

文章编号:1004-9045(2007)02-0168-03

数值预报产品综合判据在天气预报中的评价作用

邢纪元, 张晓慧, 赵 刚, 王继鹏

(山东省泰安市气象台, 泰安 271000)

摘要: 为适应预报质量评定办法, 改善对预报因子潜在信息的评价和提取, 该文尝试了应用多种判据综合评价、提取数值预报产品信息。计算从各方面反映预报信息的五个单一判据的加权平均, 作为综合评价和提取预报因子潜在信息的客观量级, 该方法克服了通用的单一判据的局限性, 可以更加全面、客观地评价预报信息, 从而提高预报准确率。

关键词: 数值预报产品; 综合判据分析; 预报评价应用

中图分类号: P459.9 文献标识码: A

1 引言

面对大量数值预报信息, 预报员的主要精力已经从分析天气系统, 转换到对数值预报产品进行释用^[1], 即利用数值预报产品做要素预报, 实践证明, 释用效果同预报因子的信息含量密切相关。

预报因子所含某种天气的信息量不是无限的, 而是具有相应的定值。这种定值的信息, 不是显现的, 而是潜在的, 潜在信息只是一种可能信息, 问题的关键是如何利用判据评价和进行经验性的总结归纳(见气象预报产品质量评分系统)。通常的情况下是利用单一的判据, 例如, 拟合率和线性相关系数等来评价和提取预报信息。但单一判据评价与提取预报信息有很大的局限性, 因单一判据只是从某一角度、某一方面来评价与提取预报信息。例如, 拟合率侧重从预报正确的方面评价与提取预报信息; 线性相关系数侧重从预报因子同天气系统之间线性相关的角度评价与提取预报依据。但是预报因子同天气系统之间的信息表现形式是多方面的, 不仅考虑到预报正确部分, 还要考虑到预报空报、漏报部分; 不仅要考虑线性相关部分, 还要考虑非线性相关部分。因此, 单一判据不能对这些潜在预报信息进行全面评价和充分有效提取。

为改善对预报因子潜在信息的评价和有效提取^[2], 该文对应用多项判据进行综合评价的方法和应用单一判据评价的方法进行了比较试验。旨在更全面、更充分地评价和提取有效的预报信息, 提高天气预报质量。

2 利用综合判据评价、提取有效预报因子的潜在信息

为全面充分评价与提取有效预报因子, 应用五个判据从五个方面进行评价与提取预报信息, 再根据五个判据的不同效能确定各自的权重, 最后以五个判据的权重平均作为评价与提取某个因子预报信息的综合判据。

为简明说明问题, 以两级天气的预报为例。设某预报因子(方法), 在 N 次历史样本中, 1 级天气预报正确 M_1 次, 2 级天气预报正确 M_2 次, 漏报 M_3 , 空报 M_4 次。其概率统计结果(表 1)如下。

表 1 两级天气预报概率统计

实况(E)	预报(P)	1	2	
1		P_{11}	P_{21}	P_{*1}
2		P_{12}	P_{22}	P_{*2}
		P_{1*}	P_{2*}	1

表 1 中 $P_{11}=M_1/N$; $P_{12}=M_3/N$; $P_{21}=M_4/N$; $P_{22}=M_2/N$; $P_{1*}=P_{11}+P_{12}$; $P_{2*}=P_{21}+P_{22}$; $P_{*1}=P_{11}+P_{21}$; $P_{*2}=P_{12}+P_{22}$ 。现就单个判据及综合判据分析如下。

2.1 准确率判据(U)

$$U = \frac{P_{11} + P_{22}}{P_{11} + P_{22} + P_{12} + P_{21}} \quad (1)$$

$$U = \begin{cases} 1 & (\text{当 } P_{12}=P_{21}=0 \text{ 时}) \\ 0 & (\text{当 } P_{11}=P_{22}=0 \text{ 时}) \\ 0 & (\text{其他}) \end{cases}$$

该判数只侧重各级天气预报正确的情况, 而未考虑空报、漏报情况。

2.2 奥布霍夫判据(Q)

