

文章编号:1004-9045(2008)01-0068-05

利用数值预报产品制作府环河流域面雨量预报试验

邓兴旺, 张 涛, 吴涛涛

(湖北省孝感市气象局, 孝感 432000)

摘要: 以府环河流域内所有加密自动气象站降水资料为基础, 使用泰森多边形法计算实况面雨量, 利用 T213、GRAPES、MM5、JAPAN 和 GERMANY 数值预报模式短期降水预报产品, 将其在府环河流域上所有格点资料的算术平均值作为预报因子, 采用灰色预测 GM(0, h)模型, 制作府环河流域 24 h、48 h 面雨量预报。经过 2007 年主汛期 6-8 月预报业务实际应用, 其面雨量预报能力较强, 其中面雨量暴雨预报 T_s 综合评分, 24 h 的为 52.0%, 48 h 的为 40.0%。

关键词: 自动气象站; 面雨量; 数值预报产品; 灰色预测

中图分类号: P457.6 文献标识码: A

1 引言

府环河是长江的主要支流, 流经鄂东北随州市和孝感市, 是湖北省境内仅次于汉江的第二大水系^[1]。府河(又名涑水)发源于随州市大洪山北麓, 全长 303.9 km; 环河(即澧河)发源于大别山南麓, 全长 150.8 km。两河在孝感卧龙潭汇聚后称为府环河, 至武汉市谏家矶汇入长江; 府环河流域包括曾都、广水、安陆、大悟、孝昌、云梦、应城、孝南等 8 个县(市、区), 全长超过 340 km, 集雨面积愈 1.8×10^4 km²。每临汛期, 府环河流域频繁发生暴雨和大暴雨天气过程, 极易造成府环河洪水泛滥并形成洪涝。基于提高防汛抗洪决策能力和确保该流域水库安全渡汛的需要, 面雨量预报已成为孝感市防汛抗洪决策气象服务的重要参考依据。

近年来, 不少专业人员对我国江河流域面雨量预报方法进行了较为深入的研究。如李才媛等^[2]运用数值预报产品天气学释用方法、徐双柱等^[3]运用客观相似方法、熊秋芬等^[4]利用人工神经网络方法、龙利民等^[5]利用天气学及多元线性回归方法、周国兵^[6]和熊传辉等^[7]直接利用降水数值预报产品的格点算术平均值作为面雨量预报, 取得了一些有益的成果。上述研究方法各不相同, 但结合加密自动气象站降水资料对小流域面雨量预报进行试验研究的较少。因此, 以府环河流域内所有加密自动气象站降水资料为基础, 以泰森多边形法计算得到该流域实况面雨量, 再利用 T213、GRAPES、MM5、JAPAN、GERMANY 数值预报模式短期降水预报产品, 将其在该流域上所有格点资料的算

术平均值作为预报因子, 运用灰色预测 GM(0,h)模型制作府环河流域 24 h、48 h 面雨量预报。通过 2007 年主汛期 6-8 月预报业务实际应用, 其面雨量预报能力较强, 取得了较好的业务服务效果。

2 流域面雨量计算

计算府环河流域面雨量采用的是泰森多边形法, 该方法又叫垂直平分法^[8-10]。其计算原理是, 将流域内各相邻雨量测站(包括国家气象观测站和区域天气观测站)用直线相连, 作各连线的垂直平分线, 这些相交的垂直平分线把流域划分为若干个多边形, 使每个多边形内都有一个雨量测站; 再设每个雨量测站都以其所在的多边形为控制面积, 则流域面雨量为各站点雨量乘以各自的控制面积的总和除以流域总面积。其计算式如下:

$$P = \sum_{i=1}^n R_i W_i \quad (1)$$

式(1)中, P 为泰森多边形法计算的流域面雨量(mm), W_i 为各测站的控制面积(S)与流域总面积(S)的比值, R_i 为各雨量测站的同期降雨量(mm), n 为雨量测站数。

