

郭彬,卓健,周冬静,等. 基于智能计算的广西大风短临预报预警系统的产品检验[J]. 气象研究与应用,2021,42(1):80–84.

Guo Bin,Zhuo Jian,Zhou Dongjing,et al. Product inspection of Guangxi gale short-term forecast and early warning system based on intelligent computing[J]. Journal of Meteorological Research and Application,2021,42(1):80–84.

# 基于智能计算的广西大风短临预报预警系统的产品检验

郭彬<sup>1</sup>,卓健<sup>2\*</sup>,周冬静<sup>1</sup>,苏彦<sup>1</sup>,毛家桢<sup>1</sup>,陈少斌<sup>1</sup>,奉意杰<sup>3</sup>

(1. 崇左市气象局, 崇左 532200; 2. 广西壮族自治区气象信息中心, 南宁 530022;

3. 广西壮族自治区气象技术装备中心, 南宁 532200)

**摘要:** 利用机器学习和人工智能技术研发了广西大风短临预报预警系统,该系统的产品与同期广西各地气象局发布的大风预警信号(以下简称“人工预警”)进行比较分析。结果表明:(1)按业务评分规定,大风预警系统在漏报率和命中率方面更优,人工预警在 TS 评分和空报率方面更优;(2)有效提前预警情况下,大风预警系统在大风蓝色、黄色预警和不分级预警中 TS 评分较高。基于对大风预警系统和人工预警的数量、TS 评分和预警提前量的差异分析,广西大风短临预报预警系统的产品性能达到同期人工预警水平。

**关键词:** 智能计算;大风;短临预报;预警系统;验证

**中图分类号:** S42

**文献标识码:** A

**doi:** 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2021.1.14

**OSID:**



## 引言

当前,气象灾害预警已经成为各级气象台站最核心的业务,是气象台站开展气象防灾减灾最常用和最有效的手段<sup>[1]</sup>。大风天气由于受各种尺度天气系统相互作用制约<sup>[2-4]</sup>,影响因素多,瞬发性高、局地性强,预报员仅通过主观经验进行预判,预警结果的差异较大。

目前我国多级气象台站均建立了大风预报模型和强对流天气短时临近预报系统。李健等<sup>[5]</sup>通过选取河西地区大风预报因子,用统计方法根据历史形势场资料建立中期的风场预报模型,取得了一定的预报效果;重庆市气象局采用 TrajGRU 技术建立三维雷达回波智能临近预报模型<sup>[6]</sup>,对雷暴大风进行智能识别;陕西短时临近智能预报服务系统“NIFS 短临系统”<sup>[7]</sup>通过统计强对流历史个例数据,分类整理并对天气过程建模,利用机器学习方法,给出自动识别客观产品。广州中心气象台的临近预报系统“雨

燕”系统 SWIFT<sup>[8]</sup>是基于数值预报模式 GRAPES 提供的高分辨率数值预报产品,高时空分辨率的雷达资料以及稠密的气象自动站,实现对中小尺度天气系统监测、跟踪、定位和诊断。

为适应当前业务发展的需要,研发了基于机器学习和人工智能技术的广西大风短临预报预警系统,并经过业务试运行和产品检验,具有较好的预报准确率和提前量。

## 1 资料来源与方法

### 1.1 资料来源

广西大风短临预报预警系统(以下简称大风预警系统)的构建基于全国综合气象信息系统(CIMISS)的 2017—2018 年广西全区 4 要素以上自动站观测数据,利用数据挖掘和人工智能技术,从 1500 万组观测数据筛选出阵风 and 平均风力数据作为预报因子,利用贝叶斯方法建立定点大风概率预报模型,以马尔科夫链的自旋概率和转移概率作为

收稿日期:2020-05-09

基金项目:广西气象科研计划面上项目(桂气科 2019M24)

