

# 运行数据驱动的安全管理分析工具设计与实现

王涛 王铁良 李阳 刘丹

中国民用航空西南地区空中交通管理局, 中国·四川 成都 610000

**摘要:** 论文深入探讨运行数据驱动的安全管理分析工具 (OPREC) 的设计与实现。通过对民航业安全管理现状及需求的剖析, 阐述了基于数据驱动构建安全管理工具的理论依据与关键技术。详细介绍了 OPREC 从项目起因、功能架构设计到具体实现技术的全过程, 包括前端、后端及数据库的选型与构建, 以及各功能模块的数据采集、统计、检索与可视化展示等方面的设计思路与实现方法。结合实际应用场景, 探讨了该工具在提升安全管理效率、精准度及预防安全隐患方面的优势与价值, 为航空安全管理领域提供了一种创新且具有实践意义的技术解决方案, 对推动安全管理数字化转型具有重要参考意义。

**关键词:** 运行数据; 安全管理; OPREC; 数据驱动; 民航安全

## Design and Implementation of a Data Driven Security Management Analysis Tool

Tao Wang Tieliang Wang Yang Li Dan Liu

Southwest Air Traffic Management Bureau of Civil Aviation of China, Chengdu, Sichuan, 610000, China

**Abstract:** This paper explores in depth the design and implementation of an Operational Data Driven Security Management Analysis Tool (OPREC). By analyzing the current situation and needs of safety management in the civil aviation industry, this paper elaborates on the theoretical basis and key technologies for building safety management tools based on data-driven approaches. This paper provides a detailed introduction to the entire process of OPREC, from project initiation, functional architecture design to specific implementation techniques, including the selection and construction of front-end, back-end, and database, as well as the design ideas and implementation methods for data collection, statistics, retrieval, and visualization display of each functional module. Based on practical application scenarios, the advantages and value of this tool in improving safety management efficiency, accuracy, and preventing safety hazards were explored, providing an innovative and practical technical solution for the field of aviation safety management. It has important reference significance for promoting the digital transformation of safety management.

**Keywords:** operational data; safety management; OPREC; data driven; civil aviation safety

## 0 前言

民航业作为现代交通运输体系的重要组成部分, 其安全水平直接关系到旅客生命财产安全与社会稳定。在复杂多变的运行环境下, 保障民航安全面临诸多挑战。随着信息技术的飞速发展, 数据驱动的安全管理理念逐渐兴起, 为提升民航安全管理效能提供了新的思路与方法。OPREC 作为一款基于数据驱动的安全管理辅助工具应运而生, 旨在通过对运行数据的深度挖掘与分析, 实现对安全管理的精细化、智能化运作, 有效预防安全事故的发生<sup>[1]</sup>。

## 1 民航安全管理现状与数据驱动需求

### 1.1 民航安全管理现状

近年来, 民航业在安全管理方面取得了显著成就, 各类安全规章制度不断完善, 人员培训体系逐步健全<sup>[2]</sup>。然而, 仍不可避免地面临一些不安全事件的困扰。传统的安全管理模式主要依赖人工记录、定期检查与经验判断, 存在数据收集不及时、不全面, 分析手段有限, 难以实现对安全风险的

实时动态监测与精准预警等问题。例如, 在以往的安全记录中, 多以纸质文档为主, 如“无后果违章通知单”“现场检查记录”等, 这些记录方式不仅效率低下, 而且容易出现数据丢失、录入错误等情况。同时, 对大量安全数据的统计分析主要依靠 Excel 表格, 随着数据量的增加与分析需求的多样化, Excel 公式变得愈发复杂, 且数据呈现形式单一, 难以满足高效、精准安全管理的要求<sup>[3]</sup>。

