

大气波导条件下短临预报预警系统研究

董凌宇^{1,2}, 莫云音^{2,3}, 李 勋¹

(1. 海南省气象台, 海南 海口 570100;

2. 海南省南海气象防灾减灾重点实验室, 海南 海口 570100

3. 海南省气象服务中心, 海南 海口 570100)

摘 要:海南省属局地强对流天气多发地区, 突发性强降水、雷雨大风、冰雹、雷电和龙卷等强对流天气频发, 严重影响海南省经济发展和人民群众生命和财产安全。为提高海南省气象灾害的监测及预报预警能力, 海南省气象台设计开发了海南省短临临近预警业务系统。该系统基于 CIMISS 统一数据环境, 应用 SWAN2.0 开源开放框架, 采用省 CS (Client/Server) + 市(县) BS (Browser/Server) 的两级分布式结构, 针对不同类别灾害性天气实现实时监测自动示警, 临近时效内发布预警, 短时效内发布预报等功能。该系统目前已经投入业务使用, 成为海南省省市(县)两级集短临监测、预报、预警为一体的业务平台, 达到了省市县信息快速共享, 业务同步联动的服务效果。结果表明, 该系统制作预警预报产品的流程更加规范, 制作生成的产品内容更加标准, 制作发布的过程更加高效。完善了海南省强对流天气短临临近精细预警预报技术和能力, 提高了海南省强对流短临预报时空分辨率和准确率。

关键词:短临预报预警; SWAN2.0; 数据融合; 质量控制; WebGIS

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2020)08-0164-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2020.08.028

Research on Short-term Proximity Forecasting and Early Warning System under Atmospheric Waveguide Conditions

DONG Ling-yu^{1,2}, MO Yun-yin^{2,3}, LI Xun¹

(1. Hainan Meteorological Observatory, Haikou 570100, China;

2. Hainan Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Reduction, Haikou 570100, China;

3. Hainan Province Meteorological Service Center, Haikou 570100, China)

Abstract: The severe convective weather, such as sudden heavy rain, thunderstorms, hailstorms, thunderstorms and tornadoes, frequently occur in Hainan Province, and seriously affect the economic development of the province and the safety of people's lives and property. In order to improve the monitoring and forecasting capability of meteorological disasters in Hainan Province, the Hainan Meteorological Observatory design and develop the short-time early warning business system. Based on CIMISS unified data environment and SWAN2.0 open source framework, the system adopts Two-Level Distributed Structure of CS (Client/Server) + BS (Browser/Server) of provinces and counties to realize real-time monitoring and automatic warning for different types of disastrous weather, issuing early warning in near time and issuing forecast in short time. The system has been put into operation at present. It has become the two stage of the provincial and municipal (county) provinces, which integrates short-term, temporary monitoring, forecasting and early warning into a whole, and achieves the service effect of rapid sharing of information in provinces, cities and counties, and synchronous business linkage. The results show that the process of making early warning and forecasting products is more standardized, the content of products is more standard, and the process of making and releasing products is more efficient. It has improved the technology and capability of short term fine warning and forecasting in severe convective weather in Hainan Province, and improved the spatial and temporal resolution and accuracy of the strong convective short-range forecast.

Key words: short-term forecasting and early warning; SWAN2.0; data fusion; quality control; WebGIS

0 引言

海南省属局地强对流天气多发地区,每年因突发性强降水、雷雨大风、冰雹、雷电和龙卷等强对流天气^[1-2]导致的气象灾害多达数十起,经济损失高达数十亿。强对流天气所造成的危害已严重影响到海南省经济发展、社会和谐安定和人民群众生命和财产安全。

近年来,海南省气象局全面开展气象综合探测系统、预警预报系统等气象现代业务体系建设,逐步完善中尺度气象观测站网,提供了地面自动站、多普勒天气雷达、闪电定位、风廓线等非常规遥感观测资料,为预报员在天气预报预警特别是为短时强降水、雷暴、雷雨大风等强对流天气的预警和临近预报提供了基础。

