

飞机技术派遣智能决策支持系统框架研究 —基于大数据视角

吴兴旺¹, 罗晓莉², 陈可嘉²

(1. 厦门航空有限公司, 福建 厦门 361006;

2. 福州大学 经济与管理学院, 福建 福州 350108)

摘要:随着航空公司日常运行过程中重要和复杂航班的大幅增加,有效提升了飞机技术派遣的决策效率与精准性,对于保障航班安全性和正常性具有重要意义。飞机长期运行及维护过程中积累了海量的健康状况数据,对于飞机技术派遣决策具有重要价值。由于这些数据体量巨大、结构复杂、增长快,引入大数据技术,提出飞机技术派遣智能决策支持系统(ATD-IDSS)的基本框架。文中重点探讨了 ATD-IDSS 的总体框架结构以及基于该系统的飞机技术派遣决策过程。其中,系统总体框架由数据采集处理、数据管理、模型管理、知识管理、飞机健康评估和派遣决策控制六个子系统组成。详细阐述了各个子系统的组成、核心功能及运行机理。在此基础上,对系统实现涉及的关键技术进行了一一介绍。借助数据仓库相关技术,实现了飞机健康状况大数据的处理和分析,利用关联规则和聚类分析方法,进行飞机技术参数评估。采用人工神经网络和案例推理结合的智能推理策略,挖掘飞机健康状况相关规则和知识,结合云计算技术,提高资源利用率和运算效率。通过 ATD-IDSS 的框架研究,为进一步开发智能飞机派遣系统、实现飞机派遣的智能化和精准化及提升飞机健康管理水平提供重要指导。

关键词:大数据;飞机技术派遣;智能决策支持系统;系统框架

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2017)11-0159-07

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2017.11.035

Research on Frame of Aircraft Technical Dispatching-Intelligent Decision Support System from Perspective of Big Data

WU Xing-wang¹, LUO Xiao-li², CHEN Ke-jia²

(1. Xiamen Airlines, Xiamen 361006, China;

2. School of Economics & Management, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: With the sharp increase of the important and complex flights in the daily operation of the airlines, it is of great significance to effectively enhance the efficiency and accuracy of the aircraft technical dispatch decision-making to ensure the safety and regularity of the flight. Massive aircraft health data accumulated during the long-term operation and maintenance is of great value to the decision-making of aircraft technical dispatch. Due to huge volume, complex structure and rapid growth of these data, the basic framework of Aircraft Technical Dispatching - Intelligent Decision Support System (ATD-IDSS) is presented by introduction of big data technology. It is discussed with focuses on the overall structure of ATD-IDSS and the process of aircraft technical dispatch decision-making based on the system. The overall structure of ATD-IDSS is composed of six subsystems, which include data acquisition and processing, data management, model management, knowledge management, aircraft health assessment and dispatch decision control, and the composition, core functions and operating mechanism of each subsystem are described in detail. On this basis, the key technologies involved in the system are introduced. With the help of data warehouse technology, processing and analysis of massive aircraft data with health status is realized. Using association rules mining and cluster analysis to evaluate aircraft technical parameters. The intelligent reasoning strategy combining artificial neural network and case-based reasoning are used to explore the rules and knowledge of aircraft health status. Combined with the use of cloud computing technology, resource utilization and operational efficiency are improved. Through this research, it can provide im-

收稿日期:2016-12-07

修回日期:2017-04-13

网络出版时间:2017-08-01

基金项目:教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-11-0903);民航局科技计划项目(MHRD20150211)

作者简介:吴兴旺(1967-),男,硕士,高级工程师,研究方向为飞机可靠性管理;罗晓莉(1991-),女,硕士研究生,研究方向为商务智能与数据挖掘。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170801.1556.064.html>

portant guidance for the further development of intelligent aircraft dispatching system, the realization of intelligent and accurate aircraft dispatch and the promotion of aircraft health management level.