### 1.2 数据驱动安全管理的必要性

数据驱动的安全管理模式能够有效弥补传统模式的不足。通过全面、准确、实时地收集各类运行数据, 如管制员值班记录、现场纠违情况、模拟机训练数据等, 并运用先进的数据处理技术与算法, 对数据进行深度挖掘与分析, 可以精准地识别安全风险因素, 预测安全事故发生的可能性, 为安全决策提供科学依据。例如, 基于大数据与标签化思路, 可以为管制员建立安全画像, 直观地反映其工作状态、技能水平与安全风险倾向, 从而实现个性化的安全管理与针对性的培训提升。此外, 数据驱动还能够促进安全管理流程的优

化, 将安全关口前移, 从传统的事后处理向事前预防与事中监控转变, 提高安全管理的主动性与有效性<sup>[4]</sup>。

## 2 OPREC 工具的设计理念与架构

### 2.1 设计理念

OPREC 的设计理念源于对民航安全管理流程的深入理解与数据驱动思想的融合。以简化带班主任工作流程、提高数据收集与分析效率为出发点, 旨在构建一个集数据采集、处理、分析与可视化展示于一体的综合性安全管理平台。在设计过程中, 注重数据的规范性、客观性与完整性, 通过标准化的表单设计与分类分级记录方式, 确保每一项数据都能准确反映安全管理的实际情况。同时, 强调用户体验的便捷性与友好性, 支持多终端访问, 无论是电脑还是移动设备, 都能方便地操作系统, 实现随时随地的安全管理操作。

### 2.2 架构设计

#### 2.2.1 前端架构

OPREC 前端部分基于 Vue.js 框架构建, 采用 JavaScript 编写。Vue.js 具有简洁、灵活、高效的特点, 能够实现数据与视图的双向绑定, 方便数据的实时更新与展示。通过模块化的组件开发方式, 将不同的功能模块封装成独立的组件, 如值班管理组件、数据统计组件、数据检索组件等, 提高了代码的可维护性与复用性。在页面设计上, 注重简洁美观与操作便捷性, 采用响应式布局, 适应不同屏幕尺寸的设备, 为用户提供一致的使用体验。

#### 2.2.2 后端架构

后端使用 PHP 语言编写, 主要负责处理前端请求、数据存储与读取、业务逻辑实现等任务。PHP 作为一种广泛应用于 Web 开发的服务器端脚本语言, 具有良好的跨平台性与数据库连接支持能力。后端采用模块化设计, 将不同的业务功能划分为独立的模块, 如用户管理模块、数据管理模块、报表生成模块等, 便于系统的扩展与维护。与数据库 MySQL 的连接通过 PHP 的数据库扩展实现, 确保数据的高效存储与查询操作。

#### 2.2.3 数据库设计

数据库使用 MySQL, 用于存储各类安全管理数据, 包括管制员信息、值班记录、现场纠违记录、模拟机训练数据等。根据数据的性质与关系, 设计了合理的数据库表结构, 如管制员表、值班记录表、纠违表、模拟机训练表等, 并建立了表之间的关联关系, 通过主键与外键约束确保数据的完整性与一致性。在数据存储过程中, 对敏感数据进行加密处理, 保障数据安全。同时, 通过数据库优化技术, 如索引创建、查询优化等, 提高数据查询与检索的效率。

## 3 OPREC 工具的功能模块设计与实现

### 3.1 值班前准备功能

值班前, 带班主任可在“值班管理/班前准备”页面中勾选即将值班的人员。系统会立即根据所选人员的历史值班

记录数据, 运用数据统计算法计算出相关指标, 如近期违章次数、检查平均得分等, 并在页面中直观地展示统计结果。这些数据能够帮助带班主任快速了解值班人员的近期工作状态, 以便在值班安排中合理分配席位, 对可能存在安全风险的人员给予适当的现场关注。

单击页面中的任意一项数值, 系统会通过数据查询与处理功能, 从数据库中检索出详细的值班记录信息, 并生成检查评价图。检查评价图采用可视化图表形式, 如柱状图、折线图等, 直观地展示该人员在不同时间维度或评价指标上的表现情况, 为带班主任提供更全面、深入的决策依据。

