

人工智能技术在民用航空安全与运维中的创新应用研究

田成 郑华华

青岛航空科技职业学院

DOI:10.12238/acair.v3i3.15564

[摘要] 随着民用航空业的迅猛发展,安全保障与运维效率已成为行业核心关切。近年来,人工智能(AI)技术以其强大的数据处理能力、预测模型和自动化决策优势,逐渐渗透到航空领域的多个环节,为解决传统挑战提供了崭新视角。本研究深入探讨了AI技术在民用航空安全与运维中的创新应用,分析了其在飞行风险预测、空中交通管理、预测性维护以及机场资源调度等场景中的具体实践与成效。通过对真实案例和相关文献的梳理,本文揭示了AI技术如何显著提升航空安全水平并优化运维成本。

[关键词] 人工智能; 民用航空; 安全保障; 航空运维

中图分类号: TP18 文献标识码: A

Research on innovative application of artificial intelligence technology in civil aviation safety and operation and maintenance

Cheng Tian Huahua Zheng

Qingdao Institute of Aeronautical Science and Technology

[Abstract] With the rapid development of the civil aviation industry, safety assurance and operation and maintenance efficiency have become the core concerns of the industry. In recent years, artificial intelligence (AI) technology has gradually penetrated into many aspects of the aviation field with its powerful data processing capabilities, predictive models and automated decision-making advantages, providing a new perspective for solving traditional challenges. This study deeply discusses the innovative application of AI technology in civil aviation safety and operation and maintenance, and analyzes its specific practice and effectiveness in flight risk prediction, air traffic management, predictive maintenance, and airport resource scheduling. Through a review of real-life cases and related literature, this paper reveals how AI technology can significantly improve aviation safety and optimize O&M costs.

[Key words] artificial intelligence; Civil aviation; safety and security; Aviation operations and maintenance

民用航空作为现代社会不可或缺的交通方式,其安全性和运营效率直接关乎全球经济与公众福祉。根据国际航空运输协会的最新统计,2024年全球航空客运总需求同比2023年增长10.4%,全年载客率83.5%,创新高。然而,与此同时,安全事故的潜在风险和运维成本的高企依然是行业面临的严峻挑战。无论是自动化系统失灵导致的事故,还是机场资源调度不当引发的延误问题,都在提醒我们:传统方法在应对复杂、多变的航空环境时已显露出局限性。在技术进步的浪潮中如何找到突破口,确保飞行安全并优化运营效率,这一问题无疑值得深思。

近年来,人工智能(AI)技术的迅猛发展为航空行业注入了新的活力。从机器学习到深度学习,从计算机视觉到自然语言处理,AI展现出强大的数据分析与决策支持能力,恰好契合了航空领域对高精度预测和实时响应的需求。试想,若能通过AI算法对飞行数据进行实时监控,提前识别潜在风险;或者利用预测模型

优化飞机维护计划,降低故障率与停机时间,这样的技术革新无疑将重塑行业格局^[1]。事实上,波音、空客等航空巨头已开始在飞行安全和运维管理中引入AI工具,初步成效令人瞩目。但与此同时,技术应用中的伦理困境、数据隐私问题以及算法误判风险也逐渐浮出水面。这些挑战迫使我们不仅要关注AI的潜力,更需审慎评估其适用边界。

1 人工智能技术基础与航空领域适配性分析

1.1 人工智能核心技术及分支领域

人工智能(AI)是一门跨学科技术,近年来在多个行业都显示出颠覆性的潜力,其核心是用算法和计算模型来模拟人类智能行为,以达成数据分析、模式识别、决策支持等目的。例如机器学习、深度学习、计算机视觉、自然语言处理都是它的分支,其中机器学习靠训练数据集构建预测模型,能够从海量数据里提取规律。深度学习则依靠神经网络结构,在图像识别和复杂模

式挖掘方面表现出众。虽然这些技术源于计算机科学,但其强调数据驱动决策这一点与民用航空这个极度依赖数据分析的领域产生了深刻共鸣^[1]。

1.2 航空领域的特征与AI应用潜力

航空行业的数据具有高维度、复杂性的显著特点,每天都会产生大量结构化和非结构化数据,如飞行数据记录仪生成的实时参数、气象系统提供的动态环境信息以及机场运营中的旅客流量、行李调度数据等。传统数据处理方法常常无法应对如此大规模且复杂的状况,而AI的介入正好弥补了这个空白,例如机器学习算法能够利用历史飞行数据训练模型,以预测特定航线潜在风险因素,计算机视觉技术能在机场安检中用于异常行为检测,从而大大提高效率^[2]。更重要的是AI在自动化决策方面的强大能力,如通过强化学习优化空中交通管制路径,给航空安全和运维带来了前所未有的可能。

