

大数据分析在航空维修保障中的应用初探

夏念国 王新宇 贾梦源

中国人民解放军 92543 部队

DOI:10.12238/pe.v3i4.15152

[摘要] 随着航空装备智能化水平不断提升,传统以经验为主导的维修保障模式已难以满足现代航空器对安全性、可靠性和可维护性的高要求。大数据分析技术凭借其在数据挖掘、故障预测与决策支持方面的优势,正逐步成为航空维修保障领域的重要支撑工具。本文从大数据分析的基本原理出发,探讨其在航空维修保障中的典型应用场景与关键技术,包括健康管理、故障预测与维修资源优化配置等方面。通过对现有研究和实践案例的综合分析,指出当前大数据在航空维修中面临数据标准化不足、系统集成难度大、技术人才匮乏等问题。最后,提出推动数据融合共享、构建智能维修平台、加强多学科协同发展建议。本文旨在为构建智能化、精准化的航空维修保障体系提供理论参考与技术路径。

[关键词] 大数据分析; 航空维修; 故障预测; 智能保障; 健康管理

中图分类号: TP206+.3 **文献标识码:** A

Preliminary exploration of the application of big data analysis in aviation maintenance support

Nianguo Xia Xinyu Wang Mengyuan Jia

92543 unit of the Chinese People's Liberation Army

[Abstract] With the continuous improvement of the intelligence level of aviation equipment, the traditional experience based maintenance and support mode is no longer able to meet the high requirements of modern aircraft for safety, reliability, and maintainability. Big data analysis technology, with its advantages in data mining, fault prediction, and decision support, is gradually becoming an important supporting tool in the field of aviation maintenance and support. Starting from the basic principles of big data analysis, this article explores its typical application scenarios and key technologies in aviation maintenance support, including health management, fault prediction, and optimized allocation of maintenance resources. Through comprehensive analysis of existing research and practical cases, it is pointed out that big data in aviation maintenance currently faces problems such as insufficient data standardization, difficulty in system integration, and shortage of technical talents. Finally, suggestions for promoting data fusion and sharing, building intelligent maintenance platforms, and strengthening interdisciplinary collaboration are proposed. This article aims to provide theoretical reference and technical path for building an intelligent and precise aviation maintenance support system.

[Key words] big data analysis; Aviation maintenance; Fault prediction; Intelligent security; Health management

航空维修保障作为航空系统运转中至关重要的一环,其效率与精准性直接影响到飞行任务的安全与成本控制。传统维修模式多依赖人工经验与定期更换策略,难以实现对设备健康状态的实时感知与科学预测。近年来,随着传感器技术、机载监测系统及数据采集能力的提升,航空装备运行过程中产生了海量结构、系统与环境相关数据,为大数据分析技术在维修保障中的应用提供了良好基础。本文围绕大数据在航空维修中的关键应用、技术瓶颈与发展方向展开初步探讨,期望为航空装备保障体系的智能化转型提供理论支持与实践路径。

1 大数据分析在航空维修保障的融合基础

1.1 航空维修保障体系的构成与发展趋势

航空维修保障体系涵盖预防性维护、修复性维护、后勤支持等多个环节,是确保航空器安全、可靠运行的核心支撑。传统维修模式以定期检修为主,依赖人工经验判断设备状态,但存在效率低、成本高、故障预测能力弱等问题。随着航空业快速发展,保障体系逐渐向智能化、数字化、自主化方向转型。一方面,新型传感器与监测设备的广泛应用,使航空器运行数据的实时采集成为可能;另一方面,基于数据驱动的预测性维护理念兴起,通过分析历史数据与实时监测数据,提前发现潜在故障,降低突发事件风险,推动维修保障从“事后维修”向“主动维护”转变。

1.2 大数据分析技术的基本原理与核心流程

大数据分析技术通过数据采集、清洗、存储、分析与可视化等环节,挖掘海量数据中的潜在价值。其核心原理在于利用机器学习、深度学习等算法,对结构化(如维修记录、飞行参数)与非结构化数据(如传感器日志、文本报告)进行处理。例如,通过聚类算法识别设备异常模式,或使用回归模型预测部件寿命。在航空领域,大数据分析的典型流程包括:首先,借助传感器网络采集航空器运行中的振动、温度、压力等数据;其次,通过数据清洗去除噪声与无效信息;最后,运用算法构建预测模型,输出故障预警、寿命评估等决策支持信息,为维修策略制定提供科学依据。