作者简介:郭彬(1995—),女,本科,助理工程师,主要从事气象预警服务工作。E-mail:834300039@qq.com

\* 通讯作者:卓健(1972—),男,本科,高级工程师,主要从事网络和雷达管理工作。E-mail:261817252@qq.com

概率预报数据,选择最优 TS 模型发布 0~6h 各市县所辖区域大风蓝色预警和大风黄色预警产品。系统产品集实时监控、大风概率预报和大风预警信号制作于一体,根据广西大风预警信号发布的业务规定,模拟预报服务人员发布大风预警信号的行为方式,逐 6min 更新产品。

大风预警系统于 2019 年 6 月建成并开始业务试运行,2019 年 7 月起进入稳定运行。为评估该系统的业务性能,对 2019 年 7 月 11 日至 2019 年 9 月 10 日该系统的大风预警产品进行检验,并与同期广西各地气象部门发布的大风预警信号(以下简称人工预警)进行比较。

1.2 检验方法

从预警信号的准确性检验以及时效性对大风预警系统发布的大风预警产品进行检验。

准确性检验指标包括 TS 评分、空报率、漏报率和命中率,计算公式如下:

TS 评分:  $TS_k = \frac{NA_k}{NA_k + NB_k + NC_k} \times 100\%$  (1)

空报率:  $FAR_k = \frac{NB_k}{NA_k + NB_k} \times 100\%$  (2)

漏报率:  $PO_k = \frac{NC_k}{NA_k + NC_k} \times 100\%$  (3)

命中率:  $POD_k = \frac{NA_k}{NA_k + NC_k} \times 100\%$  (4)

式中,K 为预警信号级别,一般为 1~4 级,分别代表蓝色、黄色、橙色、红色预警信号。

时效性检验指标包括准确预警的时间提前量(T1)、预警的时间提前量(T2)和有效预警的时间提前量(T3),计算方法如下:

准确预警的时间提前量:  $T1_k = \frac{\sum C_k}{NA_k}$  (5)

预警的时间提前量:  $T2_k = \frac{\sum C_k}{NA_k + NC_k}$  (6)

有效预警的时间提前量:  $T3_k = \frac{\sum C_k}{NA_k + NB_k + NC_k}$  (7)

式中,C=B-A,A 为预警信号的发布时间,B 为与预警信号对应的灾害性天气实况出现时间,C 为预警信号提前时间;K 为预警信号级别。当实况发生后发布与实况相符的预警信号,预警信号提前时间记为 0;当预警信号不正确时(含空报和漏报),预警信号提前时间记为 0。

现有业务规定的大风预警评分规则如表 1 所示。大风实况已出现且考虑过程将持续时,若预警信号在实况出现后 30min 内发布,记为预警信号正确,此预警信号提前量等于 0 分钟;反之,则记为实况所对应的预警信号漏报。在有效提前预警情况下检验大风预警信号时,只统计预警提前量大于 0 分钟的正确预警信号。

表 1 现有业务规定的大风预警评分规则

大风预警信号分级检验		大风预警信号不分级检验
NA	所属县有 1 个以上检验指标站的实况达到所发级别预警的标准	所属县有 1 个以上指标站的实况达到所发大风预警信号任一级别的标准
NB	所属县所有检验指标站的实况均未达到所发级别预警的标准	所属县所有检验指标站的实况均未达到所发大风预警信号任一级别的标准
NC	未发布蓝色预警信号,但所属县有 20%以上检验指标站的实况达到蓝色预警标准; 或未发布黄色预警信号,但所属县有 10%以上检验指标站的实况达到黄色预警标准; 或未发布橙(红)色预警信号,但所属县有 1 个以上检验指标站的实况达到橙(红)色预警标准。	未发布大风预警信号,但所属县有 20%以上(10%以上)检验指标站的实况达到蓝色(黄色)预警标准,或有 1 个以上检验指标站的实况达到橙(红)色预警标准。

2 检验结果与分析

2.1 大风预警信号准确性检验

从表 2 可知 2019 年 7 月 11 日至 9 月 10 日,大风预警系统发布的大风预警信号数量远超人工预

警。由于强风灾害具有显著的中小尺度时空分布特征,发生大风灾害的次数和最大瞬时风速要远比自动气象观测站能观测到的要多、要大。从防灾角度看,大风预警系统发布的预警数量偏多可能更起到预警作用。