Key words: big data; aircraft technical dispatching; intelligent decision support system; system framework

1 概述

保证航班安全和准点是航空公司提升服务质量、获得生存和发展的重要基础^[1]。航班安全性和正常性除了受天气等不可控环境因素的影响,主要由执飞飞机的健康状态决定,包括飞机系统、子系统及附件等在执行飞行任务时的性能水平。因此,飞机健康状态是飞机技术派遣的重要依据^[2]。当前,国内多数航空公司在进行飞机技术派遣时,主要通过相关工程师在分散、独立的信息系统中查询大量飞机技术状况数据,根据主观经验甄别和判断,缺乏统一标准、没有准确量化的评估,对于航班安全性和正常性没有可靠保障,并且较为费时费力。随着航空公司日常运行过程中重要和复杂航班的大幅增加,以及航空公司机队规模的不断扩大,实现快速高效地对庞大繁杂的飞机运行及维护数据展开分析,精准地量化评估每架飞机的健康状态,为飞机技术派遣提供决策依据,对于保证飞行安全、提高航班正常性、满足重要航班的保障要求,以及降低航空公司运营成本具有重要意义。

由于飞机系统或部件故障导致航班延误甚至发生不安全事件等情况时有发生,国内外众多航空公司正在或计划使用飞机健康管理决策支持工具实现科学的飞机派遣,提高航班安全性和正点率^[3]。飞机技术派遣是航空公司运输生产中一项重要的控制性工作,欧美许多大型航空公司从 20 世纪 80 年代起就广泛使用专门的飞机调度管理系统;全球超过 60 家航空公司使用波音公司的飞机健康管理(Aircraft Health Management, AHM)系统^[4]。AHM 是一个自动化的维护-决策支持系统,收集整理飞机运行数据,对系统健康状态进行统计分析,有效提升飞机运行效率、合理安排航班飞机派遣等;还有许多航空公司自主研发相关支持工具,辅助航班运营和飞机技术派遣,如巴西航空推出基于网络的飞机健康分析和诊断排故软件,显著提高了飞机的技术签派可靠率。在国内,由于早期航空公司规模普遍偏小,对科学的飞机派遣工作缺乏重视,有关飞机技术派遣的研究应用正处于起步阶段,各航空公司主要通过引进国外先进的管理系统,如国航在航班运行中应用 AHM,实现飞机的健康管理和科学派遣;也有少数航空公司成功开发了相关支持系统^[5],如春秋航空的飞机优选系统,根据服务类和故障类要求,对满足要求的飞机健康状况进行评分和排序,评价飞机的安全性、故障发生几率,据此实现飞机派遣的优化;东航的飞机技术数据化管理系统(TDMS)中也设

置了飞机健康状况的评分模块,通过单机技术状况的展示制定派遣决策。

航空公司长期运营中积累了海量的飞机运行及维护数据,蕴藏着大量有关飞机健康状态变化规律和趋势的信息,对于飞机技术派遣决策具有重要意义。但这些数据的数量巨大、结构复杂、增长快,传统的数据分析方法无法有效获取数据信息,大数据技术为发掘海量数据价值提供了方法^[6]。大数据技术的应用领域已经拓展到民航业,国内外众多航空公司运用大数据技术充分挖掘航空客户、飞机运行等海量数据价值。国际航空公司的大数据应用相对成熟,如美联航引入了精细化的大数据应用,涵盖个性化服务、业务流程优化等领域,达美航空应用大数据实现行李自主追踪等;国内航空公司在应用大数据上还未系统化,仅在客户管理、飞机运行管理等部分业务领域实现大数据应用,如南航的飞行数据分析及客户分析等,还有许多航空公司利用大数据技术开发了一些分析系统或平台^[7],进行故障诊断、健康状况预测等应用,如国航的运行管理信息系统,综合航班数据、飞行数据、报文等对飞机状况进行综合分析。

综上所述,目前国内有关飞机派遣支持工具的研究尚不够深入,主要应用国外先进的管理系统,尚未自主研发一套科学完整的飞机技术派遣决策支持系统;部分航空公司应用大数据技术实现飞机运行数据的分析处理,但并未有效挖掘其中有关飞机健康状况的规律信息,并据此进行精准化的飞机技术派遣。

基于此,文中以飞机技术派遣为任务,应用大数据和人工智能相关技术,对飞机运行及维护大数据进行分析挖掘,构建飞机健康状况评估模型,辅助飞机派遣决策,提出基于大数据技术的飞机技术派遣智能决策支持系统(Aircraft Technical Dispatching-Intelligent Decision Support System, ATD-IDSS)框架。明确系统预实现的功能及所采用的核心技术,对大数据技术在飞机技术派遣中的应用进行探究。

2 系统框架结构设计

2.1 系统总体框架

智能决策支持系统(IDSS)是集成人工智能技术、通过逻辑推理辅助决策的决策支持系统^[8]。ATD-IDSS(见图 1)将大数据技术和 IDSS 应用于飞机技术派遣中,借助数据仓库技术^[9],集成来自分散数据库的飞机健康大数据,通过数据选择、清洗、转换等处理过

