

无人机遥感测绘技术在城市空间规划中的应用研究

钟 慧, 赵英楠

(山东正大地理信息科技集团有限公司, 山东 潍坊 261000)

摘 要 从无人机遥感技术在城市空间规划中的应用出发, 分析了无人机遥感数据的采集、处理, 以及无人机遥感技术在城市空间规划中土地利用、基础设施建设、生态环境监测等方面的应用, 并总结了无人机遥感技术效率高、成本低、获取数据及时准确等优点, 以期能够为城市土地开发强度评估、空间结构调整等提供数据支持。

关键词 无人机遥感测绘技术; 城市空间规划; 数据采集

中图分类号: TU984; TP7

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.21.042

0 引言

无人机遥感技术作为一种新型获取空间数据技术, 凭借其获取成本低、效率高、精度高等优点, 在城市空间数据获取中得到广泛应用。无人机遥感技术通过搭载高分辨率摄像头、激光雷达等传感器, 可以获取城市地形、土地利用、基础设施等信息, 凭借其获取数据的便捷性、真实性、及时性, 极大地满足了城市数据采集和分析的需求。与传统遥感技术相比, 无人机遥感具有不受限制的飞行姿态、运行成本低、能获得精细数据等优势, 适用于城市复杂地形、高密度区域的数据获取。

1 城市空间规划面临的挑战分析

1. 快速城市化。人口增长带来大量人口涌入城市, 造成城市不断扩张, 土地需求量猛增, 如何合理规划城市的空间, 使城市不至于无序扩张成为一个重要问题。城市化带来基础设施需求的增加, 如何使基础设施满足城市发展需求, 适应日益增加的需求成为规划中的一大难题。城市的快速发展, 会造成资源的紧缺, 有限资源的过度开发、不均衡分配, 造成城市规划的困境。

2. 土地利用问题。一些城市在土地资源的利用上并不高效, 甚至出现低效、浪费的情况。如何通过合理的规划, 提高土地利用效率, 发挥土地价值最大化是城市空间规划中的一大难题。在城市空间中, 不同用途的土地之间会产生一定的冲突, 如何平衡不同需求, 规避土地用途冲突是规划设计时的重点问题之一^[1]。由于土地市场的复杂性和不透明性, 在城市中存在一些违章建筑或非法建筑, 造成城市的土地资源浪费, 管理困难, 影响整体空间布局的合理性。

3. 环境保护要求。城市化发展给环境带来了巨大压力, 如何协调好城市发展和自然生态保护, 减少对环境的破坏, 是城市空间发展过程中长期而又棘手的问题。很多城市在高速发展建设中忽视绿地、公园、开敞空间的建设和, 导致城市生态环境质量下降, 空气质量恶化, 人们的生活品质受到影响。如何为市民创造良好的居住环境, 需要把绿色空间合理地纳入规划之中。

2 无人机遥感测绘技术概述

2.1 无人机的系统组成

飞行平台主要包括机体平台、动力系统、导航系统和飞控系统。飞行平台的主要任务是平稳飞行和保持准确的定位, 以确保遥感信息采集的准确性。飞行平台主要分为固定翼无人机和多旋翼无人机, 固定翼无人机可以执行大范围、长时间的飞行任务, 而多旋翼无人机可以执行短时间、多次精确测量和小范围区域的高精度数据采集任务。

传感器是采集地面目标遥感数据, 高分辨率相机、激光雷达、热成像是常见的遥感传感器, 不同的传感器适合不同的测量需求, 光学相机适合采集高分辨率的彩色图像, 激光雷达适合测量地形、地貌、温度等三维数据, 热成像仪适合环境监测、温度变化等。

数据传输系统则将传感器采集到的原始数据传输到地面站或者云端服务器进行存储和处理。数据处理系统则对采集到的数据进行预处理、图像拼接、误差校正, 最终形成可用的地理空间数据^[2]。数据处理的过程包括图像配准、正射校正、三维建模、最终输出结果等。

2.2 无人机遥感的数据采集

无人机在获取原始遥感图像之后,需对图像进行预处理,提升数据质量,对图像增强、降噪、矫正等进行处理,确保图像清晰度和准确性。图像处理还包括进行图像拼接,将无人机飞行过程中多张图片进行自动配准和拼接,生成大范围、连续的高分辨率地面影像。

地物提取是指对遥感图像进行分析处理,提取图像中目标区域的地物信息,如建筑物、道路、水体、绿地等,常用的提取方法有图像分类和目标假想方法。地物提取能使复杂的遥感图像转化成为有现实意义的地理空间信息。