虽然通过气象业务建设,提供了丰富的监测和预报产品,暴雨、强对流等恶劣天气实时监测和预报预警能力有所提高,但是预警预报能力特别是暴雨、强对流天气和临近登陆台风的路径强度风雨影响程度的预警预报精细化服务能力,仍不能满足政府和公众的要求。因此,为了提高海南省对突发性强对流天气的检测预报能力,建立及时科学的预警机制,海南省气象台设计开发了海南省短时临近预警业务系统。该系统基于

SWAN2.0^[3]开源开放框架,采用省CS(Client/Server)+市(县)BS(Browser/Server)的两级分布式结构,针对不同类型灾害性天气实现实时监测自动示警,临近时效内发布预警,短时效内发布预报等功能。缩短了制作发布各类气象灾害预警信号的时间,真正实现省市县业务同步联动、产品实时共享、预警信号发布协调一致,预报预警服务产品一键式分发。完善了短时强降水、雷雨大风、冰雹等强对流天气短时临近精细预警预报技术和能力,提高了强对流短时预报时空分辨率和准确率,形成了短临预报到短期预报的无缝对接。

1 系统功能设计

海南省短时临近预警业务系统针对不同类型灾害性天气实现了实时监测自动示警,临近时效内发布预警,短时效内发布预报等功能。系统的功能结构如图1所示。系统主要由多源资料处理模块、数据产品综合显示模块、实时监测报警模块、短临预警产品制作模块、预警产品一键式分发模块、精细化格点预报模块等六个部分构成。

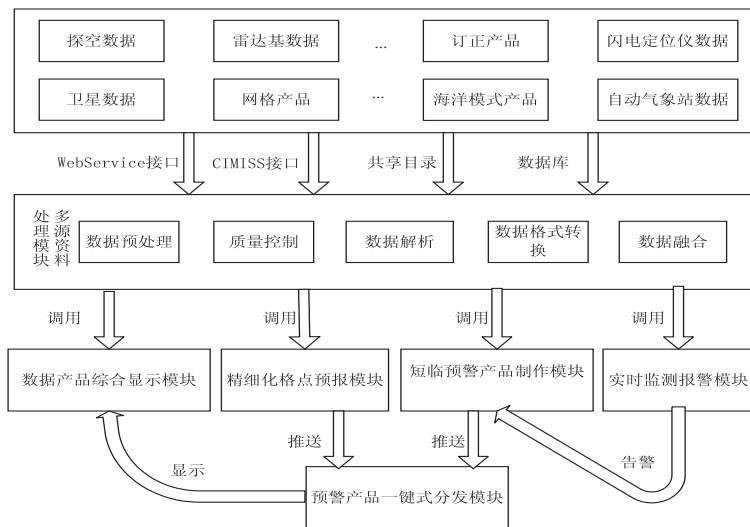


图1 系统功能结构

1.1 多源资料处理模块

系统涉及的数据有:自动气象站数据、基于雷达等观测资料的外推预报数据,卫星数据,闪电定位仪数据,WRF-RUC逐时同化预报数据,中国气象局CMACAST下发的欧洲中心细网格产品,T639细网格产品,日本细网格产品,GRAPES模式产品,WRF模式产品,INCA逐小时产品,海洋模式产品,美国GFS产品,集合预报转化及解释应用等客观订正产品。

系统的各类数据通过数据库、共享目录、WebService^[4-5]接口、CIMISS接口等方式实时获取。多源资料处理模块对获取到的数据进行时间规整和初步数据质量控制,接着进行数据解析及数据格式转换,

生成标准的数据集,最后对各类标准数据集进行数据融合^[6],生成其他模块需要的图形、表格及其他自定义的数据格式。

1.2 数据产品综合显示模块

基于WEBGIS^[7],综合显示模块可在地图上动态显示各类定量估测预报、回波实况及预报、自动站各类监测信息以及多产品合成图等内容,为预报员提供决策参考。综合显示模块将雷达拼图实况、定量降水实况、TRACER、光流法等多家定量降水预报产品统一规格,统一表达色系和表达方式,基于WEBGIS系统在同一页面进行集成显示。可基于不同时长(如0.5H、1H、2H、3H、4H、5H、6H),不同尺度区域(如250 KM