程,构建由多维数据库构成的数据仓库;应用联机分析处理(On-Line Analytical Processing,OLAP)技术,依据不同派遣任务,对飞机健康大数据进行不同维度的上卷、下钻、旋转等操作,实现 ATD-IDSS 的多维数据分析,同时将分析结果以直观形式返回给管理决策人员;根据历史技术派遣经验,应用基于神经网络和案例推理的推理机模型^[10],建立知识库;借助大数据技术中数据挖掘相关算法和建模技术,挖掘隐藏关系模式、提

取数据特征,构建飞机健康评估模型,结合云计算技术^[11],对飞机健康状况及故障概率进行快速高效运算,实现对飞机健康状态的监控和管理;通过各个子系统的分布协作,结合航班需求和飞机健康评分排序,得到精准化的派遣方案,同时利用云计算平台,合理协调资源分配,实现多航班派遣任务的科学高效调度;根据决策运行情况进一步对数据仓库、知识库进行更新,不断积累飞机健康管理和技术派遣经验。

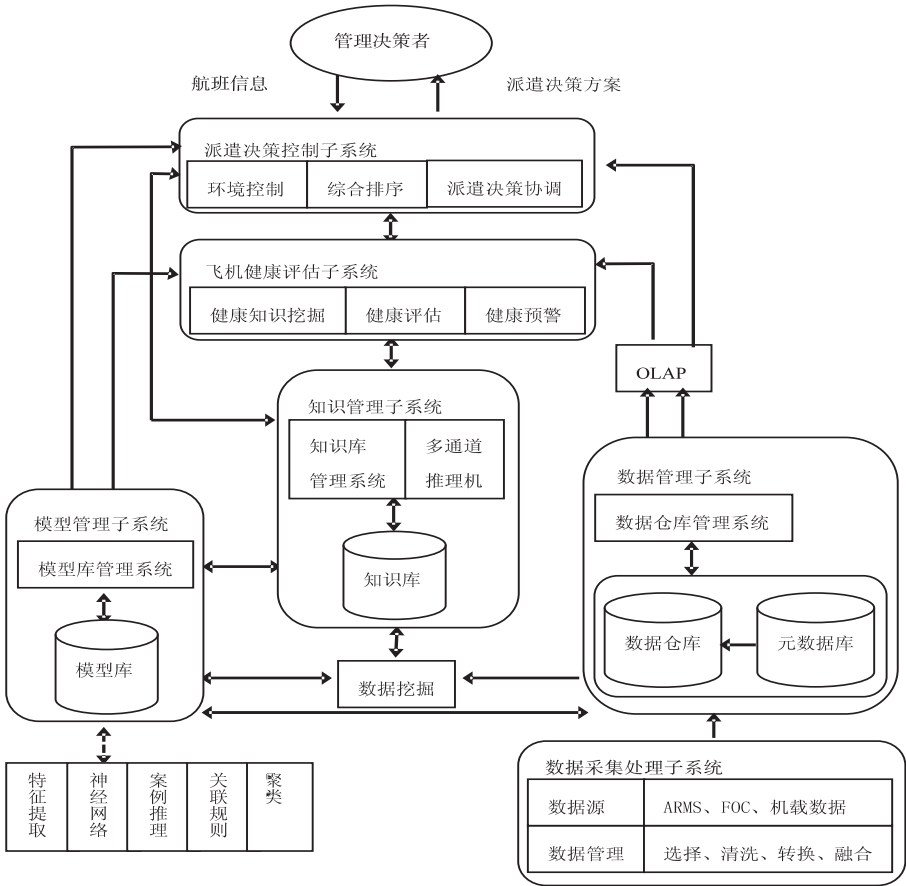


图 1 ATD-IDSS 框架结构

(1)数据采集处理子系统。

数据采集处理子系统包含数据采集、处理及分析三项功能。智能决策的基础就是从大量的历史数据中获取有效信息及知识,飞机技术派遣所需的决策信息涵盖了飞机运行及维护过程中积累的大量飞机健康基础数据。随着信息技术在航空公司中的普及应用,出现了大量不同业务类型的数据源,包括飞机维修可靠性管理信息系统、飞机运行控制系统、飞机机载数据记录及译码系统等诸多相关系统中存储的飞机运行及维护历史数据与实时采集数据。飞机健康大数据的采集面向飞机技术派遣决策,根据派遣需求,分析确定采集数据范围,实现数据的增加、删除、修改及导入导出等基本功能。采集的数据包括飞机可靠性管理分析数据、故障报告、维修记录、发动机性能监控数据、工程管

