

无人机在森林火灾检测中的应用

——以陕西早期检测为例

张树新 乔保元

摘要: 本文探讨了无人机在陕西省早期森林火灾检测中的应用。陕西省地形复杂、气候干燥,传统监测手段存在诸多不足。无人机凭借其灵活性高、搭载多种传感器等优势,可有效应对环境干扰、降低误报率并突破地形限制,实现全域覆盖监测,为森林火灾早期预警提供有力支持。尽管面临续航、数据处理及法规伦理等挑战,但通过技术改进与管理优化,无人机有望成为提升森林防火能力的关键工具。

关键词: 无人机;森林火灾;早期;检测

引言

森林资源是维护生态安全与生物多样性的关键屏障,其巨大的经济、生态及文化价值不可或缺。森林火灾作为突发性强、扑救困难的重特大自然灾害,严重损毁林木资源、破坏土壤结构并引发生态退化。陕西省地形复杂(秦岭山地、黄土高原沟壑纵横),气候干燥,林火风险突出,传统监测手段(瞭望塔、卫星)在此类区域存在覆盖盲区大、响应滞后、误报率高等瓶颈。近年来,无人机(UAV)技术凭借其机动灵活、视角独特、成本可控的优势,搭载高清可见光与热红外传感器,为森林火灾监测提供了新方案。本文将详细探讨无人机在陕西省早期森林火灾检测中的应用优势及其面临的挑战与解决方案。

一、陕西省早期森林火灾检测存在的问题

1. 环境干扰问题

陕西省林区环境复杂多样:秦巴山区常年云雾缭绕,可见光成像易受遮挡,影响火点识别;陕北黄土高原昼夜温差大,地表热辐射波动显著,造成背景热噪声强烈干扰;关中平原工业活动密集,大气中颗粒物浓度较高,进一步加剧了光学信号的衰减与干扰。这些因素导致传统监测手段(如卫星热红外)在识别早期火点时,烟雾

与云雾光谱特征混淆,热异常信号被环境噪声淹没。因此,环境干扰已成为制约早期火灾精准识别与及时预警的主要技术瓶颈。

2. 误报率高

热源混淆是一个显著问题,矿区机械作业以及农事活动中的焚烧(如陕北地区秋收后的秸秆焚烧)等非火情热源经常被错误地识别为火灾热点。其次,光学伪影也是造成误报的重要原因之一,特别是在秦岭地区的花岗岩裸露地带和汉江流域的水体表面,在强日照条件下这些区域可能会呈现出类似火点的特征,从而引发误判。此外,生物热干扰同样不可忽视,例如秦岭地区羚牛等大型兽群聚集时产生的群体热信号也可能被系统误识别为火灾迹象。高误报率不仅浪费了宝贵的应急资源,更导致监测人员对真实警报的响应出现延迟,严重削弱了系统的整体可信度。

3. 复杂地形覆盖不足

陕西的林地有74.3%位于坡度大于25°的山地,这使得传统监测手段在复杂地形覆盖方面存在显著不足,形成了多重盲区。瞭望塔由于受到视线条件的限制,在黄土高原沟壑区域的有效覆盖半径不足5公里,难以实现全面监控。卫星遥感技术在秦岭深谷地区也面临挑战,该区域植被郁闭度超过0.8,茂密的冠层遮挡导致林下火情的漏检率过高。地面巡查同样存在局限性,特别是在悬崖和密林等危险地带,巡查工作往往无法有效覆盖,导致这些区域成为潜在的风险点。

二、无人机在早期森林火灾检测中的作用

1. 无人机技术概述

我国无人机技术近年来发展迅猛,无论是在技术研

作者简介:

- 张树新(1991.08——)男,汉族,本科学历,中级工程师,主要从事森林草原防灭火方面的研究工作;
- 乔保元(1990.04——)男,汉族,本科学历,助理工程师,主要从事森林草原防灭火方面的工作。

