

无人机遥感技术在施工监理中的测量精度优化研究

李芳芹¹ 罗燕红²

1. 赣州亿程工程技术有限公司 江西赣州 341000

2. 江西天汇勘测规划有限公司 江西赣州 341000

【摘要】为提高施工监理中的测量精度，采用无人机遥感技术对施工现场进行数据采集与分析方式。研究表明，通过多尺度精度验证框架、自适应点云配准算法、多传感器时空同步校准机制、生成对抗网络（GAN）去噪优化和数字孪生驱动的动态误差补偿等优化路径，能减少环境动态干扰、传感器异构数据冲突和人为操作出现的误差。结论认为通过这些技术的应用，进一步提升无人机遥感技术在施工监理中的测量精度，为工程质量和安全提供更可靠的保障。

【关键词】无人机遥感技术；施工监理；测量精度；优化研究

随着基础设施建设的快速发展，传统施工监理模式在效率、精度和安全性等方面面临诸多挑战。无人机遥感技术凭借其灵活高效、成本低廉、数据丰富等优势，为施工监理提供全新的技术手段。然而受传感器精度、飞行稳定性、数据处理算法等因素限制，无人机遥感技术在施工监理中的应用精度要进一步提升。将无人机遥感技术在施工监理中的测量精度进行优化，能提高测量数据的准确性和可靠性，为工程质量控制和安全监管提供更精准的数据支撑，推动无人机遥感技术在施工监理领域的深入应用和产业化发展。

1 无人机遥感技术原理

无人机遥感技术是一种通过无人机搭载各类传感器，对地面目标进行非接触式数据采集和处理的技术。其核心原理包括无人机平台、传感器系统、数据传输与处理系统三大部分。无人机平台负责飞行控制和路径规划，使设备能按照预定路线稳定飞行；传感器系统则包括光学相机、红外传感器、激光雷达等，用来采集高分辨率影像、热红外数据或三维点云数据；数据传输与处理系统则负责将采集到的数据实时传输至地面站，并通过专业软件进行数据拼接、校正和分析，最终生成高精度的测量结果。在施工监理中，无人机遥感技术通过高精度传感器获取施工现场的多维度信息，能快速生成地形图、三维模型和工程量数据，为监理工作提供实时、准确的依据。其优势在于能覆盖大范围区域，克服复杂地形限制，同时提高测量效率和精度，为施工监理的精细化管理提供技术支持。

2 施工场景测量精度评价体系构建

2.1 动态误差容忍度模型

在无人机遥感技术应用于施工监理的过程中，构建科学合理的测量精度评价体系是保障数据可靠性和适用性的关键。动态误差容忍度模型作为该体系的核心组成部分，其目的是解决施工场景中因环境复杂性、设备性能限制以及操作误差等因素出现的测量偏差问题。该模型通过分析施工场景的动态特性，结合无人机传感器的性能参数，建立误差容忍度的动态阈值^[1]。模型的核心思想是根据不同施工阶段和场景需求，动态调整误差容忍范围，其在保证测量结果的基础上满足工程精度要求，又能适应实际施工中的不确定性。

2.2 多尺度精度验证框架

在无人机遥感技术应用于施工监理的过程中，测量精度的评价要结合施工场景的多尺度特性，构建科学合理的精度验证框架。该框架通常包括三个层次：局部尺度、区域尺度和全局尺度。在局部尺度上，通过高精度的地面控制点与无人机获取的数据进行对比，验证其在细节层面的精度；在区域尺度上，利用大范围的地形图或遥感影像进行比对，评估无人机数据在中等范围内的适用性；在全局尺度上，则通过与其他遥感平台的数据融合，检验无人机数据在宏观层面的可靠性。

3 测量精度的影响因素分析

3.1 环境动态干扰机制

无人机遥感技术在施工监理中的应用，尽管具备高效、灵活的优势，但其测量精度易受环境动态干扰的影响。环境动态干扰机制主要包括气象条件、地形地貌、电磁干扰等因素。风速、温度、湿度等气象因素会直接影响无人机的飞行稳定性及传感器的数据采集精度^[2]。强风会使无人机姿态不

稳,影响影像的清晰度和定位精度;温度变化会引起传感器参数漂移,导致测量误差。而复杂的地形会遮挡传感器的视线,影响数据的完整性和连续性。此外施工现场常见的电磁设备会对无人机的导航系统和通信链路造成干扰,使定位偏差或数据传输中断,影响测量结果的可靠性。

3.2 传感器异构数据冲突

在无人机遥感技术应用于施工监理的过程中,传感器异构数据冲突是影响测量精度的重要因素之一。无人机通常搭载多种传感器,如光学相机、红外传感器、激光雷达等,这些传感器在数据采集时会因工作原理、分辨率、采集频率等差异,导致数据之间存在不一致性或冲突。光学相机获取的图像数据与激光雷达生成的点云数据在空间分辨率上会存在差异,导致在后续数据处理中出现匹配误差。此外不同传感器的时间同步问题也会引发数据冲突,尤其是在动态场景中,时间戳的不一致会直接影响测量结果的准确性。

