

国家气象中心降水数值预报信息效益评估[†]

陈德群 朱 双 严明良

(江苏省气象台, 南京 210008)

摘 要 以列联表形式计算熵函数, 由熵函数值对国家气象中心发布的 1996 年汛期 6 月 22 日 ~8 月 7 日 5 次暴雨过程降水数值预报(T63 和 HLAFS 模式产品) 进行评估, 得到 5 种数值预报产品给江苏省各区域的雨量预报提供了 0.182 4 bit ~0.291 4 bit 信息 等结论。

关键词 信息评估, 信息比, 熵, 降水数值预报

分类号 P457.6

国家气象中心 T63 模式的数值预报产品于 1994 年 6 月 1 日正式发布, 江苏省气象台自 1995 年汛期以来, 每天接收其多种产品, 并用 MOS 等方法进行释用。1996 年汛期, 对 T63 的格点降水预报(网格距: $1.875 \times 1.875^\circ$; 下文简称 T 模式) 及台风和暴雨数值预报嵌套有限域模式预报(HLAFS, 细网格距: $1 \times 1^\circ$; 下文简称 H 模式) 每天接收两次, 将结果打印至本省地图上的各大城市相对应的点上, 作为这些城市的雨量预报, 供预报员参考。

为了解这两个模式预报汛期雨量的性能, 更好地开展产品的业务释用, 将 1996 年汛期中央气象台确定的 5 次暴雨过程(6 月 22 日 ~6 月 26 日, 6 月 26 日 ~7 月 6 日, 7 月 6 日 ~7 月 13 日, 7 月 13 日 ~7 月 20 日, 7 月 31 日 ~8 月 7 日) 中各时段雨量预报值与本省相应时段内实际降水量进行对比, 作出初步的评估。

1 资料说明

以徐州为苏北的代表站, 南京为苏中的代表站, 苏州为苏南的代表站进行评估。图 1 给出了南京的详细资料及其与 T 模式 36 h 预报结果的比较。

图 1 中, 横坐标上每一个点代表间隔 12 h 的 24 h 时段。第一个点为 6 月 22 日 08 时 ~6 月 23 日 08 时, 第 2 个点代表 6 月 22 日 20 时 ~6 月 23 日 20 时, 第 3 个点代表 6 月 23 日 08 时 ~6 月 24 日 08 时, 依此类推。5 次暴雨过程共有 71 个点。纵坐标为相应时段中的降水量。图中实际表示了对应于 5 次暴雨过程的间隔 12 h 的 24 h 降水量。

