

基于无人机和地拍结合实施的 3D 建模技术应用

王立超

(中交一航局第四工程有限公司, 江西 南昌 330100)

摘要 在工程施工领域, 精准的 3D 建模至关重要。本研究开展以无人机与地拍结合实施的 3D 建模工程应用研究, 创新地融合航拍和地拍技术, 以弥补各自缺陷, 提升航拍精度, 从而提升建模精度。选用大疆悟 2 无人机及 SONY α 7R4 相机等设备, 按照流程采集拍摄影像, 经 ContextCapture 软件处理, 其凭借 SIFT 与 SURF 算法及良好兼容性, 得到更加精细的 3D 模型数据。天津海河柳林工程项目尽管受城市飞行限制、候鸟迁徙等因素影响, 但运用该方法有效应对了本项目的复杂环境, 全面记录了施工各阶段。结果表明, 通过该模型与 BIM 技术融合, 为工程管理提供了可视化交底、多维度进度掌控及安全质量监控, 对保障施工、降本增效、推动工程数字化发展起到了积极的作用。

关键词 无人机; 地拍; 3D 建模

中图分类号: TU198.3

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.02.008

0 引言

在智能化时代的背景下, 越来越多的学者在实景拍摄与建模结合领域进行深入研究, 并且取得了一定的高质量成果。李朋伟^[1]等凭借无人机遥感测绘技术对矿山地质地貌开展勘查工作, 所撰写的评价报告为矿山开发规划提供了关键依据, 精准指引资源合理利用路径; 刘颖^[2]等专注于道路工程检测, 巧妙地运用无人机实景 3D 建模技术全方位监测路床水平状况, 高效获取了精确数据, 深度剖析了路面平整度与承载性能, 为道路工程品质与行车安全提供了有力保障。杨莎莎^[3]等研究岩体施工方案优化, 积极融合无人机航拍与 3D 建模技术, 对工程主体稳定性进行严格评估, 为施工方案优化筑牢坚实理论支柱, 确保工程稳固推进。张特^[4]等聚焦多运动体系统领航者与跟随者同受扰的跟踪控制难题, 针对 3-DOF 直升机角度轨迹协同跟踪, 设计分布式鲁棒算法, 借估计器补偿扰动, 经仿真与“虚实结合”验证其有效性及必要性, 剖析误差界与参数关联及渐近跟踪条件, 为系统精准控制提供支撑。天津海河柳林项目施工子项多, 并且施工区域横跨天津市河西、河东、东丽、津南四个区域, 十分有必要采用地拍与航拍相结合的技术, 在项目应用中进一步完善建模, 提高结果的准确性, 分析无人机以及地拍所呈现的拍摄过程的底层原理, 并利用 ContextCapture 软件生成施工现场 3D 模型的理论, 得到更加准确的结果。

1 无人机拍摄流程

对于复杂的施工情况以及偶然性的多变天气, 本文结合工程项目实际情况以大疆无人机悟 2 机型作为参考对象来进行航拍流程的研究。为实现得到更加精准的 3D 模型, 首先与当地无人机使用限制管理部门对接, 在非限制区域内制定详细的飞行流程及飞行方案, 并根据现场情况合理安排飞行路线和飞行次数, 在准备好航拍之后, 再按照预先制定的方案进行飞行任务的拍摄和无人机测绘拍摄。

前期精心编制飞行路书, 关键是为了确定飞行中的关键控制要素, 要包含精准的经纬度、复杂地貌特征、周边鸟类活动规律、多变风向态势等关键数据, 保证飞行时相关信息的准确性。根据确定的飞行任务选适配无人机的配件, 从电池容量、镜头特性到数据传输和存储装备, 保障飞行作业任务顺畅、数据采集精准。

本次所应用的大疆无人机悟 2 机型拥有 2 400 万像素, 航片分辨率为最大 6 K, 满足建模需求, 并且随机自带双冗余 IMU, 飞行系统实时记录反应监视传感器数据, 保证航片稳定性和任务执行的安全性。

在路书完备的情况下, 根据现场情况进行合理飞行拍摄、完成飞行任务, 并尽量选择天气晴朗的时间段执行任务以保证拍摄效果。对于施工场地范围内航片采集, 应用五向航拍, 使无人机在制定范围内形成五种不同的采集路线, 五个不同的采集路线镜头俯仰

角度也不同,务必确保对拍摄范围内尽量无死角的影像采集,为之后地拍细化打下基础。大疆悟 2 无人机可以手动输入航拍路线及航拍高度,确保航片的稳定性,所以选择镜头的焦段应选择广角镜头,来捕捉到更大范围内的影像细节。

航片的重叠度也是需要考虑的因素之一,为防止细节丢失,每张航片的重叠度应该在 20% ~ 30% 之间。另外,除上述拍摄流程细节需注意外,还要注意飞行区域、时速、机身稳定平衡参数、拍摄间隔时间等细节。在以上细节均处理得当的情况下,最终才能得到精细度较高的整体航片。

