

民航维修中人工智能技术的应用与挑战

王欢欢 巩彦旭

深圳航空有限责任公司, 中国·广东 深圳 518128

摘要: 随着民航业的高速发展, 航空器维修的安全性、高效性与经济性要求日益提升。人工智能技术凭借其强大的数据处理、模式识别与自主决策能力, 为民航维修领域带来了革命性变革。本文阐述了民航维修的发展现状, 深入分析人工智能技术在故障诊断、预测性维修、智能巡检、维修决策优化等方面的具体应用, 探讨了当前人工智能在民航维修应用中面临的挑战, 并提出针对性的应对策略, 旨在为人工智能技术在民航维修领域的深度应用提供参考。

关键词: 民航维修; 人工智能; 预测性维修; 故障诊断; 挑战与对策

Application and Challenges of Artificial Intelligence Technology in Civil Aviation Maintenance

Wang Huanhuan, Gong Yanxu

Shenzhen Airlines Co., Ltd., China Guangdong Shenzhen 518128

Abstract: With the rapid development of the civil aviation industry, the requirements for safety, efficiency, and cost-effectiveness in aircraft maintenance have increasingly intensified. Artificial intelligence (AI) technology, with its powerful data processing, pattern recognition, and autonomous decision-making capabilities, has brought revolutionary changes to the field of civil aviation maintenance. This paper outlines the current development status of civil aviation maintenance, conducts an in-depth analysis of the specific applications of AI technology in fault diagnosis, predictive maintenance, intelligent inspection, and maintenance decision optimization, explores the challenges currently faced by AI in civil aviation maintenance applications, and proposes targeted countermeasures. The aim is to provide a reference for the in-depth application of AI technology in the field of civil aviation maintenance.

Keywords: Civil aviation maintenance; Artificial intelligence; Predictive maintenance; Fault diagnosis; Challenges and countermeasures

0 引言

民航维修是保障航空器安全运行的关键环节, 直接影响着飞行安全、运营效率及航空公司的经济效益。传统的民航维修主要是定期维修、事后维修, 存在维修成本较高、故障响应速度慢、容易出现过度维修或者维修不到位的问题。近些年随着人工智能技术的发展, 如何将人工智能技术应用到民航维修当中是一个被人们十分关注的问题。将人工智能技术引入到飞机维修当中可以提高飞机故障的诊断与风险预测的智能化程度, 提高维修效率和质量, 对于保障飞行安全、提升民航服务品质具有重要意义。

1 民航维修的发展现状

民航维修系统包括航线维修、基地维修和部件维修三个部分, 通过这些维修方法保证飞机能始终处于适航的状态^[1]。传统的民航维修有两种形式, 即按时间维修和按需维修。其中, 按时间维修按照事先设定的时间对飞机或部件进行检测与维护工作, 虽然能够在一定程度上预防一些故障的发生, 但也可能造成多余维修; 而按故障维修 (BM) 是在故障发生后再进行处理, 但往往会产生航班延误、取

消等影响, 增加运营成本, 且同样不能排除突发性故障安全风险问题的存在。

随着民航运输量的持续增长, 航空器机队规模不断扩大, 传统维修模式的局限性愈发凸显。一方面, 随着航空器结构的日益复杂, 机载设备越来越趋向于电子化、智能化, 其故障形式更加多样性和隐蔽性, 不能完全适应当前采用的人工方式的检测和判读, 这就要求实现精准判断。另一方面, 航空公司也一直在强调维修成本问题, 不断要求降低成本费用, 提高飞机利用率。在此基础上提出了以状态为基础的维修方式, 在人工智能的应用下, 可以充分依靠大数据、云计算等技术对系统进行检查, 从而检测出运行中的故障, 为维修决策提供科学依据。

2 人工智能技术在民航维修中的具体应用

2.1 故障诊断与健康管理

航空器发动机、航电系统、起落架等部件的状态决定了该飞机能否安全地飞行。人工智能用于故障诊断方面就是运用机器学习、大数据分析等技术手段进行故障诊断, 以实现快速精确诊断的目的^[2]。

通过在发动机上安装大量的传感器,采集发动机工作过程的振动、温度、压力、油耗等信号,并结合深度学习技术,从采集的数据中提取特征并分析出模式。比如,将正常工作的发动机为样本点,用模型进行训练,在传感器采集的数据发生异常后,根据模型进行比对分析,快速确定发动机的故障种类以及故障的位置。

人工智能技术在飞机健康管理的应用中,可以通过实时收集飞行参数及部件状态等数据,并对其进行智能分析,从而精准识别飞机系统潜在的问题并及时作出应对方案,确保飞机健康飞行。