和 64 KM) 等指标要素进行信息对比显示。基于色斑图模式,系统可显示指定自动站站点的降雨、温度、风力时间序列图;系统可显示最大降雨量、最高温度、最低温度、最低能见度、最大风力信息及所在自动站站点信息;系统可动态显示全省及区域的回波实况、回波预报、估测降水实况、估测降水预报、冰雹产品、剖面产品等;系统可动态显示欧洲中心数值预报产品,如 10 米风速、2 米气温、2 米日变温、3 小时降雨、海平面日变压。各类信息除实时综合显示外,综合显示模块支持各类信息的历史回放功能,基于时间指标和时长指标,可检索查看各类信息。

1.3 实时监测报警模块

实时监测报警模块对经过多源资料处理模块融合处理的各类数据资料进行实时监测,针对不同气象资料的特性,设置不同的阈值,超过相应的阈值后,会根据设定好的预警等级来报警。报警主要通过网页预警、短信预警、电话预警等三种手段。网页预警是当系统监控到观测数据强度达到设定的阈值时,会在浏览器端启动声音告警;短信预警是当系统监控到观测数据强度达到设定的阈值时,会根据已设定的短信接收人员,由系统发送相关的预警信息到指定手机号码上;电话预警是当系统监控到观测数据强度达到设定的阈值时,系统会根据设定的电话接收人员自动拨打电话。

报警流程采用“阶梯式”预警形式进行,分区域、分时段、分强度进行预警。具体规则如下:

(1)分区域:外围邻近区域(0 km ~ 30 km 警戒区,30 km ~ 50 km 监控区)、属地责任区(预警区)。

(2)分时段:短临模式预报 0 ~ 2 小时内、实况实时监测。

(3)分强度:雷达回波按分贝进行划分(35 分贝、45 分贝、55 分贝)、自动站观测要素按照预警信号阈值发布标准进行划分。

1.4 短临预警产品制作模块

短临预警产品包括强对流天气及大雾两类产品,强对流天气主要涵盖了短时强降水、雷雨大风、冰雹、龙卷及雷达等天气类型。预警类型包括海上雷雨大风、海上大雾、海上大风、台风、大雾、寒冷、雷雨大风、暴雨、雷电、大风、高温、冰雹、干旱等,预警级别根据不同的预警类型可选择支持红色、橙色、黄色、蓝色等级别。

基于 WebGIS 平台,通过落区绘制生成各类短临预警产品,以缩短预警产品的制作时间,提高预警产品的发布效率。落区绘制预警产品的过程为:在短临预警产品制作模块选择新建预警信号,选择预警信号类别和预警级别,接着使用落区绘制工具绘制灾害区域,绘制完成后,会自动生成预警标题、发布时间、发布单位以及预警内容。

1.5 预警产品一键式分发模块

预警产品一键式分发模块主要是按照业务规定及相关的业务流程将制作好的短临预警产品发送出去。预警产品一键式分发模块主要是通过对接“海南省公共气象服务产品库”,利用“气象产品制作发布与监控平台”的一键式发布功能,实现预警产品的一键式发布。实现的发布渠道主要有短信、声讯、传真、网站、微博、微信、客户端、电视、大喇叭、电子显示屏、网盘、北斗、今日头条、一点资讯等^[8]。信息发送流程如图 2 所示。

