

大数据时代航空公司航班燃油管理模式的建构

辜汝桐^{*} 陈东玲 贾高飞 周爱琳

(中国南方航空股份有限公司,广州 510300)

摘要:在大数据技术高速发展的时代背景下,利用大数据技术解决航班燃油管理中存在的问题,对航空公司节油与安全管理工作具有积极意义。目前,大数据技术在航空燃油管理领域的应用研究还不够深入。因此,本文旨在探讨航空公司燃油管理优化的必要性,分析现有燃油管理策略的局限性,探讨燃油管理中数据的特点,以及构建预测管理模型的框架。同时,本文还将深入讨论基于数据驱动的预测方法如何优化航班放行加油和航班运行监控等燃油管理环节,希望为大数据技术在航空公司的应用提供参考和借鉴。

关键词:燃油管理;大数据技术;机器学习

中图分类号: TP181

文献标识码: A

OSID: 



0 引言

伴随着科技的快速进步,大数据技术已深入到众多行业,并且变成了促进传统技术改善与革新的关键因素。航空业作为一个高度复杂且数据密集的行业,其运营过程中产生了大量的数据,包括航班计划、气象信息、飞行数据等,为航空业的发展提供了宝贵的信息资源。在当前航行燃油管理方面,数据分析应用已经变得至关重要。通过对历史数据的挖掘和处理,对航行过程中的燃油消耗进行复盘,能为航空公司的运营成本控制和航班计划优化提供有力支持。

随着大数据技术的不断进步和应用范围的不断扩大,其在航行燃油预测方面的应用前景变得更加广阔。机器学习等人工智能手段能更好地利用大数据技术提升航行燃油预测的准确性和效率,充分发挥大数据在航行燃油预测中的潜力。通过从系统架构和管理模式等角度出发,研讨大数据手段在航空公司航班燃油管理模式中的应用。

1 基于规章与公式的传统燃油管理策略

图1是全球民航业现行针对航班所需油量的手工飞行计划或者计算机飞行计划的计算模式,由备降场停机坪开始往回推算。国内航空公司在制定航班飞行计划时,必须严格遵循民航规章CCAR121部《大型飞机公共航空运输承运人运行合格审定规则》中对燃油量的规定。在计划阶段,CCAR121部第657条规定:飞机必须携带充足的燃油以保证安全完成飞行并在计划飞行中进行备降。飞行计划中计算的所携带燃油包含^[1]:滑行燃油、航程燃油、不可预期燃油、备降燃油、最后储备燃油与酌情携带燃油。全球各民航管理机构体系下的油量政策虽略有不同,但总体上秉承同一套逻辑与标准。表1总结了国际民用航空组织(International Civil Aviation Organization,简称 ICAO)、美国联邦航空管理局(Federal Aviation Administration,简称 FAA)和中国民用航空局(Civil Aviation Administration of China,简称 CAAC)关于飞机燃油政策的区别。

* 通信作者. E-mail: gurutong@csair.com

引用格式: 辜汝桐,陈东玲,贾高飞,等.大数据时代航空公司航班燃油管理模式的建构[J].民用飞机设计与研究,2024(4):

137-141. GU R T, CHEN D L, JIA G F, et al. Construction of airline fuel management mode in big data era[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2024(4): 137-141 (in Chinese).

