

用简单投票法进行预报 综合须注意的问题

谢义大

(广东汕头地区气象台)

目前，对于某一天气现象的预报，气象台站往往都有几种预报方法，通常采用简单投票法进行预报综合，做出预报。但要注意参与投票的各种方法的预报准确率是否大致相同，以及各种方法是否彼此独立。

为什么呢？让我们以三个预报方法的综合为例加以讨论。设它们的准确率分别为 ω_1 、 ω_2 和 ω_3 。并且假定它们是彼此独立的。这时我们将得到八种可能的组合（表1）。

表1中“1”表示预报正确，“0”表示预报错误。表中第一行表示三种预报方法都预报正确，最后一行则相反。如果预报方法彼此独立，则每一种组合的概率将如表1所列。

表1 三种预报方法的八种可能组合的概率

方法1	方法2	方法3	组合的概率
1	1	1	$\omega_1\omega_2\omega_3$
1	1	0	$\omega_1\omega_2(1-\omega_3)$
1	0	1	$\omega_1(1-\omega_2)\omega_3$
0	1	1	$(1-\omega_1)\omega_2\omega_3$
1	0	0	$\omega_1(1-\omega_2)(1-\omega_3)$
0	1	0	$(1-\omega_1)\omega_2(1-\omega_3)$
0	0	1	$(1-\omega_1)(1-\omega_2)\omega_3$
0	0	0	$(1-\omega_1)(1-\omega_2)(1-\omega_3)$

使用投票法将这三种预报方法的预报结果进行综合，其综合预报的准确率为表1中前4种组合概率之和，即：

$$\Omega = \omega_1\omega_2\omega_3 + \omega_1\omega_2(1-\omega_3) + \omega_1(1-\omega_2)\omega_3 + (1-\omega_1)\omega_2\omega_3 \quad (1)$$

整理后得：

$$\Omega = \omega_1\omega_2 + \omega_1\omega_3 + \omega_2\omega_3 - 2\omega_1\omega_2\omega_3 \quad (2)$$

当 $\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = \omega$ 时，(2)式变为：

$$\Omega = \omega^2(3 - 2\omega) \quad (3)$$

在 $\omega = 0.8$ 时， $\Omega \approx 0.9$ 。即使用投票法对三种具有准确率为80%的方法进行综合，其综合预报的准确率可以达到90%。但是，如果 $\omega_1 = 0.8$ ， $\omega_2 = 0.7$ ， $\omega_3 = 0.6$ ，则由(2)式得到综合后的准确率 Ω 为0.788。在这种情况下，综合三种预报方法的结果，却使预报的准确率比第一种方法降低0.012。

如何使三种预报方法综合的结果，比原有方法中任一种都有更高的准确率呢？下面以三种情况为例加以讨论。

1. 如果第1种方法的准确率 ω_1 最高，第2种和第3种方法的准确率相等，即 $\omega_2 = \omega_3$ ，代入(2)式得：

$$\Omega = 2\omega_1\omega_2 + \omega_2^2 - 2\omega_1\omega_2^2$$

欲使综合后的准确率提高，则需：

$$2\omega_1\omega_2 + \omega_2^2 - 2\omega_1\omega_2^2 > \omega_1$$

解不等式得：

$$\omega_2 = \omega_3 > \frac{\omega_1 - \sqrt{\omega_1(1-\omega_1)}}{2\omega_1 - 1}$$

不同 ω_1 值时的 ω_2 、 ω_3 值见表2。若 ω_1 、 ω_2 、 ω_3 满足表2，则使用简单投票法进行综合，将会提高预报的准确率。

2. 如果第1种方法的准确率和第2种方法的准确率相等，即 $\omega_1 = \omega_2$ ，且高于第3种方法。由(2)式得：

$$\Omega = \omega_1^2 + 2\omega_1\omega_3 - 2\omega_1^2\omega_3$$

欲使综合后的准确率提高，则需：

$$\omega_1^2 + 2\omega_1\omega_3 - 2\omega_1^2\omega_3 > \omega_1$$

解不等式得： $\omega_3 > 0.5$ 。表3为不同 ω_1 (ω_2)值时的情况。从表3中可以看到，若第1、2种方法的准确率相等，则只要第3种方法的准确率大于0.5，用简单投票法综合的准确率就会提高。

表 2

ω_1	$\omega_2 = \omega_3$
0.95	>0.81
0.90	>0.75
0.85	>0.70
0.80	>0.67
0.75	>0.64
0.70	>0.60
0.65	>0.57
0.60	>0.56

表 3

$\omega_1 = \omega_3$	ω_2
0.95	
0.90	
0.85	
0.80	>0.5
0.75	
0.70	
0.65	
0.60	

3. 如果第 1 种方法的准确率 ω_1 为最高, 第 2 种方法的准确率为 $\omega_2 = \omega_3 - 0.1$ 。则代入(2)式得:

$$\Omega = \omega_1(\omega_1 - 0.1) + \omega_1\omega_3 + (\omega_1 - 0.1)\omega_3 - 2\omega_1(\omega_1 - 0.1)\omega_3$$

令 $\Omega > \omega_1$, 求解不等式得:

$$\omega_3 > \frac{\omega_1(1.1 - \omega_1)}{2\omega_1(1.1 - \omega_1) - 0.1}$$

给 ω_1 不同的数值, 可以得到表 4。

表 5 [1] 列出由准确率均为 0.6 的 3、5、7 …… 种不同的预报方法所组成的综合预报的总准确率 Ω 。从中看到, 随着综合方法数目的增加, 综合预报的准确率在稳定的提高。在各种预报方法准确率大致相同的情况下, 若预报方法数目无限增加, 则按投票法所得到的综合预报的准确率将逐渐趋于 1。

需要指出的是, 上面所有的计算和结论是在各种预报方法独立的条件下推导出来的。实际上, 由于制作预报方法的各因子(气象要素)之间存在着密切的联系, 同一预报对象的各种预报方法之间往往存在着正相

表 4

ω_1	ω_2	ω_3
0.95	0.85	>0.77
0.90	0.80	>0.69
0.85	0.75	>0.65
0.80	0.70	>0.63
0.75	0.65	>0.62
0.70	0.60	>0.61
0.65	0.55	>0.60
0.60	0.50	>0.60

表 5

方法数 (i)	综合的准确率 (Ω)
1	0.60
3	0.648
5	0.6826
7	0.7102
9	0.7334
11	0.7535
⋮	⋮
⋮	⋮

关。这将会影响投票法综合的效果[1]。因此更应该注意各种方法的准确率要大致相同。表 2 ~ 4 给出的值是投票法所要求的三种预报方法准确率的参考值。也就是说, 如果方法的准确率达不到表中的参考值, 不如取其中一个最好的方法投入业务使用, 或者采用其他方法进行综合预报。

上面所谈的问题, 对我们平时的天气会商也是适合的。如果要用投票法综合会商结果, 第一是会商者预报水平要大致相当, 并且要发挥其水平。假如会商者的水平相差太远, 或者参加会商者不认真掌握和分析各方面的资料而随便发表预报意见, 那么会商的结果将可能适得其反。投票法综合预报的准确率可能不如认真掌握分析各方面资料, 进行综合判断的主班预报员。第二, 会商者要独立思考, 最好能从不同角度进行分析预报, 切忌人云亦云, 避免其相关性。

参考文献

[1] Профессор Н. А. Багров., Объединение нескольких прогнозов, Метеорология И гидрология, 1982. №8.