表 2 2019 年 7 月 11 日—2019 年 9 月 10 日  
大风预警系统和人工预警次数对比

大风预警级别	系统预警次数	人工预警次数
大风蓝色	1607	330
大风黄色	239	47
大风橙色	0	3
不分级	1846	380

2019 年 8 月 3 日凌晨,受台风倒槽的台前飚线对流影响,桂东一带出现了强降水和大风天气。2 日 22:34,桂平地面站观测到  $13.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  的 7 级阵风,且

7 级风速持续到 07:45;3 日 01:04,贵港港北根竹国家气象观测站观测到  $14.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  的 7 级阵风。大风预警系统于 8 月 2 日 22:22 提前发布了桂平大风蓝色预警信号,并于 3 日 01:16 更新发布了桂平大风黄色预警信号;2 日 23:10 发布贵港大风蓝色预警信号(如表 3 所示)。人工预警于 3 日 08:24 和 08:26 分别发布了桂平、贵港大风蓝色预警信号。从业务评分角度来看,大风预警系统和人工的预警发布情况都是正确的,但人工发布的预警为实况预警,不具有提前量;而系统提前发布了准确的预警信号,更符合防灾减灾的需求。

表 3 2019 年 8 月 3 日 01:16 大风预警系统发布情况

大风预警信号发布情况	天气实况	大风实况是否出现	提前量(min)
桂平 2019 年 8 月 2 日 22:22 发布蓝色预警(提前)至 2019 年 8 月 3 日 4:22	2019 年 8 月 2 日 22:34 59254 桂平海拔 130.3(m),最大风速 $13.9(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$ 平均风速 $8.7(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	是	12
贵港 2019 年 8 月 2 日 23:10 发布蓝色预警(提前)至 2019 年 8 月 3 日 5:10	2019 年 8 月 3 日 01:04 N5041 港北根竹国家气象观测站海拔 58(m),最大风速 $14.3(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$ 平均风速 $8.7(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	是	114
桂平 2019 年 8 月 3 日 01:16 发布黄色预警(实时)至 2019 年 8 月 3 日 7:16	2019 年 8 月 3 日 1:16 59254 桂平海拔 130.3(m),最大风速 $20.8(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$ 平均风速 $12.7(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	是	0

用 2019 年 7 月 11 日至 2019 年 9 月 10 日期间,广西区内 4 要素以上自动气象观测站的大风实况,检验分析大风预警系统与人工预警对全区 89 个县级台站所做的大风蓝色和大风黄色预警,结果如表 4 所示。检验结果表明,大风预警系统在分级和不分级大风预警中,大风预警信号准确数量 NA 均高于人工预警,且漏报数量 NC 为 0。根据现行业务规定,如当低于 20%的检验指标站实况达到大风蓝色预警信号标准,预报员可根据经验选择不发布大风信号,故同时段内系统发布的预警次数多于

人工预警。  
分别计算大风预警系统产品和人工预警的准确性检验指标,结果如图 1 所示,可以看出大风预警系统在漏报率和命中率方面优于人工预警;在 TS 评分和空报率方面,弱于人工预警。  
综上所述,大风预警系统能较好地对大风天气作出提前预警,且大风预警信号准确数量高于人工预警,不存在漏报现象。大风预警系统将发布标准量化后由程序根据最新数据发布的大风预警信号,覆盖范围更全面,预警更精细化,但不够灵活,导致

表 4 业务标准下大风预警系统产品和人工预警在 2019 年 7 月 11 日—2019 年 9 月 10 日的效果检验

大风分级	大风预警系统 NA	大风预警系统 NB	大风预警系统 NC	大风预警系统 TS	人工预警 NA	人工预警 NB	人工预警 NC	人工预警 TS
大风蓝色	1036	571	0	64.5	245	69	16	74.2
大风黄色	146	93	0	61.1	35	8	4	74.5
不分级	1192	654	0	64.6	283	77	20	74.5

