

一种定量预报评分方案研究

王建国 吴 炜 徐法彬

(山东省气象局, 济南 250031)

提 要

在对山东省 123 个站点 41 年降水、气温资料和近几年省内城市预报资料统计分析基础上,分别提出了降水和气温预报的准确性评价原则,并制订了符合 $\chi^2(n)$ 分布特征的降水定量预报评分方法和符合正态分布特征的气温定量预报评分方法。分析了以上方法的应用价值,并给出了该方法在实际应用中已取得的效果。

关键词: 降水 气温 业务预报 定量 评分方案

引 言

近年来,随着天气预报业务技术水平的提高,定量预报已经成为各级气象台站业务发展的目标,同时,原有的围绕定性预报制定的预报评分办法更加不能满足业务管理等工作的需求。然而,气候变化、地区差异和预报工作高度的复杂性使得定量预报评分统一标准的制定十分困难。一方面,准确性评价方法要具有较高的科学依据,避免不合理的规则对预报业务造成的负面影响,同时也要避免信息化程度低,规则复杂,难以实现自动化的缺陷。本工作对山东省气象要素历史资料和近年来省市级气象台站业务预报进行了统计分析,总结制订了较为科学有效的定量评分办法,希望与大家探讨。

1 降水定量预报评分

1.1 降水量频率分布特征

对 1961~2001 年山东省 123 个地面观测站点 24 小时降水量(20 时)进行统计,结果显示,就整体而言,随着降水量的增加,降水出现频率呈降低趋势,总体上呈现 $\chi^2(m)$, ($m < 1$) 分布特征(图 1)。由于该统计数据包含了 41 年中地域、气候和各种复杂天气对降水量的影响,因而反映了降水量频率分布的固有特征。

在此基础上,作出如下假设:对于一次过程而言,降水量是由多个相互独立的因子共同影响造成的,且各因子所引起的降水量频

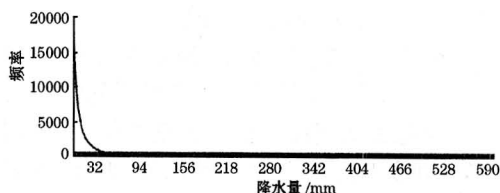


图 1 1961~2001 年山东省 123 个站点降水频数分布

率分布特征相同,均呈现 $\chi^2(m)$, ($m < 1$) 分布。若影响降水的因子数目为 $\frac{n}{m}$, ($n > 1$), 根据文献[1],则由 χ^2 分布可加性得降水量概率分布为 $\chi^2(n)$, 即:

$$f(x) = \frac{1}{2^{n/2} \Gamma(n/2)} x^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}} \quad (x > 0) \quad (1)$$

1.2 降水预报准确性的评价

根据 1.1 中所作的假设,有理由认为,某站点出现的实况降水量是在 $\frac{n}{m}$ 个因子共同影响下出现概率最大的降水量,而根据部分或其它因子作出的降水量预报在 $\chi^2(n)$ 分布中的取值反映了预报主体对复杂预报因子的总体把握能力,应该作为预报准确性评定的依据。

1.3 降水预报评分办法

将式(1)简写为,

$$y = ax^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}}, \quad (x > 0) \quad (2)$$

其中 $a = \frac{1}{2^{n/2} \Gamma(n/2)}$ 。

对 x 求偏导, 得出, 当 $x = n - 2$ 时, y 取得最大值, 因此, 对某站点出现降水 x_0 时, n 的取值应为 $x_0 + 2$ 。为使得当预报降水量与实况相等时得分为 100, 在保持总体分布形态不变的基础上, 将 a 取值调整为: $a = 100 \left(\frac{e}{x_0} \right)^{\frac{x_0}{2}}$, 则当预报降水量为 x 时, 其得分为:

$$v(x) = 100 \left(\frac{e}{x_0} \right)^{\frac{x_0}{2}} x^{\frac{x_0}{2}} e^{-\frac{x}{2}}, \quad (x > 0, x_0 > 0) \quad (3)$$

$$\text{或 } v(x) = 100 \left(\frac{x}{x_0} \right)^{\frac{x_0}{2}} e^{\frac{x_0 - x}{2}}, \quad (x > 0, x_0 > 0) \quad (4)$$

由式(4)知, 降水量预报得分整体呈 $\chi^2(x_0 + 2)$ 分布(图2), 且在相同的绝对误差下, 预报偏大时得分比预报偏小稍高, 这同样真实地反映了预报能力的差异。另外, 规定当预报和实况均未出现降水时(即 $x = 0, x_0 = 0$), 不计算得分, 当预报有降水而实况无降水时(即 $x > 0, x_0 = 0$), 得分为 0。

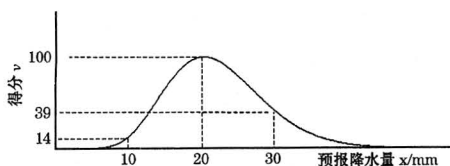


图2 降水预报得分曲线(实况降水量为 20mm)

2 气温定量预报评分

2.1 气温预报准确性评价

在社会生活中, 公众对气温预报的关注, 更多地集中在气温变化上。而以实况为基础, 通过分析气温变化得出未来气温值的方法是气象台站基本的预报手段之一, 因而对气温预报的评价应主要考察气温变化预报的准确性。

不同季节和地区, 气候背景差异使气温变化的幅度和频率不同。以济南和青岛为例, 1961~2001 年, 济南市相邻日最高气温变化幅度平均为 2.72°C , 青岛则为 2.45°C , 青岛日最高气温年变化幅度为 33°C 左右, 而济南为 40°C 左右。显示出青岛气温变化幅

