

多准则模糊决策方法在旱涝趋势预报中的应用

李恺心 姜晓艳

(辽宁省沈阳市气象局, 110015)

提 要

应用“多准则模糊决策”方法,把多种预报方法以偏少、正常、偏多及总的预报准确率作为评价条件,对每种预报方法均做出总的评价,进行最佳预报方法排序,作为最终预报的依据。

关键词: 多准则 模糊决策 旱涝趋势 决策预报

引 言

长期天气预报是气象科学为国民经济,特别是农业生产服务的一个重要方面。正确地利用长期天气预报提供的信息,可使与气象关系密切的部门,尤其是农业生产取得显著的经济效益。但是,由于受长期天气过程的复杂性和认识水平的制约,长期天气过程物理机制的研究迄今还没能取得重大的突破^[1]。加上计算条件的限制,以动力学为基础的长期数值天气预报在短期内尚难以投入业务运用。所以,长期天气预报目前的预报水平仍不高,预报准确率不够稳定。采用不同的预报方法,预报的结果往往是不一致的,有的甚至矛盾很大,如何做出最终的决策预报,是长期天气预报迫切需要解决的问题。笔者从1992年开始应用“多准则模糊决策方法”,对每个预报方法均做出总的评价,进行最佳预报方法排序,作为最终的预报依据。经1992、1993年试用,取得了较好的效果。现以沈阳夏季旱涝趋势预报为例,说明此方法的原理和计算过程。

1 建立决策准则集和评价集

多准则模糊决策是指按照多种因素、多

种标准对某一事物做出总的评价。如“沈阳夏季旱涝趋势预报业务系统”是由5种预报方法所组成: x_1 ,模糊多元分析; x_2 ,模糊综合评价; x_3 ,中心逐级修改模糊聚类; x_4 ,模糊控制; x_5 ,模糊相似优先选择比。对各种预报方法的预报结果均按三级(偏少、正常、偏多)划分标准进行评定,分别计算出每种方法的偏少、正常、偏多及总的预报准确率作为评价条件,按不同级别的预报准确率,组成条件集 $F = \{F_i\} (i=1, 2, \dots, 4)$ 。即 F_1 为偏少的预报准确率很高或高; F_2 为正常的预报准确率很高或高; F_3 为偏多的预报准确率很高或高; F_4 为总的预报准确率很高或高。

根据旱涝预报业务要求,侧重于偏少或偏多的预报能力,规定两种极端情况,即特别理想准则和很不理想准则,中间分为若干折衷准则,用 $Y = \{y_m\} = \{0, 0.1, 0.2, \dots, 1\} (m=1, 2, \dots, 11)$,表示理想准则的不同程度。根据不同理想准则的程度,可以得到一个决策准则集 $C = \{C_i\}$ 和评价集 $A = \{A_i\}, i=1, 2, \dots, n$ 。

$C_1: F_1, F_2, F_3, F_4$ 很高或高,评价为特别理想,则 $A_1(y) = y^2$;

$C_2: F_1, F_3, F_4$ 很高或高, 评价为很理想, 则 $A_2(y) = y^{3/2}$;

$C_3: F_1, F_2, F_4$ 很高或高, 评价为理想, 则 $A_3(y) = y$;

$C_4: F_2, F_3, F_4$ 很高或高, 评价为理想, 则 $A_4(y) = y$;

$C_5: F_2, F_4$ 很高或高, 评价为不太理想, 则 $A_5(y) = y^{1/2}$;

$C_6: \bar{F}_1$ 或 $\bar{F}_3, \bar{F}_2, \bar{F}_4$ 低或很低, 评价为很不理想, 则 $A_6(y) = 1 - y$ 。

2 求算多准则模糊决策矩阵

预报方法的全体论域 $X = \{x_n\}, n = 1, 2, \dots, 5$ 。计算每种预报方法不同级别及总的预报准确率, 组成从 F 到 X 的模糊关系矩阵 R_i , 以 1992 年夏季预报为例:

模糊关系矩阵						
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
$R_i =$	F_1	0.692	0.385	0.769	0.769	0.583
	F_2	0.722	0.944	0.667	0.722	0.750
	F_3	0.667	0.833	0.667	0.833	0
	F_4	0.703	0.730	0.703	0.757	0.593