理数据、实时数据等,全方位反映飞机的飞行历史、维护情况、故障缺陷、当前健康状况等;从不同类型数据源采集的数据包含不同的数据结构类型,同时可能存在错误、缺失数据等,因此需要对采集的由飞机运行及维护产生的海量、高维、复杂结构数据进行数据抽取、清洗、转换、校正等预处理步骤,检验数据的完整性、一致性、准确性及数据项之间的相关性等,对缺失数据采用单一填补和多重填补方法补充,对异常分布数据进行剔除与校正,对数据类型进行转换和统一,将转化后的结构化数据存入数据库,为构建数据仓库做好数据准备;在此基础上对数据进行基础的统计分析、特征提取等,对数据整体及各个参数维度分布有初步认知。

(2)数据管理子系统。

数据管理子系统包含元数据库、数据仓库及其管理系统,通过数据提取、信息提取、数据集成等实现飞机健康大数据的存储和管理。数据仓库是面向主题、

集成的数据集^[9],是 IDSS 的先决基础。采集的原始数据经过清洗加工后需要存放在数据仓库中,以直接面向数据分析挖掘,支持高层决策分析制定,提高数据挖掘发现知识的能力及系统的决策支持能力。飞机运行及维护产生的数据集规模巨大,达到 100 G 到数 TB,数据类型多样,包含结构化、半结构化和非结构化数据,价值密度低,每个航段中数小时的发动机性能参数记录可能仅有一两秒有价值,考虑到飞机健康状况数据的大数据特征,将其集成到结构化的数据仓库中。对数据采集处理子系统获取的存储于各分散数据库中的飞机健康大数据进行提取、清洗、转换、加载等,构建数据仓库,同时创建元数据以便更好地利用数据仓库。

数据仓库中的一项关键工作是元数据管理,贯穿于数据仓库整个建立过程。在构建数据仓库前,选用关系数据库管理系统建立一个用于描述数据、应用集成的元数据库。元数据是数据的数据,用于建立、管理、维护和使用数据仓库,分为技术元数据和业务元数据。技术元数据描述数据仓库技术细节,应用于开发、管理和维护数据仓库;业务元数据从业务角度描述数据,提供语义层定义,使业务人员能更好地理解数据仓库分析结果,同时元数据库还包含数据库结构逻辑层次图,使决策者对数据库中的信息范围有深入了解。元数据提供了统一的关键数据结构和业务规则,有利于将多个数据集进行集成,便于后续数据挖掘工作的进行,同时使用户能掌握数据的历史情况。

根据元数据中的主题表定义、数据源定义、数据抽取规则定义,对异地异构数据源(包括各数据库系统、报文工作单、传感器等)进行清洗、转换,对数据进行重新组织和加工,将不同格式的数据转换成计算机可识别的通用模式 XML,以实现数据的共享和二次分析,再将加工后的数据进行融合,装载到数据仓库的目标库中,提高数据仓库中数据的质量和可用性。数据仓库由多维数据库构成,各数据库均采用统一接口,有利于进行数据挖掘。对基础数据进行初步加工、提取后得到部分有价值的数据,在此基础上运用 OLAP 技术从数据中提取决策相关信息。OLAP 是基于数据仓库的信息分析处理过程,面向用户接口,将来自不同数据库的信息进行集成,从不同属性、不同角度组织和存储数据。

数据仓库管理系统支持数据和信息的采集、抽取、检验、更新及维护等,以实现数据仓库与模型库、知识库间的通信。

(3) 模型管理子系统。

模型管理子系统包括模型库及其管理系统,管理和实现具备不同功能的技术模型,为决策制定提供定量分析的辅助依据,使决策者具备综合分析问题的能

力,是 IDSS 的基础和核心。

模型库用于存储和管理数据预处理、数据挖掘及决策支持的各种模型和工具,每种模型包含具体的实现算法。如数据挖掘模型包含聚类、关联分析、可视化等技术,并按一定组织结构形式进行存储。ATD-IDSS 的模型库包含数据规范模型、数据处理模型、数据挖掘算法模型、知识学习中运用的推理模型、健康评估使用的各种数学模型等以及利用模型进行计算时所使用的方方法。模型库由模型文件字典库和文件库组成,通过模型字典实现对模型文件的调用。考虑到飞机技术派遣决策环境可能发生变化,将模型库中的模型设计为可修改和评价的,包含可选参数库,通过定义标准接口可以选择使用模型库中的模型、方法及参数,使决策者能够根据环境变化调整模型,形成不同解决方案,制定适应性决策。

