

无人机集群在山区地质灾害应急救援中的路径规划算法优化

卢英英

安徽英之隽安全设备有限公司 安徽合肥

【摘要】无人机集群在山区地质灾害应急救援中展现出重要的应用价值。山区复杂地形和灾害环境的不确定性使传统救援手段难以高效执行，进而无人机集群成为一种重要的补充。本文聚焦于无人机集群在山区灾害中的路径规划问题，提出了一种基于智能算法的优化路径规划方法。该方法通过建立地形模型和灾区环境分析，实现飞行路径的实时调整，避免障碍物并提高任务执行效率。在实际灾害场景中，本文评估了该算法的应用效果，验证了其在灾区救援中的优越性。与传统路径规划方法对比，优化后的算法在任务完成时间、飞行稳定性和效率方面显示出显著的提升。研究结果为无人机集群在山区地质灾害应急救援中的有效应用提供了理论依据与技术支持。

【关键词】无人机集群；山区地质灾害；应急救援；路径规划；算法优化

【收稿日期】2025 年 5 月 17 日

【出刊日期】2025 年 6 月 10 日

【DOI】10.12208/j.aics.20250045

Optimization of path planning algorithm for UAV swarms in emergency rescue of mountain geological disasters

Yingying Lu

Anhui Yingzhijun Safety Equipment Co., Ltd, Hefei, Anhui

【Abstract】 UAV swarms have shown significant application value in emergency rescue operations for mountain geological disasters. The complex terrain in mountainous areas and the uncertainty of disaster environments make traditional rescue methods difficult to implement efficiently, thus making UAV swarms an important supplement. This paper focuses on the path planning problem of UAV swarms in mountain disaster scenarios and proposes an optimized path planning method based on intelligent algorithms. By establishing a terrain model and analyzing the disaster area environment, this method realizes real-time adjustment of flight paths, avoids obstacles, and improves the efficiency of task execution. In actual disaster scenarios, this paper evaluates the application effect of the algorithm and verifies its superiority in disaster area rescue. Compared with traditional path planning methods, the optimized algorithm shows significant improvements in task completion time, flight stability, and efficiency. The research results provide a theoretical basis and technical support for the effective application of UAV swarms in emergency rescue of mountain geological disasters.

【 Keywords 】 UAV swarms; Mountain geological disasters; Emergency rescue; Path planning; Algorithm optimization

引言

山区地质灾害往往伴随着复杂的地形、恶劣的天气和不断变化的环境条件，这使得传统的救援方式面临诸多挑战。无人机集群作为一种新兴的应急救援技术，能够在灾区迅速进行高效的灾情评估与物资投送，但其路径规划问题一直是影响救援效率的关键因素。传统的路径规划方法往往忽视了山区复杂地形的影响，导致无人机在实际应用中面临路径规划不准确、飞行效率低等问题。针对这一问题，本文提出了一种针对山

区地质灾害救援任务的优化路径规划算法，旨在通过智能算法的引入，提高无人机集群在复杂地形中的飞行能力和任务完成效率。通过对该算法的理论研究与实际应用分析，本文为无人机集群的高效应用提供了可行的路径规划方案。

1 山区地质灾害应急救援的挑战与无人机集群的应用潜力

山区地质灾害，包括滑坡、山洪、泥石流等，往往发生迅速且不可预测，给救援工作带来巨大的挑战^[1]。

山区复杂的地形环境使得传统的应急救援方式受到限制,地面交通条件差,灾区的可达性差,导致救援队伍难以及时进入灾区进行有效救援。灾区情况往往多变,人员受困的时间和位置常常无法准确掌握,传统的灾后评估手段无法快速提供全面的灾情信息。传统的应急救援模式亟待创新,如何提高救援效率、缩短响应时间是当前的关键问题。

在这种背景下,无人机集群的出现为山区地质灾害应急救援提供了新的解决方案。无人机集群可以通过快速部署,克服山区地形的复杂性,在灾后迅速完成灾情评估、现场勘查以及物资投送等任务。相较于传统的单一无人机或人工救援,无人机集群可以通过协同作业,最大程度地覆盖灾区,提高飞行效率和任务完成率。无人机集群的优势不仅体现在快速响应上,还体现在较高的机动性和灵活性,它能够迅速穿越山区复杂的地形,获取实时数据,为后续的救援决策提供支持。