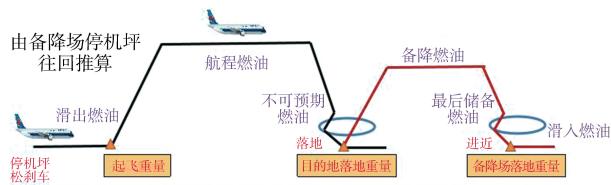


图 1 传统飞行计划计算模式

表 1 全球各民航管理机构的燃油政策总结

燃油类型	ICAO	FAA		CAAC
		国内	国际	
滑行燃油	起飞前耗油	飞往目的地机场所需油量	飞往目的地机场所需油量	起飞前耗油
航程燃油	起飞机场到目的地机场耗油			起飞机场到目的地机场耗油
不可预期燃油	航程燃油的 5%，不低于 5 min 等待耗油	无	10% 的整个航程飞行时间所需的油量	航程燃油的 10%，不低于 15 min 等待耗油
备降燃油	以油量消耗较多的最近备降机场的耗油为准	目的地机场到最近备降机场的耗油	目的地机场到最近备降机场的耗油	目的地机场到最近备降机场的耗油
最后储备燃油	机场上空 1 500 ft, 等待速度飞行 30 min	45 min 巡航油量	机场上空 1 500 ft, 等待速度飞行 30 min	机场上空 1 500 ft, 等待速度飞行 30 min
酌情携带燃油	机长酌情考虑下, 需要额外携带的燃油	出于安全考虑增加的燃油	出于安全考虑增加的燃油	合格持有人决定额外携带的燃油

2 现有管理模式的局限性

在进行航班燃油计算时, 不可预期燃油、备降燃油、航程燃油以及最后储备燃油是基于航空器制造商所提供的图表、公式等形式进行计算的^[2], 例如波音的飞行计划与性能手册 (flight planning and performance manual, 简称 FPPM 手册)、空客飞行机组操作手册 (flight crew operation manual, 简称 FCOM 手册) 中的性能部分章节。由于燃油政策规定, 这部分燃油的油量相对是比较稳定的。而备降场选择、滑行燃油、酌情携带燃油等部分在相关规章中并未有明确的指示性要求, 一般来说需要签派员、机组根据经验判断或协商决定。恰是因为这种经验决策手段, 会导致油量计算与预测的不确定性。

当某航班在燃油携带量上出现问题时, 无论是多带还是少带, 都会对其产生一系列不利的后果。如果航班携带的燃油过多, 从经济角度来看, 这无疑会增加航空公司的燃油成本和运营成本。此外, 多带的燃油还会产生所谓的“油耗油”效应, 即油箱中的油料自重会给运输工具带来额外的负载, 从而进一步导致燃油消耗增加。简单来说, 如果飞机的重量过大, 那么它在飞行过程中所遇到的阻力也会相应增大, 为了克服这些阻力, 发动机需要消耗更多的燃油。以波音 747 为例, 倘若其飞行时长超出 9 h, 每额外携带 3 t 燃油, 将导致飞行过程中至少额外消耗 1 t 燃油^[3]。这些额外的燃油消耗不仅增加了航空公司的运营成本, 还可能迫使航空公司采取更高的机票定价策略, 从而损害广大消费者的利益。

如果航班携带的燃油不足, 从安全角度来看, 可能会导致飞机在飞行中遇到燃油危机, 轻则航班备降, 重则导致最低油量, 影响飞行安全, 这是航空公司所不能接受的风险。因此, 在制作航班飞行计划与制定航空公司燃油携带策略时, 航空公司需要找到一个平衡点, 既要考虑燃油消耗成本, 也要确保飞行安全。这对于现阶段的管理模式与基于经验的人为决策来说是一个巨大的挑战。

3 大数据技术在燃油预测中的应用

在大数据时代, 大数据技术为航空公司的燃油管理提供了新的优化路径。通过收集、整合和分析航班运行过程中的各类数据, 航空公司可以更加精确地预测燃油消耗, 优化航班计划, 降低运营成本, 同时确保飞行安全。从优化燃油预测与计算的精准性角度出发, 构建基于数据驱动的燃油预测模型。

3.1 数据融合

在燃油计算过程中, 航空公司需要重点解决“数据孤岛”问题。航空公司需要收集的数据包括但不限于航班计划、气象信息、飞行数据、飞机性能数据、燃油价格等, 对于直接影响燃油携带量的气象、通告、流控、性能等各类影响因素, 航空公司一般会设立专职部门进行专业化分析。

由于历史原因, 不同信息因素会有不同的数据信息结构表达, 这些信息来源广泛, 格式各异, 给各部门在基于工作需求对各类业务数据进行深入分析时, 带来了挑战。这种状况容易导致数据库的孤立存储和应用, 并且由于专业视角的差异, 不同业