2.2 预测性维修

预测性维修是民航维修的发展趋势,其主要特点是基于设备的健康状态进行故障预警,并在此基础之上采取相应的维修措施,在故障发生之前完成维修计划,使维修操作呈现出“按需维修”的特点。将人工智能技术应用到飞机机体中各处的传感器数据实时监控、分析以及机器学习算法下的故障预测模型建立上,便可提前获知故障发生的地点与时间,实现故障设备的有效维修。

2.3 智能巡检与视觉检测

人工智能视觉监测技术在民航维修领域具有重要作用。在传统的民航维修过程中,人工巡检方式需要耗费大量的人力,而且存在着人为因素,容易出现漏检问题。而引入人工智能中的计算机视觉和无人机巡检、结合智能摄像头、图像识别技术等进行智能巡检,可以快速、准确地检测出飞机表面存在的划痕、凹坑等损伤情况,并且能够判断损伤等级,对于实现智能化巡检提供了可行性。

机身外观检测时采用高分辨率相机拍摄机身表面图片,并用卷积神经网络模型识别图片,可以自动识别机身蒙皮的裂纹、腐蚀和铆钉松动等缺陷。由于计算机视觉检测系统的识别精度远高于人工目视检测,且其检测速度比人工目视检测提高几倍之多,并且可在各种复杂恶劣的夜间及不良环境条件下完成检测任务。例如,中国某飞机制造企业实现了对飞机机体进行智能检测,智能检测系统使机身表面缺陷的检出率由原来的 85% 提升到了 99%,同时将原有的检测 2 小时的时间缩减到 20 分钟之内。

无人机技术应用于航空器内部巡检时,采用搭载有高清摄像设备、红外热成像设备的无人机,可对机舱内部、货舱、发动机舱等人工难以抵达的地方实现航巡检查,检查的数据图像可通过数据传输,将数据信息输送到后台系统,结合人工算法来确定有无异常情况。与传统的人工巡检方式相比,使用无人机巡检不但可以提高巡检效率,而且也能降低维修人员的工作风险。

2.4 维修决策与资源优化

民航维修涉及到的环节很多,如维修计划制订、备件管理、人员调度等。传统民航维修决策主要依靠人工经验,

不能做到最优配置利用资源。利用人工智能技术可以帮助实现民航维修业务全流程的数字化与智能化管理,可以智能地生成维修计划、自动分派维修任务、记录维修过程、自动检验维修质量^[9]。

对于维修计划优化来说,用强化学习模型来完成维修计划优化一方面既可以考虑航班排班、维修能力和备件库库存等多因素同时考虑来获得最佳维修计划方案;另一方面也可以通过模型来获取航班运行状态,在确定飞机发生故障以后找出最为恰当的时间进行维修工作,以保障飞机可以正常运转使用。相较于计划维修方案而言,备件管理中还可借助于人工智能的需求预测模型方法,以飞机运行的信息、以前消耗的数据以及市场供给量等来进行精确的需求预测,并且能够维持较为合适的备件库存,以此来控制好库存成本。

3 人工智能技术在民航维修应用中面临的挑战

3.1 数据质量与数据安全问题

人工智能技术的应用高度依赖高质量的数据支撑,但当前民航维修领域的数据存在诸多问题。一是数据碎片化,航空器的运行数据、维修数据、备件数据等分散在航空公司、维修企业、设备制造商等不同主体手中,数据格式不统一,难以实现数据共享与整合;二是数据质量参差不齐,部分传感器采集的数据存在噪声、缺失、失真等问题,直接影响人工智能模型的训练效果和预测精度;三是数据安全风险,航空器运行数据和维修数据涉及航空公司的核心商业秘密和飞行安全信息,数据泄露可能导致严重的经济损失和安全隐患。此外,不同国家和地区的数据隐私法规存在差异,也增加了数据跨境流动的难度。

3.2 技术融合与标准化缺失

民航维修比较复杂,涉及了机械、电子、材料、计算机等多个领域。在技术应用过程中存在了诸多问题,阻碍了技术的融合与标准化。以往设备和系统维修主要采用封闭式架构,与人工智能技术质检存在兼容问题,难以发挥人工智能技术的功能,无法实现无缝衔接。同时,现在民航维修领域并未针对人工智能技术大的应用建立统一的技术标准和规范,导致系统之间出现数据接口无法统一等问题,影响了技术的应用效果。此外,目前人工智能技术模型只能在特定的机型和场景中使用,一些特殊机型或场景的应用效果不理想,诊断效果也较差。

3.3 专业人才短缺问题

人工智能技术在民航维修中的应用,需要既掌握人工智能技术,又熟悉民航维修业务的复合型人才。目前,民航维修技术人员多为机械、电子等传统专业人才,缺少人工智能、大数据等新兴领域的相关知识。而计算机专业类人才由于对于民航维修相关知识了解程度较低,对于民航