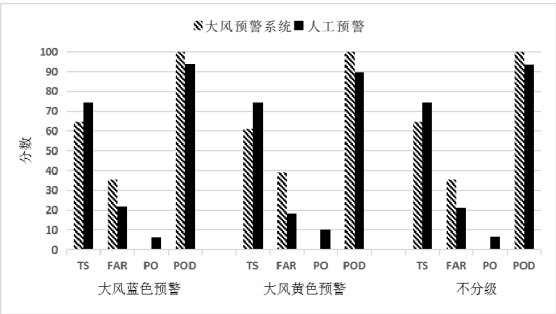


图 1 业务标准下大风预警系统产品与人工预警的准确性指标对比

空报率较高;人工预警可根据经验依据业务规定决定是否发布预警信息,TS 评分和空报率更优,但存在一定漏报率。

表 5 有效提前预警下大风预警系统产品和人工预警在 2019 年 7 月 11 日—2019 年 9 月 10 日的效果检验

大风分级	大风预警系统 NA	大风预警系统 NB	大风预警系统 NC	大风预警系统 TS	人工预警 NA	人工预警 NB	人工预警 NC	人工预警 TS
大风蓝色	404	571	632	25.1	76	69	185	23.0
大风黄色	59	93	87	24.7	5	8	34	10.6
不分级	480	654	712	26.0	81	77	222	21.3

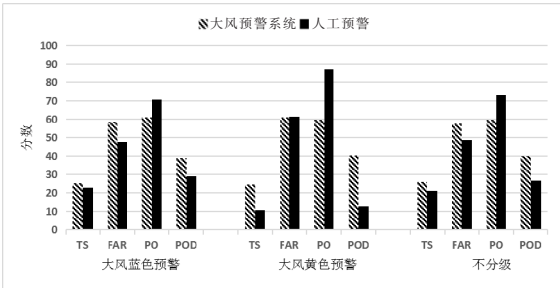


图 2 有效提前预警下大风预警系统产品与人工预警的准确性指标对比

2.3 预警信号的时效性检验

大风预警系统和人工预警的时间提前量对比

表 6 2019 年 7 月 11 日—2019 年 9 月 10 日大风预警系统产品和人工预警的提前量检验

时间提前量	大风预警系统 大风蓝色	大风预警系统 大风黄色	大风预警系统 不分级	人工预警 大风蓝色	人工预警 大风黄色	人工预警 不分级
T1(min)	70.8	75.5	71.4	87.74	23.40	36.04
T2(min)	24.1	37.3	23.8	25.55	3.00	15.44
T3(min)	15.6	23.1	15.3	20.21	2.49	13.27

2.2 大风预警系统的产品和人工预警的差异分析

有效提前预警情况下,通过分析数据发现,不分级预警下人工预警的 283 条正确的大风预警中,有提前量的为 81 条,其他均为实况预警。为更准确比较提前预警能力,本文对前述时间段的预警信号进行再次分析,不再将实时预警列为正确预警,而是归类为漏报(NC),比对结果见表 5,大风预警系统发布了更多有提前量的预警信号,尤其在黄色等级中,提前预警次数更多,预警效果更好。

分别计算有效提前预警情况下大风预警系统产品和人工预警的准确性检验指标,可以看出系统在蓝色、黄色等级和不分级预警中,TS 评分均高于人工预警,且漏报率和命中率更优,但空报率高于人工预警。

如表 6 所示。大风预警系统在黄色等级和不分级中,3 类时间提前量均高于人工预警;在蓝色等级中,大风预警系统的 3 类时间提前量均低于人工预警。

通过分析蓝色等级的大风预警信号提前量,结果如表 7 所示。人工预警的 330 条大风蓝色预警中,有效提前预警的次数为 81。预警信号提前量在 1h 以内的次数为 63,预警信号提前量大于 5h 的大风预警有 7 次,最大提前量为 985min。而大风预警系统的有效提前预警主要集中在 1h 以内,更具有大风短时临近预警的合理性、针对性。



