

湖北省梅雨期分级降水预报试验

李才媛

(武汉中心气象台, 武汉 430074)

提 要

以武汉中心气象台日常业务降水预报项目为研究对象, 选择梅雨期 12—36 小时预报时段, 以灰色系统理论的生成函数为基础, 运用灰色预测模型将 LAFS 模式等降水量预报集成, 制作了武汉单站降水量分级(弱降水, 中等强度降水和强降水)预报。运用回归分析方法, 将 LAFS 资料的降水量预告场订正到湖北省 5 个自然区, 制作湖北省区域降水分级预报。经过 1993 年、1994 年准业务试验, 获得了较好的效果。

关键词: 灰色预测 回归分析 分级降水预报

1 资料处理

1.1 预报量

对于武汉测站, 直接预报降水量值, 24 小时(20—20 时)降水量 $\leq 9.9\text{mm}$ 称之为弱降水, $10.0—49.9\text{mm}$ 为中等强度降水, $\geq 50.0\text{mm}$ 为强降水。

湖北省 5 个自然区域分别为鄂西北(NW)、鄂东北(NE)、鄂西南(SW)、江汉平原(JH)和鄂东南(SE)。根据武汉中心气象台业务上的规定, 降水量分区雨型编码为 $x, 0, 1, 2, \dots, 6$ 八个等级, 分别称为无雨、零星小雨、小雨、中雨、大雨、暴雨、大暴雨、特大暴雨。在此项工作中, 我们将 $x-1$ 划为弱降水, $2-3$ 划为中等强度降水, ≥ 4 划为强降

水。为了拉开等级间的距离, 分别记为“0”、“10”和“20”。

预报时段为 6 月 1 日至 7 月 15 日, 即常年梅雨期间, 预报时效为 12—36 小时, 即用 08 时资料预报当天晚上到第二天白天。

1.2 预报因子

武汉测站预报因子取 LAFS 24 小时、48 小时降水量预报场; 北京有限区模式(俗称小 B 模式)24 小时、36 小时降水量预报和日本降水量预报。后者直接从传真图上读取, 前两种资料用有限元插值到武汉测站后代入方程。插值公式形式为:

$$M(x, y) = \alpha + \beta x + \gamma y$$

其中:

$$\Delta = x_a y_b + x_b y_c + x_c y_a - x_a y_c - x_b y_a - x_c y_b$$

$$\alpha = \frac{1}{\Delta} (x_a y_b M_c + x_b y_c M_a + x_c y_a M_b - x_a y_c M_b - x_b y_a M_c - x_c y_b M_a)$$

$$\beta = \frac{1}{\Delta} (y_a M_c + y_b M_a + y_c M_b - y_a M_b - y_b M_c - y_c M_a)$$

$$\gamma = \frac{1}{\Delta} (x_a M_b + x_b M_c + x_c M_a - x_a M_c - x_b M_a - x_c M_b)$$

在这里 a, b, c 为离测站 M 最近的 3 个点, x 与 y 为直角坐标系坐标, 因此, $x_a, x_b,$

x_c, y_a, y_b, y_c, x, y 代表三个点及测站的地理位置, M_a, M_b, M_c 为要素值, $M(x, y)$ 为武汉

测站要素值。计算得 LAFS 预告场有限元插值公式为：

$$M(x, y) = 0.512M_a + 0.285M_b + 0.203M_c$$

同理得小 B 模式插值公式为：

$$M(x, y) = 0.02M_a + 0.44M_b + 0.5M_c$$

这里, $M(x, y)$ 为武汉测站要素值, M_a, M_b, M_c 为离武汉最近的 3 个格点的要素值。

湖北省区域降水预报因子仅取 LAFS 资料 24 小时、48 小时降水量场。首先以 LAFS 资料湖北省范围 12 个格点(图略)为基点, 等权插值到 5 个自然区, 组建预报因子, 再假设其降水量预报的误差仅表现在量级方面, 且呈一定的系统规律, 这样, 我们可用回归分析方法确定订正系数, 从而作出区域降水订正预报。

1.3 预报准确率计算

预报准确率由下式计算：

$$T_s = N_c / (N_c + N_f + N_o)$$

式中 N_c 为预报正确次数, N_f 为漏报次数, N_o 为空报次数。

2 用灰色预测模型作武汉单点降水预报

灰色预测模型特点是不需要长的时间序列, 不受资料年代的限制, 对样本没有特殊要求, 能适应现代数值预报产品更新换代快的变化。且由于在资料处理上采用有限记忆法, 样本逐日更新^[1], 因此所建方程原则上全年通用。