模型库管理系统支持模型的开发、分析、修改、重构、评价、维护等各种操作,以及在现有模型基础上进行模型的检索、组合、选择、检验及运行等。同时,模型库管理系统还支持交互式动态建模,利用可视化技术模拟专家推理过程,使用户能依据专家经验知识创建所需模型。

(4) 知识管理子系统。

知识管理子系统是 IDSS 的智能化体现,包含知识库、推理机以及知识库管理系统,对专业知识进行系统化组织和管理,实现对飞机技术派遣的决策支持功能。

知识库的知识主要通过人工或者数据挖掘过程生成。为使系统尽可能涵盖飞机技术派遣决策中可能出现的各种情况,采集、总结民航专家对健康评估、故障预测、维修计划、环境控制、技术派遣决策等的研究成果和经验,形成系统的飞机技术派遣知识。利用机器学习、人工神经网络等数据挖掘理论与方法对数据仓库中存储的海量飞机运行及维护数据进行综合和系统分析,从中挖掘与飞机技术派遣决策相关的知识模式形成知识库,支持飞机健康评估和技术派遣,为管理决策人员提供智能决策支持信息。在将数据挖掘发现的知识模式存入知识库前,需要对模式进行评估,剔除冗余和无关的模式,若模式不符合派遣任务需求,则需重新选取算法、设定参数等进行数据挖掘。同时,还将定期对知识库中的知识进行评价,剔除失效的、失去价值的知识。知识库中还包含自学习机制,利用数据挖掘技术进一步对知识库进行分析挖掘,不断更新完善系统知识。知识库存储的规则集分为两类,一类是模型管理规则集,储存可靠性管理专业知识、相关工程技术知识以及从故障数据、维修数据、健康状况数据中提取的规则和知识;另一类是专家经验规则集,包括民航专家和管理决策人员的决策经验知识,以及系统运行中

积累的决策经验等,ATD-IDSS 将这些知识传递给各个子系统及相关信息系统,以实现辅助支持决策的功能。

推理机的主要功能是完成对知识库中存储规则的搜索,是系统的控制中心。ATD-IDSS 采用基于人工神经网络的案例推理模式^[10],利用知识库、模型库和数据仓库中的各种信息,依据输入的故障案例信息及一定的推理策略,对故障案例进行推理、检索和修正。

知识库管理系统对知识库进行管理和控制,实现知识的输入、删除、更新和查询等,同时对知识进行一致性和完整性检验,维护知识库中的知识模式。

(5)飞机健康评估子系统。

飞机健康评估子系统包含健康知识挖掘、健康评估与健康预警三个流程,主要功能是对飞机健康状况进行量化评估,为飞机技术派遣提供决策依据。

健康知识挖掘流程针对数据仓库中存储的飞机运行及维护海量数据,调用模型库中的关联规则和聚类分析方法,分析各项技术参数之间的相关关系,对参数进行分类;采用基于人工神经网络(Artificial Neural Network,ANN)和案例推理(Case-Based Reasoning,CBR)的综合推理方法^[10],对机龄、故障报告、发动机性能、附件寿命等飞机技术参数与飞机故障、健康状况的关系进行推理挖掘。健康评估流程根据健康知识挖掘所获取的飞机健康状况变化的规律及相关规则,甄选飞机健康状况的评估参数,构建评估模型,定期或不定期地对飞机整体及各子系统的健康水平进行评估,构建飞机健康状况评分数据库,在各部门间实时共享;同时利用可视化技术从各个维度直观展示飞机健康状态,为飞机技术派遣提供决策支持。针对飞机健康评估模型的检验,利用神经网络、遗传算法等数据挖掘工具进行偏差分析。当某一飞机发生故障时,可以通过查询飞机历史健康评分,校验计算模型逻辑是否正确或是否遗漏参数,对模型库进行更新与维护。考虑到机队规模及积累的飞机运行及维护数据量巨大,搭建Hadoop 集群,实现飞机健康大数据的分布式存储和并行处理;为提高飞机健康评估的计算效率及多个飞机派遣任务的并发访问能力,使用云计算服务,分解决策任务分配到相应的资源模块中执行^[12]。健康预警流程应用大数据技术中的可视化工具检测飞机性能及健康状态的变化趋势,预测飞机故障的发生概率,为飞机技术派遣提供过程监控,当飞机性能显著下降、故障率明显升高时,向相应的管理决策人员发出分级预警。