根据府环河流域的地理特征(图 1), 将该流域分为府河流域、环河流域和府环河流域三个区域分别计算各流域面雨量。参与府河流域、环河流域、府环河流域面雨量计算的雨量站分别有 43 个、24 个和 71 个, 且府河流域的 43 个站与环河流域的 24 个站互不相干, 但府环河流域的 71 个站包含府河流域和环河流域的所有测站。

收稿日期:2007-07-04; 定稿日期:2007-11-21

基金项目:湖北省气象局科技发展基金科研项目“府环河流域面雨量预报模式研究”(2005Y04)资助

作者简介:邓兴旺, 男, 1965 年生, 高级工程师, 主要从事天气预报技术和方法研究。E-mail: xgdwx@schu.cn



图 1 府环河流域及其自动气象站分布示意图(实线范围为府河流域,虚线范围为环河流域,实线、虚线范围与阴影范围合为府环河流域)

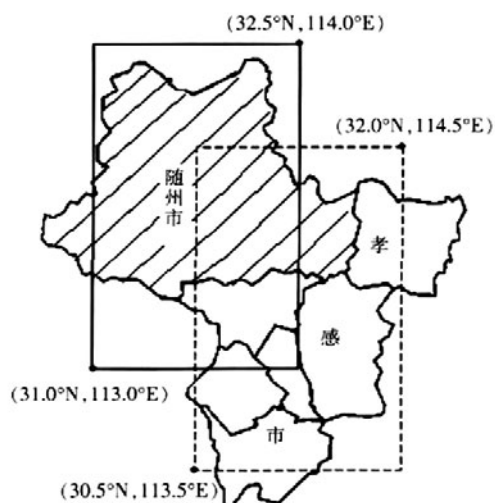


图 2 府环河流域面雨量预报因子取值范围(实线方框为府河流域,虚线方框为环河流域,实线与虚线方框共为府环河流域)

3 预报因子的选择

府环河流域面雨量预报初始因子均取自 T213、GRAPES、MM5、JAPAN、GERMANY 数值预报模式 08 时(北京时,下同)短期降水预报产品,其分辨率分别为 $1.0^{\circ} \times 1.0^{\circ}$ 、 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 、 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 、 $1.25^{\circ} \times 1.25^{\circ}$ 、 $1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$; 其中,24 h 面雨量预报(20~20 时)因子取自 T213、GRAPES、MM5、JAPAN、GERMANY 模式对应的 12~36 h 降水预报产品,共有 5 个因子;由于受模式预报时效的限制,48 h 面雨量预报(20~20 时)因子取自 T213、JAPAN、GERMANY 模式对应的 36~60 h 降水预报产品,共 3 个因子。

根据府环河流域的地理位置和分布范围,府河流域的预报因子选择 $31.0^{\circ} \sim 32.5^{\circ} \text{N}$ 、 $113.0^{\circ} \sim 114.0^{\circ} \text{E}$ 范围内所有格点资料的算术平均值,环河流域的预报因子选择 $30.5^{\circ} \sim 32.0^{\circ} \text{N}$ 、 $113.5^{\circ} \sim 114.5^{\circ} \text{E}$ 范围内所有格点资料的算术平均值,府环河流域的预报因子选择上述两个范围内所有格点资料的算术平均值(图 2)。由于府环河流域不是严格的网格形区域,因而三个流域面雨量预报因子的取值范围存在交叉重叠区域。

4 预报模型

在天气预报业务中,采用的灰色预测模型一般是静态 h 元灰色预测模型 GM(0,h),对原始数列只作一次累加生成处理^[11-12]。

令 $\{X_k^{(0)}(i)\}$ 、 $\{Y^{(0)}(i)\}$ 分别为预报因子和预报量的原始数列, $k=1, 2, \dots, h$; $i=1, 2, \dots, n$ 。对其作一次累加生成:

$$X_k^{(1)}(i) = \sum_{j=1}^i X_k^{(0)}(j), Y^{(1)}(i) = \sum_{j=1}^i Y^{(0)}(j) \quad (2)$$