2.1 灰色预测模型简介

生成函数是灰色系统理论中一个常用的样本模块的组成形式, 生成方程有累加生成与累减生成或逆累加生成^[2], 累加生成后的序列随机性被明显弱化, 变成单增数列。

记 $\{X^{(0)}(k)\}$ 为原始数列, $\{X^{(r)}(k)\}$ 为作 r 次累加生成后的生成数列：

$$\{X^{(0)}(k)\} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$$

$$\{X^{(r)}(k)\} = \{x^{(r)}(1), x^{(r)}(2), \dots, x^{(r)}(n)\}$$

在我们的工作中, 只作了一阶累加生成, 即 $r=1$, 则有：

$$\begin{aligned} x^{(1)}(1) &= x^{(0)}(1) \\ x^{(1)}(2) &= x^{(0)}(1) + x^{(0)}(2) \\ &\dots \end{aligned}$$

$$x^{(1)}(k) = \sum_{j=1}^k x^{(0)}(j)$$

在生成函数的基础上, 设预测模型结构为：

$$\hat{y}^{(1)}(k) = b_1 x_1^{(1)}(k) + b_2 x_2^{(1)}(k) + \dots + b_h x_h^{(1)}(k) + a \quad (1)$$

式中 b_1, b_2, \dots, b_h, a 为待辨识参数, $x_i^{(1)}(k)$ ($i=1, 2, \dots, h$) 为预报因子生成数, $\hat{y}^{(1)}(k)$ 为预测值生成数。

令向量

$$A = [b_1, b_2, \dots, b_h, a]^T \quad (2)$$

其值可用最小二乘法求得：

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

$$B = \begin{bmatrix} x_1^{(1)}(2) & x_2^{(1)}(2) & \dots & x_h^{(1)}(2) \\ x_1^{(1)}(3) & x_2^{(1)}(3) & \dots & x_h^{(1)}(3) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1^{(1)}(n) & x_2^{(1)}(n) & \dots & x_h^{(1)}(n) \end{bmatrix}$$

$$U = [\hat{y}^{(1)}(2), \hat{y}^{(1)}(3), \dots, \hat{y}^{(1)}(n)]^T$$

对 $\hat{y}^{(1)}(k)$ 作还原处理, 即累减生成：

$$\hat{y}(k) = \hat{y}^{(1)}(k) - \hat{y}^{(1)}(k-1) \quad (3)$$

可得预测值序列 $\{\hat{y}(k)\}$ 。

2.2 武汉测站 12—36 小时降水预报

以 1994 年 5 月逐日资料为前期样本, 保持序列长度 n 为 30, 此后, 每增加一天新数据, 就剔除第一天资料。由方程(1)建立了武汉市梅雨期灰色预测模型。下面以 1994 年 7 月 13 日预报为例, 加以说明。

前期样本为 6 月 13 日—7 月 12 日资料, 由方程(1)、(2)求得 7 月 13 日预测方程为：

$$\hat{y}^{(1)}(k) = -0.74x_1^{(1)}(k) + 0.39x_2^{(1)}(k)$$

$$+ 0.21x_3^{(1)}(k) - 0.75x_4^{(1)}(k) \\ + 2.97x_5^{(1)}(k) - 10.66$$

在此时 $k=31$ 。经方程(3)求得降水量预测值:

$$y(31) = 88.2\text{mm}$$

即预报武汉市 13 日 20 时—14 日 20 时有 $\geq 50\text{mm}$ 以上强降水出现,实况武汉市 24 小时降水量 75.0mm,预报准确。

7 月 13 日 08 时 LAFS 模式 24 小时、48 小时预报武汉市降水(经有限元插值)分别为 2.0mm 和 101.0mm;小 B 模式 24 小时、36 小时预报分别为 3.1mm 和 1.3mm;而在日本 08 时传真图上读得 7 月 13 日 20 时—7 月 14 日 20 时降水量预报为 17.0mm。显然,经过灰色预测模型综合后的预报值更接近实况值。

表 1 为 1994 年 6 月 1 日—7 月 15 日 LAFS 模式、小 B 模式、日本模式和灰色预测综合预报准确率情况。从表中我们可看到,综合预报平均准确率最高,为 52%;中等强度以上降水预报水平也是综合预报准确率最高,为 35.5%((38+33)/2),即经过灰色预测模型综合后的准确率评分高于每一种独立

$$NW: y_1(k) = 0.5629 + 0.1125x_{11}(k) + 0.1386x_{12}(k)$$

$$NE: y_2(k) = 0.2978 + 0.1666x_{21}(k) + 0.1147x_{22}(k)$$

$$SW: y_3(k) = 1.1231 + 0.1774x_{31}(k) + 0.054x_{32}(k)$$

$$JH: y_4(k) = -1.0264 + 0.1091x_{41}(k) + 0.2376x_{42}(k)$$

$$SE: y_5(k) = -0.1187 + 0.0398x_{51}(k) + 0.2488x_{52}(k)$$

5 个区弱降水、中一大雨、强降水三个等级的临界值 $C_{ij}(i=1,2,\dots,5; j=1,2,3)$ 分

$$NW: C_{11} \leq 4.30, \quad 4.31 \leq C_{12} \leq 14.30, \quad C_{13} \geq 14.31;$$

$$NE: C_{21} \leq 3.15, \quad 3.16 \leq C_{22} \leq 9.99, \quad C_{23} \geq 10.00;$$

$$SW: C_{31} \leq 3.99, \quad 4.00 \leq C_{32} \leq 11.00, \quad C_{33} \geq 11.01;$$

$$JH: C_{41} \leq 3.20, \quad 3.21 \leq C_{42} \leq 5.00, \quad C_{43} \geq 5.01;$$

$$SE: C_{51} \leq 4.10, \quad 4.11 \leq C_{52} \leq 5.79, \quad C_{53} \geq 5.80;$$

