文章编号：2096-1472(2019)-08-10-03　DOI:10.19644/j.cnki.issn2096-1472.2019.08.004

大数据技术在民航空管战术流量管理系统的应用

韩剑峰
(中国民航华东空管局设备维修中心，上海 201702)

摘　要：随着我国航空事业的快速发展，飞行流量与保障能力、空域容量之间的矛盾日渐突出。本文分析现状并提出相应的解决方案，基于大数据技术实现一套用于民航空管战术流量管理的信息系统。该系统能够帮助空管决策者在流量管理战术阶段调整航班的起飞策略从而平衡空域的流量和容量，避免空中交通拥塞，减少航班地面等待的时间，实现空域资源的有效利用，最终提高空管单位的管制服务质量及航班旅客的出行体验。

关键词：数据挖掘；空管战术流量；关联存储
中图分类号：TP399　**文献标识码**：A

Application of Big Data Technology in the ATC Tactical Flow Management System for Civil Aviation

HAN Jianfeng
(*CAAC East China Air Administration Equipment Maintenance Center*,*Shanghai* 201702,*China*)

Abstract: With the rapid development of China's aviation industry,the contradiction between flight flow,support capacity and airspace capacity has become increasingly prominent.This paper analyses the current situation and puts forward corresponding solutions,and realizes an information system for tactical traffic management of civil aviation air traffic control based on big data technology.The system can help air traffic control decision-makers adjust flight takeoff strategy in the tactical stage of traffic management so as to balance airspace traffic and capacity,to avoid air traffic congestion,to reduce flight ground waiting time,to realize effective utilization of airspace resources,and ultimately to improve the quality of air traffic control services as well as flight passenger travel experience.

Keywords:data mining;ATC tactical flow;associated storage

1　引言(Introduction)

当前空中交通管制工作急需解决的问题是，改变目前以人工计算和管制经验发布流量管制策略的方式，通过信息集成度高、智能化、适应复杂航空运行环境的系统工具分析海量航空运行数据，提出最符合实际运行情况的流量管制调整方案[1,2]。

本文研究构建一个基于大数据技术的空管战术流量管理系统，通过采集、计算、归类、挖掘等手段在海量数据中找到数据的价值，分析当前的航空运行态势，预测未来一段时间内的区域航空流量，快速实时的为用户提供决策依据。流量管理用户通过系统可达到：平衡空域流量和容量，流量管理将从当前的单纯调整航班流量转变成为流量与容量协同调整；提供分析决策辅助工具，采用多种分析、预测、决策支持工具，辅助工作，避免空中交通拥塞，减少航班地面等待事件，实现空域资源的有效利用并提高航空旅客的出行满意度[3,4]。

2　战术流量管理系统的构建(Construction of the tactical flow management system)

战术流量管理要遵循发现问题−分析问题−解决问题的科学思路，首先从时间和空间上对已经或即将出现的容量与流量的不平衡问题进行定位，然后对产生问题的原因进行分析从而制定和实施相应的流量管理策略和措施。在实施过程中要根据环境变化和各方的反馈进行不断的调整，管理过程结束后还要进行适当的数据分析与总结[5,6]。因此，空管战术流量管理系统应具备以下功能：

(1)结合大数据技术，预测未来一定条件下的空域流量

预测空域流量是流量管理系统的核心难点，必须综合考量各项影响航班飞行轨迹、速度、高度的因素，如航班计划

航路、航行情报、气象、各管制单位发布的航路限制等。这些因素有的是可以通过固定算法进行计算，有些则无法预知确切影响范围和数值，只能通过大量的数据经验积累及数据挖掘算法得出最有可能接近实际量的预测数值，而这些预测数值对于战术流量管制工作至关重要。

(2)能够给出解决冲突的调整策略

战术流量管理主要分为起飞前管理方法和飞行中管理方法，本文研究的系统主要是进行起飞前管理，其主要管理手段为：地面延误程序、改变计划航路、地面停止、用户取消和代替航班。