### 3.2 值班中记录功能

值班过程中, 带班主任可通过“值班记录”中的“现场纠违”或“现场检查”子页面进行记录操作。系统提供了丰富的可选项, 这些选项是基于对民航安全管理规范与常见问题的梳理而设定的, 涵盖了各类违规行为类型、检查项目等。带班主任只需根据实际情况选择相应选项, 尽量减少文字输入, 从而确保记录数据的规范性与客观性。同时, 系统还提供了补充表述的文本框, 以便带班主任在必要时对特殊情况进行详细说明。

带班主任提交的每一条记录数据都会通过前端与后端的数据交互功能, 实时保存到数据库中。后端采用数据持久化技术, 确保数据在存储过程中的稳定性与可靠性。同时, 为了保证数据的实时性, 系统采用了即时数据传输机制, 一旦有新的数据提交, 前端会立即更新相关页面显示, 使其他相关人员能够及时了解现场情况。

### 3.3 班后总结功能

班后, 带班主任可以方便地浏览到值班过程中自己或其他带班主任提交的“现场纠违”和“现场检查”记录。系统提供了记录筛选与排序功能, 带班主任可以根据时间、人员、事件类型等条件对记录进行筛选查看, 以便在班后总结会议中对重要事件进行有针对性的讲评。通过对这些记录的回顾与分析, 能够总结经验教训, 发现安全管理中的薄弱环节, 为后续改进措施的制定提供依据。

为了满足定期制作安全管理报告的需求, 系统在班后总结功能中还提供了数据导出功能。带班主任可以选择将特定时间段或特定类型的记录数据导出为 Excel 文件, 然后利用 Excel 的报表制作功能生成详细的安全管理报告。这一功能方便了数据的进一步分析与向上级汇报, 有助于整体安全管理工作的规范化与系统化。

### 3.4 数据管理功能

在“数据统计”子页面中, 系统内置了丰富的预设图表模板, 这些模板是根据民航安全管理的常见数据分析需求而设计的。通过数据查询与统计分析算法, 系统能够快速从数据库中提取所需数据, 并根据预设图表模板进行可视化展示。例如, 可以生成人员值班质量分布图表、带班主任提交情况图表、重点纠违或检查类型占比图表等。此外, 系统还

支持自定义图表功能,用户可以根据实际需要输入相应的设置参数,如统计时间范围、数据筛选条件等,快速建立个性化的图表,满足多样化的数据分析需求。

在“数据检索”子页面中,用户可以根据多种筛选条件,如时间、人员、事件类型、关键词等,对系统中的记录内容进行精确检索。系统采用高效的数据库查询算法,能够快速定位到符合条件的记录数据。对于检索结果,用户可以进行查看、标记等操作。

## 4 OPREC 工具的数据采集与处理

### 4.1 数据采集方式

#### 4.1.1 运行记录采集

OPREC 通过带班主任在现场运行时的操作,实现对管制员值班质量检查、现场纠违情况等运行记录的采集。如前文所述,在值班前准备、值班中记录等环节,带班主任通过在电脑或手持设备上打开 OPREC 系统,按照标准化的表单填写要求,记录相关信息。这些信息涵盖了管制员工作的各个方面,包括操作规范执行情况、应急处置表现、沟通协作能力等,形成了全面反映管制员工作状态的运行记录数据。

#### 4.1.2 模拟机训练数据采集(规划)

为了更全面地评估管制员的技能水平,OPREC 已在 2021 年纳入模拟机复训以及考核的记录数据。通过与模拟机训练系统的对接或数据导入功能,采集管制员在模拟机训练中的表现数据,如对特殊或复杂情况下的处置能力评价、操作准确性与及时性等指标。这些数据将进一步丰富管制员的安全画像,使安全管理能够更精准地针对管制员的实际技能水平进行优化与提升。