务部门在数据应用上可能会出现显著的偏差。

因此,航空公司在部署数据应用在燃油预测的过程中,需运用大数据技术深度清洗与整合各业务部门的相关数据。在既有数据库的基础上,应构建适配的大数据分析平台,以便实现对非结构、半结构以及结构化数据的全面存储与深入分析^[4],通过结合统计理论、人机交互以及数据完整性保障等技术手段,对共享数据库中的数据进行细致的清洗处理,以消除冗余、失真及冲突数据带来的干扰。同时,基于专家决策意见,为各类数据的转换与融合建立科学、量化的逻辑联系,从而最大限度地挖掘和利用燃油预测中数据的潜在价值。

3.2 模型构建

在构建预测模型的过程中,资深业务专员、算法专家和系统架构师的角色至关重要。通过三者共同协作以确保算法和技术的选型能够充分满足业务需求,同时又能适应现有的数据环境。这要求对现有的航空燃油计算方法模式有深入的理解,明确其优点和局限性,从而能够在现有基础上进行有针对性的改进和优化。

特征选择与模型选择是整个建模过程中的核心环节。为了确保预测的准确性,需要深入分析数据的特性,从中筛选出与燃油消耗紧密相关的特征,如飞行距离、飞行高度、天气条件、飞机重量等^[5]。这些特征的选择不仅基于经验知识,还需要通过数据探索和分析来验证其有效性及相关性。在算法的选择上,需要综合考虑数据的性质、模型的复杂度及可用的计算资源。不同的机器学习算法对数据的适应性和预测性能各有差异,因此需要根据实际情况进行权衡和选择。

在模型初步构建阶段,建模所需的历史数据会通过ETL(Extract-Transform-Load)(提取、转换、加载)^[6]工具被导入到系统中,这些数据随后被存储在关系型数据库或分布式文件系统中,以便进行离线数据分析和建模工作。随着系统正式投入运行,新的实时数据能够被持续写入数据库中,通过不断地数据收集、模型训练和结果预测,形成一个持续迭代的循环过程。机器学习燃油预测模型的构建流程如图2所示,这种连续的数据流使得模型能够周期性地接受新的数据训练,从而构成一个自适应、自我学习的闭环系统。这种闭环机制确保了模型能够不断地优化和更新,以适应外部环境的变化

和数据模式的演进。

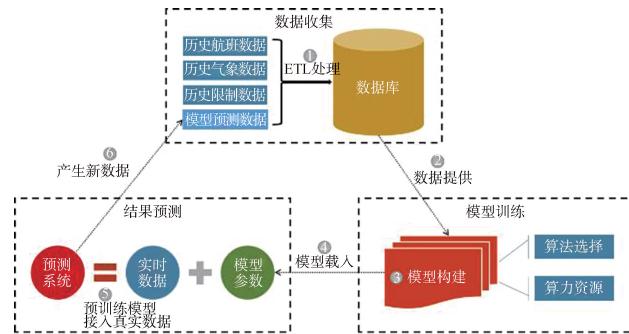


图2 机器学习燃油预测模型构建

3.3 基于数据驱动的燃油管理模式创新

在传统飞行计划计算过程中,签派员通常要借助计算机程序、公式拟合等技术手段来对燃油进行计算预测,然而传统技术方法存在精度低、效率低、成本高等问题,对于航班的高效放行与监控缺乏助力。数据驱动模式下的燃油管理对于航班放行加油、运行监控改进具有明显的优化意义。

3.3.1 航班放行决策

航班放行时,签派员需要为航班选择备降场、计划额外的滑行与酌情携带燃油,以应对可能的天气变化、空中交通延误等不可预测的情况。预测这些额外燃油的需求是确保航班安全和正常运行的关键,由于相关规章无明确的指示性要求,一般来说需要签派员、机组根据经验判断或协商决定。传统的预测方法可能基于固定的规则或经验,但往往无法全面考虑各种动态和复杂因素。机器学习算法在燃油消耗预测中,特别是在航班放行工作中的额外燃油预测方面,具有巨大的应用潜力。通过对历史飞行数据的分析,机器学习模型通过捕捉和分析各种动态因素,以及利用历史数据学习航班在不同运行情况下的燃油消耗模式,可以显著提高酌情携带燃油预测的准确性^[7]。

