 1 所示。



图 1 航摄区域植被、防尘网概况之图示

2.2 数据采集

容东片区使用科威泰六悬翼无人机搭载睿博五镜头倾斜相机进行数据采集,共进行了 20 架次航高为 80 m,航向重叠度为 85%,旁向重叠度 80%,获取像片 165 000 张,影像分辨率 1.5 cm。测区内共布设像控点 110 个,坐标系统为 CGCS2000,分布见图 2 所示。



图 2 航摄区域像控点分布之图示

2.3 优化方法

空三测量是实景三维建模构建的基础,其精度直接影响后续三维建模成果的质量,因此对大面积弱纹理区域空三测量进行质量控制尤为重要。影响空中三角测量加密精度的因素有多种,现主要针对影像与 POS 质量、像控点布设、内业刺点精度、空三测量算法等影响因素,提出关于弱纹理区域空三测量质量控制的方法。

2.3.1 影像与 POS 质量

影像与 POS 数据的质量直接影响空三测量加密的精度。影像清晰、色调一致、层次鲜明、色彩反差合理、色调柔和;影像无缺陷、错位、重影、不清晰和位置偏移等情况;像控点标志所在的影像清晰;影像无阴影、大范围反光、不清晰点等突出问题。POS 数据正确,记录完整,与影像数据一一对应。

2.3.2 像控点布设

像控点通常选择在明显、易于识别、位置固定且便于量测的地方。根据测区弱纹理区域面积大的实景情况,采用的像控点样式为白色和红色两个顶角相对的直角等腰三角形,大小以 100 cm × 100 cm 的正方形,如图 1 所示。像控点之间的布设间隔为 200 m~300 m,布设方案如图 2 所示。

2.3.3 刺点准确度

不同内业工作人员的刺点准确度存在差异,为保证刺点精度,该项目采用一人刺点模式。刺点过程中尽量选取像控点位置相对居中、无变形且无遮挡的影像进行刺点,减少影像畸变带来的影响。

2.3.4 空三测量算法

大面积植被、防尘网等弱纹理区域在航拍过程中会出现在多张连续影像中,存在特征点不明显或者缺失现象。因此,Smart 3D、Context Capture 等基于

多视影像进行大量特征点计算提取,对获取的特征点采用多基线多特征匹配技术自动匹配同名点,然后采用光束法区域网平差方法进行整体平差计算的软件在空三计算过程中容易出现连续弱纹理像片不参与运算的问题。

该项目采用 Virtuoso3D 进行空三计算,软件采用机器视觉普适性算法,配合基于摄影测量的严密解算方式,在减少匹配次数的同时充分提升空三成功率和精度,有效解决空三连接点分布不均、断裂、分层等问题,自由网之后的精转点遵循由粗到精的原则分层迭代获得可靠的空三成果。

3 空三计算精度分析

对容东片区外业采集数据先后采用 Context Capture 与 Virtuoso3D 进行空三计算处理。

在 Context Capture 中,由于算法和设备性能局限,空三计算的区块按像控点分布情况和像片数量划分。各区块之间采用公共像控点进行连接,单个区块像片在 15 000 张左右,共划分为 9 个空三计算区块。经过多次空三计算,人工加入连接点,但仍有 6 个区块的空三计算结果出现多幅影像不参与运算、分层、像控点平差精度超限等问题,无法完整构建航摄区域实景三维模型(见图 3、图 4 所示)。



图3 弱纹理影像空三计算分层之图示

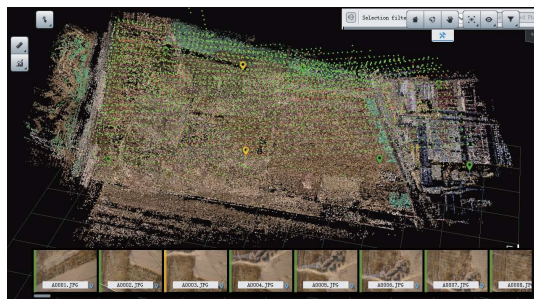


图4 弱纹理区块空三计算结果不达标之图示

在 Virtuoso3D 中,为了最后建模合区时不会出现空洞,分区的时候需要考虑区域间影像有所重叠,因此按飞行架次分区。航摄区域共划分为 6 个空三计算区块,全部区块自由网空三计算一次通过,控制网空三计算一次通过。将控制网空三结果导入到 Context Capture 中进行合并。空三区块计算结果合

并情况如图 1 所示,文章截取了部分像控点的精度分析报告,见图 5 所示。

图5 部分像控点精度分析报告之图示

经过 Virtuoso3D 处理过后,出现少量弱纹理影像未参与计算的情况,空三计算结果未出现分层,像控点投影误差均在一个像素内,精度符合要求。实践结果表明,Virtuoso3D 的影像匹配效果更好,航带间相邻影像都匹配上同名点,在未进行人工选取同名点的情况下,Virtuoso3D 同样能更好地匹配同名点,能大大提高计算机自动连接点效率,提高空三计算的通过率,节约空三计算时间。