3.2 准业务预报结果

表 2 为梅雨期分级逐日预报平均准确

方法的预报评分。

表 1 武汉测站分级降水预报准确率/%

技术方法	弱降水/mm 无雨—9.9	中一大雨/mm 10.0—49.9	强降水/mm ≥ 50.0	平均
LAFS	78	32	33	48
小 B	79	11	0	30
日本	94	14	0	36
综合	86	38	33	52

3 用回归分析方法作湖北省区域降水预报

由于 LAFS 资料正式业务化发送始自 1992 年 3 月,因此建立 1993 年梅雨期湖北省分区订正预报方程的同期历史样本资料仅有 1992 年 6 月 1 日—7 月 15 日。在 1994 年,回归预报方程则用了两年的历史样本。

3.1 1994 年回归订正方程

令 $y_i(k)(i=1,2,\dots,5)$ 代表湖北省 5 个自然区降水等级预报; $x_{ij}(k)(j=1,2)$ 为作为预报因子的 LAFS 24 小时和 48 小时降水量预报基数; $k(k=1,2,\dots,n)$ 为预报时刻,则多元回归订正方程形式为:

$$y_i(k) = a_i + \sum_j b_{ij}x_{ij}(k)$$

由 1992 年、1993 年 6 月 1 日至 7 月 15 日历史同期样本资料、利用最小二乘法求得订正系数 a_i, b_{ij} , 得 1994 年梅雨期分区订正方程为:

别取为:

率,从表中我们可看到 1994 年预报准确率与 1993 年比较,除弱降水外,都有较明显的提

高。其中,中一大雨提高5%,暴雨以上强降水提高8%。这说明,历史样本的增长,可使预报准确率提高。换句话说,在回归分析中,样本资料太短,会影响到预报效果。

表2 湖北省梅雨期区域分级预报准确率/%

年份	分级	NW	NE	SW	JH	SE	平均
1993	≤1	84	90	83	93	85	87
	2-3	38	30	50	40	30	38
	≥4	无	40	无	29	60	43
1994	≤1	94	88	77	85	74	84
	2-3	67	43	42	50	14	43
	≥4	0	67	100	40	50	51

表3为1994年6月入梅后第一次全省性降水等级预报和实况情况(6月6日缺资料未算)。从表中我们可看到,5个区中3个区出现了暴雨,预报成功2次;中一大雨出现7次,预报成功4次,即所建梅雨期订正预报方程对小雨以上明显的区域性降水过程有一定的预报能力。

表3 湖北省区域分级降水预报

分区	1994.6.4		1994.6.5		1994.6.7		1994.6.8	
	预报	实况	预报	实况	预报	实况	预报	实况
NW	2-3	1	2-3	1	2-3	4	≥4	2
NE	≤1	0	≤1	0	≤1	2	≥4	3
SW	2-3	3	2-3	3	2-3	2	≥4	4
JH	≤1	1	≥4	4	≤1	1	2-3	2
SE	≤1	0	≤1	0	≤1	0	≤1	1

4 结束语

4.1 LAFS 资料的降水量预报已达到一定的精度,经过某些技术处理后,可进一步提高落区落点预报准确率。

4.2 灰色预测方法在适应数值预报模式的发展,及时应用新的数值预报产品方面能发挥自身的优势,且建模方法简便,可大量减少统计工作量。

4.3 回归分析方法是经典的统计分析方法,在积累了一定历史资料后,所建方程稳定,降水预报效果较好。

4.4 对数值预报产品采用多种形式的解释应用,有利于数值预报产品应用工作的广泛开展和深入研究,能丰富业务预报参考工具。应用数值预报产品制作湖北省梅雨期区域和单点降水量级预报试验,效果是令人满意的,但在进一步提高业务化程度和水平上还需作大量的工作。

参考文献

- 涂松柏,李才媛.灰色预测与天气预报.湖北气象,1986,(3).
- 邓聚龙.灰色预测与决策.武汉:华中工学院出版社,1986.

The Experiment of Classification Rainfall forecast in Hubei During Mei-yu Period

Li Caiyuan

(Wuhan Central Meteorological Observatory, Hubei Province 430074)

Abstract

12—36h rainfall forecast has been studied in 5 feature regions of Hubei and Wuhan station during mei-yu period. It was divided into 3 grades (light rain, moderate rain and heavy rain). Based on the grey forecast model, the precipitation predictand's consensus of vary numerical model (Beijing LAFS, Beijing B, Japan etc.) was made for the station; Using method of regression analysis, rainfall predictions was given with LAFS data. Semi-operational prediction was conducted in 1993 and 1994. Better forecasting results were achieved.

Key Words: grey forecasting regression analysis classification rainfall forecasting