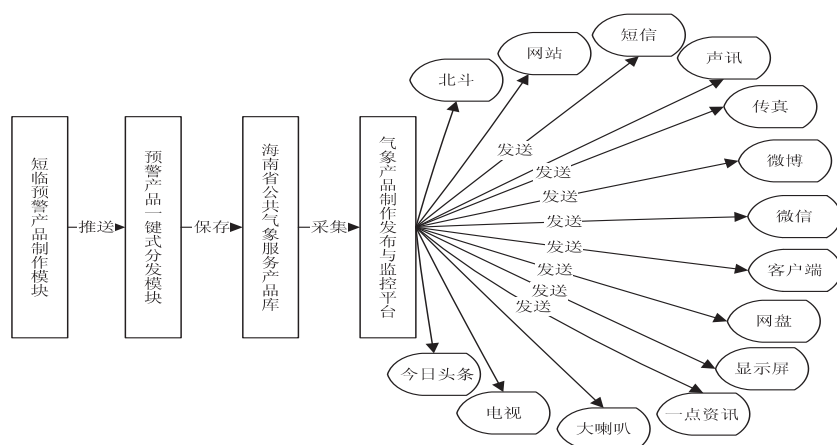


图 2 信息发送流程

短临预警产品制作模块制作好预警产品后,会推送至预警产品一键式分发模块,接着预警产品一键式分发模块将预警产品保存到“海南省公共气象服务产品库”^[9],“气象产品制作发布与监控平台”^[10]实时采集“海南省公共气象服务产品库”中的预警产品,根据

设置好的发布策略,通过现有的各个渠道将预警产品发送出去。

1.6 精细化格点预报模块

海南省精细化格点预报模块的业务由短时临近、短期和中期预报三部分组成。短时临近预报主要依托

自奥地利引进并实现本地化的 INCA 系统,基于其输出产品实现人工交互订正。短期和中短期预报则依据欧洲中心数值预报及省台 WRF 中尺度区域模式初步释用产品进行人工交互订正。预报全区域为九段线内的所有南海岛屿及海区(东经 1 050–1 200,北纬 30–220)。预报要素有风、降水、气温、相对湿度、能见度、云量,形成预报产品覆盖海南省所有海陆辖区,空间分辨率细化至 1~5 公里,12 小时内时间分辨率缩小至 1 小时间隔,1~10 天内时间分辨率为 3 小时间隔,可实现任意时间地点的动态预报提取,精细至街道、村落、渔区、航线。结合业务需求,根据精细格点预报数据,研究制定了数字向文字、定量向定性转换规则,并开发了基于精细化格点预报和图文模板标准的文字预报、报文预报和图形预报等传统预报产品或专业预报服务产品的自动转换生成技术,最终形成预报产品覆盖本省海陆辖区,精细到乡镇、渔区,任意时间地点,多用户的一体化集成业务平台。

2 关键技术

2.1 SWAN2.0

SWAN2.0 是中国气象局组织开发的集短时临近监测、分析、预报、预警制作等功能为一体的软件系统。该系统的推广使用,为各级气象台站开展灾害天气监测和气象服务工作提供了强有力的保障。海南省短时临近预警业务系统基于 SWAN2.0 开源开放框架和技术功能,充分利用该系统的数据处理、短时临近算法、监测报警、产品制作与发布等功能,结合本地短临产品的特点,针对不同类别灾害性天气实现实时监测自动示警,临近时效内发布预警,短时效内发布预报等功能。

2.2 雷达基数据质量控制技术

雷达在探测气象目标物时,会受到包括地物、海浪、生物等的干扰,产生大气的超折射现象,这种现象即为大气波导。大气波导对现代雷达探测有重要影响,会导致雷达出现超视距传播和探测盲区,从而影响了雷达的探测性能,导致雷达数据中经常存在杂波和亮带等虚假的回波,影响降水产品的准确性。利用雷

