

无人机测绘数据处理关键技术分析

周健林

天津铁三院实业有限公司 天津 300170

摘要: 在科技飞速发展的当下,无人机测绘作为新兴测绘技术异军突起。本文聚焦无人机测绘数据处理关键技术。首先概述无人机测绘技术,包括系统组成与工作原理。接着深入剖析关键技术,涵盖相机校验、空中三角测量、动态后处理与惯性参考系统、点云数据处理、影像数据处理等方面。最后探讨其发展趋势,涉及多源数据融合、智能化、实时及高精度处理技术。旨在为无人机测绘数据处理领域提供全面且深入的技术分析,助力相关研究与实际应用发展。

关键词: 无人机测绘; 数据处理; 关键技术; 发展趋势

引言:随着科技飞速发展,无人机测绘技术凭借其灵活、高效、成本低等优势,在测绘领域得到广泛应用。从地形测绘、资源调查到城市规划、灾害监测,无人机测绘发挥着重要作用。然而,无人机测绘获取的数据量庞大且复杂,数据处理环节成为关键。准确高效的数据处理技术,能将原始数据转化为有价值的信息,直接影响测绘成果的质量与精度。因此,深入分析无人机测绘数据处理关键技术,把握其发展趋势,对推动测绘行业进步具有重要意义。

1 无人机测绘技术概述

1.1 无人机测绘系统的组成

无人机测绘系统由硬件与软件两大核心模块构成。硬件层面涵盖无人机飞行平台、传感器设备、动力系统及地面控制终端。飞行平台作为载体,包含固定翼、多旋翼、无人直升机及飞艇等类型,其材质多采用碳纤维、玻璃钢等轻质高强度材料,确保飞行稳定性与抗风能力。传感器设备是数据采集的关键,包括高精度航拍相机、多光谱相机、激光雷达(LiDAR)、红外传感器及全球导航卫星系统(GNSS)等,可获取地表影像、地形高程、植被信息等多维度数据。动力系统由电池、电机及能源调节装置组成,为无人机提供持续飞行动力。地面控制终端则通过数据链实现无人机遥控、飞行参数设置及实时数据回传。软件层面包括飞行控制系统、任务规划软件、数据处理与分析软件,支持航线自动生成、飞行姿态监控、影像拼接、三维建模等功能,形成完整的“空-地”协同作业体系^[1]。

1.2 无人机测绘技术的工作原理

无人机测绘技术基于遥感技术与空间定位技术的融合,其核心流程可分为数据采集、传输与处理三阶段。数据采集阶段,无人机按预设航线飞行,通过传感器同

步获取地表影像与空间数据。例如,航拍相机以高分辨率拍摄连续影像,激光雷达通过发射激光脉冲测量地表高程,GNSS模块提供精准的地理位置信息。数据传输阶段,无人机通过无线数据链将原始数据实时回传至地面控制终端,或存储于机载设备待后续下载。数据处理阶段,利用专业软件对影像进行拼接、校正与配准,消除几何畸变;通过空中三角测量技术建立影像间的空间关系,生成数字正射影像图(DOM);结合激光点云数据,采用三维重建算法构建目标区域的高精度三维模型。此外,多光谱数据分析可提取植被覆盖、土壤湿度等专题信息,为资源调查、环境监测等提供科学依据。

2 无人机测绘数据处理关键技术

2.1 相机校验技术

相机校验技术是无人机测绘数据处理中确保影像数据几何精度的关键环节,其核心在于消除相机镜头畸变、像主点偏移等系统误差,为后续的空中三角测量、三维建模等提供可靠的基础数据。相机校验需精确测定相机内方位元素,包括焦距、像主点坐标以及镜头畸变参数。由于相机镜头在制造和安装过程中不可避免地存在光学畸变(如径向畸变和切向畸变),这些畸变会导致影像上的点位发生偏移,直接影响测绘成果的精度。通过专业的相机校验场或高精度控制点,利用摄影测量软件对相机进行标定,可获取准确的畸变校正模型。相机校验还需考虑外方位元素的影响。在无人机飞行过程中,相机的姿态(俯仰、横滚、航向)和位置会不断变化,这些外方位元素的变化会引入额外的误差。因此,校验过程中需结合GNSS/IMU数据,对相机的外方位元素进行精确解算和校正,确保影像数据的空间定位精度。随着无人机测绘技术的不断发展,多相机协同作业成为趋势。此时,相机间的相对位置和姿态关系也需通过校

