

应用贝叶斯原理修正降水概率预报

马培迎

(山东省肥城市气象局, 肥城 271600)

摘要 将天气分为有、无降水, 分别求得其期望概率作为先验概率, 在此基础上, 引用贝叶斯原理对降水概率预报进行修正, 以提高预报精度。

关键词 贝叶斯原理 修正因子 降水概率预报

引言

根据山东省气象局要求, 从 1998 年 1 月 1 日起, 泰安市气象系统在全省率先向社会公开发布降水概率预报。

所谓天气概率预报, 就是预报某一天气现象有无可能发生并同时定量地给出其发生的可能性。降水概率预报就是用百分率表示降水出现可能性大小的预报形式, 这个百分数就是降水概率^[1]。

开展降水概率预报的原因是多方面的。首先, 是社会经济发展到一定阶段对气象工作的必然要求; 其次, 降水概率预报比传统的天气预报更符合天气变化的客观规律, 一般认为, 传统的定性预报把复杂的天气变化和降水的多种可能性简单地用“有”或“无”来表示, 要么有雨, 要么无雨, 预报有雨或无雨都是肯定的, 掩盖了各种天气现象变化本身具有的随机性和天气预报本身具有的不确定性这一客观实际, 人为地增大了预报误差; 第

三,开展降水概率预报能够有效地发挥天气预报潜在的经济效益。

降水概率预报公开发布后,如何规范概率预报,提高概率预报精度则成了当务之急。本文就应用贝叶斯原理对降水预报的概率进行修正,以提高预报精度的问题进行讨论。

1 思路与方法

按照管理学观点^[2],概率分析有主、客观概率两个学派,客观概率学派相信只有经过大量试验后反复出现的事态才能用概率论分析。主观概率学派兴起于第二次世界大战以后,按照它的概念,决策者根据所能得到的证据,对一件事的发生具有什么样的信念,就是这件事的概率,其特点以经验为基础,推测事情发生的可能性,显然概率预报属于主观概率。

在各种可能预报方案中选择一个最反映未来真实天气方案的决策叫期望值决策,它基于预报人员对客观规律的认识,反映出预报人员对降水天气出现与否所持的信念,是对未来趋势的一种预计,我们将之视为先验概率,由于情况在不断变化,需要根据新的观测数据及分析来重新对这些概率进行修正,以期使之更为符合客观,为此引入管理理论的重要决策方法——贝叶斯原理。

2 划分标准的确定与影响分析

2.1 标准

日常预报将天气分降水与非降水两类。为了讨论方便,我们不再细分,在实际标准中将降水量 ≥ 0.0 mm定为有,将无降水定为无;日常降水概率预报采用百分比方式,每十个百分点为间隔,从0%、10%、20%、……、100%,共分11级^[3]。

2.2 初始因子的选用

被确定为先验概率的待选初始因子客观上有多种,如中央气象台24 h、48 h降水预报,日本FSFE02、FSFE03预报,泰安市台指导预报等。

选用初始因子基本掌握以下几条原则:(1)准确率高,从贝叶斯公式分析看,准确率高的初始因子对最终准确率有直接的影响;(2)简单实用;(3)稳定性好。根据实际情况,本站在制作预报时,极为重视泰安市气象台提供的指导预报(含降水概率预报),直接采用率超过50%,在此基础上补充修订后发布的占90%以上,使用效果很好。为此,选用泰安市气象台提供的指导预报作为初始因子,视其降水概率为先验概率。表1为1998年11月30日泰安市气象台提供的肥城市未来24 h天气与降水概率预报。

表1 1998年11月30日肥城市未来24h天气与降水概率预报

| 天 气 | 降水概率 |
|-----|------|
| 小雨雪 | 0.6 |
| 其 它 | 0.4 |

2.3 修订因子

客观上修订因子很多,如何有效地使用这些因子,发挥最佳作用,需要在目前日常工作中不断地加以探索。这里作为实例,我们考察1996、1997年10~11月本站日常业务预报方法作为修正因子的情况,表2是对该方法1996、1997年10~11月预报准确率的调查。