1.3 大数据与航空维修的融合条件与技术基础

大数据与航空维修的深度融合依赖于硬件设施、数据环境与算法模型的协同发展。硬件层面,航空电子系统的升级使传感器数量与精度大幅提升,为数据采集提供基础;软件层面,云计算、边缘计算技术的成熟,解决了海量数据的存储与实时处理难题。同时,航空维修领域积累的数十年历史数据,为算法训练提供了丰富样本。此外,人工智能技术的突破,如基于深度学习的故障诊断模型,显著提升了数据分析的准确性与效率。这些条件共同构成了大数据与航空维修融合的技术底座,推动维修保障从经验驱动向数据驱动转型。

2 大数据在航空维修中的典型应用场景

2.1 基于大数据的故障预测与健康管理 (PHM)

故障预测与健康管理 (PHM) 是大数据在航空维修中的核心应用之一。通过实时采集航空器发动机、航电系统等关键部件的运行数据,结合历史故障案例与仿真模型,构建预测算法。例如,利用循环神经网络 (RNN) 分析发动机振动数据,预测叶片磨损趋势;或通过贝叶斯网络评估系统健康状态,提前识别潜在故障。某航空公司应用 PHM 系统后,发动机非计划换发率降低 30%,维修成本显著下降。此外,PHM 还能与维修决策提供优先级建议,如区分紧急故障与渐进性退化问题,优化维修资源配置。

2.2 航空器维修行为数据建模与智能诊断

大数据技术可对维修人员操作流程、工具使用、决策记录等行为数据进行建模分析,实现维修过程的智能化诊断与优化。例如,通过分析维修工单完成时间、故障复现率等数据,识别低效环节;或利用自然语言处理技术解析维修报告文本,提取关键故障特征。某维修企业通过建立维修行为数据库,发现特定机型起落架检查流程存在冗余步骤,优化后使单次维修时间缩短 20%。此外,智能诊断系统还能结合历史维修案例库,为一线人员提供故障解决方案推荐,提升维修效率与准确性。

2.3 大数据驱动的维修计划优化与资源配置

基于大数据分析的维修计划优化,可实现资源的动态调配与成本控制。通过分析航班计划、航空器利用率、部件寿命数据,构建维修计划模型,平衡安全性与经济性。例如,利用遗传算法优化航线与维修周期的匹配,减少航空器停场时间;或根据航材消耗历史数据,预测备件需求,降低库存成本。某机场采用大

数据驱动的资源配置系统后,航材库存周转率提升 15%,维修计划合规率达到 98%。此外,该技术还能结合天气、空域管制等外部数据,动态调整维修安排,提升保障体系的灵活性与响应速度。

3 推动大数据在航空维修保障中应用的对策建议

3.1 构建统一数据平台与行业标准体系

在航空维修领域,数据采集与管理的分散性严重制约了大数据技术的应用效能。当前,不同制造商的航空器设备采用各自的数据标准,如波音与空客的航电系统数据格式互不兼容,导致航空公司在整合数据时面临高昂的转换成本。因此,亟需由航空行业协会牵头,联合航空公司、设备制造商、科研机构等多方力量,共同制定涵盖数据采集、存储、传输与共享的全流程统一标准。例如,参考国际航空运输协会 (IATA) 的数据规范,建立一套适用于国内航空维修的数据字典,明确故障代码、部件参数等关键术语的定义,避免因语义模糊导致的数据误读。

在硬件层面,统一传感器接口协议,推动不同厂商设备的数据无缝对接;在软件层面,制定标准化的数据格式与标注规则,确保数据在采集、传输和存储过程中的一致性。同时,大力推动企业搭建数据中台,通过数据治理技术整合维修工单记录、实时飞行参数、航材库存变动等多源异构数据,实现数据的集中管理与高效共享。例如,某大型航空公司通过构建数据中台,将发动机监测数据与维修记录关联分析,成功将故障诊断准确率提升了 20%。此外,鼓励国内企业积极参与国际标准制定,提升我国在航空数据领域的规则话语权,促进航空维修产业的国际化发展。