用与图 1 相同的方法, 列出 T 模式 48 h 和 H 模式 24 h、36 h、48 h 预报与实况比较的图和表(略) 做为基本资料, 进行评估。

[†] 国家自然科学基金 49135120 资助项目

收稿日期: 1995- 01- 13; 改回日期: 1995- 08- 10

第一作者简介: 陈德群, 男, 1947 年 12 月生, 学士, 高级工程师

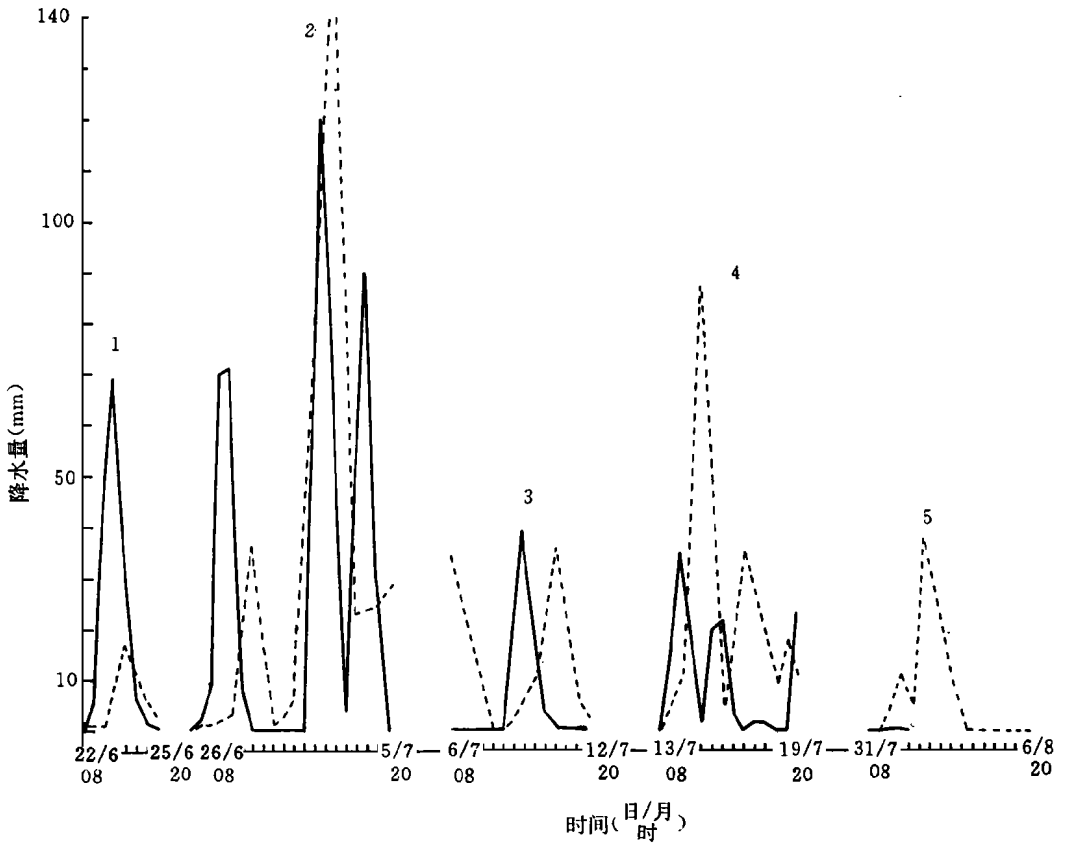


图1 T模式36h降水量预报与实况
实线为降水量实况;虚线为T模式预报时效36h的相应时段降水量;
1~5分别表示暴雨过程序号

Fig. 1 T model results for 36 h to follow (dashed) vs the observed (solid) in the corresponding time intervals with digits 1~5 relative, in order, to the rainfall events

2 评估方法

首先需使用统计熵的概念,研究由于预报所提供的信息使所预报事件不确定性(即熵)的减少程度。即若有两个随机变量 X 和 Y , 把 X 的熵与 Y 对 X 的条件熵的差定义为 Y 对 X 的信息(也就是 Y 含有 X 的信息)。由 Y 的已知,研究出 X 的不肯定程度减少了多少。由此可知,预报提供的信息越少,预报效果越差;反之预报所提供的信息越多,预报效果就越好。

用列联表信息评估法来对 T 模式和 H 模式两种雨量预报方法的 5 个预报时效的产品进行评估时,若预报的熵为 $H(X)$, 实况的熵为 $H(Y)$, 它们的联合熵为 $H(X, Y)$, 则有

$$H(X) = - \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \frac{n_{ij}}{n} \log_2 \frac{n_{ij}}{n} \quad (1)$$

$$H(Y) = - \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \frac{n_{ij}}{n} \log_2 \frac{n_{ij}}{n} \quad (2)$$

$$H(X, Y) = - \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \frac{n_{ij}}{n} \log_2 \frac{n_{ij}}{n} \quad (3)$$

预报所带来的信息 $I_X(Y)$ 和信息比 $I.R.$ 为

$$I_X(Y) = H(X) + H(Y) - H(X, Y) \quad (4)$$

$$I.R. = \frac{I_X(Y)}{H(X)} \quad (5)$$

现以 1996 年汛期 HLAFS 的时效为 48 h 的 24 h 雨量分级预报在南京点上与实况对照的列联表为例, 见表 1。

表 1 南京实况与 HLAFS 48 h 雨量分级预报的次数列联表

Table 1 Contingence form of Nanjing rainfall measurements and 48 h HLAFS-predicted rainfall categories with digits showing the number of happenings and forecastings