发、生产制造还是实际应用方面均取得了显著成就。当前，国内无人机不仅在航拍、物流等领域广泛应用，同时在环境监测、灾害预警等公共服务领域也展现出巨大潜力。通过集成高分辨率摄像头、红外热成像仪等多种传感器，结合先进的图像识别技术和大数据分析能力，无人机能够实现对特定区域的精准监控与快速响应。特别是在应对复杂多变的自然环境中，无人机凭借其灵活性高、成本效益好等优点，为提高工作效率提供了新的解决方案。随着技术的不断进步，无人机在早期森林火灾检测中的应用将更加广泛，有望成为提升森林防火能力的关键工具。它能够在火灾初期迅速定位火源，及时提供准确信息，助力高效灭火行动。

2. 应对环境干扰，提升监测稳定性

无人机在应对环境干扰、提升监测稳定性方面具有显著优势。它能够适应高温、浓烟、有害气体等多种复杂环境，在能见度极低的情况下仍可正常执行监测任务。通过搭载红外热像仪和多光谱传感器，无人机可以穿透烟雾，精准捕捉地表温度异常区域，有效识别隐蔽火点和早期火灾迹象。此外，其飞行高度灵活，可避开地面障碍物和局部气象干扰，确保数据采集的连续性和准确性。现代无人机还具备较强的抗风能力和防雨设计，可在恶劣气象条件下稳定飞行。结合实时图像传输与自动识别系统，无人机能够在复杂环境中持续提供高质量的监测信息，极大提升了森林火灾早期预警的可靠性与响应效率。

3. 降低误报率，提高预警准确性

在提升预警准确性方面，无人机凭借多源数据融合与智能识别技术展现出独特优势。通过搭载高分辨率光学相机、红外热像仪和多光谱传感器，无人机能够同步获取地表的可见光图像与热力分布信息，结合AI智能识别算法，可有效区分真实火源与阳光反射、雾气等自然现象引发的误判。其高空监测视角不仅覆盖范围广，还能避免地面设备因局部遮挡或环境干扰导致的漏报或误报问题。同时，系统具备历史数据自动比对功能，能够识别异常变化趋势，进一步提升火灾识别的科学性与准确性。此外，无人机支持实时数据回传与人工复核机制，确保预警信息的及时性和可靠性，为森林火灾的早期发现和快速响应提供有力保障。

4. 突破地形限制，实现全域覆盖监测

面对陕西省复杂多变的森林地形，无人机展现出传统监测手段难以比拟的覆盖能力。其具备垂直起降和灵

活机动的飞行特性，能够轻松穿越山地、密林、沟壑等交通不便区域，对以往地面设备难以触及的盲区进行有效监测。相比人工巡护效率低、卫星图像更新周期长、固定监控点位覆盖有限的问题，无人机可快速完成大范围林区的巡查任务，显著提升监测的时效性与全面性。同时，借助高空视角和多传感器协同作业，还能生成高精度热力图与三维地理信息模型，为森林火灾隐患提供全方位、多维度的数据支撑，真正实现全域无死角监测。

5. 保障人员安全，助力高效决策

相较于传统人工巡山或近距离火场侦察方式，使用无人机可以保障人员安全。它能够在不接触危险区域的情况下，远程执行火情探测、火势评估等任务，有效避免消防人员因接近火场而面临的生命安全风险。同时，无人机可实时回传高清图像和热力数据，帮助指挥中心精准掌握火灾发展动态，包括火势蔓延方向、燃烧强度及周边环境变化，为制定灭火策略提供科学依据。结合地理信息系统（GIS）和智能分析模型，还能快速生成最优救援路径和疏散方案，大幅提升应急响应的效率与安全性，实现科学决策与精准指挥。

三、无人机在早期森林火灾检测中的潜在问题

尽管无人机在早期森林火灾检测中展现出显著优势，有效提升了监测的全面性、精准性和安全性，但在实际应用过程中仍然面临诸多挑战和限制。

1. 续航与数据处理问题

无人机在早期森林火灾监测中的应用面临续航能力和数据处理两大挑战。大多数商用无人机由于电池技术限制，飞行时间通常仅为20分钟到一个小时不等，这对于需要长时间监控的大面积森林区域来说，意味着频繁更换电池或采用多架无人机轮流作业的策略，增加了操作复杂性和成本。此外，无人机收集的数据量庞大，涵盖了高清图像、热成像以及环境参数等多源信息，这对后端数据处理能力提出了高要求。快速而准确地分析这些数据对于及时提供有效的火情预警至关重要，然而，数据质量的参差不齐可能影响最终分析结果的准确性，因此，如何高效处理和利用这些数据成为一大考验。

