

## Technical Review

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2025.33.2.147>  
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

## Applications and Challenges of Artificial Intelligence in Smart Operations in Commercial Aviation

Yinnan Li

### ABSTRACT

Driven by the global economic recovery and technological revolution, the aviation industry is undergoing profound structural changes. With the rapid development of information technology, big data, the Internet of Things and other technologies, artificial intelligence (AI) is gradually penetrating into all aspects of aviation operations, driving the aviation industry's transformation to "smart aviation". Technological changes are reshaping the industry ecosystem at an unprecedented speed, and the rapid development of the commercial aerospace field is driving the reconstruction of the value of the industrial chain. This trend of technological integration is giving rise to innovative application scenarios such as virtual assistants and smart avionics. Smart aviation has gradually become an important development direction for the global aviation industry. This article systematically discusses the main application areas of artificial intelligence in aviation operations, as well as typical application scenarios and practical effects of artificial intelligence from the aspects of intelligent flight scheduling, flight path optimization, intelligent aircraft maintenance, air traffic management, airport services and aviation safety. At the same time, it analyzes the key challenges faced by artificial intelligence in the promotion of aviation operations, such as data integration, algorithm credibility, regulatory compliance, and network security. At the same time, this paper analyzes the key challenges faced by the promotion of artificial intelligence in aviation operations, such as data integration, algorithm credibility, regulatory compliance, and network security. Finally, it proposes countermeasures and suggestions for building an open and collaborative smart aviation ecosystem to promote the high-quality and intelligent development of the aviation industry. Through the analysis of existing application cases and the outlook for future trends, this paper aims to provide strategic references for aviation managers and technology developers to achieve a more efficient, safer, and more sustainable aviation operation system.

**Key Words** : Artificial Intelligence(인공지능), Smart Aviation(스마트항공), Aviation Operation(항공운영), Aviation Safety(항공안전), Smart Maintenance(스마트 유지보수), Air Traffic Management(항공교통관제)

### 1.引言

近年来,全球航空业已全面摆脱疫情影响,呈现强劲

复苏态势。主要呈现为客运量创历史新高,对比疫情前水平客运量持续增长,其中以亚太地区为核心增长极。对比客运航空市场,货运航空市场需求旺盛,呈现结构性繁荣。随着航空运输业的快速增长,航空运行面临日益复杂的挑战:航班量增加导致的空域拥堵、航班延误,运行效率与安全性的双重压力,以及环保法规对碳排放的严格限制。为了应对这些问题,各国航空管理机构 and 航空公司纷纷引入人工智能技术,以推动智慧航空的

Received: 29. May. 2025, Revised: 04. Jun. 2025,

Accepted: 10. Jun. 2025

광운대학교 경영대학 경영학부 부교수

연락처 E-mail : ynl@kw.ac.kr

연락처 주소 : 서울시 노원구 광운로1길 60 누리관 534호

发展。全球航空运输系统正经历深刻变革，全球航空市场呈现区域格局分化，各种以地区为代表性的航司竞争策略相异体现。其中，亚太地区成为增长核心引擎，主导地位强化。欧美市场则呈现差异化复苏，北美市场依托Intel、IBM等科技巨头主导航空人工智能硬件领域，占据行业前三大企业主要份额。中东地区体现枢纽优势，迪拜、多哈等枢纽覆盖全球大部分人口的长航线网络，高端服务溢价支撑盈利能力。随着旅客需求增长、飞行密度上升、碳中和政策推进，传统依赖人工管理和经验判断的航空运行模式正面临效率瓶颈与安全隐忧。为了突破发展限制，航空业开始加快数字化转型，特别是人工智能(artificial intelligence, AI)的引入，为提升航空运行的智能化水平提供了强大助力。智慧航空(smart aviation)是指综合运用AI、大数据、云计算、物联网等新一代先进的信息技术，对航空运行进行智能化管理与优化，实现对航空系统的全面感知、智能分析、科学决策与协同控制。智慧航空的核心在于“数据驱动、智能决策、协同高效”，它不仅涵盖航班运行的优化调度，还涉及设备智能维护、机场自动化管理、飞行风险预警等多个方面。本文将围绕智慧航空的关键应用展开探讨，旨在系统梳理人工智能在智慧航空运行中的实际应用，并分析当前存在的制约因素，以期为航空政策制定者、运营商及技术开发者提供参考依据，提出未来的发展建议。

## II. 人工智能在航空运行中的典型应用场景

首先，人工智能在航空运行中的典型应用场景主要体现在智能航班调度与飞行路径优化方面。数字化与智能化推动航空产业的可持续转型，以人工智能为代表的應用已深入航空各环节，航空智能维护系统可降低运维成本。AI预测系统优化航班调度，生物识别技术普及使旅客通行效率提升，全球大部分机场实现“无接触通关”。数字化转型推动产业链升级，微软、亚马逊提供的云端解决方案正重构航空运营模式。传统航班调度依赖人工规则和历史经验，面对突发情况响应速度较慢。AI通过对历史数据、实时天气、空域拥堵状况等信息进行分析，结合机器学习算法，利用强化学习和最优路径算法，辅助航空公司制定动态航班计划调整和空中路径优化方案。例如，美国FAA引入的“空域流量管理系统”便利用AI技术优化航路分配，显著提高了空域利用率。欧洲SESAR项目中的“空中交通流管理系统”就已采用AI预测航

