

On the application of big data technology in the field of aviation maintenance

Weibin Li Erpeng Duan Jianqiang Deng Zhongnan Hu

Unit 95825, Xiaogan, Hubei, 432000, China

Abstract

With the rapid development of aviation industry, the complexity of aviation maintenance field is increasing day by day, and the traditional maintenance mode has been difficult to meet the requirements of high efficiency and precision of modern aviation equipment maintenance. The application of big data technology can make the massive operation data of aviation equipment that can be collected, stored and processed in real time, and can be used for predictive maintenance, fault diagnosis, maintenance decision optimization and other key links, so as to improve maintenance efficiency and safety. The article will discuss the application of big data technology in aviation maintenance, the impact on maintenance work, and the difficulties, challenges and suggestions faced by the application of big data.

Keywords

aviation maintenance field; big data technology

浅析航空维修领域中大数据技术的运用

李卫斌 段尔鹏 邓建强 胡忠南

95825 部队, 中国·湖北 孝感 432000

摘要

随着航空工业的快速发展, 航空维修领域的复杂性与日俱增, 传统的维修方式已难以满足现代航空装备维护的高效性与精准性的要求。而大数据技术的运用可使航空装备在飞行过程中产生海量的运行数据能够被实时收集、存储、处理, 可用于预测性维护、故障诊断、维修决策优化等关键环节, 提高维修效率与安全性。文章将探讨大数据技术在航空维修中的应用, 对维修工作带来的影响, 应用大数据面临的困难挑战及建议。

关键词

航空维修领域; 大数据技术; 故障预测; 数据利用

1 引言

随着军队航空装备数量的增长, 外场维护保障和内场维修面临着愈发严峻的挑战。传统的定期维护模式, 虽然为航空装备提供了基础的安全保障, 但其存在较大的局限性: 一方面, 定期维护往往基于时间或飞行周期的固定间隔, 忽略了航空装备实际运行过程中的多变性, 可能导致不必要的维修或延误潜在问题的发现; 另一方面, 面对日益复杂的机载系统和飞行环境, 传统的维修模式难以充分应对突发故障的诊断与处理需求。这种背景下, 军队在探索基于大数据的航空装备维修技术, 提高维修效率, 降低维修成本, 提升飞机维修质量安全水平。

2 大数据技术在航空维修中的应用分析

2.1 维修知识库构建

2.1.1 结构化维修数据

航空维修过程中产生的数据往往来源广泛且格式多样, 例如航空维修保障支持系统采集的数据、飞行参数记录等。这些数据大多以结构化的形式存在, 具有明确的字段、属性和层次关系。大数据技术首先通过数据清洗、去重和标准化处理, 确保数据的完整性和一致性。接下来, 利用分布式存储与计算技术(如 Hadoop、Spark 等)对规模庞大的数据进行整合, 从而建立统一的维修数据库。这一数据库不仅能够记录每一项维修行为的详细信息, 还能提供设备的维修历史、故障频率、零件寿命等关键指标, 供维修人员随时检索和参考。

2.1.2 非结构化维修数据挖掘

非结构化数据的挖掘是维修知识库构建的关键环节, 也是大数据技术在这一领域中的深度应用。针对文本数据, 可以采用自然语言处理(NLP)技术, 通过分词、命名实体识别和主题建模等方法, 从海量维修报告中提取有价值的信

【作者简介】李卫斌(1982-), 男, 中国陕西宝鸡人, 硕士, 工程师, 从事质量控制研究。

息。例如，通过分析维修日志中的描述，提取出常见故障的表现形式与对应的解决措施，并将这些信息转化为可查询的知识条目。对于图片和视频数据，可以利用计算机视觉技术，通过图像识别和视频帧分析，提取设备的外观状态、损伤位置和维修过程的关键步骤。这些技术的应用不仅能够将非结构化数据转化为结构化知识，还能通过深度学习模型挖掘出传统方法难以发现的隐性规律。

2.1.3 知识图谱构建

知识图谱通过构建实体之间的语义关联，将分散的数据和信息组织成一个相互关联的知识网络。在航空维修场景中，知识图谱的构建首先需要定义核心实体，例如飞机型号、零部件名称、故障类型、维修方法和工具等。接下来，基于已整合的结构化和非结构化数据，识别这些实体之间的关系，例如某种故障与特定零部件的关联、不同维修方法的适用场景以及维修工具的使用范围等。通过关系提取和实体链接技术，这些信息最终被组织成一个多维度的知识图谱。这一图谱的优势在于，不仅能够以可视化的方式直观展现复杂的维修知识，还能通过知识推理技术发现潜在的关联。例如，当某种零件的故障频率显著增加时，系统可以自动推理出可能的原因，如特定环境条件的影响或某一批次零件的质量问题，并生成维修建议。