预报	实 况					合计
	无雨	小雨	中雨	大雨	暴雨	
无雨	3	2	0	0	2	7
小雨	7	11	3	2	3	26
中雨	10	8	1	0	0	19
大雨	4	2	2	3	0	11
暴雨	0	4	1	1	2	8
合计	24	27	7	6	7	71

据表 1 和 (1) ~ (5) 式, 求得 $H(X) = 2.0197$, $H(Y) = 2.1408$, $H(X, Y) = 3.8691$, $I_X(Y) = 0.2914$, $I.R. = 14.43\%$ 。表明对南京而言, 在 1996 年汛期的 5 次暴雨过程中, HLAFS 的 48 h 预报具有 0.2914 bit 的信息, 使汛期的 48 h 雨量级预报的不肯定程度降低了 14.43%。

3 统计结果分析评估

3.1 落区预报评估

通过类似表 1 的统计和用公式 (1) ~ (5) 的计算, 得到 1996 年汛期两模式对苏北、苏中、苏南不同时效的降水数值预报提供的总信息, 见表 2。

表 2 数值预报对苏北、苏中和苏南提供的信息 (I) 和信息比 ($I.R.$)

Table 2 Numerical prediction-given information (I) and information ratio ($I.R.$) for northern, central and southern Jiansu province

	T 模式				H 模式					
	36 h		48 h		24 h		36 h		48 h	
	I (bit)	$I.R.$ (%)	I (bit)	$I.R.$ (%)	I (bit)	$I.R.$ (%)	I (bit)	$I.R.$ (%)	I (bit)	$I.R.$ (%)
苏北	0.244 8	12.15	0.251 3	12.26	0.203 1	10.03	0.194 4	9.31	0.276 5	14.09
苏中	0.237 7	11.77	0.265 4	13.14	0.204 9	10.15	0.208 8	10.34	0.291 4	14.43
苏南	0.210 1	10.65	0.203 7	10.66	0.182 4	9.56	0.185 2	9.17	0.277 9	14.52

注: “24 h” 为 24 h 预报时效, 余类推

由表 2 可知,两个模式不同时效 5 种数值预报产品给我省各区域的雨量预报提供了 0.182 4 ~ 0.291 4 bit 的信息,使雨量分级预报的不确定性在我省范围内减少了 9.17% ~ 14.52%。具体来说,雨量数值预报为苏中的雨量分级预报提供信息最多,苏北次之,苏南更次之。但这差别不大,不超过 0.1 bit。

3.2 过程预报评估

表 3 给出了 5 个数值预报产品在 5 次暴雨过程中分别提供的信息(I)。

表 3 数值预报产品对 5 次暴雨过程的预报信息

Table 3 Numerical product provided information for the five rainstorm events

日期	bit				
	T 模式		H 模式		
	36 h	48 h	24 h	36 h	48 h
6 月 22 ~ 26 日	0.110 1	0.704 5	0.097 6	0.360 2	0.548 8
6 月 26 日 ~ 7 月 6 日	0.320 3	0.494 7	0.571 7	0.495 7	0.670 2
7 月 6 ~ 13 日	0.218 8	0.727 2	0.574 4	0.511 3	0.762 2
7 月 13 ~ 20 日	0.638 4	0.412 6	0.720 3	0.619 6	0.387 5
7 月 31 日 ~ 8 月 7 日	0.086 7	0.054 0	0.303 2	0.165 9	0.110 1

综合表 3 的信息及降水量曲线形态拟合、峰值(图 1)等可知,数值预报报得最好的是第 2 个过程(6 月 26 日 ~ 7 月 6 日),其天气系统的特点是地面为静止锋和气旋,高空 3 层均为深槽,没有低涡,而第 1、第 3 和第 4 个过程高空均有低涡活动。但前 4 个过程应该说预报得都不错,只是第 5 个过程报得都不好,5 种数值预报产品中报得最好的是 H 模式的 24 h 预报,信息最多,略多于 0.3 bit, ($I_X(Y) = 0.303 2$),最差的是 T63,各预报时效所带来的信息都不到 0.1 bit。究其原因,很可能是 8 号台风此时正在我国南方活动,高空各层为台风低压影响,我省恰处在西风带雨区前方及台风雨带北方较窄的无雨区中,造成空报。