在得到精确未来空域流量之后，系统就能准确地评估出空域流量与容量是否冲突，做出合理的战术调整如改变计划航路、取消航班等，并准确地给出地面航班的预计起飞时间。同时，明确地面航班起飞时间，减少航班关舱门等待时间。同时对于在预测计算中超长时间延误的航班，给予相关航空公司取消或调换航班的建议。

如此，在解决空域冲突的同时，也给予航空公司和旅客明确的航班计划安排。航空公司可以提前进行航班内部调整并及时与旅客沟通，旅客也能获得最真实可靠的航班信息调整自己的出行安排。因此，系统在提高空管管制效率的同时，也能提高民航其他单位的工作效率，提高旅客的出行满意度，最终达到多赢的运行效果。

(3) 通过大数据积累与挖掘，不断自学习优化调整方案

系统给出的战术流量调整方案不应该是一成不变的，而是能够在长期运行中不断积累数据，通过人工和自动的数据统计分析自学习得到的一套根据外部条件变化而变化的调整方案，是理论联系实际的充分体现。管制人员通过系统，定期总结各项方案在不同运行条件下产生的运行效果，提高方案细节。为之后复杂运行条件，提供多样性的方案模板及调整措施。系统应为管制人员提供强有力的管制工具箱，极大程度改变以往流量管制工作依靠管制经验和人脑计算的传统模式。以精密的系统计算，减少传统模式中可能存在的“错、忘、漏”现象，在提高流量管理工作生产效率的同时增加安全性和可靠性。

经过以上分析，本文所研究系统应具备以下模块：

(1) 数据引接、处理、融合

预测空域流量所需要的业务数据包括航班计划、雷达、预计航路、航行情报、气象、空域基础数据等信息。这些从不同系统引接得到的不同格式的业务数据需要经过有效的数据解析、数据清洗、数据融合才能更加高效地加入空域预测计算中。

(2)战术流量策略调整

首先应建立航班飞行经验数据库，通过海量的数据积累，存储和总结出航班飞行经验数据库，以航班机型、航线走向、飞行高度、不同季节、航行情报等多维度精确区分飞行器在各种外界条件下的飞行数据，以此在复杂条件下获得准确的航班飞行轨迹与飞行时间预测。

扇区流量预测模块通过已有航班业务数据结合航班飞行经验数据库得到精确的未来扇区流量预测，可精确预测到每架航班进出扇区的时间。

扇区流量监控界面，可以直观地向用户展示未来一段时间关注战区的扇区流量及航班列表。

扇区容量告警模块，基于预测的扇区流量数据与用户设置的扇区容量门限阀值，当外界影响因素诸如气象、航路、外区流量限制变化而产生扇区流量变化时，可能会产生预测流量大于扇区预设容量的情况，而此时系统应及时提醒管制员进行必要的策略调整。

(3)战术流量策略管理

用户可以使用灵活的战术策略调整未来一段时间内的预期空域流量，以达到空域流量小于容量的运行效果，并将这些准确的航班生命周期时间传送给民航各管制单位。这些战术策略可以市系统计算推荐的，也可以是管制员手工修正的。

系统的具体功能结构图如图1所示。

图1 系统功能结构图

Fig.1 System function structure

3 数据挖掘技术的应用(Application of data mining technology)

数据挖掘是从大量的、不完全的、有噪声的、模糊的、随机的数据中提取正确的、有用的、未知的、综合的，以及用户感兴趣的知识，并用这些知识建立用于决策支持的模型，提供预测性决策支持的方法、工具和过程；是利用各种分析工具在海量数据中发现可以被企业用来进行预测、分析风险的模型的过程[7]。

系统的数据挖掘模型如图2所示，首先我们采集海量的航班运行相关数据，在统一的数据平台上进行数据的整合，将这些杂乱无章的航班运行相关数据围绕航班生命周期重新排列、组合，提高数据的关联性可挖掘性。其次建立并存储主题库和各种经验数据库，这些数据库的建立可以有效提高数据挖掘的运算效率。最后，经过数据清洗、分类、聚合、归纳后，