空间信息解译是获取遥感数据信息的高级过程,是利用空间分析技术对遥感数据进行处理和解释的过程,从而获取有用的信息的过程。通过空间信息解译,可以生成数字地面模型、表面数字模型、三维模型等,为城市空间规划、资源管理、环境监测等提供科学依据。空间信息解译通常与 GIS、空间分析和工具软件等结合在一起,利用空间分析方法对遥感数据进行解译,实现对城市空间、土地利用、环境保护等问题进行精准分析^[3]。

3 无人机遥感测绘在城市空间规划中的应用

3.1 城市地形地貌数据采集与分析

1. 高精度数字高程模型和数字表面模型的构建。无人机搭载高分辨率相机或者激光雷达在城市上空进行低空航拍,获取多角度影像数据或者激光点云数据,航拍时一般采取重复拍摄或者间隔拍摄来保证获取的数据完整性和精度。采集到的影像数据或者点云数据需要经过预处理,包括图像配准、畸变校正、影像拼接等,确保获取的数据准确可用,通过光学影像和激光雷达点云数据融合,可以提高模型的精度。数字高程模型主要反映地球表面裸地,不包括建筑物、植被等地物,通过对地面以上非地形信息的滤除,能够生成纯粹的地形高程数据,可以作为洪涝分析、坡度分析、土地开发等的数据库参照。数字表面模型包含建筑物、植被等地表地物的表面高度信息,可进行建筑高度分析、通风模拟、视线分析等。数字表面模型主要通过无人机影像数据的三维重建或者激光雷达点云数据生成。

2. 城市地形分析与空间布局优化。利用数字高程模型计算坡度、坡向,分析城市地形起伏,利于优化建筑布局。坡度较大的区域在山地城市中不宜进行大规模建设,宜用来开展生态绿地,坡向分析可用于分析日照条件,进行建筑朝向设计^[4]。数字表面模型可以获取建筑物高度,利于对城市风环境进行分析。数

字高程模型中的数据可用于分析城市地势起伏情况,查找城市中易积水区域,结合降雨模拟与水文模型可用于预测城市内涝风险区域,进行城市排水系统的合理规划,增强城市灾害抵抗能力。结合数字高程模型与土地利用数据中分析不同地形下的土地开发程度,地形低洼地区适合建立湿地公园、雨水调蓄区等,坡度平缓的地区适宜居住区、商业区等。

3.2 土地利用与土地覆被变化监测

1. 城市土地利用调查现状与变化分析。利用无人机搭载高分辨率相机或多光谱/高光谱传感器获得城市高精度正射影像数据,结合激光雷达数据获取城市三维信息。利用监督分类或深度学习方法对影像数据分类,获得城市土地利用分类图,同时利用 GIS 数据,将分类结果与城市地籍数据库、规划图等其他数据融合进行综合分析、为城市管理部门提供决策分析依据。进行不同时期城市土地利用变化趋势分析,利用前后期的无人机遥感影像,采用变化检测算法获取土地利用变化情况。土地扩张收缩分析,通过土地利用分类结果,可以发现城市建设用地的扩张、耕地减少情况,绿地、水体等生态空间的变化情况。

2. 基于无人机遥感数据土地使用类型划分与土地覆被变化分析。根据无人机遥感影像光谱特征、纹理特征和高度信息,城市土地使用类型可分为建筑用地、住宅建筑、商业建筑、工业建筑等,根据几何形状、高度等特征可识别。道路交通如高速公路、城市道路、轨道交通等,一般线性结构均能表征。水域如湖泊、河流等,一般具有独特的光谱特征,通过水体指数可以提取。城市化进程一般伴随着水泥、沥青等不透水表面覆盖增加,雨水下渗减少造成城市内涝风险上升,无人机遥感可以精准计算不透水面积比例,提出优化措施^[5]。水体变化监测可以分析湖泊、河流面积变化,水资源利用状况与水环境质量评估。无人机遥感技术通过采集城市地形地貌信息,为城市空间布局、基础设施建设等工作提供了数据支撑。

3.3 城市基础设施监测与管理

1. 基础设施状况评估和检测。路面破损检测采用可见光高分辨率影像、红外热成像等,可以识别沥青和水泥路面存在的裂缝、坑槽、下沉等病害。交通流量分析,通过使用无人机对城市道路进行俯拍,并采用视频图像处理技术对交通流量、拥堵点和车流方向进行分析,可以为城市交通优化提供决策支持。路基沉降监测采用激光雷达技术获取高程数据,通过与历史高程数据的比对评估道路路基沉降情况,及时发现

和预警路基沉降问题,并对其采取修复措施。多光谱、红外遥感技术可以识别桥体钢筋锈蚀情况、水渗透位置等,避免桥体结构因长期腐蚀而失效。城市公共设施中,如公园、广场、公交站、管网等,也是无人机遥感监测的重点,可以利用无人机对城市绿地中的绿化覆盖率、植物生长情况进行监测,以便于进行绿地优化管理。利用红外成像可以检测管道泄漏、道路排水不畅等问题,提高市政设施管理效率。