路拥堵情况，提前调整航班时刻，减少延误。

其次，人工智能被广泛运用于智能飞行器维修与预测性维护方面。传统维修以定期检查为主，存在效率低、资源浪费的问题。通过安装在飞机上的传感器系统，实时采集发动机、机体、飞控系统等关键部件的数据，AI结合传感器数据与历史故障模型对这些数据进行分析，预测潜在故障，从而实现“预测性维护”(predictive maintenance)。这不仅减少了非计划维修的发生，也降低了航班延误率和维护成本。例如，波音与GE合作开发的智能维护平台，已在多个航司中应用，效果显著：波音开发的“飞机健康管理系统”能够实时监控发动机、液压系统等关键组件状态，提前预测故障风险，显著提高航材利用效率和水平。

再次，航空安全与风险管理也需要在业界被引起广泛重视。人工智能在空管领域主要用于冲突探测与规避、航路规划与动态重构。通过对历史事故数据、飞行员行为记录、环境信息等数据的学习，AI可以识别潜在的飞行安全风险。通过AI算法对飞行员语音、行为数据、舱内视频等信息进行分析，可判断疲劳驾驶、非标准操作等行为。例如，美联航引入的“飞行行为监测系统”可识别飞行员情绪波动并自动记录异常状态，及时通知地面监控中心。中国民航正在试点基于深度学习的“AI空管助手”，可对雷达图像进行智能识别，预测航班冲突风险并提出调整建议，从而提高空域使用效率。此外，通过“语音识别系统”监测飞行舱内语音交流，判断飞行员是否处于疲劳或高压状态，提前预警异常行为。

最后，就商业航空以及民用航空的广泛市场前景来看，机场运营与乘客服务优化尤为重要。人工智能技术广泛应用于机场安检流程优化、乘客流量预测、自动登机系统、行李跟踪、人脸识别安检、智能导航等服务环节，提升了旅客体验并减轻了工作人员负担。例如，韩国仁川国际机场便引入了智能安检系统，部署了“智慧通关系统”，可实现无纸化值机与安检，减少了排队时间，提高了通关效率，大幅提升旅客满意度和通行效率。此外，低碳技术的加速应用也体现在航空领域的各个方面，商业航天异军突起，太空旅游等新业态加速孕育。

## III. 人工智能在航空运行中面临的挑战

人工智能在航空运行中的应用日益广泛，覆盖了航班调度、空中交通管理、智能维修、乘客服务、航空安全监测等多个环节。然而，AI模型的性能往往依赖于特定

场景的数据分布。在航空运行这种高度动态、异常频发的系统中，AI模型很可能在面对极端天气、突发事件、非标准操作时失效。换句话说，当前AI系统缺乏“适应未知”的能力。由于航空系统对安全性、实时性与可控性的极高要求，尽管人工智能为航空运行带来了诸多机遇，但其推广应用仍面临诸多挑战。

首先体现在技术层面，比较突出的就是数据孤岛与信息安全问题。航空系统的数据来源广泛，涉及航空公司、机场、空管局、维修单位、气象中心等多个主体，由于数据格式不统一、系统标准各异，各部门之间难以高效整合与共享数据。这不仅影响人工智能模型训练的完整性，也限制了系统协同优化的能力。由于航空数据多由各主体分散管理，数据整合难度大。航空业信息高度分散，不同主体（比如航空公司、机场、空管局等）之间缺乏统一标准和接口，导致数据共享困难。此外，航空系统一旦实现高度网络化，面临的网络攻击风险亦大幅上升，亟需建立强健的网络安全防护机制。同时，大多数AI模型存在“黑箱”问题，即其推理过程难以解释，这导致关键决策缺乏可解释性，难以获得监管机构及飞行员信任，在关键任务场景（比如飞行决策、紧急处置）中，缺乏对AI推理过程的理解可能带来风险。诸如航空等高安全行业，所有系统必须具备高度的可预测性和可追溯性，缺乏可解释性的AI算法难以获得飞行员、监管机构和乘客的信任。航空系统的智能化增加了被攻击的潜在风险，必须加强信息安全防护。由于智慧航空系统日益依赖云平台、物联网和远程控制系统，网络攻击面不断扩大，网络安全与系统脆弱性问题的凸显。一旦AI系统遭到黑客入侵，可能导致航班调度混乱、导航系统失灵，甚至影响飞行安全。因此，航空AI系统必须具备极高的网络安全防护等级。

