

基于人工智能的无人机智能化控制系统研究

梁瑞彪

中航恒拓智能科技河北有限公司，河北 石家庄 051430

DOI:10.61369/ME.2025060002

摘要：人工智能技术以其蓬勃发展的态势正深刻改变着无人系统的控制模式，而鉴于无人机在军事侦察、物流运输、农业监测及应急救援等核心领域的独特效能，其智能化控制系统亦备受瞩目。传统无人机控制系统主要依靠于事先预设的程序及简单反馈机制，当其面对错综多变的外在环境时，常常会显现出环境适应性不足、自主决策能力受限等问题，难以精准契合现代任务对于高自主性和高可靠性的要求。而随着深度学习、强化学习及计算机视觉等智能技术的快速进阶，基于人工智能的无人机控制系统无疑成为提升无人平台自主能力的关键方向，智能无人机系统凭借优化控制策略并提高环境适应能力，亦能为无人系统的智能化转型提供关键技术支撑。

关键词：人工智能；无人机；智能化控制系统

Research on Intelligent Control System of Unmanned Aerial Vehicle Based on Artificial Intelligence

Liang Rubiao

AVIC Hengtuo Intelligent Technology Hebei Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 051430

Abstract : Artificial intelligence technology, with its booming development, is profoundly changing the control mode of unmanned systems. Given the unique effectiveness of drones in core fields such as military reconnaissance, logistics transportation, agricultural monitoring, and emergency rescue, their intelligent control systems have also attracted much attention. Traditional drone control systems mainly rely on pre-set programs and simple feedback mechanisms. When faced with complex and ever-changing external environments, they often exhibit problems such as insufficient environmental adaptability and limited autonomous decision-making ability, making it difficult to accurately meet the requirements of modern tasks for high autonomy and reliability. With the rapid advancement of intelligent technologies such as deep learning, reinforcement learning, and computer vision, unmanned aerial vehicle control systems based on artificial intelligence have undoubtedly become a key direction for enhancing the autonomous capabilities of unmanned platforms. Intelligent unmanned aerial vehicle systems, with optimized control strategies and improved environmental adaptability, can also provide key technical support for the intelligent transformation of unmanned systems.

Keywords : artificial intelligence; UAV; intelligent control system

引言

无人机技术现在正历经由自动化向智能化跃迁的关键阶段，随着人工智能技术的深度交融，无人机的应用范围亦在持续扩大，在军事对抗、智慧物流及环境监测等场景中占据着愈来愈关键的地位，而这也对无人机控制系统的实时性、自主性及适应性提出了更高、更严苛的要求。现阶段，人工智能技术取得的突破，为无人机控制系统的范式革新提供了最核心的动力，智能算法凭借把环境感知、动态决策及自适应控制等能力有序结合，能够让无人机拥有对环境的高理解能力及任务执行自主性，使其在复杂的场景中可以做出更精准的反应，亦能够更高效地调配资源。鉴于此，深入探索由人工智能所驱动的无人机控制系统的优化途径，对于打破传统控制方法局限、扩大无人平台的应用范围具有关键意义，亦能为智能无人系统的技术革新提供关键的理论和实践方面的参考。

一、人工智能在无人机智能化控制系统中的关键作用分析

(一) 提升环境感知与目标识别效能

传统无人机环境感知系统多依靠于单一类型传感器，如可见光摄像头或毫米波雷达，在较为复杂的气象条件之下，例如低能见度、强降雨、动态场景、移动障碍物密集区域，单一传感器的感知精度显著下降，极易造成目标漏检或者误判情况。而随着人工智能技术的引入，真正实现了多模态传感器数据的深度融合。譬如，可以借助光学图像、红外热成像、激光雷达点云数据的多点集成，构建多维度的环境表征体系，并基于深度学习的特征提取算法，例如卷积神经网络，自动识别传感器数据中的关键信息，从而切实提升目标检测与目标分类的精细度，以农业病虫害监测任务为例，采用人工智能算法的无人机对作物病斑的识别准确率往往能够达到92%以上，较之传统基于人工特征的检测方法，准确率提升约37%。除此之外，借助在线学习机制，系统可以持续优化感知模型的参数，这种自适应的感知能力也能够为无人机在复杂环境中能够可靠作业提供关键支撑^[1]。

