

无人机影像在土地利用分类中的应用研究

董 晨 张梦雨

黑龙江第二测绘工程院 黑龙江 哈尔滨 150010

摘 要：本文系统探讨无人机影像在土地利用分类中的技术优势与应用路径。通过分析高分辨率影像处理流程，对比传统统计、面向对象及深度学习三类分类方法，提出适配不同场景的方法筛选原则。结合城乡、生态区及特殊用地实践案例，验证无人机技术在精细化分类、动态监测中的高效性，为土地资源管理提供科学支撑。

关键词：无人机影像；土地利用分类；分类技术；应用实践

DOI:10.12417/3083-5526.25.01.002

1 引言

随着无人机技术的快速发展，其在遥感影像获取方面的应用日益广泛。特别是在土地利用分类领域，无人机影像以其高分辨率、灵活性和低成本等优势，展现出巨大的应用潜力。本文旨在探讨无人机影像技术在该领域内的具体应用方法和效果。通过分析无人机影像的特点和处理流程，结合土地利用分类的实际需求，本研究期望为土地资源的合理规划和管理提供科学依据和技术支持，进一步推动无人机技术在遥感领域的发展和应用。

2 无人机影像技术概述

2.1 无人机影像技术发展现状

近年来，随着 AI 算法、5G 通信、高精度定位系统及高性能传感器等技术的不断融合与创新，无人机影像技术在土地利用分类中的应用日益广泛且深入。在技术层面，无人机已具备厘米级避障与自主路径规划能力，结合 5G+ 北斗双冗余定位系统，即便在复杂环境中也能实现稳定作业。同时，高端无人机云台相机如大疆 Zenmuse 系列，已支持 4K 乃至 8K 视频录制及 RAW 格式照片拍摄，动态范围提升至 14 档以上，图像质量媲美专业级光学相机。传输技术方面，OcuSync 3.0、Lightbridge 2 等双频图传方案以及 4G/5G 网络的引入，使得超视距实时传输成为可能，极大地拓展了无人机影像技术的应用场景。此外，无人机技术正向智能化、模块化方向发展。智能算法在飞行控制、任务规划、数据分析等全链条中的渗透，使得无人机影像采集与处理效率大幅提升。模块化设计则让用户能够快速适配不同应用场景，降低了专业应用的门槛。这些技术进步共同推动了无人机影像技术在土地利用分类中的广泛应用与深入发展。

2.2 无人机影像数据获取与处理流程

在数据获取阶段，首先需根据具体任务需求，对目标区域进行合理的航线规划。通过航迹规划子系统，将规划好的航线数据载入空中控制系统，无人机将按此航线进行自动化拍摄。同时，拍摄的数据会通过无线电实时传输至地面控制系统，地面操作人员可依据实际情况对飞行路线进行灵活调整，确保数据采集的完整性和准确性。随后进入数据处理阶段，这一过程包括对影像数据的预先检查、预处理、空三加密等步骤。预先检查主要对影像的航向重叠度、旁向重叠度及突变情况进行评估，确保影像质量。预处理则涉及对数码相机的畸变差进行校正，以及对影像进行匀光、匀色处理，确保影像在色度、亮度等方面的一致性。空三加密是处理影像的核心步骤，通过从内定向到相对定向，再到绝对定向，最终提取加密点坐标和解算影像的外方位元素，为后续的土地利用分类提供高精度的基础数据。

2.3 无人机影像在土地利用中的优势

其首要优势在于高效的数据采集与处理能力。相较于传统的人工测绘方式，无人机能够迅速覆盖大片区域，实时生成二维正射影像和三维模型，这些高精度的影像数据为土地利用分类提供了坚实的基础。同时，无人机航测方案自动化程度高，能够大幅降低外业成本，缩短作业周期，实现快速交付。无人机影像技术还具备强大的可视化功能。通过无人机拍摄的高清影像，我们可以直观地掌握地形、地貌以及土地附着物等关键信息，这些信息对于土地利用规划和分类至关重要。实景模型能与多种 GIS 应用软件结合进行 GIS 应用分析，辅助规划人员高效作业，使得土地规划工作更加便捷、精准。此外，无人机影像技术在土地利用监测方面也发挥着重要作用。它能够实时捕捉土地变

作者简介：董晨，男，山东省茌平县，（1997.7-），汉，本科，助理工程师，研究方向：测绘地理信息研究。

化,精准识别违规占用、破坏耕地等行为,确保违法问题早发现、早处理。通过定期监测和记录耕地的变化情况,生成详细的影像数据,为耕地保护提供了科学依据,使监管工作更加透明、高效。