2 人工智能技术在航空安全中的创新应用

民用航空安全作为行业发展命脉,因任何细小失误都可能引发灾难性结果,而AI被引入后给航空安全带来全新解决方案,在飞行风险预测、空中交通管理和无人机监控等多方面重塑安全保障体系,这一部分将深入探究AI于航空安全的具体运用。

2.1 AI赋能飞行风险预测:从数据挖掘到动态预警

AI在飞行风险预测里的应用已显现显著价值,现代飞机装有飞行数据记录仪与快速存取记录仪,可实时采集速度、高度、发动机状态等数百个参数。传统上靠人工或者简单统计方法,分析这些数据难以全面挖掘潜在风险,而基于机器学习的AI模型能利用历史数据训练、识别异常模式以及预测事故概率。例如,中国南方航空公司近年其飞行数据监控项目采用机器学习算法,深度分析飞行数据,从而成功识别出特定航线上的潜在湍流风险和飞行操作异常,这既给飞行员提供提前预警,又为飞行训练和航线优化提供数据支撑,并且这个预测模型还能持续学习,在数据不断积累时精度不断提高且具有动态适应能力。

2.2 智能空管革命:AI优化空中交通决策体系

AI在空中交通管理中的作用不可小看,国内航空运输量不断增长使空中交通越来越拥堵,冲突风险也日渐增大。传统空中交通管制靠人工决策,管制员经验与工作负荷限制了效率和准确性。而AI技术,尤其是强化学习算法,能模拟复杂交通场景以优化飞行路径和间隔管理,从而大大提高管制效率^[3]。例如,中国民用航空局空管局就在部分繁忙空域的试点项目里,引入AI辅助决策系统,该系统用深度学习模型分析实时雷达数据和飞行计划,自动生成冲突规避建议,测试的时候这个系统让潜在冲突事件大幅减少,既减轻了管制员负担又保障了飞行安全。

总体来讲,人工智能技术在飞行风险预测、空中交通管理以及无人机监控等航空安全领域应用创新价值已然突显,海量数据经深度挖掘与实时分析后,安全预警的精确性得以提升,资源配置效率也能得到优化。

3 人工智能技术在航空运维中的创新应用

民用航空运维这一重要环节对飞行安全和运营效率的保障

意义重大,也是行业成本的主要构成部分。国际航空运输协会估算全球航空业每年运维支出超800亿美元,并且随着机队规模扩大这个数字还在不断增长。而AI技术被引入后给航空运维带来革命性的变革,在预测性维护、供应链优化以及机场运营管理方面,传统流程正被AI以数据驱动的形式重塑。

3.1 AI驱动的预测性维护:从被动检修到智能预警

航空运维领域的一大亮点是AI在预测性维护中的应用,传统维护方式大多依照固定周期或者在出现故障后再去维修,这不但成本很高,而且可能出现过度维护造成资源浪费的情况,也可能由于检修不及时带来安全隐患。而机器学习算法这样的AI技术能分析飞机传感器实时采集的数据,如发动机温度、振动频率等数据以预测部件是否有潜在故障,从而提前安排维修^[4]。例如,罗尔斯-罗伊斯公司使用的基于时间序列分析的AI模型的“发动机健康监测”系统,可实时监控全球好几千台航空发动机的运行状况,有报道称这个系统使非计划停机时间大概减少了四成,每年帮航空公司节省了几亿美元的维护成本,并且这种预测性维护还能把维修工作安排在航班间隙,不影响正常运营从而大大提高效率。

3.2 智慧供应链革命:AI重塑航空备件管理生态

供应链优化方面,AI的潜力也逐渐显现。航空运维备件管理与物流调度相当复杂,传统方法大多靠人工经验,面对突发需求或者库存积压时,往往力不从心,而AI构建起预测模型和优化算法之后,就能依据历史数据与实时需求动态调整备件库存和配送计划。例如,空客公司“智慧天空”数字平台整合了AI驱动的需求预测工具,分析全球机队部件使用趋势,给航空公司和供应商提供精确库存建议,从而降低库存持有成本,缩短备件交付时间,运维效率提升明显^[5]。

总体而言,人工智能技术在航空运维领域,如预测性维护、供应链优化和机场运营管理中的应用已彰显出巨大潜能,通过精准分析海量数据并动态优化来大幅降低成本,显著提升效率,传统运维模式被AI注入了智能化元素。

4 挑战与未来方向

民用航空安全与运维中人工智能技术的应用虽已有显著成效展现,但落地过程并不顺利,因为从技术局限、伦理困境到行业规范缺失,AI广泛应用面临着众多挑战。这不单是技术方面的问题,还与航空行业复杂的生态以及安全需求的高度敏感性有关,这一部分将系统分析AI应用中的共同挑战并联系具体情况探究影响进而指出未来发展走向,希望能给学术研究和行业实践带来启发。