(二) 增强自主决策与动态路径规划能力

传统路径规划算法需要依靠全局环境的先验信息，在动态障碍物经常出现的场景中，其适应性显然不足，而由人工智能所驱动的自主决策系统则能够凭借强化学习框架和环境来进行交互，继而循序渐进地优化决策策略，这一科学机制可以让无人机在未知环境中，实时评估障碍物的分布情况、风场扰动等一系列的动态因素，并且能够动态地对飞行轨迹做出调整。基于模型预测控制的局部路径规划模块可以每秒执行多次滚动优化，在把无人机动力学约束纳入其中的前提下，生成符合任务优先级的最优路径，而在模拟城市楼宇环境中，采用人工智能决策的无人机成功避开障碍物的比率达到了较高数值，路径规划的效率和传统方法相比提升了大概2.3倍，对于多目标任务场景如同物流配送中需要平衡时效性和能耗一般，这种自适应决策能力明显拓展了无人机在复杂任务场景中的应用范围。

(三) 优化多无人机协同控制效能

多无人机系统在军事侦察、大面积农业作业等场景中发挥着关键效应，但传统集中式控制架构中存在的单点故障风险高，扩展性差，人工智能支持的分布式协同控制技术把一致性算法和市场机制调度策略融合起来，实现集群系统的自组织协同，在这一框架之下，每一架无人机都能够根据局部观测信息，如相邻单元、相对位置、速度、矢量，从而进行独立决策，继而再借助邻域通信来实现全局信息的交互。而实验研究显示，在包含12架无人机的农业植保集群里面，采用人工智能协同算法的系统能够把作业覆盖率提高到99.2%，还可以把单位面积农药消耗量降低12%。而更值得关注的是，集群系统借助分布式共识协议，例如拜占庭容错算法，来维持队形的稳定性，就算在部分节点通信中断的极端情况之下，依然能够保持基本的协同功能，可靠性指标跟传统方案比起来提升了近42%，而技术上的突破为大规模无人机集群的工程化应用奠定了理论和实践方面的基础。

二、基于人工智能的无人机智能化控制系统优化原则分析

(一) 环境适应性优先原则

环境适应性优先原则旨在强调，无人机智能化控制系统需要具备在多样化、动态化环境场景中的稳定运行能力，这一核心能力亦是保障无人机任务执行可靠性的基础所系，传统控制系统常常会因外部环境变化而变化，例如遇障碍物、气象条件骤变等多元情况，从而导致控制失效。然而人工智能技术的引入让系统能够凭借多维度的感知以及动态地学习，来实现对环境的自适应。环境适应性优先原则要求控制系统需要率先构建多源信息融合机制，将视觉、红外、激光雷达等传感器数据综合盘活，实时构建高精度的环境模型，从而确保能够对复杂场景进行全面且实时的感知，而该原则的核心之处也在于其能够将环境的动态性转化为主动适应能力，并借助强化学习等智能算法，使得无人机能够在和环境交互过程中自主总结规律，而非是一成不变的仅仅依靠预设的规则^[2]。

(二) 任务导向性适配原则

任务导向性适配原则强调无人机智能化控制系统的功能配置、算法设计需要紧密围绕具体的任务需求开展，要避免脱离实际应用场景的通用化设计，不同的任务场景，如物流运输、农业植保、灾害救援等场景，对无人机的控制精度、响应速度及功能侧重亦有所迥异，例如物流配送，其需要优先保障路径的时效性及货物安全；而农业作业则要强化区域覆盖的均匀性及药剂喷洒的精准度；应急救援则更强调快速响应及关键目标识别的发展能力。同时，任务导向性适配原则在系统的动态调整能力层面亦有所体现，同一架无人机在不同任务阶段可能会面临需求变化，控制系统需要借助实时的任务状态评估来自动切换优化目标，其本质其实是凭借需求和功能的精准映射，能够把人工智能技术的通用能力转变成针对具体场景的专用优势，继而成为提升系统实用价值的关键原则。

(三) 协同安全性保障原则

协同安全性保障原则是针对多无人机协作、人机协同等场景的基本准则，其重点要求控制系统在对整体效率进行优化时，必须始终将安全性作为核心底线，尤其是在物流编队运输、大面积农业喷洒、人机协同任务多无人机集群作业的实践中。具体而言，例如，在无人机辅助电力检修这类任务中，个体之间容易出现通信延迟、决策冲突或操作失误等情况，就极易导致碰撞、任务中断、安全事故。安全性保障需要在系统设计的整个流程中均有所渗透，对于人机协同的复杂多元场景而言，这一原则提出控制系统设计要符合人类操作习惯及认知逻辑，以无人机为例，其需要能够准确理解操作员给出的模糊指令，要凭借自然语言处理技术把关键信息提取出来，并且将其转化为控制参数，系统应该向操作员实时反馈无人机的状态感知结果，如做出提示“前方5米有障碍物，建议右转”，从而借助这一科学方式确保人机决策的相互补充性^[3]。