2 地拍拍摄流程

得到无人机航片之后,先用 ContextCapture 软件对航片进行数据采集,得到航片的建模模组。虽然通过以上步骤可得到精细航片,但由于无人机拍摄的局限性,对于施工现场的细部物体细节仍然无法具体体现,所以在处理完成第一遍后,要对无法详细识别的物体进行标注。根据物体数量、特征,制定详细的地拍拍方案。

本次应用到的地拍设备为 SONY α 7R4 相机搭配 SONY G 大师 24-70 焦段镜头,SONY α 7R4 相机拥有 5 600 万像素,成片能达到 8 K 分辨率,保障了建模时的超高清清晰度影像源;G 大师 24-70 焦段镜头同时拥有 2.0 最大光圈,如敏锐视觉捕捉器可以细腻定格物体微观的纹理,在光影变幻间锁住需要详细拍摄的细节,保证被拍摄物体细节部位最大程度保留,大幅度提升最后地拍成片的准确性、全面性。

在制定出详细的拍摄方案后,根据现场实际情况合理进行拍摄任务。拍摄物体细节时不应选择背光角度,要保证物体面光充足。若现场自然环境不能达到拍摄要求,则架设补光灯以保证被拍物体成片质量。在拍摄技术和方法上,选用五向移动延时拍摄法,以俯视拍摄全貌、仰视捕捉轮廓、正视聚焦核心、上顶面俯瞰结构、下底面剖析根基,多视角协同拍摄,保证物体每一处细节都能被清晰记录。为后续 3D 建模细节表达到位,在构建超精细实景模型进程中,做好地拍数据处理十分有必要,融合运用俯视、仰视、正视、上顶面、下底面全方位记录细节,充分细化航拍的不足,得到最终地拍成片^[5]。

3 ContextCapture 应用流程

3.1 影像处理

在前期流程中获取的航片与成片,需要经过第一遍软件筛选。此环节软件自动甄别重叠度过高或过低

片段,按照设置的规则实现精准处理,实时优化拍摄的影像的质量。其作为 3D 模型生成的基石,严格校准影像数据,确保后续处理稳定可靠^[6]。ContextCapture 的智能算法将深度提取影像的特征,为后续精准构建 3D 模型框架、细腻还原实景、提升模型精度做好基础工作,有利于建模流程高效、精确开展。

通过软件提取其中影像特征,包括但不限于颜色、形状、条纹特征等数字化模型,经高效机内运算,严密解析各影像间精确位置关系,架构模型数据底层逻辑,将得到所有拍摄影像的精准位置关系。地拍的成片则应在航偏完成建模后,补充细节时导入,使 3D 模型从宏观轮廓至微观纹理皆精准复现。

3.2 算法逻辑及操作流程

ContextCapture 软件的底层逻辑为 SIFT 匹配算法及 SURF 算法,SIFT 算法的优点在于其稳定性优良、提取信息的完整性良好;SURF 算法的优点则是运行速度的提升、具有良好的鲁棒性、能有效忽略外部信息干扰。两者相结合,得到精准可视化的 3D 成像^[7]。另外,ContextCapture 软件的兼容性也是一大优点,数码相机、智能手机、激光扫描仪、测量仪、无人机等端口的数据都可以作为信息支撑输入软件当中,从而得到精细至厘米级别的模型。其作为信息源输出时,也可应用在各种工程软件当中,如:CAD、BIM、MicroStation、Descartes、AECOSim Building Designer、OpenRoads、OpenPlant、Bentley Map、Bentley Substation 等。

在庞大算法的支持下,应用 ContextCapture 软件时的操作流程就会更加简易及流畅。完备导入形象素材后,等待软件自生成带文理模型,再对模型进行后处理,生成成果模型即可(见图 1)。

4 应用 ContextCapture 处理数据

在实际工程项目中,现场环境复杂多变,不确定性因素较多,对硬件设备及软件系统的灵活运用与应急停用要求极高。以海河柳林设计之都项目为应用实例分析,其地处天津市区核心地带,地理区位致使无人机飞行受限,市区内飞行高度上限仅 120 m,且工地与民航禁飞区存在交集,空域管制严格。因此,前期筹备阶段需深度考量人为因素,从飞行审批流程制定、空域协调策略规划,到设备性能调适、备用方案预设,都需详细准备。建立全方位风险预警机制,根据现场状况实时采用动态优化航拍飞行路径、调整拍摄参数,确保在复杂环境中采集数据的稳定性^[8]。