收稿日期: 2006-04-20; 定稿日期: 2006-11-20

基金项目: 山东省泰安市 2005 年创新团队项目

作者简介: 邢纪元, 男, 1962 年生, 高级工程师, 主要从事短期气候与天气预报工作。Email: xingjiyuanta@163.com

$$Q=1-P_{12}/P_{1^*}-P_{21}/P_{2^*} \quad -1 \leq Q \leq 1 \quad (2)$$

$$Q = \begin{cases} 1 & (\text{当 } P_{12}=P_{21}=0 \text{ 时}) \\ 0 & (\text{当 } P_{11}=P_{22}=P_{21}=P_{12} \text{ 时}) \\ -1 & (\text{当 } P_{12}=P_{21}=0 \text{ 时}) \\ -1 < Q < 0 \text{ 或 } 0 < Q < 1 & (\text{其他}) \end{cases}$$

该判据侧重减少空报、漏报,以评价与提取预报信息。

2.3 巴戈罗夫判据(G)

$$G=(P_{11}+P_{22}-P_{1^*}P_{2^*}-P_{21}P_{12})/(1-P_{1^*}P_{2^*}-P_{21}P_{12}) \quad -1 \leq G \leq 1 \quad (3)$$

$$G = \begin{cases} 1 & (\text{当 } P_{12}=P_{21}=0 \text{ 时}) \\ 0 & (\text{当 } P_{11}=P_{22}=P_{21}=P_{12} \text{ 时}) \\ -1 & (\text{当 } P_{12}=P_{21}=0 \text{ 且 } P_{12}=P_{21} \text{ 时}) \\ -1 < G < 0 \text{ 或 } 0 < G < 1 & (\text{其他}) \end{cases}$$

该判据既考虑各级天气预报正确情况,又考虑了空报、漏报情况,还考虑各种情况的相互制约。

2.4 信息量判据(I)

$$I=[H(E)-H(E/P)]/H(E) \quad 0 \leq I \leq 1 \quad (4)$$

式中 H(E) 为各级天气的气候熵, H(E/P) 为各级天气在一定预报因子条件下的条件熵, 其表达式如下:

$$H(E)=-P_1 \log_2 P_1 - P_2 \log_2 P_2$$

$$H(E/P)=[-N_1/N \log_2 (M_1/N_1) - N_2/N \log_2 (M_2/N_2)]$$

其中 P_1 、 P_2 分别代表第 1 级天气和第 2 级天气的气候概率, N_1 、 N_2 分别代表预报因子条件符合 1 级和 2 级天气次数。

$$I = \begin{cases} 1 & (\text{当 } H(E/P)=0 \text{ 时}) \\ 0 & (\text{当 } H(E)=H(E/P) \text{ 时}) \\ 0 < I < 1 & (\text{其他}) \end{cases}$$

该判据不仅同时考虑线性和非线性情况,而且从与气候状况的对比来评价和提取预报信息^[3]。

2.5 线性相关判据(R)

$$R = \frac{P_{11}P_{22}-P_{12}P_{21}}{\sqrt{P_{1^*}P_{2^*}P_{2^*}P_{1^*}}} \quad -1 \leq R \leq 1 \quad (5)$$

$$R = \begin{cases} 1 & (\text{当 } P_{12}=P_{21}=0 \text{ 时}) \\ 0 & (\text{当 } P_{11}=P_{22}=P_{21}=P_{12} \text{ 时}) \\ -1 < R < 0 \text{ 或 } 0 < R < 1 & (\text{其他}) \end{cases}$$

该判据只从线性相关的角度来评价和提取预报信息。

2.6 综合判据

根据上述五个判据的说明, 分别给予不同的权重: U 的权重为 1.0, Q 的权重为 0.5, G 的权重为 1.5, I 的权重为 1.5, R 的权重为 0.5。综合判据 K 的计算如下:

$$K=(1.0U+0.5Q+1.5G+1.5I+0.5R)/(1.0+0.5+1.5$$

$$+1.5+0.5) \quad (6)$$

如有 M 个预报因子, 可分别算出它们各自的综合判据 K。

这些综合判据从多方面评价与提取预报因子的潜在信息。在日常预报业务中, 可以用 M 个预报因子各自的预报结果及各自的相应综合判据, 算出 M 个预报因子的综合预报结果 Y:

$$Y=(K_1Y_1+K_2Y_2+\dots+K_MY_M)/(K_1+K_2+\dots+K_M) \quad (7)$$

其中 K_i 、 Y_i 分别代表第 i 个预报因子的综合判据和预报结果。

上述综合预报结果 Y, 不仅考虑了多个因子的预报信息, 而且对每个因子的预报信息通过五个判据构成的综合判据得到评价与提取, 这有助于提高预报质量^[4]。

3 应用实例

根据 2003~2005 年 7 月、8 月的逐日降水资料, 泰安站 14 时地面气压、气温、绝对湿度资料以及日本数值预报产品的 24 h、36 h 降水预报资料, 分别建立 3 个预报方程, 并以这些预报方程作为 3 个组合预报因子, 分别按 (1) 式计算它们的综合判据, 并根据 3 个组合预报因子各自的预报结果及各自的相应综合判据, 按照 (2) 式算出降水量的综合预报结果 Y。

3.1 三个组合预报因子

第一个组合预报因子为:

$$Y_1=0.95+0.46R \quad (8)$$

其中 Y_1 为第一个组合因子, 预报未来 12~36 h 降水等级, R 为日本数值预报 FEFS02、FEFS03 本站降水量之和(按现行预报评分用语交换成降水等级)。

第二个组合预报因子为:

$$Y_2=2.2+0.08 P_{24^*}-0.04 T_{24^*}-0.07 E_{24} \quad (9)$$

式中 P_{24^*} 、 T_{24^*} 、 E_{24} 分别代表泰安本站 14 时地面气压、气温、绝对湿度 24 h 变化量, Y_2 代表第二个组合预报因子降水等级。

第三个组合预报因子:

$$Y_3=1.0d_{11}+1.4d_{12}+2.0d_{13}+0.4d_{22}+1.4d_{23}+0.2d_{32}+0.3d_{33} \quad (10)$$

式中 d_{ij} 为代码值注脚, i 是单站要素变量序号, 其值 1、2、3 分别代表 P_{24^*} 、 T_{24^*} 、 E_{24} ; 注脚 j 代表单站要素变量所在档序号, 将其分为三档: 降水量在 5 mm 以下所对应的 P_{24^*} 、 T_{24^*} 、 E_{24} 的取值分别归为 d_{11} 、 d_{21} 、 d_{31} 档, 降水量为 10 mm 左右所对应的 P_{24^*} 、 T_{24^*} 、 E_{24} 取值分别归为 d_{12} 、 d_{22} 、 d_{32} 档; 降水量大于 20 mm 所对应的 P_{24^*} 、 T_{24^*} 、 E_{24} 取值分别归为 d_{13} 、 d_{23} 、 d_{33} 档。按照上述分档规则, 根据 2003 年到 2005 年 7 月、8 月逐日降水资料和单站的对应关系, 通过统计分析

确定各要素变量各档的代码值如下:

当 P_{24} 在区间 $[0.9, 2.0]$, $[-0.8, 0.2]$, $[-6.5, -3.2]$ 之一时, $d_{11}=1, d_{12}=d_{13}=0$;

当 P_{24} 在区间 $[2.2, 4.4]$, $[0.3, 0.8]$ 之一时, $d_{12}=1, d_{11}=d_{13}=0$;

当 P_{24} 在区间 $[4.6, 6.4]$, $[-3.1, -0.9]$ 之一时, $d_{13}=1, d_{11}=d_{12}=0$;

当 T_{24} 在区间 $[2.9, 5.3]$, $[0.9, 2.2]$ 之一时, $d_{21}=1, d_{22}=d_{23}=0$;

当 T_{24} 在区间 $[-6.2, -0.1]$ 时, $d_{22}=1, d_{21}=d_{23}=0$;

当 T_{24} 在区间 $[5.4, 6.7]$, $[2.3, 2.7]$, $[0.1, 0.8]$, $[-7.7, -6.3]$ 之一时, $d_{23}=1, d_{21}=d_{22}=0$;

