

花湖机场货运气象服务预警系统的开发

张火平, 姜润, 叶永

湖北省鄂州市气象局, 湖北 鄂州

收稿日期: 2024年4月25日; 录用日期: 2024年5月24日; 发布日期: 2024年5月31日

摘要

世界第四、亚洲第一的航空货运枢纽机场 - 花湖机场位于湖北省鄂州市境内。为提高机场气象服务的能力, 实现花湖机场气象服务产品制作和发布的系统化和自动化, 进而提高航空气象预报预警服务产品的时效性和精细化水平, 故开发“花湖机场货运气象服务预警系统”。该系统基于B/S模式, 采用云平台系统、大数据平台、BDIPS3系统(气象大数据一体化处理系统)、CIMISS系统(中国综合气象信息共享平台)作为硬件系统, 采用分布式数据库(HBase和Cassandra)与关系型数据库(oracle)相结合的方式作为数据存储, 利用GIS、HTML5、Leaflet地理信息软件为基础搭建数据快速叠加显示与分析界面, 实现地理信息多层叠加展示、实况天气查询、精细化预报、灾害性天气查询、气象预警信息、限航信息等功能。

关键词

航空气象, 气象服务系统, 叠加显示与分析

Development of Freight Meteorological Service Early Warning System for Huahu Airport

Huoping Zhang, Run Jiang, Yong Ye

Ezhou Meteorological Bureau of Hubei Province, Ezhou Hubei

Received: Apr. 25th, 2024; accepted: May 24th, 2024; published: May 31st, 2024

Abstract

Huahu Airport, the world's fourth and Asia's first air cargo hub airport, is located in Ezhou City, Hubei Province. In order to improve the ability of airport meteorological service, realize the systematization and automation of the production and release of meteorological service products at

Huahu Airport, and further improve the timeliness and refinement of aviation meteorological forecast and early warning service products, the “Huahu Airport cargo meteorological service early warning System” is developed. Based on B/S mode, the system adopts cloud platform system, big data platform, BDIPS3 system (meteorological big data integrated processing system) and CIMISS system (China Comprehensive meteorological Information Sharing Platform) as hardware systems. A combination of distributed database (HBase and Cassandra) and relational database (oracle) is used as data storage, and GIS, HTML5, Leaflet geographic information software is used as the basis to build a rapid superposition data display and analysis interface. It can realize multi-layer display of geographic information, live weather query, fine forecast, severe weather query, meteorological early warning information, traffic restriction information and other functions.

Keywords

Aviation Meteorology, Meteorological Service System, Superimposed Display and Analysis

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,随着物流的快速膨胀,随之导致航空运量持续快速增长、航线网络不断扩大、民航业快速发展,航空器的性能不断完善,站在航空运维的角度,航空气象探测、资料收集与处理、预警预报产品、飞行气象情报的发布与国内国际交换和服务方式是保障飞行安全的前提,气象信息表现出无处不在、充分共享、高度协同和安全可控的特征[1],至于信息的优化和快速处理则更多的落在航空气象服务人员身上。社会越进步、天气突变事件增多航空气象业务与服务面临的挑战也就更大、责任更重。据统计就延误方面而言,70%的航班延误是由天气引起。而对于安全方面,全部民航事故的14%是由天气引起的;全部民航灾难的34%与天气有关。在我国,不利气象条件造成的重大飞行事故约占飞行事故总数的31%。由此可见,气象条件已成为影响飞行安全和经济效益的重要因素,航空公司也亟需精准专业的气象服务,以提升自身气象保障水平。当影响航班起降的复杂天气出现时,如何尽早发现、及时决策、高效发布机场的气象预报、预警信息是首要解决的问题[2][3]。