达反射率的三维结构进行雷达质量控制^[11]的算法比较成熟有效。雷达回波的垂直伸展、反射率场的空间变率、反射率的垂直梯度可以很好地用于质量控制。因此,文中主要采用雷达反射率的三维结构进行雷达质量控制,同时将回波的最低阈值定为 12 dBZ,在每个“区域”中,当检查发现资料值小于 12 dBZ 的点数超过“区域”内资料总点数的 40% 时,该“区域”将不被使用。雷达硬件故障或者大气波导的干扰,会使得雷达数据存在缺测的情况,对于缺测的雷达数据,文中主要采用局地平均法对其进行填充处理,即当进行资料连续性判断时,如果某个格点的值与其周围至少三个象限内的若干个格点的平均值的差异大于某个特定值的话,即认为该点为资料缺测,用其周围这些点的平均值来填补。

2.3 多源资料融合分析预警技术

针对 6 分钟间隔的雷达回波采用光流算法实现 QPF 功能,最终生成 0~3 小时雷达回波外推与降水预报。实现多模式的融合^[12–13],实现最高、最低气温,逐小时气温,与逐小时、3 小时、6 小时、12 小时、24 小时降水输出。采用 SCIT 算法,实现风暴自动识别、风暴追踪算法,实现风暴预报功能。根据 EN 闪电定位资料,采用光流法提供未来 60 分钟每 6 分钟的闪电位置预报。对欧洲集合预报 51 个成员分别采用概率匹配法、混合法与融合法分别输出降水预报。应用 SWAN 系统 QPE 产品、自动站实况相融合形成短时强降水精细化格点实况数据。应用雷达径向大风速区识别技术、自动站实况、中气旋识别等结果相融合形成雷雨大风精细化格点实况数据。利用雷达风暴特征客观识别冰雹实况形成冰雹精细化格点实况数据。应用 Grapes/Wrf/INCA 模式预报,SWAN 系统 QPF 产品结果融合形成短时强降水精细化格点预报数据。应用 TREC 外推雷雨大风、冰雹识别结果,形成雷雨大风、冰雹精细化格点预报数据。统一网格参数等标准,与精细化预报相一致,形成标准化产品。应用各类算法,融合格点和站点预报,以及要素预报和强对流天气预报。多源数据融合如图 3 所示。

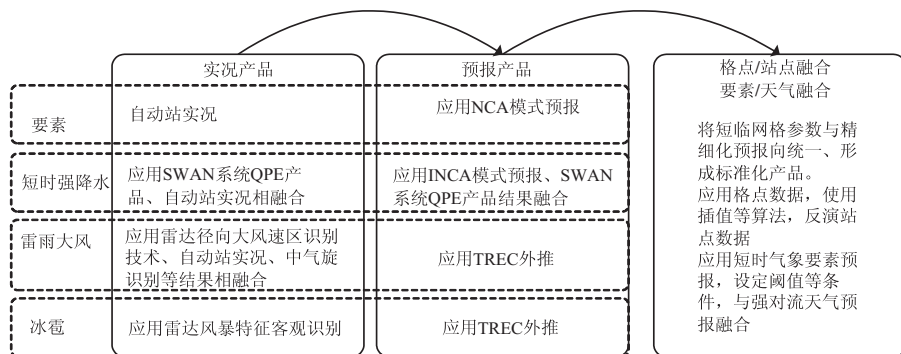


图 3 多源数据融合

2.4 预报客观订正技术

基于精细化格点预报业务的需求,系统开展了基于海岛观测站、雷达卫星资料和高分辨率数值模式产品的海洋降水、温度、风等定量化预报订正技术研究,研究完善基于落区和模式产品动态客观订正 MOC 方法的格点化定量降水预报技术,以及基于站点预报、模式预报和地理信息订正技术的格点化温度、湿度预报技术。实现了对海洋陆地定量化预报、智能化订正和精细化服务应用的完整支撑。

2.5 WebGIS 技术

地理信息系统 (geographic information system, GIS) 是 20 世纪 60 年代初发展起来的一门边缘学科,集计算机科学、地理学、测绘遥感学、环境科学、城市科学、空间科学、信息科学、应用数学、管理科学等众多学科的知识于一体。GIS 针对特定的应用任务,存储事物的空间数据和属性数据,记录事物之间的关系和演变过程。它可根据事物的地理坐标对其进行管理、检索、评价、分析、结果输出等处理,提供决策支持、动态模拟、统计分析、预测预报等服务。