这样得到新的数据序列 $\{X_k^{(1)}(i)\}$ 、 $\{Y^{(1)}(i)\}$, 生成后的序列随机性被弱化,变成单增数列。设预测模型结构为:

$$\hat{Y}^{(1)}(i) = b_1 X_1^{(1)}(i) + b_2 X_2^{(1)}(i) + \dots + b_h X_h^{(1)}(i) + a \quad (3)$$

式(3)中, b_1, b_2, \dots, b_h, a 为待辨识参数。

令向量

$$A = (b_1, b_2, \dots, b_h, a)^T$$

其值可用最小二乘法求得:

$$A = (B^T B)^{-1} B^T U \quad (4)$$

$$B = \begin{pmatrix} X_1^{(1)}(2) & X_2^{(1)}(2) & \dots & X_h^{(1)}(2) \\ X_1^{(1)}(3) & X_2^{(1)}(3) & \dots & X_h^{(1)}(3) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_1^{(1)}(n) & X_2^{(1)}(n) & \dots & X_h^{(1)}(n) \end{pmatrix}$$

$$U = (Y^{(1)}(2), Y^{(1)}(3), \dots, Y^{(1)}(n))^T$$

对 $\hat{Y}^{(1)}(i)$ 作还原处理,即累减生成:

$$\hat{Y}(i) = \hat{Y}^{(1)}(i) - \hat{Y}^{(1)}(i-1) \quad (5)$$

从而得到预测值序列 $\{\hat{Y}(i)\}$ 。

值得一提的是,本试验由于预报因子和预报量都是雨量值,因而没有涉及到灰色关联度的计算和预报因子的选择。这里 $h=5$ 或 3 , 根据以往实践经验^[11-12], 序列长度 n 取 60 。

5 预报效果检验

在这次业务试验应用中,面雨量预报产品制作程

序均采用 Borland Delphi 7.0 编程, 并通过修改 MICAPS 系统的定时运行程序 Mtimer.exe 的配置文件 ws.dat 参数以实现定时自动运行, 无需人工干预, 每天 14 时 55 分自动生成预报结果。

5.1 预报质量评分

预报检验时间为 2007 年 6 月 1 日至 8 月 31 日。由于灰色模型采用有限记忆法, 因而 6 月 1 日实际预报利用的前期样本资料时段为 4 月 1 日至 5 月 30 日 (60 天), 以后每增加一天新资料, 就删除样本第一天资料, 保持样本长度不变。日面雨量 (R_{24}) 标准参照的是 2006 年 11 月 1 日正式实施的《江河流域面雨量等级》(GB/T 20486-2006), 即: 小雨, R_{24} 为 0.1~5.9 mm; 中雨, R_{24} 为 6.0~14.9 mm; 大雨, R_{24} 为 15.0~29.9 mm; 暴雨, R_{24} 为 30.0~59.9 mm; 大暴雨, R_{24} 为 60.0~

150.0 mm; 特大暴雨, $R_{24}>150.0$ mm。一般性降水和灾害性天气落区预报检验办法统计预报质量参照的是中国气象局颁布的《中短期天气预报质量检验办法(试行)》, 即:

$$T_S \text{ 评分: } T_S = N_A / (N_A + N_B + N_C) \times 100\% \quad (6)$$

$$\text{空报率: } F_{AR} = N_B / (N_A + N_B) \times 100\% \quad (7)$$

$$\text{漏报率: } P_O = N_C / (N_A + N_C) \times 100\% \quad (8)$$

式(6)~(8)中, N_A 为预报正确次数, N_B 为空报次数, N_C 为漏报次数。府环河流域 24 h 面雨量和 48 h 面雨量预报评分见表 1。其中, 综合评分为府河流域、环河流域和府环河流域三个流域的综合质量; 为了重点分析面雨量暴雨和大暴雨的预报效果, 一般性降水预报评分没有分级, 只对面雨量实况或预报出现 0.1 mm 的情况进行评定。