2. 将无人机遥感数据应用到城市基础设施管理。无人机可定期对城市基础设施进行巡检,辅助城市管理部门及时发现问题,提供详细数据。当台风、地震等自然灾害发生后,无人机可及时提供城市基础设施受损的道路、桥梁、建筑等影像,帮助相关部门尽快制定基础设施抢修及恢复方案。例如:某城市在地震后,城市管理部门利用无人机遥感技术对道路受损情况进行评估,以便及时抢修主干道并运送救援物资。无人机遥感技术还可利用激光雷达和摄影测量技术等,对城市基础设施进行三维建模,以便维护及管理^[6]。通过建立桥梁、道路的数字孪生模型,可实时掌握桥梁和道路的维护情况,并制定精准的维护计划。地下管网三维可视化则是将遥感影像数据与地理信息系统结合,实现城市地下基础设施的数字化管理,便于维护管理。例如:某城市利用无人机激光雷达扫描构建了道路和桥梁的三维模型,实现了交通基础设施的远程监测和智能化维护,减少了对人工进行巡检的需求。

3.4 城市规划决策支持

1. 基于遥感数据的城市发展预测与规划方案优化。无人机遥感数据可长时间监测地面特征变化,在分析城市发展趋势时,无人机遥感数据可提供高分辨率无人机影像,结合无人机影像数据分析城市建筑密度、绿地覆盖、工业区扩张等城市发展变化,为城市扩展趋势预测提供数据支撑。将无人机影像、GIS数据与人工智能算法相结合,构建城市扩展模拟模型,进行城市未来发展预测。结合城乡交界区域土地利用情况,指导城市新城区规划,防止城市无序扩张。城市土地资源有限,居住、商业、工业、绿化等功能区的合理分配也是城市规划布局的重要内容,无人机遥感数据能够为城市土地利用布局优化提供科学依据。结合无人机遥感数据与GIS分析城市不同区域的地形地貌、生态环境、交通条件等,为城市发展规划评估土地适宜性。无人机遥感影像可发现城市发展规划与实际建设之间的差距,及时对城市发展规划进行调整,防止城市土地资源的浪费。基于自然资源与生态环境现状,

通过无人机遥感技术监测城市自然资源和生态环境,合理划定城市生态区,防止城市扩张带来环境破坏。

2. 为城市空间规划决策提供科学依据。无人机遥感技术可以定期获取城市最新影像数据,为城市空间规划提供实时更新信息^[7]。定期航拍城市发展情况,可获取最新建设用地变化数据,动态监测规划实施情况,确保规划方案落地执行,识别违建行为,辅助城市管理和执法。无人机遥感数据可以与大数据分析、人工智能算法等结合,为城市规划提供更加精准的数据支撑。影像分析通过深度学习算法,可以自动识别建筑物、道路、水体等地理要素,提高数据处理效率。应用三维建模与可视化,通过无人机激光雷达技术获取城市三维模型,可以直观展示城市规划方案,提高规划决策科学性。应用大数据驱动,改善城市规划方案,优化资源配置,可以与智慧城市管理系统结合,提高城市规划和管理的智能化水平。无人机遥感数据通过智慧城市数据平台,与其他数据源整合,可提高城市规划的智能化程度。

4 结束语

在土地利用与土地覆被监测方面,无人机遥感技术可实现动态监测,为合理规划城市功能区、优化土地利用结构等工作提供支撑。在城市基础设施监测与管理方面,无人机遥感技术可对道路、桥梁、管网等城市基础设施进行定期巡检。在城市规划决策支持方面,无人机遥感技术利用人工智能技术和大数据分析技术,提升了规划的科学性与可操作性。

参考文献:

- [1] 林宪光,朱波.自然资源测绘工程中无人机遥感技术的应用分析[J].中国宽带,2024,20(11):88-90.
- [2] 陈泽文.基于无人机探测技术的国土空间规划用地测绘优化研究[J].华北自然资源,2023(04):121-123.
- [3] 陈磊刚.国土空间规划中无人机航测遥感应用研究[J].智能城市,2023,09(06):72-74.
- [4] 屈莹,刘军廷,姜南雪.基于无人机的国土空间规划用地测绘技术[J].经纬天地,2022(05):35-38.
- [5] 刘自增,姚建华,张德政,等.国土空间规划的遥感监测技术思考和探讨[J].科技创新与应用,2022,12(02):148-150.
- [6] 郭亚军.遥感技术在国土空间规划中的应用[J].住宅与房地产,2020(27):59,63.
- [7] 黄荣.分析遥感技术在国土空间规划中的应用[J].工程建设与设计,2020(02):271-272.