(6)派遣决策控制子系统。

派遣决策控制子系统包含环境控制、综合排序和派遣决策协调三个流程,依据飞机健康评分情况,实现精准化的飞机派遣,有效配置机队资源,达到提高航班

安全性和正常性、降低航班运营成本的目的。

环境控制流程依据航班限制信息,获取派遣飞机的机型、构型范围,确定评分的排序标准,同时监测飞机状态是否发生变化。综合排序流程依据评分的排序标准,在对应机型、构型范围对飞机健康状况评分进行排序,据此决策者可做出迎合航班需求的精准派遣决策。派遣决策协调流程对飞机健康评分、航班限制信息等进行有效融合,根据健康评估流程获得的可选飞机的健康评分排序结果,确定派遣决策的顺序方案,针对一定时间段内需要派遣的航班,按照航班飞行时间、环境及各方面要求进行飞机资源的合理调配,最终确定航班的飞机技术派遣方案。航班运行后,实时记录飞机运行状态,并对数据仓库、知识库等进行更新。

2.2 系统决策过程

传统的飞机派遣程序仅依靠人工主观经验甄别判断,决策过程缺乏科学性、智能化,对航班运行的安全性和正点率没有保障。ATD-IDSS 应用大数据技术采集、处理、存储、管理、挖掘飞机运行及维护海量数据,实现对飞机健康状态的量化评估,据此进行精准化的智能飞机技术派遣。

基于 ATD-IDSS 的派遣决策过程(见图 2)首先由管理决策人员提交航班派遣任务,融合航班限制信息,形成确切的航班派遣需求;根据派遣需求得到派遣等

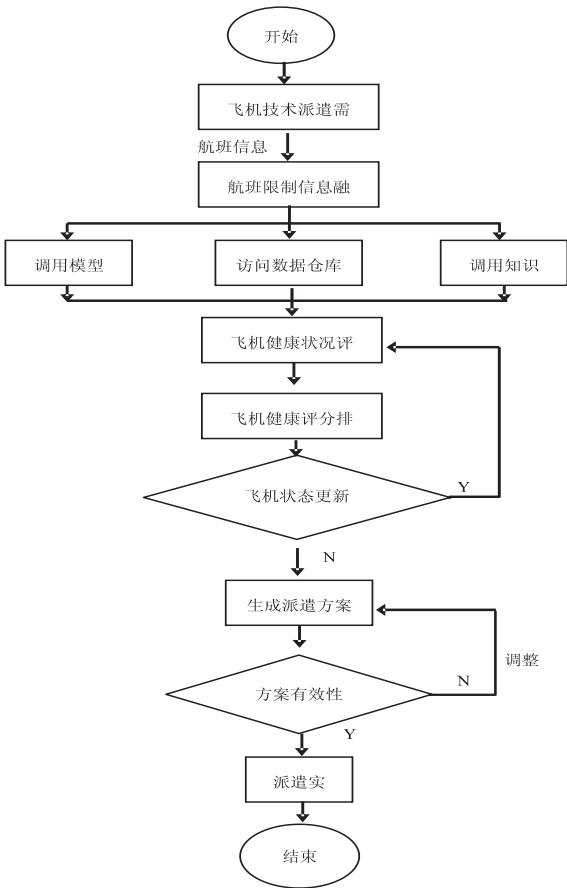


图 2 基于 ATD-IDSS 的飞机技术派遣智能决策过程

级、飞机机型、构型需求,访问数据仓库获取目标飞机的健康大数据;启动推理模块,调用知识库和模型库,根据技术派遣决策需求,确定评估模型,同时调用云计算服务,快速计算飞机健康状况评分;结合航班要求,对飞机健康评分进行排序,并通过可视化界面展示给决策相关人员;检测飞机状态是否发生变化,如若变化则更新数据仓库重新进行飞机健康状态评估并排序,否则,综合分析评分情况和航班限制信息,生成各航班的飞机技术派遣方案,当存在多个航班派遣任务时,调用云计算服务提高系统的并发访问能力;检验派遣方案的有效性,若各航班的飞机派遣存在冲突,则依据航班条件进行协调,调整派遣方案;确定派遣方案后,将决策过程及方案完整地提供给决策人员,准备实施航班飞机技术派遣工作。

3 关键实现技术分析

3.1 数据仓库技术

针对数据来源不同、数据类型多样、数据量巨大的飞机健康大数据,采取分布式存储架构,将其整合到由若干多维数据库构成的数据仓库,提高数据分析的效率。在将数据整合到数据仓库的过程中,对数据进行预处理,为数据挖掘过程做好数据准备,采用统一的数据库接口,方便进行数据管理和调用。由于系统故障、人为失误等原因,飞机运行及维护数据中可能存在大量噪声数据、缺失数据和异常数据等,填补和清理缺失数据,平滑噪声数据,识别、剔除异常分布数据,提升数据质量。