表2 1996、1997年10~11月肥城站日常业务预报方法成绩调查(共122次)

| | 实 际 | | 共计 |
|-----------|---------|---------|-----|
| | 有 B_1 | 无 B_2 | |
| 结 有 A_1 | 14 | 4 | 18 |
| 论 无 A_2 | 2 | 102 | 104 |
| 共计 | 16 | 106 | 122 |

日常业务预报方法也是被认为准确率较高的方法之一,根据对1996、1997年两年10~11月122天的调查,预测准确性程度可以从表2、3看出,比如对16次有降水的天气,该方法报准了14次,概率为0.875,对106次无降水的天气,该方法报准了102次,概率为0.962,因此,我们将它选为修订因子。

表 3 调查结论的准确性——条件概率 $P(A_i/B_j)$

| | | 实际预报结果 | |
|----|-------|--------|-------|
| | | B_1 | B_2 |
| 调查 | A_1 | 0.875 | 0.038 |
| 结论 | A_2 | 0.125 | 0.962 |
| 合计 | | 1.0 | 1.0 |

2.4 应用贝叶斯原理过程

首先启动日常业务预报系统,输入初始因子后经系统处理,得出“有”或“无”降水的两种可能结论。然后,我们对先验概率作修正。

第一步,计算后验概率 $P(B_i/A_j)$ 。

根据贝叶斯公式

$$P(B_i/A_1) = \frac{P(B_iA_1)}{P(A_1)}$$

$$= \frac{P(A_1/B_i)}{\sum_{j=1}^2 P(A_1/B_j)P(B_j)}$$

其中, $P(B_1)$:初始降水概率预报值,为 0.6; $P(B_2)$:初始无降水概率预报值,为 0.4; $P(B_1/A_1)$:当修订因子判定为“有”时的降水预报概率值; $P(B_1/A_2)$:当修订因子判定为

“无”时的降水预报概率值; $P(A_1/B_1)$:当初始降水预报概率为 B_1 条件下修订因子判定为“有”的概率,为 0.875; $P(A_1/B_2)$:当初始降水预报概率为 B_2 条件下修订因子判定为“有”的概率,为 0.038。将其代入(1)式求解