表 1 府环河流域 24 h、48 h 面雨量灰色预测评分结果

降水 量级	流域	24 h						48 h					
		N_A	N_B	N_C	$T_S/\%$	$F_{AR}/\%$	$P_O/\%$	N_A	N_B	N_C	$T_S/\%$	$F_{AR}/\%$	$P_O/\%$
一般性 降水	府河	56	11	4	78.9	16.4	6.7	55	9	3	82.1	14.1	5.2
	环河	52	8	1	85.2	13.1	1.9	49	12	2	77.8	19.7	3.9
	府环河	59	5	2	89.4	7.8	3.3	57	12	3	79.2	17.4	5.0
	综合评分	167	24	7	84.3	12.6	4.0	161	33	8	79.7	17.0	4.7
暴雨	府河	4	2	2	50.0	33.3	33.3	3	1	3	42.9	25.0	50.0
	环河	5	3	2	50.0	37.5	28.6	2	1	4	28.6	33.3	66.7
	府环河	4	2	1	57.1	33.3	20.0	3	1	2	50.0	25.0	40.0
	综合评分	13	7	5	52.0	35.0	27.8	8	3	9	40.0	27.3	52.9
大暴雨	府河	1	1	1	33.3	50.0	50.0	0	3	1	0.0	100.0	100.0
	环河	0	4	1	0.0	100.0	100.0	0	3	1	0.0	100.0	100.0
	府环河	1	2	1	25.0	66.7	50.0	0	2	1	0.0	100.0	100.0
	综合评分	2	7	3	16.7	77.8	60.0	0	8	3	0.0	100.0	100.0

由表 1 可见, 该预测方法对府环河流域 24 h、48 h 一般性降水和暴雨预报能力较强, 大暴雨预报能力较差。对 24 h 面雨量预报来说, 一般性降水 T_S 综合评分为 84.3%, 其中府环河流域最高(89.4%); 暴雨 T_S 综合评分为 52.0%, 府环河流域最高(57.1%), 大暴雨 T_S 综合评分为 16.7%, 府河流域最高(33.3%)。对 48 h 面雨量预报来说, 一般性降水 T_S 综合评分为 79.7%, 暴雨 T_S 综合评分为 40.0%, 而大暴雨 T_S 综合评分为 0.0%, 可见对 48 h 面雨量大暴雨预报的能力很差。大暴雨预报质量较差的原因是空(漏)报率较大, 其中 24 h 大暴雨综合空报率达 77.8%、漏报率达 60.0%, 48 h 大暴雨综合空报率均为 100.0%。

5.2 预报效果比较

为了客观分析本预测方法的预报效果, 以上述灰色预测模型中 24 h 和 48 h 预报因子作为数值预报模式对府环河流域 24 h 和 48 h 面雨量的预报值, 按

照上述预报检验办法, 统计出 5 种数值预报模式的面雨量预报准确率 T_S (表 2)。

为了比较面雨量灰色预测与 5 种数值预报模式预报的综合 T_S 评分结果, 按照不同降水等级和不同预报时效, 以灰色预测的综合 T_S 评分分别减去 5 种数值预报模式预报的综合 T_S 评分作为比较值, 其结果见表 3。

由表 3 可见, 一般性降水预报灰色预测综合 T_S 比每种数值预报模式的质量都要高, 其中 24 h 提高了 1.1%~13.1%, 48 h 提高了 2.0%~15.4%; 暴雨预报灰色预测综合 T_S 比每种数值预报模式的质量提高更明显, 其中 24 h 提高了 23.4%~52.0%, 48 h 提高了 22.8%~40.0%; 24 h 面雨量大暴雨预报综合 T_S 灰色预测比 5 种数值预报模式提高了 4.2%~16.7%, 48 h 面雨量大暴雨预报综合 T_S 灰色预测与 3 种数值预报模式均为 0.0%。比较结果表明, 府环河流域面雨量灰色预测方法比数值预报模式的预报值有较为明显的改进和提高。

表 2 5 种数值预报模式 24 h、48 h 面雨量预报 T_s 评分结果(%)