目前,在学术层面,深度学习、机器学习等大数据预测手段已经能将准确率提高到90%以上^[8-9],其拟合效果也已明显超越了传统计算方法。然而,尽管这些技术在理论上展现出了显著的优势,但是很少有航空公司将其应用于实际的生产环节中。其主要原因有两点:一是机器学习预测等方法无法直观表现燃油预测的逻辑与依据,就如“自动驾驶”一般,从法律的角度来看,这项技术尽管在科技领域颇为先进,却仍未取得“法律

上的认可”,尚未获得正式的法律地位。国内现行民航法律规章对大数据燃油预测的规定基本处于空白状态,对于需要高度可靠性和透明度的航空行业来说,是一个难以接受的问题。航空公司需要知道预测的依据,以便在出现问题时能够找出原因并进行修正。二是大数据预测技术在测试集或实际投产中会展现出比训练集更大的偏差。模型的训练通常基于历史数据,但未来的实际情况可能与历史数据存在很大的差异,这就会导致模型的预测出现偏差。

针对当前这一状况,技术人员必须深入研究大数据预测技术的发展趋势,特别是考虑到机器学习模型在预测逻辑上的非直观性,需要从以下两个方面着手:首先,应致力于研究和发展更易于解释的机器学习模型,如基于知识蒸馏、原型学习等方法;其次,可以通过对大数据的深入分析,提取出与特定航班相似的历史数据,并将其与机器学习模型的预测结果进行对比。这种方法可以从侧面揭示模型的预测逻辑和依据,为签派员提供更直观的历史参考。对于优化模型在实际投产中的表现,一方面可以针对性建立单一航线、单一机型等精准预测的专用模型,通过对不同机型、航线的差异性分析,确认历史训练集是否具备完整全面的特征表达以及历史数据是否能反馈部分难以结构化表达的天气干扰、数据周期等因素。另一方面,可以引入迁移学习技术,通过持续学习和在线学习等方法,使模型能够适应不断变化的实际情况。

3.3.2 航班运行监控

航班运行监控是确保航班安全、准时和高效运行的重要环节。在传统的航班运行监控中,签派员主要依赖经验、固定的监控规则和实时飞行数据来进行监控和决策^[10]。然而,这种方式难以应对复杂多变的飞行环境和突发情况,也无法实现对航班燃油消耗等关键指标的精准控制。

数据驱动模式下的航班运行监控,通过深度挖掘和分析大量历史飞行数据,为航班运行提供了全新的油量预警和异常检测机制。这种机制利用机器学习算法从历史数据中学习航班运行的规律,并结合航空器实时传输的飞机通信寻址与报告系统(aircraft communications addressing and reporting system,简称 ACARS)、自动相关监视广播(automatic dependent surveillance broadcast,简称 ADS-B)数据,

可实现对航班关键低油量位置的精准预判^[11]。通过地面系统的实时监控和预警,签派员能够及时发现并处理潜在的低油量风险,从而有效避免因油量短缺而引发的不安全事件。

基于此数据驱动模式下的航班运行监控还具备整合实时天气数据、交通流量数据等外部信息的能力,为航班运行环境提供全面的感知和预测。这可以为签派员提供更加全面和准确的信息支持,例如,在航班需要备降的情况下,通过精准的态势感知,可以对不同备降场选择下的燃油消耗概率和数值进行预测,从而为签派员提供科学、及时的决策支持。这种数据驱动的方法不仅提高了航班运行监控的准确性和效率,还为航空运营带来了更加智能和高效的管理模式。