无人机集群在山区地质灾害应急救援中的应用仍面临诸多挑战。一个显著的问题是路径规划。山区地形复杂多变,飞行路径难以规划,障碍物如山脉、峡谷、悬崖等地形因素都会影响无人机集群的飞行路径和任务执行效率。如何在灾害环境下确保无人机集群能够避开障碍物并高效完成任务,是一个亟待解决的技术难题。优化无人机集群的路径规划,提升其在复杂地形中的执行效率,是提高救援效率的关键。

2 无人机集群路径规划的关键问题与优化需求

无人机集群的路径规划问题不仅要求确保飞行路径的安全性,还需要在复杂的地形和环境中高效完成救援任务。路径规划的核心目标是为无人机集群从起点到目标点规划出一条最优的飞行路线,确保路径最短且避开各种障碍物。然而,在山区地质灾害的救援场景中,路径规划问题变得更加复杂。除了传统的地形障碍物,如山脉、悬崖、峡谷等,飞行路径还需要考虑天气变化、风速、气流等动态环境因素,这些因素可能在任务执行过程中发生变化,从而影响飞行安全和任务完成效率。飞行任务的多样性也是路径规划的挑战之一,例如多架无人机的协同作业、不同任务的优先级分配以及救援时限的紧迫性,都要求路径规划算法能够灵活应对,并确保无人机集群能够高效地完成多任务、协同作业,最大化资源利用率。

在传统的单机路径规划中,主要问题是如何在静态环境中规划一条最短或最优路径。但在实际山区救援任务中,环境是动态变化的,灾区的地形可能随着时间而改变,如泥石流的发生可能导致新的障碍物形成,

气象条件的变化也会影响无人机的飞行稳定性。路径规划不仅要考虑初始的环境条件,还需要具备动态调整能力。无人机集群在执行任务时,必须能实时反馈飞行状态和周围环境的变化,并对飞行路径进行调整。这个过程要求路径规划算法不仅能够根据当前的地形信息生成最优路径,还能应对突发的环境变化。

无人机集群的协同作业在路径规划中占据着至关重要的地位。当多个无人机共同执行任务时,如何确保它们的飞行路径不会发生干扰,且能够实现任务的最优分配,是路径规划的核心问题之一^[2]。为了达到这一目标,集群间的实时通信与信息共享显得尤为关键。每架无人机必须与其他无人机保持协调,实时共享飞行数据、位置信息和周围环境的变化,避免路径冲突,从而确保集群整体的飞行效率。路径规划还需要综合考虑每架无人机的飞行能力,包括飞行时间、电池续航、载荷能力等,以合理分配任务,确保每架无人机都能在其能力范围内高效完成分配的救援任务。

3 基于智能算法的无人机集群路径规划优化方法

智能算法,尤其是遗传算法、蚁群算法、粒子群算法等,已被广泛应用于复杂的路径规划问题中。这些算法具有较强的全局优化能力,能够在复杂多变的环境中寻找接近最优的解。在无人机集群的路径规划中,采用智能算法优化飞行路线,能够有效应对山区地形的复杂性,并优化集群协同作业的效果。遗传算法(GA)在路径规划中的应用,能够模拟自然选择和基因突变过程,通过多个候选解的不断“进化”来求得最优路径。GA适用于解决非线性、多约束、多目标的路径规划问题。在山区地质灾害救援中,GA可以根据飞行路径的距离、障碍物避让、飞行时间等多个目标进行综合优化,找到最佳路径。GA具有较强的全局搜索能力,能够避免陷入局部最优解,确保规划的路径在复杂环境下具有较强的适应性。

蚁群算法(ACO)通过模拟蚂蚁寻找食物的过程来优化路径,在处理具有多个可能路径的复杂问题时表现出色。在山区地质灾害应急救援中,ACO能够通过模拟无人机在环境中移动的过程,优化飞行路线,避免障碍物和干扰。在路径规划中,ACO通过多个虚拟蚂蚁之间的信息传递与共享,找到最优的路径选择。该算法具有较强的鲁棒性,能够处理动态变化的环境和路径的实时调整,适应不同的救援需求^[3-7]。粒子群算法(PSO)是一种模拟鸟群觅食的优化算法,通过多个粒子搜索解空间,在全局范围内寻找最优解。PSO在无人机集群路径规划中的应用,可以通过多个“粒子”