验技术进行精确确定,以保证多视角影像的融合精度,进一步提升三维建模的质量和效率。

2.2 空中三角测量技术

空中三角测量技术是无人机测绘数据处理中极为关键的一环,它借助少量地面控制点,利用无人机拍摄的连续影像,通过数学模型解算出影像的外方位元素,进而确定地面目标点的精确空间坐标。该技术主要分为解析法和数字法两类。解析法基于共线条件方程,构建影像与地面点之间的几何关系,通过严密平差计算获取外方位元素,精度较高但计算复杂。数字法,尤其是光束法区域网平差,将每张影像视为一个光束,通过联合平差同时解算所有影像的外方位元素和加密点坐标,能有效提高整体精度和可靠性。在实际应用中,空中三角测量技术借助专业软件自动提取影像中的同名点,构建连接点网络,结合GNSS/IMU提供的初始外方位元素,进行迭代计算直至满足精度要求。其优势显著,不仅大幅减少了外业控制点布设工作量,降低测绘成本,还能在内业快速处理海量影像数据,获取高精度三维坐标信息。随着计算机技术和摄影测量算法的不断发展,空中三角测量技术的自动化、智能化水平持续提升,为无人机测绘在地理信息获取、地形测绘、城市建模等领域的广泛应用提供了坚实的技术支撑^[2]。

2.3 动态后处理技术和惯性参考系统

在无人机测绘数据处理中,动态后处理技术与惯性参考系统紧密配合,对提升数据精度起着关键作用。动态后处理技术主要针对无人机搭载的GNSS接收机所采集的原始观测数据展开。在飞行过程中,GNSS接收机实时记录卫星信号,但实时定位精度有限。动态后处理技术则是在飞行结束后,将采集的原始数据传输至处理中心,结合基准站数据,通过复杂的算法模型,如卡尔曼滤波、最小二乘法等,对数据进行精密解算。这一过程能大幅削弱电离层、对流层延迟以及多路径效应等误差影响,显著提高定位精度,为后续数据处理提供更准确的空间基准。惯性参考系统(INS)由加速度计和陀螺仪等惯性传感器组成,可实时测量无人机的加速度和角速度信息,进而推算出其姿态、速度和位置。在无人机飞行时,INS能快速响应姿态变化,提供高频率的导航数据,弥补GNSS信号遮挡或丢失时的定位空白。将动态后处理技术与惯性参考系统进行组合,二者优势互补。GNSS提供绝对定位信息,INS提供相对运动信息,通过数据融合算法,如紧耦合、松耦合等方式,可实现无人机在复杂环境下的高精度、连续导航定位,为无人机测绘获取高质量的数据奠定坚实基础。

2.4 点云数据处理技术

点云数据处理技术是无人机测绘数据处理中不可或缺的部分,无人机搭载激光雷达等设备获取的点云数据,蕴含着丰富的目标物体空间信息与特征,但原始点云数据存在数据量大、噪声多、冗余度高以及数据分布不均等问题,需经过一系列处理才能有效利用。点云滤波是首要步骤,通过统计滤波、半径滤波、高斯滤波等方法,可去除因环境干扰、设备误差等产生的噪声点,提升数据质量。点云配准则将不同视角或不同时段获取的点云数据统一到同一坐标系下,基于特征点匹配、ICP(迭代最近点)等算法,实现多站点点云数据的精准拼接,构建完整的目标场景。点云分割旨在将点云数据划分为不同类别或区域,依据几何特征、反射强度等信息,采用基于边缘、区域生长或机器学习等方法,分离出地面、建筑物、植被等不同地物,为后续分类与建模提供基础。点云分类进一步对分割后的点云进行属性标注,区分不同地物类型。最后,基于处理后的点云数据,可构建高精度的三维模型,直观展示目标场景的空间结构与形态,为地形测绘、城市规划、遗产保护等领域提供重要数据支持,推动无人机测绘技术的广泛应用与深入发展。

2.5 影像数据处理技术

影像数据处理技术是无人机测绘数据处理的核心环节,它直接关系到最终测绘成果的质量与精度。无人机搭载的高分辨率相机获取的影像数据,虽能详细记录地表信息,但也存在几何畸变、色彩偏差、数据冗余等问题,需经专业处理才能满足应用需求。影像预处理是基础步骤,包括辐射校正与几何校正。辐射校正旨在消除光照不均、传感器性能差异等因素导致的影像亮度与色彩偏差,恢复地物真实反射特性;几何校正则利用地面控制点或数字高程模型,纠正影像因相机姿态、地形起伏等引起的几何变形,确保影像与实际地理空间的一致性。影像拼接与融合技术可将多幅重叠影像无缝拼接成一幅大范围、高分辨率的影像图,通过特征匹配、匀色处理等算法,消除拼接痕迹,提升影像整体视觉效果。影像分类与解译则借助计算机视觉与深度学习技术,自动识别影像中的地物类别,如建筑物、道路、植被等,并提取其空间分布与属性信息。最终,经过处理的影像数据可生成数字正射影像图(DOM)、三维地形模型等产品,广泛应用于地形测绘、城市规划、资源调查、灾害监测等领域,为地理信息获取与决策支持提供重要依据^[3]。

3 无人机测绘数据处理技术的发展趋势

3.1 多源数据融合技术

多源数据融合技术是无人机测绘数据处理的重要发展方向。无人机可搭载光学相机、激光雷达、红外相机、多光谱相机等多种传感器,每种传感器获取的数据具有独特优势。光学相机提供高分辨率视觉信息,激光雷达生成精确三维点云,红外相机用于热成像或夜间测绘,多光谱相机可识别植被健康等。通过数据配准将不同坐标系的数据对齐到统一参考系,运用加权平均、贝叶斯估计或机器学习模型等融合算法,将多源数据整合为统一、高精度的数据集。这种融合能提升测绘结果的准确性、可靠性和完整性,降低数据误差,如位置精度可提升20-30%,适用于灾害监测、城市规划等对精度要求高的场景,还能减少人工干预,加快数据处理速度,促进跨机构协作和数据重用。

3.2 智能化处理技术

智能化处理技术借助人工智能和机器学习算法,推动无人机测绘数据处理向自动化、智能化迈进。卷积神经网络(CNN)与深度学习算法可对无人机影像自动分类地物、提取道路边界等,效率较传统方法大幅提升。在数据处理中,智能化技术能自动识别和提取关键信息,减少人工干预,降低人为误差。例如,在建筑监测中,可自动检测建筑物的变形和损坏情况;在农业领域,能精准识别作物病虫害和生长状况。同时,智能化处理技术还能根据不同应用场景和需求,自动调整数据处理参数和算法,提高数据处理的针对性和有效性,为测绘行业带来更高效、精准的数据处理解决方案。

3.3 实时处理技术

实时处理技术是无人机测绘数据处理的关键趋势之一。随着5G等通信技术的普及,无人机在飞行过程中可将采集的数据实时传输至地面控制中心或云端处理平台。通过实时处理技术,能快速对数据进行初步分析和处理,及时获取关键信息。例如,在灾害应急响应中,无人机可迅速进入灾区获取受灾区域的高清影像和三维数据,实时处理技术能在短时间内生成受灾情况报告,为救援决策提供及时、准确的信息,提高救援效率和效果。在交通监测中,可实时分析交通流量和拥堵情况,为交通管理和疏导提供依据。实时处理技术还能实现数

据的即时反馈和交互,方便操作人员根据实际情况调整无人机飞行任务和数据处理策略。

3.4 高精度处理技术

对精度的追求是无人机测绘数据处理的核心目标。随着传感器技术的不断进步,如高精度GPS、惯性测量单元(IMU)和激光雷达(LiDAR)等设备的精度不断提高,为高精度处理技术提供了基础。高精度处理技术通过优化数据处理算法和模型,进一步提高数据精度。在点云数据处理中,采用更精确的滤波、配准和分类算法,可生成更准确的三维模型;在影像数据处理中,运用更先进的几何校正和辐射校正方法,能恢复地物真实反射特性,提高影像质量。高精度处理技术能满足城市建设中的毫米级精度要求,以及复杂地形测绘的需求,为城市规划、建筑设计、地质勘探等领域提供更可靠的数据支持,推动测绘行业向更高精度、更高质量的方向发展^[4]。

结束语

无人机测绘数据处理关键技术正处于快速发展与变革之中,多源数据融合、智能化、实时及高精度处理技术已成为推动行业进步的核心力量。这些技术不仅提升了数据处理的效率与质量,更拓展了无人机测绘的应用边界,使其在灾害监测、城市规划、资源勘探等众多领域发挥着不可替代的作用。未来,随着技术的持续创新与融合,无人机测绘数据处理将更加精准、高效、智能,为地理信息产业乃至整个社会的数字化转型提供更坚实的数据支撑,助力我们更好地认识和改造世界。

参考文献

- [1]黄吉川.无人机测绘数据处理关键技术及应用探究[J].地矿测绘(2630-4732),2022,002(005):165-166.
- [2]王金.无人机测绘数据处理关键技术及应用探索[J].居舍,2020(13):73-73.
- [3]吴江明.无人机测绘数据处理关键技术及应用探究[J].智能建筑与智慧城市,2020(4):109-110.
- [4]邓珊.对无人机测绘数据处理关键技术及应用的探究[J].新疆有色金属,2021,44(03):30-31.