度总体上小于济南。因而, 在考察气温变化的预报准确性时, 若仅以绝对误差作为评分基础, 青岛气温预报的难度将小于济南。

另外, 使用 2000 年 8 月~2003 年 2 月山东省气象台对外发布的省内 17 城市 24 小时最高、最低气温预报和相应观测实况数据, 对预报误差进行统计。分析发现, 就整体而言, 气温预报的误差频率呈正态分布特征(图3)。该分布反映了在各种复杂天气条件下气温预报的总体特征。

因此, 以气温变化为依据, 以正态分布为特征来计算气温预报得分是合理的。

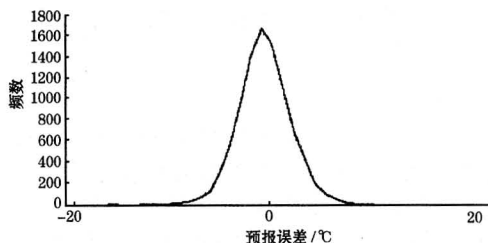


图3 山东省 2000 年 8 月~2003 年 2 月省内城市气温预报误差频数分布

2.2 气温预报评分办法

由以上分析得出评分公式为: $v = be^{\frac{a(x-x_0)^2}{\sigma^2}}$ 。其中 v 为预报得分; x_0 为实况气温变化(即未来与当前气温实况的差); x 为预报气温变化。在保持正态分布条件下, 为使预报得分在 $x = x_0$ 处达最大值 100, 且满足当未能预报气温变化或预报趋势相反时得分小于 0.5(即四舍五入为 0 分), 令 $a = -6, b = 100, \sigma = x_0$ 。则评分公式如下

$$\begin{aligned} v &= 100 \times e^{\frac{-6(x-x_0)^2}{x_0^2}}, (x_0 \neq 0) \\ v &= 0, (x \neq 0, x_0 = 0) \\ v &= 100, (x = 0, x_0 = 0) \end{aligned} \quad (5)$$

得分分布特征如图 4 所示。

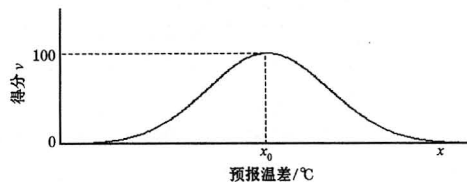


图4 气温预报得分曲线

由于本工作的气温预报评分办法以实况气温变化和预报气温变化作为评定依据,因而可适用于不同的气候条件和天气变化。

3 应用分析

3.1 预报系统误差

本工作制定的定量预报评分方法不仅是考察预报能力的手段,也可用来分析预报主体的系统误差,作为改进预报技术的重要参考。如:在降水定量预报评分时,利用公式:

$$w = (100 - v) \frac{x - x_0}{|x - x_0|} \quad (6)$$

计算预报误差分数,其中 w 为预报误差分数, v 为预报得分, x, x_0 分别为预报和实况降水量。若预报量小于实况,误差分数为负值,反之为正。考察一段时期或不同的天气过程(如暴雨),如果平均误差分数为负,则表明预报降水量整体偏小,反之偏大,而平均误差分数绝对值反映了预报的偏差程度。

在气温预报中,采用相同的方法,可计算温度预报的系统误差,并可对升、降温过程或高、低温等天气进行分别统计。因而对改进预报主体的预报质量,能够起到很好的引导作用。例如,本工作选取 2001 年山东省内城市最高气温大于 36°C ,而前一日气温低于 35°C 的高温日,分析了业务气温预报的系统误差。数据显示,误差分数整体为负值,即预报偏低,除德州和东营外,系统误差较大(表 1)。分析表明,此时的气温预报多为 35°C ,

可能是由于传统的定性高温预报评分存在不合理因素造成的。同时也说明,本预报评分方法所得结论对这种现象有明显的反映。

表 1 2001 年山东省内城市部分高温

预报误差分数和出现次数

城市	济南	德州	聊城	威海	淄博	东营	其它
误差分数	-92.3	-59.3	-94.4	-86.9	-80.9	-59.5	
出现次数	3	2	1	2	3	4	0

3.2 实用性

由于本预报评分方法中,分值的计算过程相对简单,有利于自动化软件的开发和系统的建立。以上气温和降水评分办法已经在山东省内预报业务管理系统中得到采用,并已实现了“一日一评”和自动化的评分管理,取得良好效果。

4 小结

本工作在对降水、气温预报和实况统计分析的基础上,制定了较为科学合理的定量预报评分办法,为定量预报的逐步开展创造了条件,并提高了预报质量管理的自动化、信息化程度,具有较高的应用价值。在今后的工作中,我们还将继续开展此项研究,并通过大量的应用试验,对本方法进行进一步的检验。

参考文献

- 1 盛骤,谢式千,潘承毅. 概率论与数理统计,北京:高等教育出版社,1989:146.

An Evaluation Method of Operational Forecast

Wang Jianguo Wu Wei Xu Fabin

(Shandong Province Meteorological Bureau, Jinan 250031)

Abstract

Precipitation and temperature data of 41 years at 123 stations in Shandong Province is analyzed. Evaluation principles of operational precipitation and temperature forecast are made based on statistics. An evaluation method of precipitation forecast characterized by $\chi^2(n)$ distribution and an evaluation method of temperature forecast characterized by normal distribution are put forward.

Key Words: precipitation temperature operational forecast quantitative forecast evaluation method