在现场飞行航拍作业阶段,由于当地时节属于夏末秋初,属于候鸟大规模迁徙的密集期,对于飞行安

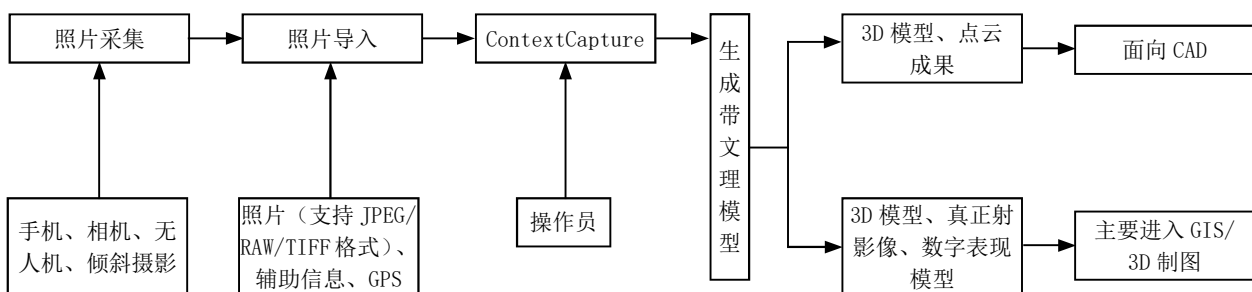


图1 ContextCapture 操作流程示意图

全的把控难度也较大,飞行安全管控形势严峻。为全力保障航拍飞行安全、规避潜在碰撞风险,需要将无人机避障系统的灵敏程度调整至高频状态,增强系统对周边环境的感知敏锐度,缩短响应时长,实现对候鸟及其他障碍物精准识别、及时规避,切实杜绝飞行事故,稳固维持作业流程顺畅推进,防止事故发生。

现阶段施工内容为市政道路及市政管线工程,无人机航拍时采用低空俯角拍摄机位居多,并且由于路基基坑内较为狭窄,无人机并不能全角度拍摄,所以二次地拍拍摄的任务量更多、更复杂。对于井室等隐蔽处的施工建筑,所需要拍摄的细节则需要更多细节化处理。

在施工全周期内,施工阶段不仅需要初始施工记录,此过程中的施工影像记录也是建模过程中不可缺少的部分。各阶段模型需紧密契合施工进度,为竣工验收提供更加直观的数据支持,其直观呈现工程实体特征,精准校验工程质量,提升验收通过率。在施工中,现场进度偏差、工艺合理性可借建模图像深度剖析、实时校准,为优化施工策略提供可靠依据,实现建设全程精准管控、高效推进。

在无人机对现场进行数据影像采集的时候,同样肩负着对现场安全、质量、进度的控制,对现场违纪行为的监控,对于危险施工的监察、控制。利用3D建模技术可视化以及参数化特点,对现场重大施工、复杂施工的节点提前进行施工现场模拟,提供可视化交底,减少现场事故以及施工问题的产生。

5 结束语

本研究成功构建了无人机航拍与地拍融合的3D建模体系,对公司在同类工程项目中应用人机航拍与地拍意义深远。在技术方面,二者协同弥补缺陷,大疆悟2与SONY α 7R4设备按照提前设置的流程采集影像,经ContextCapture软件强大算法加工,模型精度更高,真实还原了施工现场。此次应用研究依托天津海河柳林项目,证实了在复杂城市场景与严格的施工条件下,

可精准捕捉各类细节。在管理方面,该模型与BIM技术相结合,为工程全周期管理提供了精确的数据模型支撑。通过可视化交底让施工要点清晰易懂,实现多维度进度精准调配施工资源,实现安全质量隐患监控实时预警,有效规避风险、杜绝操作不规范,大幅降低了时间与管理成本,施工前精准模拟优化了施工方案,整体提升了施工效率与质量。通过在天津海河柳林工程项目基于无人机和地拍3D建模工程中的实际应用,在城市无人机飞行受限、施工区域和地形地貌多样性的条件下,实现了可视化交底、进度多维掌控、安全质量智能监控,使施工降本增效、质量跃升、管理精进,有力驱动工程领域数字化革新,为公司此类施工提供了经验。

参考文献:

- [1] 李朋伟,王雁林,徐友宁.基于无人机与Photoscan软件的矿山地质环境三维立体建模及应用[J].中国矿业,2021,30(09):73-79.
- [2] 刘颖,张勇,卢吉,等.基于无人机实景建模的机场道路路基平整度检测与分析研究[J].土木建筑工程信息技术,2021,13(03):51-57.
- [3] 杨莎莎,郝龙,张康锁,等.邕宁水利枢纽坝基岩体施工过程数字化建模方法与应用[J].徐州工程学院学报:自然科学版,2021,36(03):76-85.
- [4] 张特,李世尧,朱波.内外不确定因素同时估计与补偿的鲁棒分布式跟踪控制[J].控制理论与应用,2021,38(07):1033-1042.
- [5] 同[2].
- [6] 同[3].
- [7] 同[4].
- [8] 王术波,韩宇,陈建,等.基于ADRC迭代学习控制的四旋翼无人机姿态控制[J].航空学报,2020(12):313-325.