针对飞机技术派遣任务对于数据仓库的访问需求,运用 OLAP 技术进行描述性分析。为满足管理决策人员对飞机健康大数据进行多维数据分析的需要,采取 ROLAP 综合数据组织模式,提取数据仓库中的数据进行集成、转化和综合分析,利用关系数据库中的二维表组织数据,为 ATD-IDSS 提供数据组织和存储的基础。根据不同的功能需求,组成面向全局的多维数据视图,使用户能从多视角、多属性进行数据分析,从不同维度对飞机健康数据进行上卷、下钻、旋转、切片等操作,同时以直观形式显示数据多维分析结果,更好地辅助决策制定。

3.2 数据挖掘技术

大数据的价值产生于数据挖掘过程,数据挖掘又称为数据库中的知识发现,属于数据库、人工智能与机器学习等领域的交叉学科,基于各种统计分析和算法模型,提取隐含在海量数据中有用的关系和模式,达到关联分析、聚类、自动预测趋势等目的。飞机运行及维护海量数据包含了与飞机健康状况相关的信息集合,随着数据量不断积累,数据变得越来越不具有代表性,

很难找到有意义的模式,而数据挖掘提供了能有效挖掘参数关系等规律和知识的数据分析手段。在 ATD-IDSS 中,根据各子系统的功能定义,采用特征提取、神经网络、基于案例推理^[10]、关联规则、聚类等数据挖掘技术实现相应的系统功能。

3.2.1 基于关联规则和聚类的飞机技术参数评估

目前,针对飞机健康评估模型中有关参数设置、权重确定、关键附件甄选等主要通过专业人员的主观经验确定,缺乏理论支持和可靠性。文中利用关联规则分析方法,挖掘飞机各项技术参数之间的潜在关联及其与飞机故障、健康状况的关联模式,作为构建飞机健康评估模型的基础。

基于关联规则的飞机技术参数评估,基本思想是从数据仓库中提取各项参数及对应故障征兆数据,利用 Apriori 算法^[13],将各项参数和故障征兆作为单独项,它们的组合看作项集;连接由参数和故障征兆组合的频繁 k 项集中的项,生成出现概率不小于最小支持度的频繁项集;根据一个频繁项集的任意子集都应该是频繁的,对连接后的项集进行筛选,生成不小于最小置信度的强关联规则。由此得到 ATD-IDSS 数据仓库中存在的关联规则及其置信度,根据置信度高低对规则进行排序,获得飞机技术参数和故障类型之间的对应概率关系,即技术参数对故障发生可能性的影响关系。

由于飞机系统的复杂性,飞机运行相关的技术参数数量庞大,随着飞行时间增长,数据规模也不断扩大,ATD-IDSS 需要高效地完成量化评估任务,分析所有参数的影响显然是不切实际的。利用聚类分析方法,根据飞机运行的技术参数数据和故障信息,对技术参数进行划分,在评估参数对飞机健康状况的影响时,可以按照参数类别进行确定,简化评估模型的构建难度。

基本思想是利用 k 均值算法确定初始聚类中心个数,根据技术参数的数据特征,划分为不同的参数类,选取每个类的中心成为特征参数,作为类的一个索引,在进行参数甄选时参与检索匹配。

3.2.2 基于人工神经网络和案例推理的飞机健康知识挖掘

飞机运行的健康状态受大量复杂因素影响,故障发生具有很大随机性。一个故障征兆可能与多个参数相关,偶然事件对飞机健康状况的影响没有规律性,同时飞机各子系统之间也存在相互关联和影响,种种因素决定了飞机健康评估的复杂性。

采用人工神经网络和基于案例推理结合的智能推理策略(见图 3),对飞机健康状况相关的规则和知识进行挖掘。核心思想是,根据以往不正常航班的故障

信息构建案例库,采用特征提取技术分析各案例的属性特征,应用 CBR 推理挖掘技术参数与飞机故障的关系,形成健康知识库,同时利用 ANN 的智能学习和自适应机制,通过学习训练构建不同索引;在进行飞机技术派遣评估飞机健康状况时,依据飞机技术参数特征,利用索引信息发现相似的故障案例,有效预测飞机的故障概率。