三、基于人工智能的无人机智能化控制系统优化路径分析

(一) 多源感知融合与智能环境建模策略

多源感知融合和智能环境建模对于无人机的智能化控制而言可谓是基础支撑，其核心践行要点在于，依托于对多元传感器数据的系统整合，且构建动态的环境模型，从而解决单一传感器在复杂场景里感知能力不够的制约问题。具体而言，一方面，需要部署多类型的传感器阵列，例如可见光摄像头、红外热成像仪、激光测距仪等，旨在能够覆盖不同波段及不同环境条件下的感知需求。同时，依托于人工智能算法来实现多源数据的深度融合，可以采用深度学习中的特征提取与关联匹配技术，把不同传感器采集到的异构数据转化为统一环境表征，从而消除信息冗余且突出关键特征，例如，在农业监测时，可以将光学图像中作物的颜色纹理和红外传感器检测到的温度差异结合起来，精准定位出病虫害区域。另一方面，还需要构建动态更新的环境模型，借助“多源感知——融合分析——动态建模”闭环机制，提升无人机在复杂环境中的感知可靠性，为智能决策构建坚实基础。

(二) 自适应决策与动态路径规划优化策略

自适应决策及动态路径规划是无人机应对复杂任务场景的关键能力，其优化目标是使得无人机在未知或者动态变化的环境里，能够自主调整策略，从而保证任务得以高效执行，保障飞行安全，这一策略的践行主要是依靠强化学习技术，借助无人机和环境的不断交互，来学习最优的决策模式，如在城市低空飞行的场景中，系统可以借助多次模拟飞行来积累经验，逐渐掌握“避开人群密集区域”“优先选择开阔通道”这类隐性规则，进而形成适合特定环境的决策逻辑。而当碰到未能预见的障碍物时，无人机能够根据之前学习的结果，快速地生成避障动作，而不是依靠固定程序进行机械反应。具体而言，动态路径规划需要结合实时的环境信息来进行滚动优化，并凭借模型预测控制算法，无人机每秒会多次评估当前位置和目标点之间路径的可行性，全面考虑障碍物分布、风场扰动、任务时效性等因素，动态地调整飞行轨

迹，最终借助“感知——决策——优化——风控”的闭环设计，使得无人机能够在动态环境中灵活地应对各种挑战。

(三) 人机协同与智能交互增强策略

人机协同和智能交互提高属于无人机智能化控制方面的关键延伸方向，这一方向的核心内容为借助对人机交互流程以及决策互补机制的持续优化，使得操作员所拥有的经验优势以及无人机有的智能处理能力都能够充分迸发。具体而言，这一策略首先会将注意力集中在自然交互接口的设计上，从而降低操作员在操控方面的负担，并积极借助语音识别、手势控制以提高现实界面，操作员能够直观地下达指令，系统则可以利用自然语言处理以及意图识别技术，把模糊的指令转化成精准控制参数。以电力线路巡检这一情况来说，操作员只要指出疑似故障所在的大致区域，无人机就可以自动调用高清摄像头和红外传感器，对该区域进行重点扫描并且反馈关键信息，这样就能减少人工反复去调整视角的操作。除此之外，这个策略还需要建立起信任机制以及明确责任边界，人机协同与智能交互提高策略借助把技术和人文进行深度融合，让无人机的应用场景得到拓展，也让任务深度有所变多，这是智能化控制系统能够贴近实际需求的一个关键的优化方向。

四、结语

对基于人工智能的无人机智能化控制系统进行优化，大大提高无人机在复杂环境里对环境的感知精度，亦提升了任务执行的可靠性和群体协作的效能，人工智能技术为打破传统控制系统的局限提供了关键途径，让无人机能够更加精准地适应动态场景，更有效率地完成各种各样的任务，更安全地开展集群作业。随着算法的不断迭代和硬件的持续升级，未来无人机智能化控制系统会朝着更高的自主性、更强的泛化性以及更深层次的人机协同方向发展，在农业、物流、救援等领域发挥出巨大的应用潜力，并为智能无人系统在工程落地以及产业升级提供坚实的辅助。

参考文献

- [1] 赵铁雷,李志贵,张保臣,李旭升.基于人工智能与无人机技术的输电线路巡检系统应用研究[J].电力系统装备,2025(4):152-154.
- [2] 牟海鹏,李志燕,马善磊.基于人工智能的采煤机智能化优化控制系统研究[J].内蒙古煤炭经济,2025(5):34-36.
- [3] 罗锦彬.基于人工智能算法的无人机自动控制研究[J].蚌埠学院学报,2022,11(5):29-33.