目前民航气象预警信息可以利用的资料有民航气象数据库系统和机场的多普勒雷达、葵花卫星云图接收系统的实时数据。将该数据进行加工以文字信息、图片说明、语音信息等方式,为管制部门、机场集团、航空公司、观测预报员等用户提供气象预警信息,一些学者利用气象数据和最新的网络技术在互联网+背景下智慧开展气象业务与服务进行了一些探索,如胡欣就有关智慧气象服务云平台架构设计进行了思考[3],张朝明开发了基于位置服务的智慧气象信息服务系统[4],乔平、陈玉琪、顾建峰、燕振宁等学者分析了智慧气象在智慧城市建设中的应用场景和潜在的优势[5][6][7][8]。对实现基于位置的智慧化气象信息服务做了详细的论述。具体到鄂州花湖机场,据了解,当地气象部门的很多观测数据如高分辨率、高时效的风云序列卫星数据,雷达组网数据、大气电场、能见度观测数据都还没有或者很少被民航系统采用。对飞行安全影响最大的有9种气象因素如天气状况、风向风力、降水、雾(能见度)、气温、气压、相对湿度、地面温度和云高(最关心云底高)。雾(能见度)、地面结冰和云高是通航最为关注的三种气象因素,而气象部门对这些气象要素均有长时间序列的观测数据。

2. 需求分析

2.1. 平台功能需求分析

一个专业的软件系统设计需要考虑到用户的体验感及系统的前瞻冗余量，本系统在设计之初参考了一些其它的系统，如何飞等研发的网络信息技术在贺州市气象综合业务平台建设中的应用[9]，王赟等气象预警信息综合发布平台的设计与实现[10]，孙宝利等县级气象综合业务工作平台本地化[11]，李爽爽精细化暴雨监测预报及风险预警系统的开发与应用[12]，张超华等宁夏气象灾害预警信息发布平台的设计与实现[13]，同时也借鉴了其它行业的系统，如罗烜坤向家坝水电站气象服务平台的设计与实现[14]。在学习他人设计优点后将花湖机场货运气象服务预警系统定位为软硬件高度集成的系统，需要充分满足监测、预报、预警信息发布整个业务过程的全部环境，综合表述应该满足如下功能：在鄂州市气象局建设一整套预报预警信息发布系统，对接中国气象局、湖北省气象局大数据中心，市气象局与机场气象台实现专线互联；机场气象台可通过网页方式访问和使用该系统，系统需稳定提供实况监测数据、智能网格数值预报、短临预警、联动响应处置等功能，能够在线同步的更新数据，实现更加精准化的气象预报预测，满足鄂州市局、机场单位的业务需求。

2.2. 平台性能需求分析

花湖机场目前以夜航为主，白天的航班量目前基数较少但是处于持续增量中，系统使用时间全天较为均衡，由于用户量较大，对数据库性能、数据分布、网络带宽等均有较高要求，实时监测数据量大且访问频繁，日常监控、预报制作、定制传送、预警发布等主要业务流程均需访问数据库，且内容发布需支持多级审核发布机制，确保信息安全，所以预报预警服务系统平台需要有各种功能来支撑系统的稳定运行：

1) 稳定性与安全性：安全可靠、性能稳定的预报预警业务平台需要具有高可用性，支持负载均衡、集群部署[6]，平台投入运行后，应具备 7*24 小时不间断运行能力，年故障时间不超过 2 小时，网络并发数不低于 500，服务器端、客户端采用安全可控的开源系统和集成软件。

2) 及时性：鄂州的气象灾害具有种类多，局地性强，频次多，持续时间长，具有突发性和诱发性等特点，临灾预警、预报信息人为预先设定规则、系统自动判断响应的方式，自动比对预报预警服务规则或生产调度规程，实现工作智能提醒、产品自动制作、服务一键分发。

3) 发布策略：将预报服务和预警信号的发布建立不同的分发策略，一般情况下当同时有预报和预警任务同时发送时，优先发布预警任务，同时保留手动调整发布策略的接口，例如当需要发布限航或停航建议时，预警信息发布可由手动方式暂停，待限航或停航建议发布完成后再发布预警任务。

4) 可扩展性：系统的各个功能模块应遵循一个统一的技术路线标准，包括数据收集、数据存储、访问提供统一访问接口，设备之间、网络传输采取当前成熟的协议接口，在这个前提下，各个模块依据自身的特点，采用业界成熟的技术或解决方案来丰富模块的易用性，为后期平台的升级和性能扩展留有余地。

5) 可维护性：预报预警服务系统是一个业务全面、应用广泛、涉及众多技术领域的复杂业务系统，因此应尽量采用全国通用的软件工业化的标准，遵从各个行业的技术规范。比如使用清晰的命名和注释，以便他人能够理解代码的意图。遵循良好的代码风格和约定，使代码具有一致性。编写单元测试和集成测试，以确保代码的正确性。使用版本控制系统，跟踪代码变更历史，方便回滚和修复问题。