当 E_{24} 在区间 $[2.9, 6.9]$, $[-1.3, 0.8]$ 之一时, $d_{31}=1, d_{32}=d_{33}=0$;

当 E_{24} 在区间 $[7.1, 9.3]$, $[-11.4, -3.6]$ 之一时, $d_{32}=1, d_{31}=d_{33}=0$;

当 E_{24} 在区间 $[1.2, 2.8]$, $[-3.4, -1.4]$ 之一时, $d_{33}=1, d_{31}=d_{32}=0$ 。

3.2 组合预报五因子判据综合

根据实际资料和上述有关方程, 计算了三个组合预报因子各自的五个判据值及综合判据值 (计算过程略), 其结果见表 2。

表 2 三个组合预报因子的不同判据结果

类别	U	Q	G	I	R	K
组合因子一	0.65	0.63	0.16	0.23	0.30	0.24
组合因子二	0.74	0.50	0.42	0.47	0.45	0.51
组合因子三	0.79	0.58	0.59	0.66	0.68	0.66

3.3 预报结果比较

3.3.1 单个组合因子与三个组合因子按综合判据 K 预报结果比较

上面分别列举了三种单个组合因子, 代入相应的数值计算后, 得出三个组合因子的预报准确率分别为 65%、74%、79%。

根据综合判据 K 评价、提取预报信息, 则三个组合因子综合预报方程为:

$$Y=(K_1Y_1+K_2Y_2+K_3Y_3)/(K_1+K_2+K_3) \quad (11)$$

K_i 、 Y_i 分别代表第 i 个预报因子综合判据和预报结果, 代入表 2 中的 K 值, 得:

$$Y=0.22Y_1+0.34Y_2+0.44Y_3 \quad (12)$$

此方程即为三个组合因子综合预报方程。经计算得出其预报准确率为 88%; 与三种单个组合因子预报准确率 65%、74%、79% 相比较, 可见精确度有明显提高。

3.3.2 三个组合因子按单一判据和综合判据预报结果比较

若仅从单一判据评价、提取预报信息, 例如, 以 Q 判据为例, 对各预报量进行加权平均, 则预报方程为:

$$Y'=(Q_1Y_1+Q_2Y_2+Q_3Y_3)/(Q_1+Q_2+Q_3) \quad (13)$$

式中 Q_i 、 Y_i 分别代表第 i 个预报因子的 Q 判据和预报结果。代入表 2 中的 Q 值, 得 Q 判据预报方程为:

$$Y'=0.37Y_1+0.29Y_2+0.34Y_3 \quad (14)$$

经计算, 其预报准确率为 82%, 它比综合判据预报准确率 88% 要低 6%。

4 结论

通过分析与比较可知, 多判据综合预报方法比单一判据方法及单个组合因子预报准确率都要高。这说明单一判据评价提取预报信息有一定的局限性, 而多判据可以全面评价和提取预报因子的潜在信息。

参考文献:

- [1] 梁必骥. 天气学[M]. 成都: 四川出版社, 1980: 339-340.
- [2] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 1992: 593-645.
- [3] 李延香. 1996 年主汛期 HLAFS 降水数值预报产品检验评价[J]. 大气科学研究与应用, 1990(4):68.
- [4] 马开玉. 气候统计原理与方法[M]. 北京: 气象出版社, 1997: 481-488.

The Opinion Effect of the Numerical Weather Prediction's Integrative Criterion in Weather Forecast

XING Ji-yuan, ZHANG Xiao-hui, ZHAO Gang, WANG Ji-peng
(Tai'an Meteorological bureau of Shandong Province, Tai'an 271000)

Abstract: In order to fit the estimation means of forecast quality and improve the evaluation and pick-up of potential information of forecast factors. Many criterions were applied to evaluate synthetically and to pick up numerical weather prediction. The calculation reflected the average of five single criterions which imaging forecast information. It conquered the localization of the current single criterion, and judged the predicting information more entirely and objectively which in favor of improving the forecasting veracity.

Key words: Numerical weather prediction; Analysis of intergrative criterion; Effecton of forecast opinion