表 7 2019 年 7 月 11 日—2019 年 9 月 10 日大风预警系统和人工发布的大风蓝色预警提前量对比

预警信号提前量 (h)	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	>6
大风预警系统 (次数)	281	62	20	13	15	13	无产品
人工预警 (次数)	63	6	2	3	0	2	5

### 3 结论

(1)按业务评分规定,大风预警系统在漏报率和命中率方面更优,人工预警在 TS 评分和空报率方面更优。

(2)有效提前预警情况下,大风预警系统在大风蓝色、黄色级别预警和不分级预警中的 TS 评分、漏报率和命中率更优,但空报率高于人工预警。

(3)通过分析大风预警系统和人工预警的数量、TS 评分和预警提前量的差异,认为在准确率差别不大的条件下,从防灾服务角度,大风预警系统优势明显且预警产品性能达到同期人工预警水平。

对于系统性的强对流天气过程,预报员的经验更具优势,这是大风预警系统在未来开发改进过程中,需要学习引进的知识点。由于样本不足,大风预警系统未对黄色等级以上大风预报预警技术进行学习,这也是今后改进方向。

#### 参考文献:

- [1] 彭兴德,王彪,何周见,等.气象灾害预警信号解读及发布问题探讨——以暴雨为例[J].中低纬山地气象,2018,42(6):78-82.
- [2] 许彬,许爱华,陈云辉,等.强对流天气概念模型在江西“3·4”极端大风预报中的应用[J].暴雨灾害,2019,38(2):144-151.
- [3] 罗静兰,曾繁威,王迪龙.云浮地区灾害性大风的特征[J].广东气象,2018,40(3):29-32.
- [4] 杨新林,孙建华,鲁蓉,等.华南雷暴大风天气的环境条件分布特征[J].气象,2017,43(7):769-780.
- [5] 李健,张文军.河西走廊中期大风预报模型探讨[J].青海气象,2019(4):6-9.
- [6] 顾建峰,周国兵,刘伯骏,等.人工智能技术在重庆临近预报业务中的初步研究与应用[J].气象,2020,46(10):1286-1296.
- [7] 胡启元,姚静,王楠.陕西省短时临近智能预报服务系统简介[J].陕西气象,2019(5):44-50.
- [8] 陈元昭,兰红平,陈训来,等.短时临近预报系统在广东一次强对流天气过程中的检验分析[J].广东气象,2012,34(2):5-9.

## Product inspection of Guangxi gale short-term forecast and early warning system based on intelligent computing

Guo Bin<sup>3</sup>, Zhuo Jian<sup>2</sup>, Zhou Dongjing<sup>1</sup>, Su Yan<sup>1</sup>, Mao Jiashen<sup>1</sup>, Chen Shaobin<sup>1</sup>, Feng Yijie<sup>3</sup>

(1. Chongzuo Meteorological Bureau, Chongzuo Guangxi 532200; 2. Guangxi Meteorological Information Center, Nanning Guangxi 530022; 3. Guangxi Meteorological Technical Equipment Center, Nanning Guangxi 532200)

**Abstract:** Based on machine learning and artificial intelligence technology, Guangxi gale short-term forecasting and early warning system was developed. In order to evaluate the forecasting and early warning ability of the system, the products of the system were compared with the gale early warning signals (hereinafter referred to as “manual early warning”) issued by meteorological bureaus of Guangxi in the same period. The results showed that (1) according to the business scoring rules, the gale early warning system was better in the missing report rate and hitting accuracy, while the manual early warning system was better in the TS score and empty report rate. (2) In the case of effective early warning, the gale warning system had a higher TS score in the blue, yellow warning and non-graded gale warning. Based on the difference analysis of the number, TS score and early warning amount, the product performance of Guangxi gale short-term early warning system reached the level of manual early warning in the same period.

**Key words:** gale short-term early warning; accuracy; effective early warning