4 结论

在大数据时代,航空公司的燃油管理正迎来由数据驱动的新模式,这既是机遇,也是挑战。通过收集、整合和分析海量数据,航空公司能够更精确地预测燃油消耗,优化航班计划,降低运营成本,同时确保飞行安全。然而,数据驱动模式下的燃油管理也面临着数据质量、数据安全性、算法准确性等挑战。因此,航空公司必须持续探索和创新,以完善大数据技术支持下的燃油管理体系,为航空业的可持续发展贡献力量。

随着大数据技术的持续进步和应用领域的拓展,数据驱动模式下的燃油管理将趋向更加智能化、自动化和精细化。同时,新能源飞机和绿色飞行技术的不断发展和应用,将为航空公司的燃油管理带来新的机遇。面对这些变化,航空公司需要保持敏锐的市场洞察力和创新能力,不断适应并引领行业发展的新趋势。

参考文献:

- [1] 交通运输部.关于修改《大型飞机公共航空运输承运人运行合格审定规则》的决定 [J]. 中华人民共和国国务院公报,2021,1733(14):55-56.
- [2] 严凯祥,张琼.航空公司计算机飞行计划应用与探讨 [J]. 中国航务周刊,2022(31):64-65.
- [3] 万庆朝.实施计算机飞行计划(CFP)对航班油量的影响 [J]. 中国民用航空,2006(2):49-51.
- [4] 梁哲敏.基于数据融合的机器学习组合模型对航班起飞延误可解释预测的研究 [D]. 海口:海南大

- 学,2023.
- [5] 曾国文,梁华生,钟玲.基于大数据ETL引擎的批量智能开发平台研究[J].电信工程技术与标准化,2024,37(3):20-25.
- [6] 吴子轩,张宁,高凯烨,等.基于风险偏好调整的随机森林算法的航班航程油量预测[J].航空学报,2022,43(2):292-301.
- [7] 曾振华,王航臣.航空公司运行全链条节油策略研究[J].民航管理,2023(12):71-73.
- [8] 杨俊,张恒,钱宇.基于GA-BP模型的国产民机落地剩油预测研究[J].计算机仿真,2023,40(11):41-45.
- [9] 赵元棣,王中义.基于卷积神经网络的飞机燃油消耗预测方法[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2023,42(8):125-131.
- [10] 樊刘亿,郑智明,薛飞,等.基于成本指数的民机四维航迹预测优化算法[J].民用飞机设计与研究,2020(2):85-91.
- [11] 张丹妍,史达亮,熊伟.基于航迹质量评估的雷达和ADS-B数据融合方法[J].航空工程进展,2024,15(2):173-178.

作者简介

辜汝桐 男,本科,情报工程师。主要研究方向:大数据分析。E-mail: gurutong@csair.com
 陈东玲 女,本科,情报工程师。主要研究方向:公司航路优化、新技术应用。E-mail: chendl@csair.com
 贾高飞 男,本科,情报工程师。主要研究方向:公司航路优化、区域运行分析。E-mail: jiagf@csair.com
 周爱琳 男,本科,情报工程师。主要研究方向:机载导航数据库、航司运行管理。E-mail: zhoulilin@csair.com

Construction of airline fuel management mode in big data era

GU Rutong^{*} CHEN Dongling JIA Gaofei ZHOU Ailin

(China Southern Airlines, Guangzhou 510300, China)

Abstract: In the era of rapid development of big data technology, utilizing big data technology to address issues in flight fuel management holds positive implications for airlines in terms of fuel conservation and safety management. Given the current lack of depth in research on the application of big data technology in airline fuel management, the importance of optimizing airline fuel management and the limitations of existing fuel management strategies are addressed. An analysis is conducted on the characteristics of data in fuel management, along with the framework for constructing prediction management models. Furthermore, an exploration is undertaken into the optimization significance of data-driven prediction methods for fuel management tasks such as flight release refueling and flight operation monitoring. This paper aims to provide a reference for the utilization of big data technology in airlines.

Keywords: fuel management; big data technology; machine learning

* Corresponding author. E-mail: gurutong@csair.com