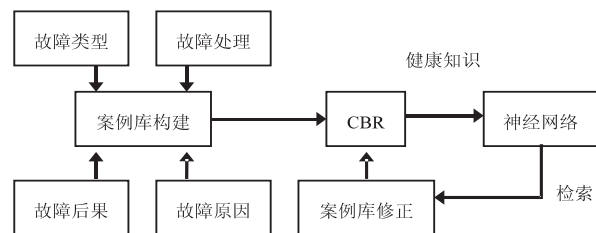


图3 基于人工神经网络和案例推理的推理机模型设计

3.3 云计算技术

基于航空公司对飞机健康大数据的管理需求,运用云计算技术解决 ATD-IDSS 存储数据的容量限制问题,实现同步快速高效的数据处理与分析。

伴随第三次互联网浪潮,云计算成为资源共享、数据高效处理、大规模计算的发展趋势,其强大的存储能力、计算能力以及分布式处理方式为实现 IDSS 的大数据分析及高性能计算提供了解决方案。云计算平台分布在大规模数据中心,实现计算资源的集成和优化、数据中心的分布式管理,具有大规模并行计算与海量数据操作处理能力^[14],非常切合大数据背景下 ATD-IDSS 构建的基本要求。

ATD-IDSS 承担了大数据量的传输任务,云计算将任务分布在由大量计算机构成的资源池上,各应用系统可以依据不同的航班运行要求和决策需求获取所需的计算资源、数据资源和存储资源等,通过任务分解进行资源池上的并行计算,实现高性能计算,从而提高 ATD-IDSS 处理海量数据的能力。

当 ATD-IDSS 执行多个航班的飞机派遣任务时,在大数据背景下,需要建立基于云计算环境的任务调度模型,实现任务的高效调度及云资源的合理分配。可以通过各航班的限制信息,预计飞机健康评估的数据量和计算时间,合理安排派遣任务的科学调度,通过分配虚拟机决定任务执行次序。同时针对可能由于天气等不可控因素致使航班的飞机派遣需求发生变化,云计算可根据需求变化动态划分资源池,提供高效、弹性的决策服务。

4 结束语

随着航空公司日常运行过程中的重要和复杂航班大幅增加、航空公司机队规模持续扩大、飞机运行及维护数据量快速增长,构建智能化的飞机技术派遣决策支持系统成为当务之急。考虑到飞机技术参数的复杂性、飞机运行及维护数据的大数据特征,利用大数据相关技术,充分挖掘潜在的飞机健康状况相关的规律知识,为航空公司管理决策人员提供数据处理分析、健康评估、决策控制等多种功能支持,为进一步开发智能决策支持系统提供基础性研究思路,对实现飞机技术派遣决策的高效性、精准化及智能化具有重要意义。

参考文献:

- [1] Zhang X Y, Chen J S. Decision model of flight safety based on flight event[J]. Physics Procedia, 2012, 33: 462-469.
- [2] 景 博, 汤 巍, 黄以锋, 等. 故障预测与健康管理系统相关标准综述[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(12): 1301-1307.
- [3] 刘 敏, 周桂林. 决策支持系统在航空公司的应用[J]. 计算机工程, 2005, 31: 33-35.
- [4] Wen Z, Liu Y P. Applications of prognostics and health management in aviation industry [C]//Prognostics and system health management conference. [s. l.]: IEEE, 2011: 503-514.
- [5] 谭雪花, 王华伟. 飞机维修方案优化支持系统框架研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(11): 183-186.
- [6] 孟小峰, 慈 祥. 大数据管理: 概念、技术与挑战[J]. 计算机研究与发展, 2013, 50(1): 146-149.
- [7] 袁炳南, 霍朝晖, 白效贤. 飞行试验大数据技术发展及展望[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(6): 1844-1847.
- [8] 曾德华, 郑晓齐. 智能决策支持系统框架研究[J]. 中国电化教育, 2011(6): 113-117.
- [9] 郭宏宁, 南建国, 万 明. 飞行参数数据仓库建模研究[J]. 现代电子技术, 2010, 33(8): 130-133.
- [10] 吴丽娟, 张健宇, 高立新. 基于神经网络和案例推理的智能诊断系统综述[J]. 机械设计与制造, 2009(3): 261-263.
- [11] Miah S J, Ahamed R. A cloud-based DSS model for driver safety and monitoring on Australian roads [J]. International Journal of Emerging Sciences, 2011, 1(4): 634-648.
- [12] 罗 贺, 杨善林, 丁 帅. 云计算环境下的智能决策研究综述[J]. 系统工程学报, 2013, 28(1): 134-142.
- [13] 高宏宾, 张小彬, 杨海振. 一种实时挖掘数据流近似频繁项的算法[J]. 计算机应用, 2008, 28: 219-222.
- [14] 崔 曼, 薛惠峰. 基于云计算的智能决策支持系统研究[J]. 管理现代化, 2014(2): 72-74.