4 结语

空中三角测量是无人机倾斜摄影测量内业数据处理过程中的一道重要工序,是决定最终建模成果精度的关键因素。在空三计算常规操作过程中,严把质量关,避免误差积累,并针对大面积弱纹理区域空三计算难的问题采取有效的解决措施,才能保证空三测量的精度和质量。本文以容东片区的无人机倾斜摄影测量数据为例,针对大面积植被、防尘网等弱纹理区域,特征地物点少,常规影像匹配效果不理想,存在诸多错点,严重影响空三加密的精度。利用 Virtuoso3D 软件进行空三测量计算,从像控点精度结果可以看出,此套方法能有效提高空三测量精度和效率。在廉价航空摄影条件下,在各类客观条件不利的情况下,摸索出适合此类大面积弱纹理地区空三加密的方法。

参考文献:

- [1] 李卉. 无人机倾斜摄影测量应用于建筑物三维建模研究[D]. 沈阳: 辽宁工程技术大学, 2015.
- [2] 曲林, 冯洋, 支玲美, 高文慧. 基于无人机倾斜摄影数据的实景三维建模研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(3): 38-39+43.

(下转第 192 页)

表7 极差与方差计算

水平	间歇温度 /℃	间歇时间 /h	损伤度 /%
1	0.44	0.52	1.08
2	0.54	0.52	0.76
3	0.70	0.69	0.59
4	0.73	0.91	0.54
5	1.00	0.77	0.45
极差	0.56	0.39	0.63
方差 <i>F</i> 值	6.87	4.23	9.19

3 结 论

(1)通过设计正交试验对 SK70# 基质沥青自愈合性能进行疲劳 - 自愈试验的结果分析可知,能够显著影响自愈合指标 HI_1 的因素为间歇时间,但方差分析的结果表示间歇温度和损伤度对指标 HI_1 几乎无影响,从理论上认为采用指标 HI_1 评价沥青材料自愈合能力欠妥。

(2)自愈合指标 HI_2 通过计算沥青材料间歇前后模量的变化率进行表征,根据极差和方差的分析可知三个因素显著性影响的排序为间歇温度>间歇时间>损伤度,且间歇温度达到 30℃、间歇时间为 4 h 时能够显著改善自愈合性能。

(3)将间歇前后沥青材料模量作为修正系数引入自愈合指标 HI_3 得到指标 HI_3 进行正交试验。结果表明,所列三个因素都对沥青材料自愈合性能产生影响,其显著性排序为损伤度>间歇温度>间歇时间,且随着损伤度的增大,自愈合程度逐渐降低,体现自愈合性能良好的最优组合为歇温度 30℃、间歇时间 4 h,损伤度 10%。

参考文献:

[1] Bazin P,Saunier J B. Deformability,fatigue and healing properties

of asphalt mixes [C]//Proceedings of Asphalt Pavement,Ann Arbor,Michigan,USA,1967:438

[2] Phillips M C.Multi-step models for fatigue and healing,and binder properties involved inhealing [C]//Proceedings of Euro Bitumen Workshop on Performance Related Properties for Bituminous Binders,Luxembourg,1998.

[3] Lytton R.Characterizing asphalt pavement for performance[J].Transportation. Research Record Journal of the Transportation Research Board,2000,1723(1):5.

[4] 朱建勇.沥青胶结料自愈合行为的分子动力学模拟[J].建筑材料学报,2018,21(3):433-439.

[5] Bommavaram R R.Evaluation of healing in asphalt binders using dynamic shear rheometer and molecular modeling techniques [D].Texas: Texas A&M University,2008

[6] Bommavaram R R,Bhasin A,Little D N. Use of dynamic shear rheometer to determine the intrinsic healing properties of asphalt binders [C]//Transportation Research Board 88th Annual Meeting,2009.

[7] Pang L,Jiang H,Wu S,et al.Self healing capacity of asphalt binders [J].Journal of Wu han University of Technology-materials Science Edition,2012,27(4):794

[8] 罗蓉,许苑,刘涵奇,等.沥青自愈合指标修正及影响因素分析[J].建筑材料学报,2018,21(2):340-344.

[9] 汤文,资建民,吕悦晶.沥青自愈合行为的影响因素及评价方法[J].建筑材料学报,2017,20(5):814-819.

[10] 程耀飞,蒋勇,孙大权,等.不同类型沥青胶浆自愈合行为方程[J].公路交通科技,2019,36(3):42-48.

[11] 向浩,张文武,刘鹏,等.基于 DSR 的再生沥青最佳愈合温度与愈合时间研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2019,38(10):56-60.

[12] 向浩,何兆益,陈柳晓,等.再生沥青自愈合影响因素及疲劳性能分析[J].建筑材料学报,2019,22(2):292-298.

[13] 陈柳晓,向浩,何兆益,等.基于 DSR 的沥青胶结料自愈合评价指标分析[J].建筑材料学报,2019,22(3):493-498.

[14] 单丽岩.基于粘弹特性的沥青疲劳一流变机理研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2010.

(上接第 188 页)

[3] 王丙涛,王丙涛,等.基于倾斜摄影技术的三维建模生产与质量分析[J].城市勘测,2015(5):80-82.

[4] 周小杰,胡振彪,乔新.无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测绘中的应用[J].城市勘测,2019(1):63-66.

[5] 段宗恩,夏正清.西南弱纹理林区提高空中三角测量精度方法[J].测绘与空间地理信息,2018,41(2):216-218+223.

[6] 李永利,卢小平,侯岳.倾斜影像三维建模方法与应用 [J].河南科技,2017(19):30-32.