$$P(B_1/A_1) = \frac{P(A_1/B_1)P(B_1)}{\sum_{j=1}^2 P(A_1/B_j)P(B_j)}$$

$$= \frac{0.875 \times 0.6}{0.875 \times 0.6 + 0.038 \times 0.4} = 0.972$$

$$P(B_2/A_1) = \frac{P(A_1/B_2)P(B_2)}{\sum_{j=1}^2 P(A_1/B_j)P(B_j)} = 0.028$$

经订正后概率高达 97.2%,发布时我们采用了 90%这一级。

第二步,如果日常业务预报系统得出“无”降水结论,根据贝叶斯公式

$$P(B_1/A_2) = \frac{0.125 \times 0.6}{0.125 \times 0.6 + 0.962 \times 0.4}$$

$$= 0.163$$

即只有不到 20%。

第三步,制作一个日常使用的模型

为了避免日常工作中冗长与繁琐的公式

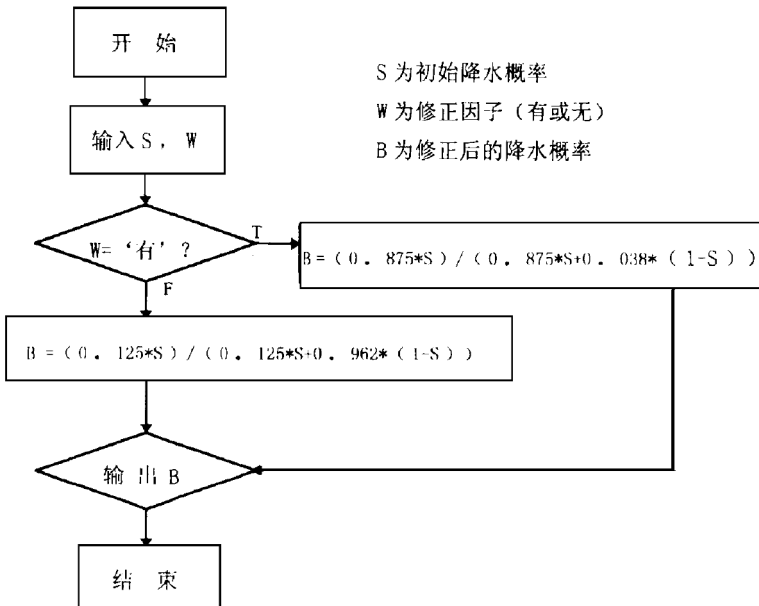


图 1 程序框架图

计算,我们可以采用过程化编程语言(如 BASIC、C 等语言)编制一段计算机程序,将该项工作交计算机完成,这样在实际应用中,只需根据提示,仅输入几个原始数据便可获得结果,图 1 为该计算过程的程序框架图。

2.5 修正后的降水概率与实况相比较

在实际应用中,我们综合考察了历年 10~11 月份日常业务预报方法、降水预报情况,并结合考虑其他一些因子的影响,对贝叶斯公式作了经验性调整:

$$B = \frac{0.623S}{0.623S + 0.319(1-S)} \quad (W = \text{“有”})$$

$$B = \frac{0.377S}{0.377S + 0.681(1-S)} \quad (W = \text{“无”})$$

2.5.1 检验

挑选 1996 年 11 月进行预报效果检验,其成绩提高了 16.6 个百分点,详见表 4。

表 4 1996 年 11 月预报效果检验

| 实况 | 订正前 | | 订正后 | |
|----|-------|-------------|-------|-------------|
| | 概率 | 误差 Δ | 概率 | 误差 Δ |
| + | 1×0.6 | -0.4 | 1×0.7 | -0.3 |
| - | 1×0.5 | -0.5 | 1×0.4 | -0.4 |
| + | 1×0.3 | -0.7 | 1×0.6 | -0.4 |
| 合计 | — | -1.6 | — | -1.1 |
| 平均 | | 0.533 | | 0.367 |

2.5.2 应用

1998 年 10 月 16 日,收到泰安市台指导预报降水概率为 40%(初始因子 $S=0.4$),启动日常业务预报系统得出结论“有”降水(修正因子 $W=\text{“有”}$),将因子输入程序处理,得

出结论 60%(修正后的降水概率 $B=0.570$)。实况是 10 月 17 日 24 h 降水量为 24 mm。

2.5.3 讨论

降水概率预报引入贝叶斯原理进行修正,是一个初步简单的尝试,从上述分析中可以肯定该方法是基本成功的。同时注意到我们讨论中修正因子只涉及到“有”、“无”降水两种情况,而没有进一步的细分,也就是说将一般降水与暴雨雪作了相同的处理,而且也没有考虑多因子修正和修正因子也提供降水概率的情况,这必将丢失大量有用的信息,因此在这一方面尚有大量的工作要做,须更进一步的深入研究。

3 结语

推行概率天气预报是天气预报发展进程中的一次重大变革,已成了天气预报服务发展的必然趋势。当然降水概率预报公开发布后,其预报结果有一个逐步提高的过程,需要我们不断地补充与完善。

参考文献

- 1 唐国兴. 高等数学(二)概率统计分册. 武汉: 武汉大学出版社, 1991-1
- 2 杨文士, 李晓光. 管理学原理. 北京: 中国财政经济出版社, 1994
- 3 泰安市气象台《我市将发布降水概率预报》宣传材料. 1997-10