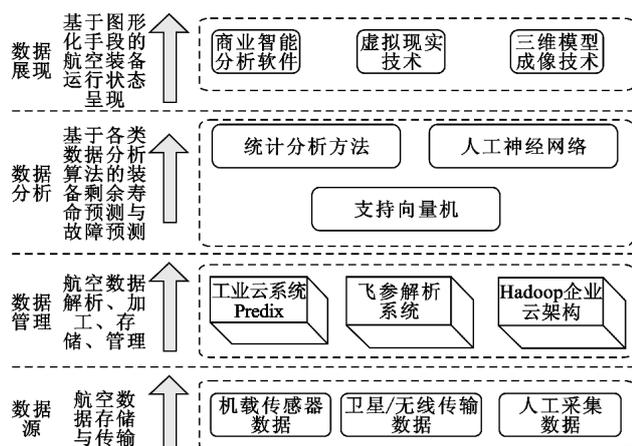


图1 航空大数据技术架构

2.2 预测性维修

2.2.1 实时数据采集

实时数据采集这一过程依赖于航空装备上数以千计的传感器，这些传感器会持续监测关键部件的温度、压力、振动、转速等运行数据，并将这些数据通过卫星通信或地面网络实时传输到地面维护系统^[1]。这种实时性的监控方式不仅能够全面记录设备的运行状况，而且为后续的分析提供了海量的基础数据。相比于传统的人工巡检或定期检测，实时数据采集的优势在于其连续性和高效性。通过实时数据流，可以捕获设备运行中的微小异常，从而及时发现潜在问题的苗头。

2.2.2 故障预测模型

故障预测模型通常基于机器学习算法，通过对历史数

据的不断训练和优化，逐渐形成能够识别潜在故障的能力。例如，涡扇发动机的运行数据可能包含数百万条参数记录，传统人工分析耗时费力且难以全面覆盖，而基于大数据的预测模型能够从这些复杂数据中提取出发动机性能下降的早期信号，从而提前预警可能的故障。这种预测能力的实现不仅依赖于算法本身的精度，还需要模型对实际工况的适应性。通过不断优化算法和提高模型的泛化能力，故障预测的准确性和可靠性才能得到保证。

2.2.3 维修决策支持

在完成故障预测之后，维修决策支持系统的介入为预测性维修提供了实际的执行方案。这一系统的主要功能在于将预测结果转化为可操作的维修计划，从而帮助维修人员高效完成任务。例如，当某台发动机的预测模型检测到特定部件的磨损趋势逐渐加剧时，维修决策支持系统会结合运行任务安排、维修资源分布和部件更换周期等多种因素，生成一份详细的维修计划^[2]。这样一来，维修人员不仅能够提前在故障发生之前完成维修工作，还可以最大程度地减少对航空装备正常运行的影响。更重要的是，这种基于数据驱动的维修方式通过对设备寿命的精确预测实现了资源利用的最大化，从而避免了不必要的浪费。

2.3 维修过程优化

2.3.1 维修流程数字化

航空维修涉及多个环节，从初步检测到深度修复、再到质量验收，每个步骤都需要精准的数据支持。通过大数据技术的部署，所有维修流程都可被清晰记录并实时更新。例如，在飞机到达修理工厂之前，相关设备的数据已经通过传感器和机载系统传输到维修管理平台，系统会自动生成维修计划并分配资源。维修人员无需等待传统纸质单据或人工协调，直接通过数字终端即可获取工作指令。这样不仅减少了信息传递中的时间损耗，还能有效避免因信息不对称导致的错误发生^[3]。

2.3.2 备件库存管理

大数据技术通过对备件使用频率、历史需求、维修计划等数据的分析，能够精准预测未来的备件需求。例如，系统会根据某型号飞机的飞行记录与维修历史，判断哪些部件可能在未来一段时间内发生故障，并提前预警，机务人员可通知航材部门提前采购。这种需求预测不仅提高了备件的供应效率，还降低了库存积压带来的成本压力。此外，大数据技术还在备件流通管理中发挥了重要作用。通过对备件流转信息的实时跟踪，航材部门能够随时了解库存的分布情况，并快速调用其他仓库的库存资源以应对紧急维修任务。