### 4.2 数据处理流程

采集到的原始数据可能存在一些噪声数据、重复数据或格式不规范的数据。因此,OPREC 系统在数据处理的第一步是进行数据清洗与整理工作。通过数据过滤算法,去除重复记录与明显错误的记录;运用数据格式转换功能,将不同格式的数据统一转换为系统可处理的标准格式。

为了便于数据的分析与应用,OPREC 系统对清洗整理后的数据进行量化与标签化处理。根据预先设定的量化标准与标签体系,将管制员的行为表现、工作成果等数据转化为可量化的数值指标与具有明确语义的标签。例如,将管制员的违章行为按照严重程度分为不同等级,并赋予相应的量化分值;根据管制员在不同检查项目中的表现,贴上如“优秀”“良好”“待改进”等标签。通过这种方式,能够更直观地反映管制员的工作情况,为安全画像的构建与数据分析提供便利。

在数据量化与标签化的基础上,OPREC 系统运用数据分析与挖掘技术,深入探索数据背后的规律与潜在风险因素。采用统计分析方法,计算各类数据指标的均值、方差、频率等统计量,分析数据的分布特征;运用关联分析算法,

挖掘不同数据项之间的关联关系,如某些违规行为与特定工作场景或人员特征之间的相关性;通过聚类分析技术,对管制员群体进行分类,识别出具有相似安全风险特征的人员群体,以便采取针对性的管理措施。

## 5 OPREC 工具的优势与应用价值

OPREC 工具在民航安全管理领域成效显著。于提升效率而言,一方面极大简化带班主任工作流程,以数字化记录、自动化统计及可视化分析,取代过往耗时费力的纸质与手工操作,使其专注现场管理与人员指导;另一方面实现实时数据处理反馈,值班中一旦有违规或隐患,数据即刻处理分析并传至相关人员,助力实时监控与快速响应,防止事故扩大。在精准度提升上,借全面采集、量化标签化处理及深度分析运行数据,为管制员精准画像,帮助安全管理人员依此分类施策,如对高风险者强化培训监督、对优秀者合理赋能;同时,运用数据分析挖掘技术,构建多种风险预测预警模型,遇风险指标异常及时告警,防范事故于未然。促进创新发展方面,OPREC 以数据驱动取代经验决策,支撑管理决策科学化,优化政策、培训及绩效评估;推动民航安全管理数字化转型,随着自身发展,数据采集、分析能力将持续进阶,未来有望集成融合更多系统,打造智能民航安全生态,夯实行业安全根基。

## 6 结论与展望

论文详述了数据驱动的安全管理分析工具 OPREC 的设计与实现过程。经对民航安全管理现状及需求剖析,凸显数据驱动的关键意义,OPREC 依托 Vue.js 前端框架、PHP 后端语言与 MySQL 数据库构建,涵盖值班前准备到数据管理等模块,贯穿数据采集至可视化全流程。经实际场景应用,彰显其提升安全管理效能与精准度,推动创新发展的价值。

当下 OPREC 尚处发展阶段,后续提升空间广阔。数据采集层面,可拓宽数据源,对接更多民航运行系统,纳入飞机运行及气象数据,完善风险评估;在数据分析上,引入前沿机器学习与人工智能算法,升级风险预警智能化水平;系统集成方面,强化与其他工具或平台融合,打造统一大数据平台,实现数据互通、协同作业。

### 参考文献:

- [1] 季冠仲.我国通用航空领域低空空交通管理问题研究[D].济南:山东财经大学,2024.
- [2] 李一可,张洪海,石宗北,等.基于N-K-FRAM的空中交通运行安全风险耦合机制[J].中国安全科学学报,2024,34(5):175-185.
- [3] 王琳,周一陈.空中安全管理体系中的标准化实践与案例分析[J].中国标准化,2023(18):121-123.
- [4] 卢鑫.基于区块链的空中交通管理信息安全保障关键技术的研究[D].天津:中国民航大学,2023.