6) 易操作性：平台的运行行为 7*24 小时不间断的自动运行，根据气象灾害的季节特性，一年四季软件的使用率将一直保持较高的水平，所以除必要的配置文件修改、系统软件必要更新之外，日常的业务

均由系统按照项目建设需求所配置的参数自动运行。业务人员仅在系统出现报警提示的情况下进行人工干预。所有的系统状态和操作信息将自动进行记录并存储，便于事后查询。

3. 平台总体设计

设计内容

根据平台功能、性能需求分析，平台采用分层设计思想，综合考虑业务流程、功能划分，将平台架构划分为物理层、数据层、数据分析层、应用层和权限管理、数据分发层。

1) 物理层：物理层是支撑整个平台运行的硬件资源，包括云平台系统、大数据平台、BDIPS3 系统、CIMISS 系统以及其它待建设的集群服务器，为平台系统运行提供底层硬件环境支撑。

2) 数据层：数据层包括数据收集、数据存储以及数据统一访问接口。1) 数据收集：数据收集方式包括 CMACast (中国气象局卫星数据广播系统)数据广播、台站的地面及高空实况数据专线上传、本地模式及预报预测产品、其它行业用户传输数据产品。2) 数据存储：数据存储主要采用分布式数据库(HBase 和 Cassandra)与关系型数据库(oracle)相结合的方式提高数据的读写效率。主要包括 HBase 数据库、Cassandra 数据库、CIMISS 数据库、地理信息数据存储库以及系统管理信息库。3) 数据统一访问接口：数据统一访问接口基于 MUSIC 接口扩展，对所有数据源的统一访问进行标准化，实现业务与数据库间的松耦合，提高访问效率和可扩展性。

3) 数据分析层：数据分析层由实时历史数据统计分析、预报产品检验分析、气象信息综合分析、气象信息叠加显示分析等模块组成，对数据进行综合分析，为应用层系统应用提供进一步信息支撑。

4) 应用层：应用层主要用于各种产品制作、服务和发布的业务平台，主要有强天气监测预警、决策气象服务、航空气象服务等。

5) 权限管理层：用户层主要用于用户分级权限管理，不同账户登录对应不同权限功能和界面，保障数据和业务的安全性。

6) 数据分发层：数据分发层实现对产品数据的分发管理，将不同产品采用其相对应的各种分发传输手段快速发送到对应的服务用户。

4. 平台的实现

系统架构

花湖机场货运气象服务预警系统是基于湖北省气象大数据云平台，以花湖机场为中心周边 50 公里范围为重点服务区域的系统。系统的建设目标是为航空业务提供全面、精准、实时的气象数据支持，包括监测、预报和预警等方面的服务。系统由五个主要功能模块组成，分别是综合监测、预报预警、服务产品、影响分析和联动响应。

综合监测功能模块旨在提供全面、实时、准确的天气监测数据，包括风速、风向、温度、湿度、能见度等指标。用户可以通过综合监测功能模块获取气象特征等信息、判断是否满足起降条件，提高空中交通安全水平。

预报预警功能模块基于天气模型和机器学习算法，为用户提供精准的气象预报服务和灾害预警信息。用户可以及时了解到恶劣天气的到来，调整航班计划，避免不必要的损失。

服务产品功能模块主要实现多源监测报警产品、主客观预报产品、短时临近预警产品、高影响天气服务产品等各类服务产品的快速制作、一键发布、留痕管理功能。提供智能提醒、产品自动制作的产品智能化制作方式，提供实况统计、预报预测、服务建议的文字、图片、表格等自定义规则下自动匹配、