3 无人机影像土地利用分类的方法选择与适配性

3.1 常用土地利用分类方法

无人机影像土地利用分类方法体系丰富多样,主要可归纳为三大类。基于像元的传统统计分类方法,如最大似然法、支持向量机、随机森林等,通过计算影像中单个像元的光谱特征进行归类,算法成熟易于实现,但受限于无人机影像极高的空间分辨率,易产生椒盐噪声,难以充分利用丰富的地物形状纹理信息。面向对象影像分析方法应运而生,成为处理高分辨率影像的有力手段,其核心是将具有相似光谱、纹理、形状特征的相邻像元聚合为同质对象,然后在对象层次上提取更丰富的空间特征和上下文关系进行分类,显著提升了分类的视觉连贯性和精度,尤其适用于区分边界清晰的地物类型。近年来,基于深度学习的语义分割方法取得了突破性进展,特别是卷积神经网络模型,能够端到端地从原始影像中自动学习并提取复杂的多层次特征,包括深层的语义信息,对地物的几何形态、空间结构具有极强的刻画能力,在处理极其复杂的城市景观或细节丰富的自然场景时展现出卓越的性能,代表了当前技术发展的前沿方向。这三类方法各有侧重,共同构成了无人机影像分类的方法库。

3.2 基于无人机影像的分类方法筛选原则

针对无人机影像进行土地利用分类方法选择时,需遵循若干核心原则以确保有效性和实用性。首要考量因素在于影像数据自身的特性,包括其空间分辨率、光谱波段数量、获取季节时间以及影像质量。高空间分辨率影像更适合采用面向对象或深度学习方法以充分利用其丰富的几何纹理信息;而多光谱或高光谱数据则更利于基于光谱特征的分类方法挖掘地物间的细微差异。分类目标精度要求是决定性因素,对于需要极高精度的精细化应用,如城市违建识别或特定作物分类,深度学习方法通常是首选,尽管其计算成本较高。项目的时间周期和计算资源限制也至关重要,若需快速处理大面积区域且计算资源有限,高效的面向对象分析或传统机器学习方法可能更为实际。目标应用场景的地物复杂程度和尺度同样关键,城市建成区的地物复杂破碎且目标尺度小,深度学习方法优势明显;乡村大块均质农田则可能更适合高效的面向对象方法。最后,可用训练样本的数量和质量直接影响方法选择,深度学习方法通常需要大量高质量标注样本驱动,样本不足时传统方法或浅层学习模型可能是更稳妥的

选择。

3.3 不同场景下分类方法的适配案例

不同土地利用分类场景因其独特的地物特性与目标需求,对方法选择提出了差异化要求。在城市建成区分类应用中,地物高度异质、边界复杂且小目标众多,基于深度学习的语义分割方法展现出显著优势。例如,利用改进的卷积神经网络模型,能够精准区分密集排列的建筑屋顶材质、狭窄道路、小型绿地、停车位等,满足城市规划精细管理需求。在乡村区域,大块农田、林地、农村居民点构成主要景观,面向对象影像分析方法更为适用。通过多尺度分割生成同质对象,结合对象的光谱均值、形状指数、纹理特征及空间关系,可有效区分水田旱地、果园茶园、不同郁闭度林地以及零散分布的农宅,服务于农作物估产与农村土地确权。对于地形复杂、植被覆盖类型多样的生态保护区,结合多光谱数据的随机森林或支持向量机分类常被采用,利用其处理高维光谱特征的能力区分草地覆盖度等级、林下植被、湿地类型等,辅以面向对象处理可提升边界精度。在矿区湿地等特殊用地场景,变化检测与动态监测是重点,常采用多时相无人机影像结合面向对象变化检测或深度学习变化识别技术,精确量化开采范围扩张、复垦区植被恢复进度或湿地植被演替过程。

4 无人机影像土地利用分类的实践应用场景

4.1 城市建成区土地利用分类应用

无人机影像凭借其高分辨率、灵活机动和快速响应的优势,在城市建成区土地利用分类中展现出强大的应用价值。城市环境地物复杂密集,建筑形态多样,道路网络交错,绿地空间碎片化,传统遥感手段往往难以满足精细化管理需求。无人机搭载的高清相机或倾斜摄影系统,可获取厘米级至亚米级分辨率的影像,清晰地识别单个建筑物轮廓、屋顶材质、庭院布局、狭窄道路、小型绿地乃至停车位分布。结合先进的计算机视觉算法(如深度学习语义分割模型),能够高效、精准地自动提取并分类居住用地、商业服务设施用地、工矿仓储用地、道路交通用地、公共管理与公共服务用地、绿地与广场用地等城市核心地类。这对于城市规划精细化管理、违章建筑监测、基础设施普查、城市热岛效应研究(通过识别不透水面和绿地)、应急响应(灾害评估)以及智慧城市建设提供高时效性、高精度的基础空间数据支撑。例如,利用无人机影像时序数据,可动态监测城市扩张、旧城改造进程,为土地集约利用和可持续发展决策提供科学依据。