3.3 数值预报模式评估

由表 2 和表 3 可知,除少数例外(见表 3 第 4 个过程),总的来说,相同时效的预报中,细网格的 HLAFS 模式比粗网格的 T63 提供的信息多。但对某个地区来说,两模式汛期提供的总信息量不相上下。

3.4 预报时效评估

根据类似图 1 所做的各预报时效图与实况的比较(略),T 模式和 H 模式的 24 h、36 h 预报都可将降水变化时态较好地拟合。其中尤以 H 模式 24 h 预报模拟降水过程最好,报出的过程几乎没有滞后现象。而 48 h 预报对降雨的 12 h 时段间隙没有预报能力,甚至报得相位相反。即它预报的降水时间参考价值不大,但它能报出大的降水过程(时间误差常在 12 h 以上)。这里特别要注意的是,对于时效相对长的 48 h 预报,有时数值预报提供的信息比较多样。

3.5 降水强度预报能力评估

整个 1996 年汛期,两种模式对降水强度的预报经常很接近,尤其 T 模式对降水强度的预报能力不能小估。图 1 表明,从 7 月 2 日 08 时起的第 2 个过程中,降水峰值的预报虽在时间上略有滞后现象,但强度上却超出实况值(T 模式的 36 h 预报报出在 7 月 3 日 08 时 ~ 7 月 4 日 08 时降水量为 154 mm,实况 7 月 2 日 20 时 ~ 7 月 3 日 20 时降水量为 119.4 mm)。一般预报员对数值预报的印象是降水峰值容易被平滑掉,这次预报却表明目前我国的数值预报对降

水峰值的预报有了某种改进。

4 结 论

通过以上分析,可得到以下结论。

- (1) T 模式和 H 模式的三种时效降水预报产品给我省各区域的雨量预报提供了 0.182 4 bit ~ 0.291 4 bit 的信息,使雨量分级预报的不确定性在我省范围内减少了 9.17 % ~ 14.52 %。这就是说,这些产品对我省的雨量预报是很有益的。
- (2) 两种模式对雨量的峰值预报已有较大的改进,可以达到甚至超过实况值。
- (3) 要重视数值预报报出的降水过程,即对于降水过程,数值预报一般都能报出来。
- (4) 时效长的 48 h 预报虽不及 24 h 预报准确率高,但往往带来的信息比较大。

致谢 本工作得到正研级高工范淦清先生指导,特表感谢。

参 考 文 献

- 1 范淦清,郑和文,朱 双. 国家模式产品对天气要素释用能力的评估. 气象, 1996, 22(8): 39 ~ 41
- 2 张学文,马 力. 熵气象学简介. 气象, 1995, 21(1): 52 ~ 56
- 3 范淦清,董孝银,朱 双. B 模式产品业务应用价值的总结分析. 气象, 1995, 21(4): 43 ~ 45
- 4 杨克明,赵 梅,钱传海. T63 模式对暴雨短期预报能力的分析检验. 气象, 1995, 21(7): 38 ~ 42
- 5 丁士晟编著. 多元分析方法及其应用. 长春: 吉林人民出版社, 1981. 315 ~ 361

ASSESSMENT OF INFORMATION BENEFITS OF CHINA NMC NUMERICAL PREDICTION OF RAINFALL

Chen Dequn Zhu Shuang Yan Mingliang

(Jiangsu Weather Centre, Nanjing 210008)

Abstract Calculated with a constructed contingency table was entropy function, which was used for assessing five rainstorm forecasts (June 22 – August 7, 1996) as T 63 and HLAFS model products issued by China National Meteorological Center (NMC), leading to as many numerical products that offered information of 0.182 4 ~ 0.291 4 bits for different regions of Jiangsu province in preparing rainfall prediction.

Keywords information assessment, information ratio, entropy, numerical rainfall prediction