自动嵌入功能。可实现产品按照所关注区域、天气、等级向定制发布对象一键式快速发布，实现对产品的制作流程、留痕信息、联动反馈提供在线实时查询。

影响分析功能模块基于大数据分析和可视化技术，为用户提供全面的气象影响分析结果。用户可以直观了解气象因素对各项运营活动的影响程度和范围，制定相应的业务应对策略。

联动响应功能模块基于湖北省气象大数据云平台的资源优势，实现与气象部门信息交换和联动应对。用户可以通过联动响应模块及时获取相关信息，做好协调和应急处理工作。

整个系统架构结构示意图见图 1 所示。



Figure 1. Overall system architecture diagram

图 1. 系统总体架构图

5. 关键技术

分类强对流天气客观识别预警技术。联合应用多种资料，综合风暴特征量与对流潜势融合方法、改进速度退模糊算法、机器学习等技术，采用模糊逻辑原理建立识别预警模型，研究建立适用于花湖机场的雷暴大风识别因子和短时强降水识别因子，实现短时强降水、冰雹、下击暴流等灾害天气快速判别和 0~2 小时预警，有效识别机场附近区域强降水、雷暴、大风、冰雹等强对流天气。

1) 短时强降水。通过天气雷达回波并使用变分光流方法的改进算法对雷达数据进行风场反演[15]，结合自动气象站实况资料，计算回波的光流场变化从而得到运动的矢量场。把全局约束方法和局部约束方法结合在一起，加入高阶平滑项，再运用九点平滑算法得到矢量场[15]。采用半拉格朗日方法进行外推预报，得到 0~2 H 短时强降水预报(图 2)。

2) 强冰雹识别：根据气象理论和大量观测经验可知[16]，发生强对流天气时的多个仰角的多普勒雷达回波图中会出现显著的强“单体”，即在多个仰角的反射率图像中出现以大于等于 50 DBZ 的区域为核，从“核”向外反射率逐渐由高 50 DBZ 到低 25 DBZ 过渡的区域。本文以此为理论基础，以多仰角的反射率回波单体为对象，构建用于鉴别冰雹回波的系列特征(图 3)。

6. 应用显示效果

系统主界面从功能上分为三大块：综合监测、GIS 地理信息显示、预报预警。其中综合监测功能

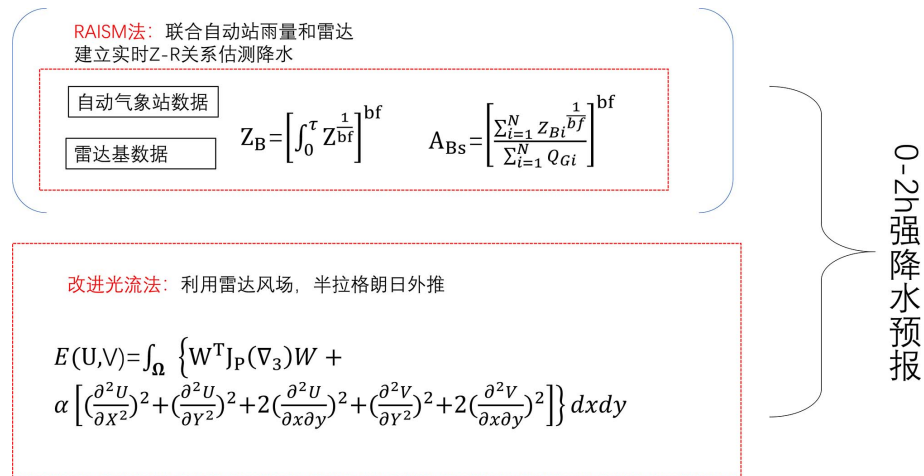


Figure 2. Technology roadmap for objective identification of short-term heavy precipitation
图 2. 短时强降水客观识别技术路线图

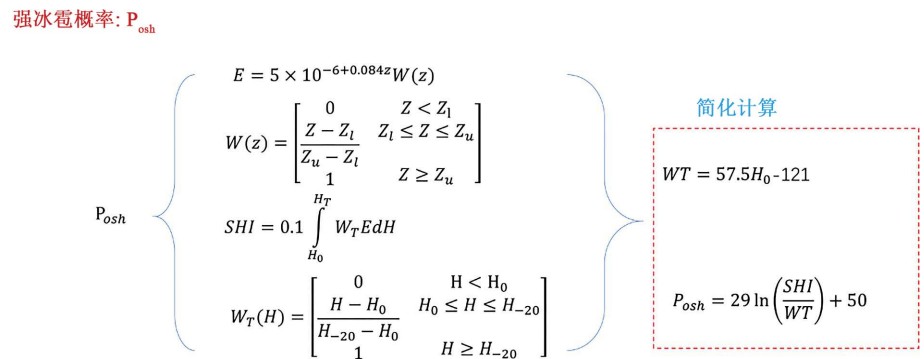


Figure 3. Technology roadmap for objective identification of hailstone
图 3. 冰雹客观识别技术路线图