其次体现在法律层面，法规滞后与责任认定模糊等伦理问题日趋显现。当前国际航空规章多围绕“人为控制”设计，尚未形成系统性的AI适航标准。现有航空法规多针对人工决策场景设立，尚未完全覆盖AI参与航空运行的标准。例如，AI判断飞行异常是否可替代人类飞行员？数据采集是否侵犯乘客隐私？AI是否可以独立进行飞行指令决策？若AI判断错误造成事故，法律责任应归属于谁？这些问题仍处于政策空白期，限制了AI的深入应用。在技术快速发展的背景下亟待法律层面的各项定义明确。此外，数据隐私与伦理争议不断，AI系统需要大量数据进行训练和决策，包括飞行数据、旅客信息、行为轨迹等，这引发了对隐私泄露的担忧。例如，面部识别系统

是否侵犯乘客权利？飞行员行为分析是否触及职业隐私？这些都需在法律合规以及道德伦理层面予以解决。

再次体现在专业层面，航空系统强调“人机共驾”。但在实践中，AI与飞行员、调度员之间的协同关系尚未理顺，可能导致操作混乱。例如，当AI建议与飞行员经验判断不一致时，谁来做最终决策？如何切换控制权？这些均需明确规范与机制设计，也就是说存在在人机协同机制尚不成熟的问题。

人工智能计算方法需要大量高质量的、有标签的数据进行训练，而航空运行相关的数据常因涉密、安全或成本问题难以获取或公开。此外，飞行事故或极端场景的数据天然稀缺，这限制了AI对关键风险场景的学习能力，可能会导致高质量训练数据缺乏。航空AI人才培养体系尚不完善，智慧航空发展需要既懂航空运行又熟悉AI技术的复合型人才。但目前全球相关教育体系尚未成熟，航空工程、计算机科学与管理科学之间存在学科壁垒，人才供给远远不能满足产业需求，特别是复合型人才的短期亟待解决。

最后，人工智能环境下的供应链韧性有待提升，全球航空业需要建立多元化供应商合作体系，通过库存管理系统应对关键零部件的短缺问题。

#### IV. 发展建议与展望

未来，随着人工智能系统的不断进化与算力提升，人工智能将被更加广泛运用于航班自动控制、无人机交通管理、空地协同等各种各样的广泛领域。同时，智慧航空将成为提升全球航空系统效率与安全性的关键引擎。全球航空市场呈现“需求复苏分化、技术驱动转型”的双轨特征，亚太地区与技术突破是核心增长引擎，而供应链韧性及环保合规能力将决定企业竞争力。为了推动智慧航空的健康发展，以下几点建议值得被提出并充分引起业界重视与考量：第一，建立统一的数据共享平台，实现各方数据的互联互通；第二，统一数据标准与接口协议，构建行业级数据共享平台；第三，推进“可解释人工智能”研究，提升系统透明度与可靠性；第四，制定AI航空运行应用的伦理与法规框架；第五，加强航空网络安全标准体系建设，保障运行安全；第六，鼓励高校与企业合作开设“智慧航空”复合型课程，培养技术+业务双能型人才；第七，构建“政府-企业-科研”三方协同的智慧航空生态体系，推动核心技术自主化发展。

综上所述，人工智能正在重塑航空运行的逻辑，通过

智能感知与决策优化, 航空系统将更具效率与弹性。智慧航空作为融合高科技与传统航空运行的新兴方向, 正引领着行业迈向智能化、数字化、绿色化的发展阶段。然而, AI的应用也伴随着技术、制度与伦理的多重挑战。未来的发展关键在于建立一个可持续、安全、开放的智慧航空运行框架, 实现科技赋能下的飞行自由与安全共赢。人工智能的应用前景广阔, 但也需我们正视风险、夯实基础、协同发展, 只有如此, 才能构建更高效、更安全、更可持续的未来航空运行体系。

## References

1. Amato, F., Mazzeo, A., Moscato, V., & Pica-riello, A., "Deep learning for intelligent air traffic control: A review". *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(3), pp.1206-1224.
2. Chien, S. Y., Liu, Y. Y., & Su, C. Y., "Artificial intelligence applications in aviation maintenance: Opportunities and challenges" *Journal of Air Transport Management*, 103, 2022, p.102223.
3. European Union Aviation Safety Agency, "Artificial intelligence roadmap: A human- centric approach to AI in aviation", 2021, Available from: <https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/press-releases>
4. ICAO. "Artificial intelligence in aviation - opportunities and challenges", International Civil Aviation Organization, 2023, Available from: <https://www.icao.int>
5. Lee, D., & Park, J., "AI-based predictive maintenance framework for smart aircraft. *Aerospace Science and Technology*", 115, 2021, p.106842.
6. Wang, K., Liu, H., & Zhang, Y., "Cyber- security risks of AI-based air traffic systems: A survey", *Safety Science*, 128, 2020, p.104755.
7. Seo, O. M., Kim, K. W. & Jeon, J. D., "Passengers' Perception and Their Acceptance of Technology-Based Self Service at Check-In Counter in Airport after COVID-19 Pandemic - Including Mediating Effect of Innovation -", *Journal of Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 29(2), 2021, pp.25-35.