3 大数据技术应用对维修工作带来的影响

3.1 提升维修效率

大数据技术通过对飞机运行过程中产生的海量数据进行实时采集和分析，可以实现对飞机状态的精准监控和预警。例如：通过对发动机、起落架等关键部件的传感器进行

实时分析,大数据技术能够迅速识别潜在故障点,并预测可能的维修需求。这种基于数据驱动的预测性维护模式,不仅减少了传统定期计划维护中可能出现的过度维修或维修不足的情况,还能大幅缩短维修周期,提高维修效率。

3.2 节约维修成本

大数据技术通过对维修需求的精准预测和资源的合理调配,使维修成本得到了有效控制。如:通过零部件磨损情况的数据分析,机务人员可以提前申请航材,避免航材部门临时采购导致的高成本及缺材停飞。

3.3 提升维修安全性

大数据通过对飞机运行数据的实时监控和分析,能提前发现潜在的安全隐患,采取响应的预防措施。如:通过对飞行参数记录仪和机载监控系统数据的分析,大数据可以识别飞行过程中存在的异常情况,并及时向维修人员发出警报。这种实时监控与预警机制,不仅大幅降低了事故发生的可能性,还为机务人员提供了充足的时间和信息来制定应对措施。

4 大数据技术应用面临的困难挑战

4.1 对大数据技术的理解不深不透

大数据技术应用起步晚,多数人对大数据技术应用一头雾水,没有认识到大数据技术在航空装备质量问题分析、维修保障流程优化、维修保障决策等方面发挥的重要作用。

4.2 硬件建设比较滞后

大数据技术的应用必须以信息化建设为平台,维修保障信息的数字化处理、格式化、标准化,以及对信息系统的构架、带宽、处理器、运行规则的建设不能适应大数据技术应用对信息技术的要求。

4.3 维修数据共享程度不高

部门与部门、系统与系统、行业与行业之间存在数据孤岛和信息不对称问题,分析研究航空维修保障信息缺乏全面性和时效性。

4.4 信息处理能力不强

传统的信息数据处理工具不能适应大数据技术应用的要求,需研究开发大数据处理系统,全面综合进行数据分析处理,给航空维修保障决策提供信息支撑。

5 大数据技术应用的建议

5.1 提高对大数据的认识水平

树立用数据“说话”的意识。打破传统的、依靠个人

经验和主观臆断来分析判断事物发展趋势的定势思维,在具体的分析应用中应以数据分析结果为依据,积极引入关联分析思路。

5.2 制定大数据应用发展规划

面对大数据,建议从顶层设计入手,在现有信息化建设的基础上,研究制定航空装备维修保障系统大数据技术应用发展规划,明确具体任务和发展计划。

5.3 扩大数据整合共享覆盖面

打破行业内部部门、区域的限制,在安全保密的前提下,以航空维修保障支持系统为基础,深化区域、单位、系统、专业之间的维修保障信息共享,建立一个完善的、可靠的、可互联互通的信息共享机制。

5.4 提高数据利用水平

大数据的关键是通过海量数据的“加工”实现数据的“增值”,数据处理水平直接关系到数据“增值”的程度。一是针对海量数据,应以航空维修保障支持系统为依托,继续拓展维修信息采集源,强化装备维修保障信息数据的采集、集中存放和保管,确保数据的准确性、完整性和及时性,确保能够安全保存、灵活调用,最大限度解决目前维修保障系统中故障信息收集不全面、故障现象描述不准确、排查方法不细致、人员信息更新慢、计划安排滞后的问题。二是积极整合现有技术力量,与相关机构合作,对大数据的整合、量化、挖掘和分析等展开研究,研发符合装备保障需求,便于应用的分析工具,为最大限度利用现有数据提供方法。

6 总结

总的来说,大数据技术的应用不仅可以提高维修工作的效率和安全性,还为行业的发展提供了新的可能。然而,要充分发挥大数据技术的潜力,仍需要解决数据质量、技术复杂性以及成本等问题。未来,随着相关技术的不断成熟和完善,大数据技术将在航空维修中发挥更加重要的作用,为航空工业的可持续发展注入新的动力。

参考文献

- [1] 曹成.航空发动机维修中大数据技术的运用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(7):147148.
- [2] 李强,彭勇.区块链技术在存储航空维修记录领域的应用研究[J].设备管理与维修,2022(18):2528.
- [3] 姬相斌,毕真,胡岚.大数据技术在航空发动机维修中的应用分析要求[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2021(11):464466.