中分为精细化实况及预报、大风、能见度、闪电和降水实况。GIS 地理信息显示可以实现卫星、雷达、闪电、自动站实况要素的叠加显示，在右下角给出航班出行建议。预报预警和数值预报部分可以显示当前的预警信息及未来一短时间的天气对飞行的影响建议，将来还可以根据机场的航班表来设定限航信息。所有的监测、预报、预警信息均可以在主界面显(隐)切换显示。如图 4、图 5 所示。



Figure 4. The main interface of system
图 4. 系统显示主界面图



Figure 5. Information overlay display settings
(**Figure 4** Where the arrow points)
图 5. 信息叠加显示设置(**图 4** 箭头所指处)

7. 结语

系统采用 B/S 架构，系统由五个主要功能模块组成，分别是综合监测、预报预警、服务产品、影响分析和联动响应。在高分辨率地理信息数据支持下，引入组件对象技术、空间插值技术、权重分析技术和风险评估技术，实现细网格的精细化格点要素预报和预警信息发布，具有权限管理、地图操作、数据分析、预报预警评估、专题服务制作等功能。经过在花湖机场气象台一年多的试用，表明本系统具有很好的适用性。可为机场各级管理部门做出决策响应提供科学、系统、全面的技术支持，增强各级管理人员的风险管理与决策水平，是一个具有合理结构和优良性能的工作平台。

基金项目

鄂州市科技计划基金项目(EZ01-007-20230041)资助。

参考文献

- [1] 郭静. 智慧气象实现“风云可测” [N]. 经济日报, 2022-06-07(009).
- [2] 王兴, 周娟, 卞浩瑄, 曾康. 互联网+背景下智慧气象业务与服务众创架构研究[J]. 浙江气象, 2020, 41(2): 17-22.
- [3] 胡欣. 有关智慧气象服务云平台架构设计的思考[J]. 数字通信世界, 2021(11): 9-11.
- [4] 张朝明. 基于位置服务的智慧气象信息服务系统开发与应用[J]. 电子元器件与信息技术, 2021, 5(2): 79-80.

- [5] 乔平. 智慧气象在智慧城市建设中的应用分析[J]. 农业与技术, 2018, 38(8): 240.
- [6] 陈玉琪, 陆小林. 智慧气象在智慧城市建设中的应用分析[J]. 智能城市, 2019, 5(21): 14-15.
- [7] 顾建峰. 重庆智慧气象探索与实践[J]. 气象科技进展, 2021, 11(2): 32-38+104.
- [8] 燕振宁, 杨春华, 杨杰. 智慧气象在青海省气象服务中应用思考[J]. 青海科技, 2018, 25(2): 64-67.
- [9] 何飞, 廖铭燕, 奚广平, 等. 网络信息技术在贺州市气象综合业务平台建设中的应用[J]. 气象研究与应用, 2011, 32(3): 62-65.
- [10] 王赞, 段燕楠, 姚愚, 等. 气象预警信息综合发布平台的设计与实现[J]. 成都信息工程学院学报, 2011(6): 656-662.
- [11] 孙宝利, 朝柯, 李亚廷, 翟云佳. 县级气象综合业务工作平台本地化[J]. 气象与环境学报, 2008, 24(3): 46-50.
- [12] 李爽爽. 精细化暴雨监测预报及风险预警系统的开发与应用[J]. 浙江气象, 2020, 43(3): 29-35.
- [13] 张超华, 刘建宏, 张鑫, 包新宇, 等. 宁夏气象灾害预警信息发布平台的设计与实现[J]. 长江信息通信, 2021(9): 126-128.
- [14] 罗烜坤, 胡晓明. 向家坝水电站气象服务平台的设计与实现[J]. 气候变化研究快报, 2023, 12(4): 715-721.
- [15] 王志斌, 肖艳姣, 吴涛, 崔方. 改进变分光流法并行算法实现[J]. 计算机应用与软件, 2019, 36(1): 105-110.
- [16] 王萍, 潘跃. 基于显著性特征的大冰雹识别模型[J]. 物理学报, 2013, 62(6): 507-516.