维修的业务流程以及适航法规不清楚,也不能开发出贴合实际工作需要的合适系统。与此同时,人工智能技术日新月异,正在从事民航维修工作的人员也不可能完全掌握这样的高精尖新技术。随着人工智能逐渐被更多的行业所接纳与使用,人才短缺已严重影响到人工智能技术在民航维修领域的进一步发展应用。

3.4 安全合规与伦理风险

民航业是个需要安全,需对航空器适航的严格要求,任何方面都关乎人的生命安全。如今的人工智能系统,比如图像识别模型、语音识别模型等,大多都是使用“黑箱模型”,内部工作原理很抽象,人们不可知也无法得知,当使用的人工智能系统做出诸如诊断故障,作出维修决策的结论时,维修人员无法知晓如何推导出来的结论是否正确,若结论错误可能会影响使用安全。目前,国际民航组织(ICA0)和各国适航机构尚未出台针对人工智能维修系统的适航认证标准,这也制约了人工智能技术的商业化应用。

4 人工智能技术在民航维修领域应用的应对策略

4.1 加强数据治理与安全保障

针对数据碎片化、质量差等问题,建立民航维修数据共享平台,使各航空公司、维修企业及设备制造企业数据可互通,采用统一的数据格式与数据标准,实现数据汇总与数据共享,并且加强数据预处理技术的研究,利用数据清洗、去噪、补全等方式提高数据质量。在数据安全方面利用区块链、加密算法等技术,建设数据安全防护体系,保证数据采集、数据传输、数据存储、数据使用各个环节的安全性。此外,政府应加快制定数据隐私保护法规,明确数据跨境流动的规则,为数据共享提供法律保障。

4.2 推动技术融合与标准化建设

加强人工智能技术与传统维修技术的融合,开发开放式的维修设备和系统架构,实现不同系统之间的兼容对接。整合政府、行业、企业等各方,由政府带头积极参与人工智能国际标准的制定,推动建立智能飞机维修通用技术标准体系,明确故障诊断、机载智能传感、认证评估等方面的行业标准,推动人工智能技术在民航维修领域的应用规范化。同时,完善科技创新机制,加强高效、中小企业、科研机构开展联合攻关新模式,加强技术研发,加快人工智能技术从实验室走向飞机维修一线的步伐,实现人工智能模型的泛化及通用化应用。

4.3 完善人才培养体系

构建复合型人才培养模式,学校可设立民航维修与人工智能交叉学科专业,培养了解民航维修业务、掌握人工智能技术的人才。航空公司和维修企业也可加强对其本身职工的人工智能相关知识培训,如定时开展人工智能、大数据分析等的培训,提高从业人员使用技术的能力。还可以与国外一些航空公司开展交流学习,相互交流先进的人工智能技术经验,并且引进优秀的人工智能人才,提高我国民航维修中的人工智能技术研发能力。此外,应加强国际人才交流与合作,引进国外先进技术和人才,提升我国民航维修领域人工智能技术的研发水平。

4.4 强化安全合规与风险管控

针对人工智能的可解释性问题加强研发,增强可解释的人工智能(XAI),提高模型的解释性、让维修人员可以知道模型是如何做出判断的。政府和适航部门应加速完善人工智能维修系统适航性认证标准,建立严苛的测试和评估标准,保证系统的安全可靠。同时,确定人工智能系统的人为干预点以及人工智能系统和人工判断的责任边界,建立合理的伦理准则,并减少对于人工智能的过度依赖,确保维修判断的准确性和安全性。

5 结语

人工智能技术有力地推进了民航维修行业的转型升级,在故障诊断、预测性维修、智能巡检以及维修决策优化等方面发挥了积极的作用。但是目前人工智能技术在民航维修方面的应用还存在数据质量不高、技术融合不够、缺乏相应的人才、安全合规风险等问题。要破除这些难点,打通人工智能技术融入民航维修全流程的通道,需要我们在加强数据治理、加强标准化建设、完善人才培养体系加强安全风险管控方面下功夫,积极推进人工智能技术的深度融合,为民航业的安全、高效、可持续发展提供有力保障。

参考文献:

- [1] 刘强. 民航维修安全管理中人工智能技术运用分析[J]. 科技经济市场, 2022(9):43-45.
- [2] 党建平, 顾杨波, 陈俊杰等. 民航维修安全管理中人工智能技术的运用分析[J]. 数字技术与应用, 2024,42(10):30-32.
- [3] 吕强. 民航飞机维修智能化发展趋势及关键技术研究[J]. 产品可靠性报告, 2025(5):40-41.

作者简介:王欢欢(1992.07-),男,陕西宝鸡人,汉族,本科,助理工程师,研究方向:从事民航维修研究。