2. 法规伦理与操作限制

无人机的操作还受到严格的航空法规约束，包括空域管理、隐私保护等方面的规定。不同地区对无人机使用的法律框架差异较大，这不仅限制了其跨区域部署的灵活性，也增加了合规操作的复杂性。特别是在涉及敏

感区域时，需特别注意遵守相关法律法规以避免法律风险。与此同时，无人机的使用也可能引发伦理道德问题，如个人隐私侵犯等。尤其是在执行监控任务时，必须确保所有操作符合当地法律法规及社会伦理标准。为了充分发挥无人机在森林火灾早期检测中的作用，相关部门和技术开发者需紧密合作，共同解决法规遵循与伦理考量带来的挑战，为无人机的应用创造更加有利的条件。

四、解决方案

1. 提升续航与数据处理效能

为解决无人机在早期森林火灾监测中面临的续航能力和数据处理挑战，可以采取多种策略。首先，在硬件方面，开发或选用长航时无人机，并采用快速更换电池装置或地面无线充电站来减少因电量不足导致的任务中断。同时，探索太阳能或其他新能源技术的应用潜力，以延长飞行时间。其次，针对数据处理难题，投资于高效的数据分析平台和AI算法，实现对大量图像和传感器数据的实时处理，提高信息提取速度和准确性。利用边缘计算技术可以在无人机上进行初步数据筛选，仅将关键信息传回控制中心，从而减轻后端负担。此外，建立云端存储和计算资源，确保能够迅速处理海量数据并支持决策制定。

2. 法规遵循与伦理考量的优化

为应对法律法规限制及伦理道德问题，需从政策和技术两方面入手。首先，操作者应积极了解并严格遵守当地航空法规，获取必要的飞行许可，并与相关监管机构保持沟通，确保所有操作符合规定。可以通过参与行业协会或联盟，共同推动制定统一的操作标准和最佳实践指南。其次，针对隐私保护问题，应在执行监控任务前明确告知公众，并获得必要的授权。技术上，可通过

模糊化处理非关键区域的图像数据，避免侵犯个人隐私。最后，加强无人机操作人员的专业培训，不仅涵盖技术操作层面，还包括法律知识和伦理教育，确保每一位操作员都能依法依规、负责任地使用无人机技术，促进其健康有序发展。

结语

本文探讨了无人机在陕西省早期森林火灾检测中的应用，展示了其在复杂地形、环境干扰及高误报率等问题上的独特优势。通过集成高分辨率摄像头和红外热成像仪等传感器，无人机能够快速定位火源并提供精准的实时监测数据，同时利用AI智能识别算法有效降低误报率，提高预警准确性。然而，无人机的应用面临续航能力有限、数据处理挑战及法律法规限制等问题。针对这些挑战，提出了开发长航时无人机、投资高效数据分析平台以及加强操作人员培训等解决方案。随着技术进步的逐步解决，无人机有望成为提升森林防火能力的关键工具。

参考文献

- [1] 李继魁. 无人机在森林草原防灭火中的应用[J]. 农村科学实验, 2025, (09): 138-140. DOI: 10.20264/j.cnki.rse.2025.09.048.
- [2] 陈礼波, 谈宜院, 陈锦扬, 等. 无人机在森林防火中的应用探索——以咸宁市为例[J]. 湖北林业科技, 2025, 54(02): 90-93.
- [3] 孙鹤, 张万刚. 无人机技术在祁连山森林火灾应急响应中的应用及效能评估[J]. 农村科学实验, 2025, (09): 141-143. DOI: 10.20264/j.cnki.rse.2025.09.049.