产生计算模型库和知识库，为系统应用层提供数据支撑。

系统应用层包含统计分析、实时监控、策略管理、流量预测等模块，为了提高这些运行模块的计算高效性和系统操作响应，我们也根据每一个系统模块定制了数据的存储、关联、计算及展现形式。如扇区流量监控等实时类数据，系统着重在当前时间至24小时内进行数据的计算、关联及存储，用户的操作响应可以在毫秒级。策略管理模块则是采集了海量运行数据进行关联、挖掘计算，这是为了给决策者提供多维度、多角度的参考信息。

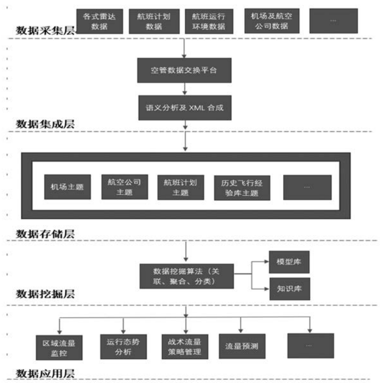

图2 系统的数据挖掘模型

Fig.2 Data mining models of tactical flow management system

4 系统的应用(Application of the system)

本文所研究的系统在上海空管流量管理中心流量管理室作为辅助生产系统使用，其主要用户是流量管制员和流量管理策略决策发布者。系统应用以来极大程度地解决了以往流量管理工作信息孤立、集成度不高的运行缺点，以高精密的数据计算代替了老旧的人工经验计算模式，大幅提高系统生产运行数据的有效性和准确性。

本系统针对战术流量管理工作的应用功能主要有：

(1)区域流量监控功能

如图3所示区域流量监控的主要子功能有：空中航班、地面航班、延误航班、流量限制、扇区超量、定制监控。选择子类系统进入相应子类界面。用户可以直观的在该界面中监控所关注扇区的航班信息及流量情况。

Fig.3 Regional flow monitoring

(2)订制区域流量监控告警功能

该模块提供用户自定义流量监控功能，如图4所示，用户可以根据不同的区域、起飞机场、落地机场、飞行航路点、监控时间步长等多维度、多角度数据进行自由设置，制定灵活的监控模板。系统根据用户的监控设定，对海量数据进行多维度分析计算，再进行相应的业务告警。

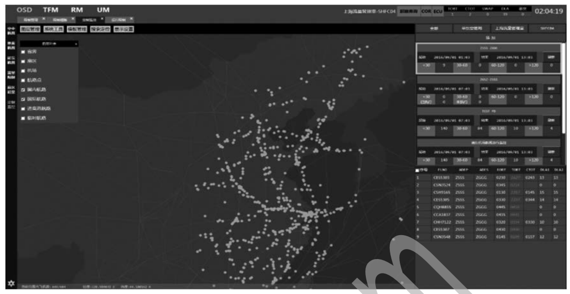

图4 区域流量监控订制告警

Fig.4 Formulated alarm for regional traffic monitoring

(3)战术流量策略管理

该功能模块用于对限制和通行能力全面监控和功能操作，如图5所示。

图5 战术流量策略管理

Fig.5 Tactical flow strategy management

其子功能界面包括：航班列表、流量监控、容量调整、过点态势。

柱状图显示：通过柱状图显示通行能力或运行限制内的航班量情况，如图6所示。

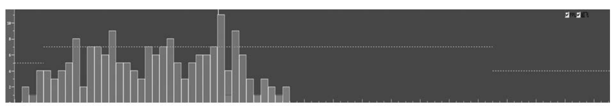

图6 通行能力柱状图

Fig.6 Capacity histogram

容量显示：在柱状图中橙色虚线标识该限制或通行能力的容量。不同的时间段，容量会按实际设置变化。

用户在该界面中可以看到系统给出的流量管理策略下的区域流量与容量间的关系，在系统告警流量超标时可通过手动调整策略，实现区域流量与容量的平衡。

5 结论(Conclusion)

本文研究的战术流量管理系统，通过对多维度航班运

行数据进行数据挖掘、分析计算，预测在未来一段时期内可能的扇区流量情况，并给出建议的流量管理策略，用户可以在此基础上进行微调来达到满意的流量管理调控效果。该系统自2016年在华东空管流量管理室运行至今，取得了令人满意的运行效果也在一定程度上提升了空管流量管制的服务质量。在与航空公司、机场等民航单位协同工作下，实现信息共享、提高航班放行的准确度，取得了节能减排及提升旅客出行满意度的社会效应。

目前，空管大数据的研究仍处于起步阶段，研究不够全面与深入，阶段性研究成果也不够成熟[8]。本文所研究的系统仅涉及部分空管区域的部分业务场景，后续仍需在更多空管业务领域进行广度及深度的业务研究与应用。

参考文献(References)

[1] YANG RuoShi.Study of Xinjiang Civil Aviation Air Traffic Management Information System Design and Construction Strategies[D].2016:1−4.
[2] YAO yi.Research on the prediction method of probabilistic traffic demand of enroute sector[D].2018:1−7.
[3] NIU W S.intelligent air passenger transportation system utilizing integerated space ground information network[J].Acta Aeronautica et Astronautica sinica,2019,40(1):9−10.
[4] 张晨,凌帆.美国空管大数据应用研究[J].创新科技,2017(6):94−96.
[5] 石静静,王书真,王艳佩.基于大数据的数据挖掘技术探讨[J].数字技术与应用,2016(03):247.
[6] 周烈瑜.大数据技术在空管系统的实际应用探讨[J].科技资讯,2016(11):8−9.
[7] 张利强,张融.民航空管大数据平台研究与设计[J].中国新技术新产品,2017(6):11−12.
[8] 严勇杰,丁辉.空管大数据价值在业务运行中的体现[J].指挥信息系统与技术,2019(2):10−11.

作者简介：

韩剑峰(1980−)，男，硕士，软件工程师.研究领域：空管信息系统设计，软件开发.

(上接第20页)

参考文献(References)

[1] QA C用户手册[M].北京:北京旋极信息技术股份有限公司,2010.
[2] 朱少民.软件测试方法和技术[M].北京:清华大学出版社,2005.
[3] 中国人民解放军总装备部.GJB Z141−2004军用软件测试指南[S].2004.
[4] K.Mustafa,R.A.Khan.软件测试:概念与实践[M].北京:科学出版社,2009.
[5] 中国人民解放军总装备部.GJB 2786A−2009军用软件开发通用要求[S].2009.
[6] 罗西,殷静,王川.嵌入式软件覆盖测试[J].数学技术与应用,2017(8):142−144.
[7] 黄涛,孙罡,同向楠.嵌入式软件测试方法与技术[J].电子技术与软件工程,2018,134(12):228.
[8] 中国人民解放军总装备部.GJB 438B−2009军用软件开发文档通用要求[S].2009.
[9] 张倩倩,赵星汉,高湘飞.软件测试用例的设计方法[J].电子技术与软件工程,2018,133(11):76−77.

作者简介：

刘　佳(1985−)，女，硕士，工程师.研究领域：嵌入式软件测试及配置管理.
杨永文(1988−)，男，硕士，工程师.研究领域：嵌入式软件测试.
李金华(1982−)，女，硕士，高级工程师.研究领域：嵌入式软件测试.

(上接第39页)

[8] 程楠.一种基于大数据技术快速处理医疗文本的方法[J].中国数字医学,2017,12(09)45−46;58.

作者简介：

洪小娟(1975−)，女，硕士，副教授.研究领域：网络舆情，知识产权.
宗江燕(1996−)，女，硕士生.研究领域：网络舆情，知识产权.
于建坤(1991−)，男，本科，初级工程师.研究领域：软件工程，网络舆情.
黄卫东(1968−)，男，博士，教授.研究领域：网络舆情，数据挖掘.