

doi: 10.7690/bgzd.2021.10.012

基于多源信息融合的飞行安全评估模型

王凤芹¹, 徐廷学², 赵媛¹

(1. 海军航空大学航空基础学院, 山东 烟台 264001; 2. 海军航空大学岸防兵学院, 山东 烟台 264001)

摘要: 为充分利用飞行大数据实现其数据价值, 构建基于多源信息融合的飞行安全评估模型。将飞行过程中全时空、全方位、全要素数据进行汇聚整合, 设计多源异构飞行大数据云平台的逻辑架构; 建立基于多源信息融合的飞行安全评估模型, 通过 3 层信息融合实现对飞行大数据的深度挖掘分析、融合, 识别飞行训练的风险源, 确定风险等级, 并将分析结果可视化。该模型可为飞行训练管理、飞行安全评估和风险预警提供辅助决策支持, 确保决策有规律可循, 有数据可依, 进而提升飞行训练安全管理水平。

关键词: 飞行安全评估; 信息融合; 飞行大数据; 数据挖掘; 飞行风险评估

中图分类号: V247.5 **文献标志码:** A

Flight Safety Assessment Model Based on Multi-source Information Fusion

Wang Fengqin¹, Xu Tingxue², Zhao Yuan¹

(1. College of Basic Sciences for Aviation, Naval Aviation University, Yantai 264001, China;

2. College of Coastal Defense, Naval Aviation University, Yantai 264001, China)

Abstract: In order to make full use of flight big data to realize its data value, a flight safety assessment model based on multi-source information fusion is constructed. The data of all time, space, all directions and all elements in the flight process are gathered and integrated, and the logical architecture of multi-source heterogeneous flight big data cloud platform is designed; the flight safety assessment model based on multi-source information fusion is established, and the deep mining analysis and fusion of flight big data are realized through 3-layers information fusion, and the risk sources of flight training are identified, the risk level is determined, and the analysis results are summarized by visualization. The model can provide decision support for flight training management, flight safety assessment and risk early warning, and ensure that the decision-making has rules and data to follow, so as to improve the level of flight training safety management.

Keywords: flight safety assessment; information fusion; flight big data; data mining; flight risk assessment

0 引言

随着计算机、人工智能、通信、自动控制和电子信息等技术的不断进步与发展, 无人机技术不断成熟。由于其体积小、重量轻、油耗低、运行成本低、航程远、机动性强及保障要求低等优势, 在民用和军用领域都得到了广泛应用: 在民用领域被用来完成影视拍摄、植物保护、森林消防、应急救援等工作; 在军事领域主要被用来完成侦察、电子干扰和目标打击等作战任务。无人机在发挥重大作用的同时, 其面临的安全问题也日渐突出。关于无人机飞行安全的研究成为近几年的研究热点。何道敬等在文献[1]中阐述了无人机所面临的信息安全威胁和无人机安全及管理的未来研究方向; 聂相田等^[2]借助灰色模糊理论构造了无人机飞行安全模糊评价模型; 杨敏^[3]针对无人机与民航客机碰撞风险问题进行建模, 利用计算机仿真技术, 建立了基于

纵向、侧向、垂直方向 3 个维度上的最小安全间隔, 并构建软件, 为无人机的安全风险评估提供了基础。借助无人机飞行大数据进行数据分析挖掘, 开展无人机飞行安全评估的研究还较少。

当前, 无人机上设置了大量传感器, 硬件上利用传感器、大气机和总线等设备提供信号, 软件上借助机载飞参系统、舱音记录系统、视频系统和地面数据链系统收集数据, 地面站获取的无人机数据日益增多, 形成了飞行大数据。这些数据中蕴涵着各种有价值的信息, 如飞机的健康状态、各设备的性能状况等。如何从量大、类型繁多的飞行大数据中, 监控飞行状态, 给出飞行安全风险预警, 是当前飞行安全领域的一大研究课题。

1 大数据环境下飞行安全评估存在问题

1.1 飞行安全的定性评估方法未充分利用数据

目前, 飞行安全采用“凭经验”的定性评估方

收稿日期: 2021-06-19; 修回日期: 2021-07-20

基金项目: 长贮装备相关性竞争失效建模与动态环境下寿命预测(51605487); 基于加速因子不变理论的加速退化试验建模、分析与优化设计(51975580)

作者简介: 王凤芹(1982—), 女, 山东人, 博士, 副教授, 从事装备保障信息化、大数据分析与应用研究。E-mail: nudtwangfengqin@163.com。

法，没有充分利用飞机各系统采集到的大数据信息。一方面造成评估过于主观性和片面性；另一方面，飞行大数据内部蕴含的有效信息没有得到充分的挖掘和利用。

1.2 小样本数据的飞行安全评估不全面

随着飞机系统的组成结构趋于复杂和飞行参数数据的不断丰富，采用人工判读、超限事件判别等相对简单的评估方法，只针对了部分小样本数据，造成评估结果不够全面。充分利用飞行大数据，借

助基于神经网络的深度学习技术，让机器通过不断学习，可以得到更全面、更客观的飞行安全评估结果。

2 飞行大数据云平台架构

为充分利用飞行大数据，实现数据价值，首先需要构建飞行大数据云平台。如图 1 所示，平台架构主要包括飞行大数据采集层、飞行大数据处理层和飞行大数据应用层 3 个层次^[4-9]。

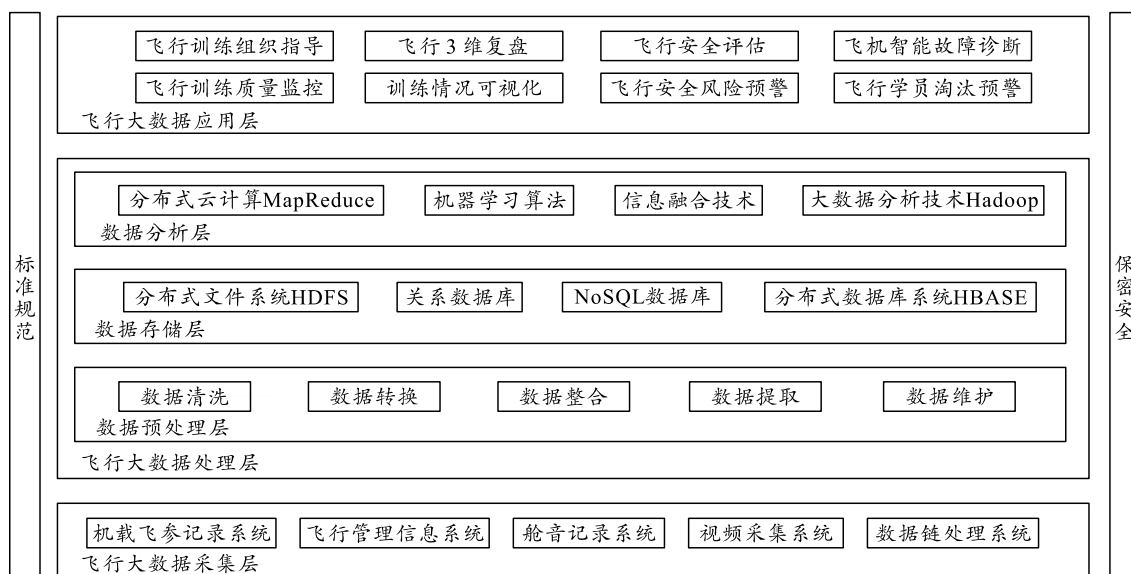


图 1 飞行大数据云平台逻辑架构

2.1 飞行大数据采集层

飞行大数据采集层主要借助各种传感器、数据链和通信网络，通过“机载飞参记录系统”“飞行管理信息系统”“舱音记录系统”“视频采集系统”“数据链处理系统”等信息系统，将飞机飞前、飞中到飞后全过程的所有飞行相关数据采集到飞行管理数据中心，包含了“人-机-环”闭环结构中多维度、多类型的数据，为数据分析处理提供数据基础^[10]。

2.2 飞行大数据处理层

大数据处理层以数据采集层获得的数据作为输入，经过数据预处理层对采集的数据进行预处理，然后选择合适的数据库系统存储数据，再根据数据应用从数据存储层提取对应数据进行分析处理，处理结果可为各种飞行管理应用提供辅助决策支持^[4]。

2.2.1 数据预处理层

数据采集层获得的数据来源于不同的信息系统，同时各种传感器信号的不稳定性使得采集到的

数据存在野值数据、空值数据等异常数据问题，数据的多样性和不一致性要求数据必须经过预处理才能进行存储和分析。数据预处理层以数据采集层获得的数据作为输入，对数据进行数据清理、数据转换和数据整合等步骤后，输出到数据存储层进行存储^[11-12]。数据清理主要是将无效、异常和冗余数据删除；数据转换是指填补空值数据、同类数据字段转换为同一字段；数据整合是指将来自不同信息系统的数据进行整合，按照域进行划分；数据提取和数据维护是在后期数据应用过程中，不断根据飞行业务决策需求进行的数据操作^[4-9]；数据提取是指从数据仓库中，提取出业务决策应用所需数据；数据维护是指为保证数据的可用性，对数据适时地进行备份操作^[4,13]。

2.2.2 数据存储层

数据存储层以数据预处理层处理后的数据作为输入，将数据按照飞行业务域进行存储，根据各类数据特点，分别选择合适的数据存储系统进行数据

存储。对于独立文件数据如标准规范文件、图片、视频、音频等采用分布式文件存储系统 (hadoop distributed file system, HDFS)；对于结构化的飞参数据、环境数据、飞机训练管理数据采用关系型数据库系统；对于数据量非常大的表采用非关系型 NoSQL 数据库系统；对于分布在各个单位的数据采用分布式数据库系统 HBASE 进行存储^[4-5]。

2.2.3 数据分析层

数据分析层依据飞行大数据层的应用需求，从大数据存储层提取数据，借助大数据分析算法，包括有监督学习算法、半监督学习算法和无监督学习算法，采用信息融合技术，分析飞行全过程中的历史数据，找出飞行安全的关键参数及其变化规律，研究各参数之间的数据关联规则^[4-6]。

2.3 飞行大数据应用层

飞行大数据应用层主要包括“飞行训练组织指导”“飞行训练质量监控”“飞行 3 维复盘”“飞行安全评估”“飞行风险预警”“飞机智能故障诊断”和“飞行学员淘汰预警”等方面应用。通过飞行大数据的分析挖掘，辅助各级决策者开展依据数据决策的实践，提高飞行安全管理水平。

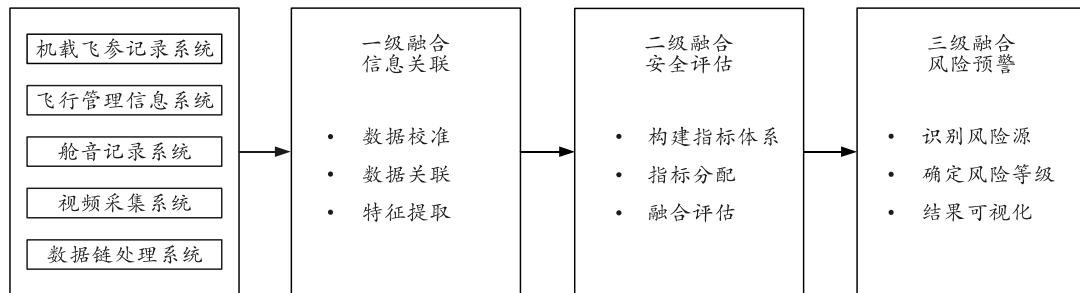


图 2 基于多源信息融合的飞行安全评估模型

一级融合信息关联主要包括数据校准、数据关联和特征提取 3 个步骤。数据校准是为各个系统获得的数据建立共同的数据基准，包括将数据变换到同一坐标下、相同物理量单位的统一等^[11]；数据关联是将各个系统得到的数据相关信息建立关联关系；特征提取是指从多变量中提取与飞行安全相关的特征参变量。

二级融合安全评估主要包括构建飞行安全指标体系、合理分配指标所占权重和依据指标值及其权重进行融合评估 3 个步骤。

三级融合风险预警主要包括识别风险源、确定风险等级和评估结果可视化展示 3 个步骤。其中，飞行安全风险评估结果可视化是指设计与飞行安全

3 飞行大数据云平台架构下的飞行安全评估模型

3.1 飞行大数据多源信息融合技术

Bar-Shalom 教授最早提出了多源信息融合理论，在文献[6]中多源信息融合理论定义为：“以不同传感器获得的信息资源作为输入，通过在一定准则下的信息分析与综合，输出满足任务需求的对被测对象的一致性解释与描述”。随着信息技术的飞速发展，多源信息融合不再局限于多传感器信息的融合，其外延不断扩大，可将结构化数据与非结构化的文本、图像、模型、知识等多种信息进行融合，以获得更有价值的信息^[14-17]。

飞行大数据多源信息融合是对机载飞参系统、舱音记录系统、视频系统和地面数据链系统获取的数据进行信息综合分析利用，给出飞行安全评估结果，识别飞行安全中的风险源，确定飞行风险预警，并提出预防与控制措施，进而有效控制飞行训练风险，提升飞行训练安全管理水平^[18-20]。

3.2 飞行安全评估模型构建

如图 2 所示，基于多源信息融合的飞行安全评估模型包括三级融合。

相对应的可视化图形，采用图形几何变换和曲线拟合变换等技术手段，给出飞行安全风险预警提示，以辅助飞行训练决策，促进飞行安全管理方式的科学发展。

4 结束语

为充分利用飞行大数据实现其数据价值，笔者首先设计了飞行管理大数据云平台架构，将飞行过程中全时空、全方位、全要素数据进行汇聚整合，构建多源异构的数据云平台；在该架构下建立了基于多源信息融合的飞行安全评估模型，通过三层信息融合实现对飞行大数据的挖掘分析、融合，识别飞行训练的风险源，确定风险等级，并将分析

结果可视化,为飞行训练管理、飞行安全评估和飞行预警提供辅助决策支持,确保决策有规律可循,有数据可依,进而提升飞行训练安全管理水平。下一步,基于该模型还要开展基于多源信息融合方法的深入研究,推进飞行大数据技术在飞行安全管理中的应用与实践。

参考文献:

- [1] 何道敬,杜晓,乔银荣,等. 无人机信息安全研究综述[J]. 计算机学报, 2019, 42(5): 1076-1090.
- [2] 聂相田,施楠,范天雨,等. 基于灰色模糊理论的航测无人机飞行安全风险评价[J]. 华北水利水电大学学报(社会科学版), 2018, 34(3): 14-18.
- [3] 杨敏. 无人机与民航客机碰撞安全风险评估[D]. 广汉: 中国民用航空飞行学院, 2019.
- [4] 王凤芹,徐廷学,张燕红. 导弹健康管理大数据云平台架构研究[J]. 航空计算技术, 2016, 46(2): 102-105.
- [5] 周江,王伟平,孟丹,等. 面向大数据分析的分布式文件系统关键技术[J]. 计算机研究与发展, 2014, 51(2): 382-394.
- [6] BAR-SHALOM Y, TSE E. Tracking In A Cluttered Environment With Probabilistic Data Association[J]. Automatica, 1975, 11(5): 451-460. DOI: 10. 1016/0005-1098(75) 90021-7.
- [7] EARL L, MURRAY P S, BATES P R. Line Operations Safety Audits (LOSA) for the management of safety in single pilot operations (LOSA: SP) in Australia and New Zealand, Aeronautica[J]. Aeronautica, 2011(1): 1-7.
- [8] The Case for an Industrial Big Data Platform Laying the Groundwork for the New Industrial Age[R]. GESoftware.

(上接第 51 页)

参考文献:

- [1] 曲志刚,武立群,安阳,等. 超声导波检测技术的发展与应用现状[J]. 天津科技大学学报, 2017, 32(4): 1-8.
- [2] 徐宁,吴永海,王永娟,等. 基于铬层与基体结合部疲劳损伤的转管机枪身管寿命预测研究[J]. 兵工学报,

com, 2015.

- [9] YING Y, CAO Y, LI S, et al. Nonlinear Steady-State Model Based Gas Turbine Health Status Estimation Approach with Improved Particle Swarm Optimization Algorithm[J]. Mathematical Problems in Engineering, 2015(3): 940757.1-940757.12.
 - [10] 高红旭,康永,郭芑. 大数据技术在民航空管监控系统中的应用[J]. 现代导航, 2015, 6(2): 144-149.
 - [11] 李丰博. 视频融合后的雷达目标跟踪方法研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2009: 6-9.
 - [12] 芮祥麟. 大数据在航空业的应用[J]. 软件和信息服务, 2015(2): 66
 - [13] 王凤芹,李璵,张正霞. 大数据时代学员课程学习成败预测研究[J]. 计算机工程与科学, 2016, 38(1): 309-311.
 - [14] 杨柳. 基于大数据视角下的民航营销工程研究[D]. 广汉: 中国民用航空飞行学院, 2015.
 - [15] 周萌. 民航大数据与快数据[J]. 空运商务, 2015(8): 43-46.
 - [16] 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.
 - [17] 孙见忠,左洪福. 基于多源诊断信息融合的发动机气路分析[J]. 航空动力学报, 2013(8): 1885-1896.
 - [18] 周媛. 基于数据驱动的航空发动机状态监测关键技术研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2015.
 - [19] LIU K, HUANG S. Integration of data fusion methodology and degradation modeling process to improve prognostics[J]. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 2016, 13(1): 344-354.
 - [20] 何军. 飞行训练大数据处理与分析[D]. 广汉: 中国民用航空飞行学院, 2020: 1-10.
- 2016, 37(10): 1926-1933.
- [3] 樊黎霞,刘伟. 基于随机有限元法的武器身管寿命预测[J]. 四川兵工学报, 2013, 34(2): 8-11.
 - [4] 包光辉,王国平,黎超,等. 考虑火炮身管后坐的内弹道两相流数值仿真方法[J]. 兵工自动化, 2020, 39(12): 80-83.
 - [5] 秦凯. 基于 Simulink 的软后坐火炮反后坐装置的仿真分析[J]. 兵工自动化, 2020, 39(8): 22-25.