4.1 AI算法透明性对航空安全的挑战

在航空领域的应用里,AI技术的算法透明性问题是个体障碍,航空安全和运维决策往往需有高度可解释性,才能让飞行员、管制员或者维护人员理解并信任AI系统的建议,而当下不少深度学习模型决策过程难追溯,内部逻辑对人来说几乎是未知的。例如,2018年某自动化飞行辅助系统由于算法误判,发出错误指令致使飞行员做了没必要规避的动作,差点酿成事故。这一

事件就突显出没有透明性的严重后果,在高风险环境下要是无法理解AI的决策依据,操作人员可能会失去信任甚至拒绝用系统。这个问题急需解决,但是技术要突破并不容易,还需平衡模型复杂性和解释性之间的矛盾^[6]。

4.2 质量缺陷与隐私风险制约AI航空应用

数据质量和隐私保护问题也不容小觑,AI模型的性能很大程度上取决于训练数据是否完整且具有代表性。航空领域数据采集常需多方合作,数据格式不统一、数据缺失等情况屡见不鲜,例如跨国航线的气象数据就可能因采集标准不一样而难以整合,从而直接影响预测模型的准确性。并且航空数据,例如飞行记录、旅客信息等,还特别敏感,在AI系统训练或者共享时一旦泄露,或许就会引发法律和伦理危机。

4.3 AI航空决策的伦理与法律困境

在航空领域AI的应用面临不少挑战,其中伦理责任归属就是一大难题,当AI系统参与关键决策且出现失误时,责任的判定成为一大难题,由算法开发者、系统运营商,还是最终决策的人类操作员。这一问题在航空安全方面特别尖锐,一旦出错很可能就会有生命损失。例如,AI预测性维护系统未识别发动机故障从而引发事故,这种情况下责任划分会牵涉到多方博弈。而且现在业内没有明确的法律框架和伦理规范来解决这个困境,这肯定限制了AI技术的信任度和推广速度,需要思考的是技术应用常常比规范制定快,所以怎样在创新和监管之间达成平衡,这是行业急需共同探究的问题。

4.4 技术-协作-政策三维推进AI在航空领域可持续发展

面对上述挑战,可从技术、协作、政策这三个层面思考未来发展方向。技术层面而言,开发更具解释性的AI模型迫在眉睫,如基于注意力机制的神经网络或者SHAP值分析这种可解释性框架,能给决策提供更明晰的逻辑路径以强化人类对系统的信任。政策层面,要加速制定AI责任归属和伦理准则,以确定技术出错时的法律界限,并且通过人机协作框架,保证人类在关键决策里一直占主导地位。

总体而言,民用航空安全与运维方面AI的应用潜力虽然很

大,但在技术落地时算法透明性、数据隐私和伦理责任等方面的挑战依然是无法绕过的阻碍,并且这些挑战不但需要技术上的突破,更要靠行业协作与政策支持来共同应对。未来,需要人机协作、技术创新和监管完善这三重保障都具备,才能让AI真正成为航空行业的可靠助力。

5 结论

本研究系统地探寻人工智能技术于民用航空安全与运维中的创新运用,展现出其在提高行业效率、确保安全方面有着深远的潜力。在飞行风险预测、空中交通管理、预测性维护、机场资源调度等方面,AI依靠数据驱动的分析 and 决策支持,给传统航空挑战带来全新解决方案,这些成果足以表明AI在减少事故率、优化运营成本上效果显著,这既推动了航空行业的数字化转型,也给全球交通体系的可持续发展增添了活力。

[参考文献]

[1]何宁.国外人工智能技术发展及在民用航空领域的应用[A]2024中国航空工业技术装备工程协会年会论文集[C].国防科技工业自动化测试创新中心、中国航空工业技术装备工程协会、航空工业测控技术发展中心、中国航空学会测试技术分会,《测控技术》杂志社,2024:4.

[2]黎美艳.人工智能技术驱动航空货运变革的创新应用与挑战[J].中国航务周刊,2025,(17):63-65.

[3]伍婷婷.人工智能技术在空中交通管理中的应用分析[J].运输经理世界,2024,(19):86-88.

[4]杜泽府.人工智能技术在航空维修领域的运用[J].空运商务,2023,(06):61-64.

[5]张学涛,马腾达,石旭东.面向飞机运维的测试与计量数字化构想[J].计测技术,2024,44(03):118-124.

[6]陈农田,张玉城,陈凯.面向通用航空安全运行的辅助决策系统[J].中国科技信息,2025,(06):38-41.

作者简介:

田成(1999--),男,汉族,山东省临沂市人,本科,研究方向:人工智能。