的协同搜索,优化多个无人机之间的路径关系,避免飞行冲突,提高集群的飞行效率。PSO 的优点在于其计算简单、易于实现且收敛速度快,特别适用于实时性要求高的应急救援任务。通过这些智能算法的组合应用,可以有效提高路径规划的质量,使无人机集群在复杂地形中能够更快速、更安全地完成任务。

4 算法优化效果评估与应用实践

在实际应用中,算法优化的效果需要通过一系列的评估来验证。对于无人机集群的路径规划算法,评估标准主要包括路径的安全性、飞行效率、任务完成时间等几个方面。安全性是最为关键的指标,路径规划算法必须确保无人机能够避开障碍物,避免发生碰撞或事故。飞行效率和任务完成时间也是衡量算法优劣的重要标准,尤其在应急救援场景中,时间的延误可能导致救援效果大打折扣。优化后的路径规划算法应能够大幅提升救援效率,缩短响应时间,尤其是在复杂的山区环境下。

为了全面验证路径规划算法的实际效果,通常可以通过模拟实验和实地测试两种方式进行评估。模拟实验是在计算机中创建虚拟灾区环境,模拟不同地形、天气变化、风速等条件,通过对比不同路径规划算法在各种场景下的表现,评估算法的稳定性和适应性。这种方法可以在控制的条件下广泛测试算法,并帮助优化路径规划策略。模拟环境无法完全复现实际灾区的复杂情况,如突发灾害、实时环境变化等因素,因此实地测试显得尤为重要^[8]。在实际灾区中部署无人机集群,依据真实环境中的地形、气象数据、障碍物分布等因素进行路径规划,可以验证算法在复杂、动态环境中的表现,并根据实际数据进行进一步优化。实地测试能更直观地反映算法在紧急救援中的应用效果,确保其在实际任务中的可行性和可靠性。

无人机集群的路径规划不仅仅是一个单纯的算法问题,还需要考虑多方面的系统集成与优化。集群之间的协同作业、信息交换的实时性等,都直接影响路径规划算法的效果。在实际应用中,算法优化不仅要考虑飞行路径的最优性,还要考虑集群内部的协调性,保证每架无人机都能高效完成分配的任务。算法的优化效果不仅需要从路径规划的角度来评价,还应从整体系统的角度进行综合评估,确保整个集群能够顺利完成救援任务。

5 结语

无人机集群在山区地质灾害应急救援中的应用潜力巨大,尤其在路径规划问题的解决上展现了显著优势。通过智能算法的优化,无人机集群能够有效应对复杂地形、动态环境和多任务协同作业的挑战,显著提升救援效率。路径规划不仅要求避开障碍物、考虑环境变化,还需协调集群内部的飞行任务和资源分配,确保每架无人机高效完成任务。未来,随着技术的不断进步,智能路径规划算法将在灾害应急救援中发挥越来越重要的作用,为提高救援效率、减少灾后损失提供更加可靠的技术支持。

参考文献

- [1] 黎少东,李杰,李辉.基于改进人工势场法的多无人机协同路径规划[J/OL].计算机系统应用,1-13[2025-08-02].
- [2] 余玲,郭川东,王国庆,等.GPU 并行计算驱动的大规模无人机集群仿真研究[J/OL].计算机工程与应用,1-12[2025-08-02].
- [3] 赵良瑾,全昊楠,苑子杨,等.无人机集群的干扰管理:机理、技术与挑战[J/OL].航空学报,1-25[2025-08-02].
- [4] 梅宇,段海滨,袁洋.仿欧椋鸟智能行为的无人机集群动态事件触发控制[J/OL].机器人,1-7[2025-08-02].
- [5] 吴虎胜,肖人彬.面向无人机集群显隐多目标任务分配建模及狼群算法求解[J].南昌工程学院学报,2025,44(03): 82-88.
- [6] 赵万富.无人机集群路径规划的铁路货运动态调度研究[J].中国航务周刊,2025,(24):86-88.
- [7] 高佳宁,刘云平,王富尧,等.基于深度强化学习的无人机集群队形保持方法[J].兵器装备工程学报,2025,46(06): 268-277.
- [8] 王涛,谢添乐,唐勇,等.认知模型驱动的无人机集群混合智能协同决策方法研究[J].无人系统技术,2025,8(03): 109-121.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS