

通用航空飞行数据监控系统设计与实现

路 晶¹, 王合超², 王永根², 史 宇¹

(1. 中国民用航空飞行学院 计算机学院, 四川 广汉 618307;

2. 中国民用航空飞行学院 航空安全办公室, 四川 广汉 618307)

摘要:随着近几年民用航空的不断发展,通航飞行数据量日益激增。针对通用航空飞行数据研究和运行分险缺乏有效工具和监控手段的问题,研究设计通用航空飞行数据监控系统对通航数据进行监控分析,有效深入挖掘飞行数据潜在信息。该系统对装有 Garmin1000 训练飞机的训练数据进行分析挖掘,科学高效地生成数据分析报告,保障飞行安全。系统实际应用表明,该系统立足于飞行训练运行和安全管理的需求和特点,有利于提高飞行训练品质,创建更加科学有效的安全管理模式。

关键词:飞行数据监控;数据分析挖掘;系统设计

中图分类号:TP315 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)07-0295-05

早在 1962 年,英国航空公司就开始对飞行数据监控进行研究。通过不断的深入研究,飞行数据监控已经成为通用航空研究的重要主题^[1]。飞行数据监控系统是指通过飞机飞行后获取其数据并分析的系[2-5],用于提高飞行品质。飞行数据监控系统通过对收集到的飞行数据进行分析可以有效提高飞行训练质量,避免飞行安全问题,完善飞行训练规章制度,加快通用航空研究信息化、智能化建设脚步。

当前,国内运输航空公司普遍采用 AirFASE、AGS、FDS 等商业监控平台软件,针对两千多个 QAR 运行参数开发成熟的监控项目和指标方案。与此同时,无线 QAR 传输和大数据技术的推广进一步促进了数据的流转、共享和应用。飞行数据监控系统通过针对飞行数据的研究从而实现飞行中危险源的识别,现已成为通航安全管理体系的重要部分。QAR 监控信息为公司 SMS 管理、飞行品质管理、维修管理、运行及性能管理提供了有效的平台和支撑。近几年随着民航业的飞速发展,飞行监控分析技术不断更新,民航技术的发展提供了解决通用航空缺乏飞行安全与分析管理的有效方法。

1 飞行数据收集

飞行数据的收集是综合航电系统实现的,以佳明公司的综合航电系统为代表。佳明公司的综合航电系统(以下简称 Garmin1000)通过自身所带的 SD 卡获取收集飞行数据,同时还提供了即时信息和飞行界面。Garmin1000 如图 1 所示。



图 1 Garmin 1000

飞行数据是保障飞行安全、调查飞行事故的重要依据^[6]。随着飞行数据研究技术的不断发展,利用飞行数据实现了飞行视景还原^[7],飞行航迹预测^[8]以及飞行异常事件研究^[9]等功能。飞行数据的研究与分析,有助于改善飞行质量,保障飞

收稿日期:2022-03-20

基金项目:国家自然科学基金(U2033213);民航安全能力基金(ASSA2019/20);民航飞行技术与飞行安全重点实验室自主研究项目(FZ2020ZZ02)。

作者简介:路晶(1983—),女,河北保定人,中国民用航空飞行学院计算机学院,副教授,研究方向为通航安全、民航信息化、人工智能;王合超(1986—),男,四川广汉人,中国民用航空飞行学院航空安全办公室,科长,研究方向为民航飞行技术、航空安全管理;王永根(1968—),男,安徽庐江人,中国民用航空飞行学院航空安全办公室,主任,研究方向为民航飞行技术、航空安全管理;史宇(1998—),男,山西朔州人,中国民用航空飞行学院计算机学院,硕士研究生,研究方向为人工智能、数据挖掘。

行安全。目前,针对通航飞行数据监控手段较多,但是现有通用航空运行单位只能结合以往经验,采用人工筛查飞行超限事件,但是面对庞大的飞行数据量,只能通过抽样的方式生成飞行报告,无法充分合理地利用数据。这种人工筛查的方式存在无法全面监控,可分析的超限事件种类很少,需要手动填写评估报告,工作量大、周期长、易出错等问题。

综上所述,针对目前飞行数据监控需要大量人力、人工分析飞行数据存在误差、超限事件问题种类不足、飞行数据分析缺乏时效性等问题,研究设计一种通用航空飞行数据监控系统来解决上述问题,有效分析飞行数据,科学全面自动生成飞行数据报告,保障飞行安全,提高飞行品质。

2 通用航空飞行数据监控系统架构

通航飞行数据监控系统(GA-FDMS)为 C/S 模式,包括服务端和客户端两套系统。服务器端运行在超高计算密度服务器主机平台,主要包括针对飞行数据参数的数据项目分析模块、通航飞行专家知识库模块、针对“脏数据”的数据清洗模块,以及飞行品质评估模块等。客户端运行在普通主机平台上,包括数据模块、飞行事件监控模块、数据处理和报告模块、飞行事件分析报告模块等主要模块。GA-FDMS 系统工作流程分为数据处理和数据分析两大基础模块。

数据处理模块实现 SD 卡数据上传、清洗,自动或人工匹配筛查标准,并做好数据库分类储存,如图 2 所示。

数据分析模块实现 SD 卡数据筛查,自动生成事件描述和等级分类,同时支持人工补充分析,最终形成分析报告,如图 3 和图 4 所示。

3 关键技术

3.1 飞行训练数据的处理

目前国内以具有 Garmin1000 机载系统的 CESSNA172R 型飞机为主要飞行训练机型。Garmin1000 通过其系统本身的 SD 卡自动记录飞机的经纬度、高度、俯仰角、偏转角以及滚转角等关键飞行数据。Garmin1000 在记录数据时,传输频率为 1 次/s,传输格式为 CSV 文件格式。在这些基础数据被采集后,将以数据包的形式每 12 s 进行一次存储,每类数据将被存储在文件中固定列中。

针对存储数据中的脏数据情况,需要根据不同情况对数据进行清洗预处理。针对无效文件,数据文件小于 50 KB 的文件一般为 Garmin1000 短时通

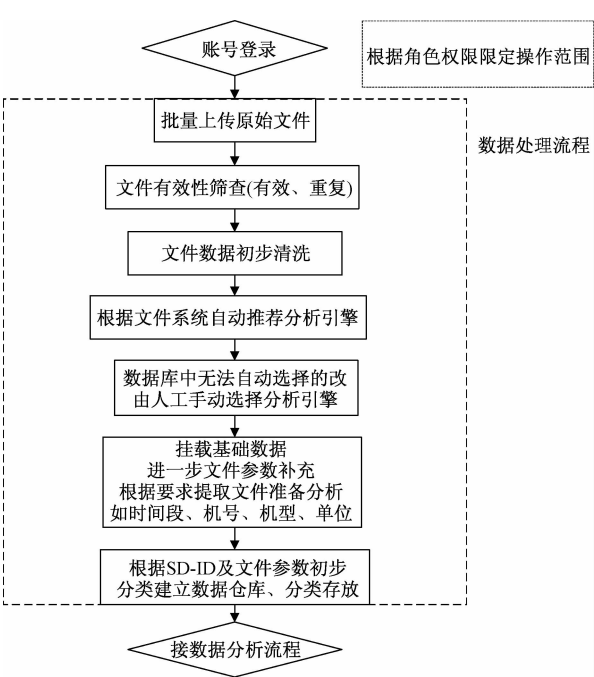


图 2 数据处理模块流程

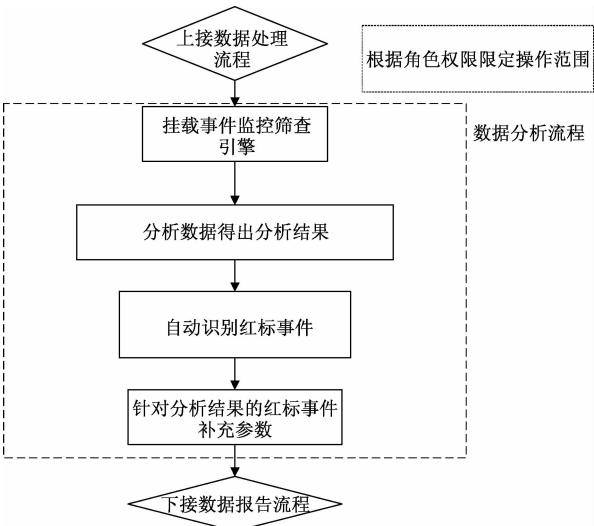


图 3 数据分析模块流程(事件分析)

电和开车后短时关机的情况,因此不具有分析价值。针对空白数据,在进行数据分析前通过系统预先删除。针对延迟数据,利用 Garmin1000 对数据进行采集时,采集通道存在差异,使得数据产生延迟现象。

3.2 通用航空飞行专家知识库

在通航专家的帮助下构建专家知识库,包含两部分内容:①对不安全飞行超限事件识别条件及其阈值,这些识别条件已经作为算法模型嵌入至系统中,成为系统的核心代码;②对区域识别和飞程序进行规范,这些相关规范以地球投影坐标系为基

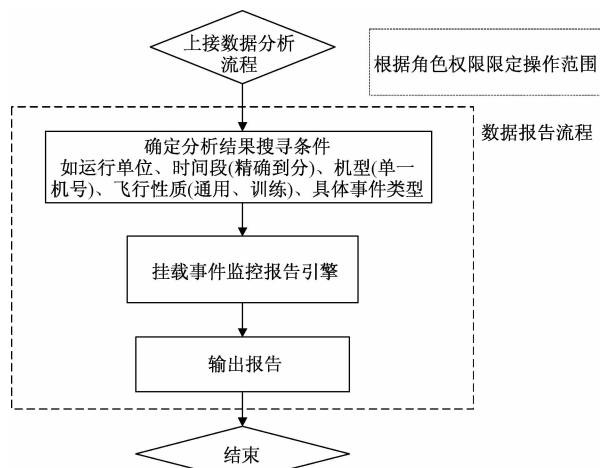


图 4 数据分析模块流程(报告)

础,构建数字区域算法模型,在系统计算时识别飞机位置及状态,从而明确应识别的飞行超限事件。

通过对 CESSNA172 飞机和 SR20 飞机 Garmin1000 系统 SD 卡存储数据的收集、整理和分析,逐个分析后确立监控项目,即结合飞行训练的特点,对照标准飞行程序(SOP)和《运行手册》等运行安全要求,通过 SD 卡数据的组合来刻画飞行阶段和筛查超限数据。

利用系统中的分析工具对飞行数据中变化率较大的飞行数据进行分析筛查并判断是否为偏离阈值的数据,即使用系统中的运算公式和逻辑结构分析飞行关键数据,判断该类数据是否超过规定的阈值范围,例如针对超限事件中的近地俯仰过载、粗猛操作油门等监控项目指定超限事件分析规则。

4 系统实现

4.1 服务端

服务端主要包括针对飞行数据参数的数据分析模块、通航飞行专家知识库模块、针对“脏数据”的数据清洗模块,以及飞行品质评估模块等。

数据分析模块通过收集到的飞行数据分析出飞行相关信息,包括航空器信息、飞行环境数据、飞行状态数据及发动机运行数据。飞行数据可以采用飞行数据记录卡(SD 卡)来进行采集记录,数据项目分析模块从飞行数据得出相关飞行信息后,将相应数据提供给其他模块进行进一步的分析使用。本实施中,综合航电系统数据项目解析引擎模块可以分析出包括上述航空器识别信息、飞行环境数据、飞行状态数据及发动机运行数据在内的 51 类数据类别。

通航飞行专家知识库模块用于存储不安全飞行超限事件识别条件及其阈值。一般来说,不安全飞行超限事件识别条件及其阈值需要由专业经验丰富的飞行专家提供,该系统集成了这些相关方面的所有专家知识,且大部分知识都已经历 5 000 h 以上飞行训练验证过。这些识别条件作为算法模型嵌入至通用航空飞行专家知识库模块中,成为模块的核心代码^[10]。

4.2 客户端

客户端运行在普通主机平台上,包括数据模块、飞行事件监控模块、数据处理和报告模块、飞行事件分析报告模块等主要模块。数据模块用于对飞行区域进行定义计算、机型管理以及航空器与航电系统对应关系定义。系统主界面如图 5 所示。

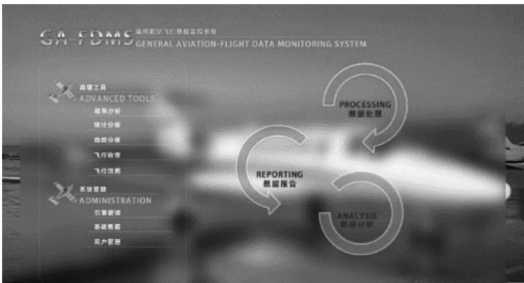


图 5 系统主界面

其中飞行事件监控模块用于维护、定制、修改或新增事件监控引擎。本实施例中,初始提供 33 项经过 5 000 h 以上的事件监控项目,并支持用户定制或新增事件监控引擎。用户定制事件监控引擎,即用户根据自己需求的飞行数据监控指标,实现飞行数据分析程序代码,并可将分析程序代码添加到事件监控引擎列表中,用户新增监控引擎,即用户结合自身需求,实现飞行数据分析程序代码,并将分析程序代码添加到监控引擎列表。本系统支持的自定义数据分析程序设计语言为 Lua。

分析报告引擎管理模块用于提供基于时间段、运行单位、机型的完整报告汇总,还用于提供时间分布图表、事件类型分布与时次率图表、事件各基地分布图表或事件发生率图表中的一种或多种。其中图表定制设计部分使用了报表控件 FastReport。FastReport 提供了强大的报表设计能力,可以对分析报告中的各项指标,包括但不限于文字、表格、注解、柱状图、饼状图等报表元素进行自定义调整,提供最大的灵活性。在本系统中,报表的数据由服务端提供,客户端得到报表的数据后,由 FastReport 报表展现引擎进行展现,并可进

行另存、打印、导出等操作。单机事件报告引擎界面如图 6 所示。

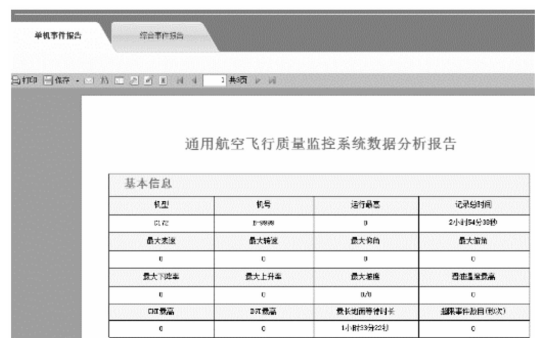


图 6 单机事件报告引擎界面

5 系统创新及应用情况

通过通航飞行数据监控系统对飞行数据的高效分析与研究,可以科学全面地挖掘飞行数据潜在的信息与联系,统计飞行数据分析结果,分析超限事件原因,从而树立飞行安全相关规范。该系统的主要创新点如下:

- 1)该系统包含一种支持客户端输入运算代码的运算引擎,客户端输入运算代码后,由服务器执行运算。
- 2)灵活定制引擎,同一机型可提供不同分析引擎,可根据运行单位要求编制报告引擎。
- 3)系统加载通用航空飞行专家知识库,初始提供高品质高正确性的可靠分析引擎,监控事件种类 3 倍于传统监控模式。
- 4)可运用于所有具备综合航电系统的机型,一套系统监控机队所有机型。
- 5)具有强大的分析能力,每小时最低可分析约 20 架飞机 6G 容量的飞行数据,30 倍于人工分析能力。
- 6)基于强大计算能力,可以达到全面、实时监控机队所有飞机的所有数据,获得真正全面准备的分析结果。
- 7)运用广泛,可广泛运用于训练、农业等各种通用航空运行环境。
- 8)分析结果可与航空运行其他部门对接重用,可用于进一步的航空安全管理工作,例如飞行标准管理部门及航空安全管理部门。