4.2 乡村区域土地利用分类应用

在广阔的乡村区域,无人机影像为土地利用分类提供了经济高效的解决方案,尤其擅长应对地块破碎、类型多样、

动态变化快的挑战。乡村土地利用涵盖耕地、园地、林地、草地、农村宅基地、水域、设施农用地、未利用地等多种类型。无人机可低空飞行,获取高时空分辨率的影像,清晰呈现田块边界、作物种类(利用多光谱或高光谱传感器效果更佳)、林地郁闭度、草地覆盖状况、农宅分布、沟渠池塘、温室大棚等细节信息。基于这些数据,结合面向对象分析或深度学习技术,能够精确绘制耕地(进一步细分水田、旱地)、园地(果园、茶园等)、林地(有林地、灌木林等)、农村居民点用地、坑塘水面、设施农用地等的空间分布图。这极大地服务于高标准农田建设规划、农作物种植结构调查与面积统计、森林资源动态监测、农村宅基地确权登记与违建监管、农业灾害(如洪涝、病虫害)评估与定损、乡村环境整治规划以及特色农产品种植区监测。无人机技术有效弥补了地面调查范围有限、效率低和卫星遥感分辨率不足或受云层影响的缺陷,成为支撑乡村振兴和现代农业发展的重要技术手段。

4.3 生态保护区土地利用分类应用

生态保护区通常具有地形复杂、人迹罕至、生态敏感性强、监测需求迫切等特点,无人机影像成为其土地利用/覆盖分类与生态监测的理想工具。在森林、草原、荒漠、湿地、山地等典型生态保护区内,无人机能够安全、低干扰地获取高分辨率影像,精细刻画地表覆盖细节。利用这些影像,可准确识别和分类有林地、灌木林、疏林地、高覆盖度草地、中低覆盖度草地、沙地、戈壁、盐碱地、湿地(湖泊、河流、沼泽)、裸岩、冰川积雪等地类。更重要的是,结合多光谱或高光谱传感器,无人机能进一步分析植被健康状况(如叶绿素含量、含水量)、植被群落结构、生物量估算,甚至识别特定物种(如红树林、濒危植物分布)。这对于保护区本底资源调查、生物多样性监测、生态系统结构功能评估、栖息地质量评价、人类活动干扰(如偷牧、盗伐、非法穿越)监测、生态修复工程效果跟踪、森林火灾或病虫害灾后评估等至关重要。无人机提供的精细化数据为保护区制定科学的保护策略、评估保护成效以及应对环境变化提供了强有力的数据支撑。

4.4 特殊用地(如矿区、湿地)分类应用

针对地形复杂、环境特殊、变化剧烈或存在安全隐患的

特殊用地类型,如矿区、大型工程区、滩涂、河口湿地等,无人机影像土地利用分类展现出不可替代的作用。在矿区,无人机可高效安全地完成露天采场、排土场、尾矿库、矿石堆场、工业广场、矿区道路、沉陷区、复垦区等地类的精细识别与动态监测。通过时序影像分析,能够精确量化开采范围变化、土石方量、边坡稳定性、复垦绿化进展以及由开采引发的周边土地利用变化(如耕地损毁、房屋开裂)。在湿地(尤其是滩涂、河口等难以进入区域),无人机高分辨率影像能清晰区分开阔水体、泥滩、盐沼、芦苇荡、互花米草等入侵植被、红树林、潮沟等地类,精确测绘湿地范围及内部结构,监测水文变化、植被演替和人为侵占活动。对于大型线性工程(如公路、铁路、管道)沿线或大型水利工程库区,无人机可高效完成征地范围核实、施工扰动范围监测、临时用地恢复状况评估。无人机技术为这些特殊区域的土地利用监管、环境风险评估、生态修复规划、安全生产保障以及执法督察提供了高效、精准、实时的地理空间信息支持。

5 总结

研究证实无人机影像凭借高分辨率与灵活性,显著提升土地利用分类精度与效率。方法层面,深度学习适用于复杂城市场景,面向对象分析主导乡村及生态区分类,多时相技术有效监测矿区、湿地动态。实践表明,该技术可满足国土规划、灾害评估及生态保护等多元需求,是推动智慧土地管理的核心工具。

参考文献:

- [1] 何少林, 徐京华, 张帅毅. 面向对象的多尺度无人机影像土地利用信息提取[J]. 国土资源遥感, 2013, 25(002):107-112. DOI:10.6046/gtzyyg.2013.02.19.
- [2] 魏子寅. 基于无人机正射影像进行土地利用/土地覆盖分析[D]. 内蒙古师范大学, 2013.
- [3] 张茂顺, 王军. 无人机影像在面向对象土地利用分类中的应用研究[J]. 写真地理, 2020, 000(010):P.1-2.
- [4] 阚晓云, 孙景振, 王红伟. 无人机影像分割尺度及地物分类研究[J]. 科技广场, 2013(11): 5.