3.2 推动“数据+算法+场景”融合创新

实现大数据在航空维修中的深度应用,关键在于将数据、算法与实际业务场景紧密结合。一方面,针对航空维修的核心场景,如发动机故障预测、航材资源调度等,深入研究现有算法模型的优化路径。例如,针对航空器部件的非线性退化特性,改进传统的寿命预测算法,引入深度学习中的长短期记忆网络 (LSTM),更精准地捕捉部件性能随时间的变化趋势。另一方面,以业务场景为驱动,挖掘数据的潜在价值,探索创新应用方向。例如,通过分析社交媒体上旅客对航班延误的反馈数据,结合航班运行与维修保障数据,建立延误风险预测模型,提前优化维修计划,减少因维修导致的航班延误。

为加速技术创新与成果转化,需建立产学研用协同创新机制。高校和科研机构发挥理论研究与技术研发优势,企业则提供实际业务场景和数据支持,双方联合开展技术攻关。例如,某高校与航空公司合作,基于海量飞行数据开发出新型故障诊断算法,经实际应用验证,使故障预警提前时间延长了 40%。同时,构建“需求牵引-技术研发-应用验证”的创新闭环,确保研发成果能够切实解决行业痛点,推动航空维修向智能化、高效化方向发展。

3.3 强化产学研协同,构建跨学科人才培养机制

大数据与航空维修的融合发展,离不开既精通数据分析又熟悉航空工程的复合型人才。当前,高校的航空工程专业与数据

科学专业相对独立, 课程体系缺乏交叉融合, 导致毕业生难以满足行业实际需求。因此, 高校应积极调整专业设置, 开设“航空工程+大数据”跨学科专业, 将飞行器结构设计、航空发动机原理等传统航空课程, 与数据挖掘、机器学习等大数据课程有机结合。例如, 设置“航空大数据分析”“智能维修决策支持系统”等核心课程, 培养学生运用大数据技术解决航空维修实际问题的能力。

在实践教学环节, 企业与高校共建实习基地, 为学生提供参与实际项目的机会。例如, 航空公司开放维修数据平台, 让学生在真实场景中进行数据采集、清洗和建模分析, 积累工程实践经验。此外, 行业协会应发挥桥梁作用, 组织定期的专业培训与认证考试, 帮助在职人员更新知识结构, 提升大数据应用技能。通过高校教育、企业实践、行业培训的多方协同, 构建多层次、多元化的人才培养体系, 为航空维修行业输送高素质复合型人才, 为大数据技术的深入应用提供坚实的人力保障。

4 结语

大数据分析作为推动航空维修保障智能化、精准化发展的关键技术, 已展现出广阔的应用前景。其在故障预测、维修决策与资源配置等方面的优势, 正在逐步改变传统维修模式。然而, 当前大数据技术在航空维修中的应用仍面临数据孤岛、系统整合与人才短缺等多重挑战。未来, 应通过构建统一标准体系、推动智能平台建设与多学科人才培养, 不断提升维修保障系统的数据处理能力与智能决策水平。

[参考文献]

- [1]赵文博,刘志鹏.大数据分析在航空维修保障中的应用综述[J].航空维修与工程,2023,45(2):56-62.
- [2]李慧,王振坤.基于大数据的航空装备健康管理研究[J].装备保障技术,2022,39(4):33-37.
- [3]周强,胡晓峰.面向智能保障的大数据在航空维修中的应用路径[J].航空兵器,2021,42(6):88-92.
- [4]陈龙,杨文涛.大数据技术在航空器故障预测中的关键应用分析[J].航空工程进展,2022,13(1):74-78.
- [5]吴晓飞,郑宇.航空维修中的智能诊断系统构建与大数据支撑[J].机电工程,2020,37(5):109-114.
- [6]高洁,刘文涛.大数据背景下的PHM系统设计与应用[J].现代防御技术,2021,49(3):63-68.
- [7]王立国,张思洁.多源数据融合在航空维修保障中的实践探析[J].航空制造技术,2022,37(7):27-31.
- [8]丁一,钱志刚.航空维修数据标准化体系构建研究[J].中国标准化,2023,45(1):45-49.
- [9]刘宏伟,胡佳.大数据智能分析驱动下的航空维修优化策略[J].系统工程与电子技术,2021,43(11):2417-2423.

作者简介:

夏念国(1985--),男,汉族,吉林舒兰人,本科,单位:中国人民解放军92543部队,职称:工程师,研究方向:航空维修。