降水量级	流域	24 h					48 h		
		T213	GRAPES	MM5	JAPAN	GERMANY	T213	JAPAN	GERMANY
一般性降水	府河	75.3	79.2	78.4	81.4	69.8	78.3	72.0	63.5
	环河	69.3	74.3	70.8	82.8	75.4	74.6	71.4	67.2
	府环河	76.6	80.6	77.3	85.3	68.8	80.0	75.7	62.5
	综合评分	73.8	78.0	75.6	83.2	71.2	77.7	73.1	64.3
暴雨	府河	15.4	21.4	10.0	33.3	0.0	15.4	18.2	0.0
	环河	16.7	18.2	8.3	30.0	0.0	16.7	20.0	0.0
	府环河	8.3	18.2	20.0	22.2	0.0	7.7	12.5	0.0
	综合评分	13.5	19.4	12.5	28.6	0.0	13.2	17.2	0.0
大暴雨	府河	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	环河	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	府环河	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	综合评分	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 3 面雨量灰色预测与 5 种数值预报模式预报综合 T_s 评分的比较值(%)

降水量级	24 h					48 h		
	T213	GRAPES	MM5	JAPAN	GERMANY	T213	JAPAN	GERMANY
一般性降水	10.5	6.3	8.7	1.1	13.1	2.0	6.6	15.4
暴雨	38.5	32.6	39.5	23.4	52.0	26.8	22.8	40.0
大暴雨	16.7	16.7	4.2	16.7	16.7	0.0	0.0	0.0

5.3 2007 年主汛期暴雨个例预报效果检验

2007 年主汛期, 府环河流域暴雨频繁、雨量集中, 府环河出现了几次较大洪水。本预测方法对府环河流域 6 月 19~20 日、7 月 2~3 日、8~9 日、13~14 日等 4 次强降水过程均作出了较准确的预报。以下为 6 月 19 日和 7 月 13~14 日两次强降水过程 24 h 面雨量预报的情况。

6 月 19 日是 2007 年长江中下游地区的入梅日, 6 月 18 日该预测方法分别预报府河、环河、府环河流域 24 h 面雨量为 85.1 mm、117.5 mm、103.4 mm, 而 19 日面雨量实况分别为 83.4 mm、28.0 mm、64.8 mm。预报 3 个流域均为大暴雨, 而实况是 2 个流域为大暴雨、1 个流域为大雨, 这次预报较为成功。

7 月 13~14 日府环河流域出现了一次连续暴雨过程。7 月 12 日该预测方法分别预报府河、环河、府环河流域 24 h 面雨量为 108.0 mm、36.9 mm、59.2 mm, 而 13 日面雨量实况分别为 52.7 mm、24.1 mm、44.7 mm; 7 月 13 日该预测方法分别预报府河、环河、府环河流域 24 h 面雨量为 56.8 mm、71.0 mm、70.9 mm, 而 14 日面雨量实况分别为 19.8 mm、52.9 mm、28.7 mm。统计结果表明, 使用该面雨量预测方法, 面雨量暴雨预报正确次数为 3 个区域, 其 24 h 预报 T_s 综合评分为 3/6(50%), 其中, 在 3 次暴雨空报的情况下, 均出现了大雨。

6 讨论

对比分析结果表明, 府环河流域面雨量灰色预测比数值预报模式本身的预报有比较明显的改进和提高, 其中面雨量暴雨预报质量明显高于数值预报模式本身的预报质量; 运用灰色预测方法制作府环河流域面雨量预报, 实际预报应用情况较好, 其 24 h 和 48 h 面雨量一般性降水和暴雨预报质量较高、预报能力较强, 特别是对面雨量暴雨预报具有一定的指示作用和实用价值。

在目前开展的江河流域面雨量预报业务中, 利用 T213、GRAPES、MM5、JAPAN 和 GERMANY 等 5 种数值预报产品的格点降水量算术平均值作为面雨量预报因子, 无疑是对数值预报产品解释应用的一种探索。使用灰色预测模型预报江河流域面雨量, 其优点有二: 一是不需要长的时间序列, 不受资料年代的限制, 能解决目前数值预报模式不断更新换代的问题; 二是它在资料处理上采用了有限记忆法, 其样本逐日更新为一定序列长度(本试验取 60)的前期资料, 从而可消除季节性影响, 虽其灰色预测方程是动态变化的, 但所建模型则可全年通用。