截至 2019 年 6 月,该系统在某飞行训练机构中累计完成飞行品质监控报告 23 份,分析数据 177 000 h,处理数据近 7 亿组。同时,该系统也在事故调查中起到重要作用。

2018 年,受某地区监管局委托,对某航空公司一架水陆两栖的小型飞机在例行飞行训练时失事坠入水中事件进行了 SD 卡数据分析,撰写了分析报告,为事故调查提供了相关证据。在系统功能不断完善的前提下,今后,该系统会在越来越多的情况下发挥作用。

6 结语

针对目前通用航空运行单位对飞行超限事件筛查不便、飞行数据繁多计算量极大、无法全面科学地分析飞行数据、通用航空飞行数据分析和运行风险缺乏有效工具和监控手段等问题,研究设计通航飞行数据监控系统。该系统提供了一种通用航空飞行数据监控安全管理新途径。飞行数据监控系统采用自动收集数据技术获取保存飞行数据,再利用通航飞行专家知识库对获取到的飞行数据进行处理分析,自动生成飞行品质报告,通过该系统有效保障了飞行安全,同时提高了飞行训练品质,为飞行事故调查提供重要技术支撑。

目前,该系统已在飞行训练中推广使用并取得良好效果。随着训练机型和训练数据的不断增加,系统需要分析处理的数据量也在不断攀升,如何运用大数据和人工智能技术加大数据分析力度、挖掘数据应用功能,进而最大限度发挥 SD 卡记录信息效能,将是下一步需要着重研究解决的问题。

参考文献

[1] 孙同江. 飞行数据的应用研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2003.

[2] 张杰. 飞行品质监控与飞行安全[J]. 中国民航飞行学院学报,2002(3):48.

[3] 赵云帆,李斌. 利用 WQAR 建立中国民航飞行品质监控系统[J]. 中国民用航空,2012(10):57-58.

[4] 晁海涛. 飞行品质监控系统运行探索[J]. 科技资讯,2009(33):197.

[5] 马丽莎. 基于飞行品质监控的飞行训练支持系统设计[D]. 天津:中国民航大学,2008.

[6] 孙同江. 飞行数据的应用研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2003.

[7] 元凯,于澜,姚嘉陵,等. 基于 Genesis 的飞行模拟视景仿真系统开发[J]. 指挥控制与仿真,2021,43(1):85-91.

[8] 陈明强,傅嘉赞. 基于无迹卡尔曼滤波的飞行航迹预测方法研究[J]. 计算机仿真,2021,38(6):27-30,36.

[9] 钱宇,叶亮. 民航运输飞机重着陆研究综述[J]. 科学技术与工程,2021,21(31):13211-13220.

[10] 路晶,武文蕴,孙承,等. 一种基于综合航电系统的通用航空飞行品质监控系统:CN108597059A[P]. 2018.

Design and Implementation of General Aviation Flight Data Monitoring System

LU Jing¹, WANG Hechao², WANG Yonggen², SHI Yu¹

(1. School of Computing, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan Sichuan 618307, China;
2. Aviation Safety Office, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan Sichuan 618307, China)

Abstract: With the continuous development of civil aviation in recent years, the amount of general aviation flight data is increasing day by day. In view of the lack of effective tools and monitoring methods for general aviation flight data research and operational risk division, a general aviation flight data monitoring system is researched and designed to monitor general aviation data. The potential information of flight data is effectively and deeply mined. The system analyzes and mines the training data of the Garmin1000 training aircraft, analyzes and evaluates the data of flight parameters, and generates data analysis reports scientifically and efficiently to ensure flight safety. The practical application of the system shows that the system is based on the needs and characteristics of flight training operation and safety management, which is conducive to improving the quality of flight training and creating a more scientific and effective safety management model.

Keywords: flight data monitoring; data analysis and mining; system design