3.3 人为操作误差传递

尽管无人机具备较高的自动化水平,但在飞行路径规划、设备调试、数据采集及后期处理等环节,仍要人工干预。操作人员的专业水平、经验以及对设备的熟悉程度,直接决定误差的大小和传递路径^[3]。在飞行任务规划阶段,操作人员要根据施工区域的地形、环境及监理要求,合理设置飞行高度、航线和重叠率等参数。若参数设置不当,会出现数据采集不完整或重复的情况,影响后续建模和分析的精度。其次在设备调试和校准过程中,操作人员若未能严格按照规范操作,会引入系统误差。此外在数据采集过程中,操作人员对突发情况的应对能力也会影响测量精度。而在后期数据处理阶段,操作人员对软件的使用熟练度、对误差源的识别和修正能力,也会影响最终成果的精度。

4 无人机遥感技术测量精度提升方法

4.1 自适应点云配准算法

在无人机遥感技术的施工监理应用中,点云数据的精度直接影响测量结果的可靠性。点云配准是将多视角采集的点云数据对齐到统一坐标系的关键步骤,其精度直接决定后续分析的准确性。传统的点云配准方法在面对复杂施工场景时,常因初始位置偏差、噪声干扰或场景特征不足而出现配准误差较大的情况。为此自适应点云配准算法应运而生,其目的是通过动态调整配准参数和策略,提升点云数据的对齐精度。自适应点云配准算法的核心思想是通过引入场景特征的自适应权重和迭代优化机制,动态调整配准过程中的关键参数。具体而言,该算法首先基于点云的

几何特征,如曲率、法向量等提取关键点,并通过特征描述符进行匹配。随后利用自适应权重机制,对不同特征点的贡献进行动态调整,减少噪声点和低质量数据对配准结果的影响。在迭代优化过程中,算法通过引入非线性优化方法,如Levenberg-Marquardt算法对变换矩阵进行精细化调整,进一步提高配准精度。此外自适应点云配准算法还可以结合施工场景的先验信息,如地形特征、建筑物轮廓等,通过多源数据融合进一步提升配准效果。实验表明,该算法在复杂施工场景中能降低配准误差,提高点云数据的整体精度,为施工监理中的测量任务提供更可靠的技术支持。

4.2 多传感器时空同步校准机制

多传感器时空同步校准机制是指通过精确的时间和空间同步,使无人机搭载的多个传感器在同一时刻获取的数据具有高度的一致性和准确性。在施工监理中,无人机通常会配备多种传感器,如高分辨率相机、激光雷达、红外传感器等,这些传感器能从不同角度和维度获取施工现场的信息。然而由于传感器之间存在时间延迟和空间偏差,若不进行校准,将直接影响测量结果的精度。为实现多传感器时空同步校准,要对每个传感器进行时间同步。首先要通过精确的时间戳记录来完成,使所有传感器采集的数据具有相同的时间基准。空间同步则涉及传感器之间的空间位置校准。这通常要利用高精度的GPS定位系统和惯性测量单元(IMU)来实现,通过精确计算无人机的飞行姿态和传感器的相对位置,消除空间偏差。在实际操作中,多传感器时空同步校准机制的实施要借助专业的软件和算法。例如可以采用时间序列分析方法来校正时间偏差,利用空间几何关系和坐标转换算法来校正空间偏差。此外还要定期对无人机及其传感器进行检查和维护,保证校准参数的稳定性和准确性。通过实施多传感器时空同步校准机制,无人机遥感技术在施工监理中的测量精度得到提升。这不仅能提高施工监理的效率,还为工程质量和安全提供更可靠的保障。

4.3 生成对抗网络(GAN)去噪优化

在无人机遥感技术中,图像质量直接影响到测量精度。无人机在飞行过程中会受到环境因素和硬件设备的影响,获取的遥感图像往往存在噪声、模糊等问题,影响后续的数据分析和测量精度。生成对抗网络(GAN)作为一种先进的深度学习技术,在图像去噪和优化方面展现出优势,能提升无人机遥感图像的清晰度和信息质量,提高测量精度。GAN由生成器(Generator)和判别器