参考文献:

- [1] 吴世经, 郑启松, 杨金政, 等. 湖北省防汛气象服务手册[M]. 北京: 气象

- 出版社,1997:58- 60.
- [2] 李才媛,宋清翠,金琪,等.短期强降水面雨量预报与 T213 产品的天气学释用[J].气象,2003,29(3):27- 30.
- [3] 徐双柱,王丽,张吉,等.三峡区间面雨量的客观相似预报方法及其检验[J].湖北气象,2004,(1):21- 23.
- [4] 熊秋芬,王丽,郑启松,等.三峡区间面雨量预报方法及其试验效果[J].气象,2000,26(11):19- 23.
- [5] 龙利民,饶传新,于大峰,等.清江流域 6-8 月面平均雨量的影响因素与预报[J].湖北气象,1999,(2):17- 19.
- [6] 周国兵.三峡库区流域面雨量预报模糊检验[C]//天气预报技术文集(2004).北京:气象出版社,2004:228- 233.
- [7] 熊传辉,马安国,饶传新,等.三种数值预报产品在清江流域面雨量预报中的应用检验[J].湖北气象,2004,(1):24- 26.
- [8] 徐晶,林建,姚学祥,等.七大江河流域面雨量计算方法及应用[J].气象,2001,27(11):13- 16.
- [9] 方慈安,潘志祥,叶成志,等.几种流域面雨量计算方法的比较[J].气象,2003,29(7):15- 19.
- [10] 秦承平,居志刚.清江和长江上游干支流域面雨量计算方法及其应用[J].湖北气象,1999,(4):16- 18.
- [11] 李才媛.湖北省梅雨期分级降水预报试验[J].气象,1996,(1):49- 52.
- [12] 邓兴旺.利用数值预报产品制作夏季降水分县分级预报试验[J].气象,1997,(10):27- 30.

An Experiment Research of Predicting Area Rainfall Based on Numerical Weather Forecasting Products over Fuhuan River Valley

DENG Xing-wang, ZHANG Tao, WU Tao-tao

(Xiaogan Meteorological Bureau of Hubei Province, Xiaogan 432000)

Abstract: By using the precipitation data of Integrated Automatic Meteorological Station, actual area rainfall is calculated based on Tyson polygon method over Fuhuan river valley. The arithmetic average of area rainfall productions of T213, GRAPES, MM5, JAPAN and GERMANY on the grid is as the forecast factor. 24 hours and 48 hours area rainfall forecast is made by means of the Gray Forecast Model GM (0, h). During the operation application in the main flood season from June to August in 2007, composite score T_s of area rainfall rainstorm forecasting are 52.0% for 24 hours and 40.0% for 48 hours.

Key words: Automatic weather station; Area rainfall; Numerical weather Forecasting products; Gray forecast

(上接 53 页)

Multi-scale Analysis of Typhoon Inverse Trough Heavy Rain in Shiyan in August of 2005

XU Yuan-bo, YIN Heng, ZHAO Shi-li, LIANG Dai-rong

(Shiyan Meteorological Bureau of Hubei Province, Shiyan 442000)

Abstract: With the influence of the Coreal typhoon trough, a heavy rain weather process occurred in some areas of Shiyan, such as Fang county, Zhushan county, and Danjiangkou city, from the evening of august 14th to the dawn of the 15th in 2005. By the conventional observations, satellite images and ground intensive weather observations, the heavy precipitation process is analyzed on multiple scales. The result shows that: (1) the irrisistention of Subtropical High, the proliferation of ground weak cold air, the interaction of the low-latitude circulation systems and the water vapor transportation by the low level jet are the main large-scale circulation systems impacting this event; (2) the meso-scale dew point front and the ground convective line are obvious before the rainstorm occurred; (3) the organized occurrence, development, maturity and dissipation characteristics of the meso-scale convective systems (MCS) showed in satellite images play important roles in the heavy precipitation nowcasting and warning.

Key words: Typhoon trough; Heavy rain; Multi-scale; Low lever jet; Dew point front