WebGIS 是传统 GIS 在 Internet 上的延伸和扩展,具备 Internet 环境下空间信息的检索、查询、制图输出、编辑等空间信息管理和发布功能。WebGIS^[14-15] 支持 C/S 和 B/S 等两种结构模式。B/S 模式具备跨平台的优势,同时可免去安装升级客户端的繁琐操作,为此,海南省短时临近预警业务系统的数据产品综合显示模块选用 B/S 模式的 WebGIS 技术来实现气象数据产品的显示功能。

3 结束语

海南省短时临近预报预警系统基于 CIMISS 统一数据环境,应用 SWAN2.0 开源开放框架,针对不同类别灾害性天气可实现实时监测自动示警,临近时效内发布预警,短时效内发布预报等主要功能。该系统依托多源观测资料(雷达、自动测站、卫星),设置不同阈值,可实现对近海海区、岛礁附近海区的强对流等灾害性天气进行分区、逐级示警,通过后台云电话、短信、平台页面等多种方式第一时间提醒当班预报员及相关责任人,确保预警及时、服务到位。该系统还研发了气象灾害预警信号、灾害天气落区格点预报等短临预警

产品制作模块和一键式预警服务产品分发模块,大大缩短了制作发布各类气象灾害预警信号的时间,提高了预报服务效果。

参考文献:

- [1] 曾小团,黄海洪,黄荣成,等. 短时临近天气预警集约化业务系统研究[J]. 气象与环境科学,2017,40(3):125-132.
- [2] 刘远永,弓中强,朱佳宁,等. 安徽省市县短临监测预警系统的设计与应用[J]. 软件,2018,39(10):229-237.
- [3] 韩 丰,沃伟峰. SWAN2.0 系统的设计与实现[J]. 应用气象学报,2018,29(1):25-34.
- [4] 唐良招,何险峰,余华彬,等. 基于 WebService 的农业经济信息交换共享系统[J]. 计算机应用与软件,2010,27(11):188-190.
- [5] 喻 超,王子建,何俊佳. 基于 WebService 技术的变压器故障诊断系统[J]. 高电压技术,2007,33(4):87-90.
- [6] 于 鹏. 数据仓库与大数据融合的探讨[J]. 电信科学,2015,31(3):160-164.
- [7] 吴信才,郭玲玲,白玉琪. WebGIS 开发技术分析 with 系统实现[J]. 计算机工程与应用,2001,37(5):96-99.
- [8] 莫云音,李 勋,陈 亮,等. 基于中间件的系统对接技术的研究与实现[J]. 计算机技术与发展,2019,29(7):170-174.
- [9] 莫云音,李 勋,叶彩荣,等. 海南省公共气象服务产品库研究与实现[J]. 计算机技术与发展,2019,29(6):176-180.
- [10] 莫云音,吴盛洪,陈 亮,等. 气象信息发布监控系统应用研究与实现[J]. 计算机技术与发展,2019,29(8):147-151.
- [11] 潘腾辉,林金城,郑细焯,等. 面向数据库清洗的数据质量控制设计[J]. 信息技术,2017(10):133-136.
- [12] 魏士俨,杨燕明,许德伟. 海面风场数据时空融合方法研究[J]. 计算机仿真,2017,34(11):25-28.
- [13] XIAO F. Multi-sensor data fusion based on the belief divergence measure of evidences and the belief entropy[J]. Information Fusion,2018,46(1):23-32.
- [14] KUANG Tianqi, DU Jinglong, ZHANG Weiwei. Simulation of water pollution diffusion based on WebGIS[J]. Journal of Computer and Communications,2019,7(7):28-38.
- [15] SHENG Z, ZHAO Z, LIANG H. Design and Implementation of Food Safety Supervision Management System Based on WebGIS[J]. Computer and Modernization,2013,1(5):159-162.