(Discriminator)两部分组成。生成器负责生成高质量的图像,而判别器则用来区分生成图像与真实图像。通过两者的对抗训练,生成器能不断优化其输出,最终生成接近真实的高质量图像^[4]。在无人机遥感图像去噪优化中,生成器能学习噪声图像与清晰图像之间的映射关系,去除图像中的噪声和模糊部分;判别器则通过对比生成图像与真实图像,使生成图像的细节和结构接近真实场景。具体而言,GAN在无人机遥感图像去噪优化中的应用能分为以下几个步骤:第一构建一个包含噪声图像和对应清晰图像的数据集,作为训练样本;第二设计生成器和判别器的网络结构,生成器通常采用编码器-解码器结构,来提取图像特征并重建清晰图像,判别器则采用卷积神经网络(CNN)结构,判断图像的真实性;第三通过对抗训练优化生成器和判别器的参数,使生成器能输出高质量的清晰图像;第四将训练好的GAN模型应用于实际无人机遥感图像的去噪处理,提升图像质量。通过GAN去噪优化,无人机遥感图像的噪声和模糊问题得到改善,图像细节更清晰,地物特征更突出。这不仅有助于提高后续图像分析和测量的精度,还能为施工监理提供更可靠的数据支持。此外GAN的去噪优化方法有较强的泛化能力,能适应不同环境和场景下的无人机遥感图像处理需求,拥有广泛的应用前景。生成对抗网络(GAN)作为一种先进的图像去噪技术,在无人机遥感技术中展现出巨大的潜力。

4.4 数字孪生驱动的动态误差补偿

数字孪生技术作为一种新兴的数字化手段,能通过构建物理实体的虚拟模型,实时反映其状态和行为,为无人机遥感技术在施工监理中的测量精度提升提供新的思路。数字孪生驱动的动态误差补偿方法通过建立无人机及其作业环境的数字孪生模型,能实时监测和预测测量误差,并进行动态补偿,提高测量精度。数字孪生模型能集成多源数据,包括无人机的飞行状态、传感器数据、环境参数以及施工场地的三维模型。通过对这些数据的实时分析,数字孪生系统能识别出影响测量精度的主要因素,如无人机的姿态偏差、传感器漂移、环境干扰等。基于这些识别结果,系统能动态调整无人机的飞行参数或传感器的工作模式,减少误差的产生。同时其能通过仿真和预测功能,提前发现潜在的误差来源。例如在无人机执行测量任务前,数字孪生系统能通过虚拟仿真模拟不同环境条件下的测量过程,预测可能出现的误差,并生成相应的补偿策略。在实际测量过程中,系统能根据实时数据与仿真结果的对比,动态调整补偿参数,保证测量结果的准确性。数字孪

生驱动的动态误差补偿方法还具备自学习和自适应能力。通过机器学习算法,系统能从历史数据中学习误差规律,并不断优化补偿模型。例如在多次测量任务中,系统能积累不同环境条件下的误差数据,逐步提高对复杂环境的适应能力,在未来的测量中实现更精准的误差补偿。此外这一技术还能实现测量过程的全程可视化与可追溯性。通过将测量数据与数字孪生模型进行实时同步,监理人员能直观地查看测量过程中的误差变化及其补偿效果,使测量结果的可靠性进一步提升。同时所有的测量数据和补偿记录都能被保存和追溯,为施工监理提供有力的数据支持。数字孪生驱动的动态误差补偿方法通过实时监测、预测和调整,能提升无人机遥感技术在施工监理中的测量精度。

结束语

综上所述,无人机遥感技术在施工监理中的应用具有显著的优势和潜力。通过多维度信息的快速生成,能为监理工作提供实时、准确的依据,克服复杂地形限制,提高测量效率和精度。构建科学合理的测量精度评价体系,是保证数据可靠性和实用性的关键。同时分析影响测量精度的因素,有助于进一步提升测量精度。通过采用自适应点云配准算法、多传感器时空同步校准机制、生成对抗网络(GAN)去噪优化和数字孪生驱动的动态误差补偿等方法,能提高无人机遥感技术在施工监理中的测量精度,为工程质量和安全提供更可靠的保障。未来随着技术的不断进步和应用的深入,无人机遥感技术将在施工监理领域发挥更大的作用,推动工程建设的精细化管理迈上新的台阶。

参考文献:

- [1] 蔡立庭. 房产测绘施工中无人机遥感技术的应用研究[J]. 工程建设与设计, 2023, (23): 151-154.
- [2] 王冬梅, 杨晓玉, 王彦君. 无人机遥感技术在土木工程项目建设中的应用[J]. 长春师范大学学报, 2023, 42(10): 107-111.
- [3] 韩亚平, 胡劲涛. 工程测绘中无人机遥感技术应用分析[J]. 信息与电脑(理论版), 2023, 35(14): 55-58.
- [4] 高勇. 无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用[J]. 城市建筑空间, 2022, 29(02): 237-239.

作者简介:

李芳芹(1986.07-), 性别: 女, 民族: 汉, 籍贯: 江西赣州, 学历: 大专, 论文研究方向: 工程测量与施工监理;

罗燕红(1988.05-), 性别: 女, 民族: 汉, 籍贯: 江西赣州, 学历: 大专, 论文研究方向: 工程测量与施工监理。