阵中元素为 1992 年以前的各级预报准确率。以 R 为输入, 根据决策准则进行运算, 求得 X 上的决策准则模糊子集 (c_i) 。

若 $X = c_1 = R_1 \cap R_2 \cap R_3 \cap R_4$, 则 $Y = A_1$, 为特别理想; $X = c_2 = R_1 \cap R_3 \cap R_4$, 则 $Y = A_2$, 为很理想; $X = c_3 = R_1 \cap R_2 \cap R_4$, 则 $Y = A_3$, 为理想; $X = c_4 = R_2 \cap R_3 \cap R_4$, 则 $Y = A_3$, 为理想; $X = c_5 = R_2 \cap R_4$, 则 $Y = A_4$, 为不太理想;

$X = c_6 = [(1 - R_1) \cup (1 - R_3)] \cap (1 - R_2) \cap (1 - R_4)$, 则 $Y = A_6$, 为很不理想。按上述原则, 将模糊关系矩阵 R_i 中各列数值通过“ $\cap$ ”运算求得决策准则模糊集 c_i 。如: $c_{11} = R_{11} \cap R_{21} \cap R_{31} \cap R_{41} = \min(0.692 \cap 0.722 \cap 0.667 \cap 0.703) = 0.667$, $c_{12} = R_{12} \cap R_{22} \cap R_{32} \cap R_{42} = \min(0.385 \cap 0.944 \cap 0.833 \cap 0.730) = 0.385$, 同理求得 c_{13}, c_{14}, c_{15} , 分别计算 $c_2 \dots c_6$ 即可得到由 5 种预报方法、6 条准则组成的决策准则模糊集矩阵 C_i 。

决策准则模糊集						
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
$C_i =$	c_1	0.667	0.385	0.667	0.722	0
	c_2	0.667	0.385	0.667	0.757	0
	c_3	0.692	0.385	0.667	0.722	0.583
	c_4	0.667	0.730	0.667	0.722	0
	c_5	0.703	0.730	0.667	0.722	0.593
	c_6	0.278	0.056	0.231	0.167	0.250

将 C_i 阵中元素分别代入公式 $D_i = 1 \cap [1 - c_i(x_n) + A_k(y_m)]$, $k = 1, 2, \dots, 5$, 进行模糊运算, 即可求得 6 个从 X 到 Y 的模糊关系矩阵 D_i 。

如 D_1 阵中第一行第一位数值 $d_{11} = 1 \cap [1 - 0.667 + 0^2] = 0.333$, 同理把 $C_1(x_n) = (0.667, 0.385, 0.667, 0.722, 0)$ 和 $A_1(y) = y^2$ 代入 D_i 式中, 即可得到由 5 行 11 列组成的模糊关系矩阵 $D_1 (D_2 - D_6$ 略)。然后将 6 个准则进行综合, 按 $D = \prod_{j=1}^6 D_j \triangleq [\prod_{j=1}^6 j_j(n, m)] = E_n^T$, 求得多准则模糊决策矩阵:

模糊关系矩阵											
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
$D_1 =$	c_1	0.333	0.343	0.373	0.423	0.493	0.583	0.693	0.823	0.973	1
	c_2	0.615	0.625	0.655	0.705	0.775	0.865	0.975	1	1	1
	c_3	0.333	0.343	0.373	0.423	0.493	0.583	0.693	0.823	0.973	1
	c_4	0.278	0.288	0.318	0.368	0.438	0.528	0.638	0.768	0.918	1
	c_5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	c_6	0.278	0.056	0.231	0.167	0.250	0.278	0.056	0.231	0.167	0.250

多 准 则 模 糊 决 策 矩 阵

$$D = \begin{bmatrix} 0.003 & 0.014 & 0.032 & 0.007 & 0.139 & 0.269 & 0.468 & 0.756 & 0.897 & 0.822 & 0.722 \\ 0.017 & 0.063 & 0.127 & 0.234 & 0.407 & 0.630 & 0.848 & 0.970 & 1 & 1 & 0.944 \\ 0.004 & 0.015 & 0.035 & 0.074 & 0.150 & 0.278 & 0.481 & 0.756 & 0.943 & 0.869 & 0.769 \\ 0.001 & 0.007 & 0.018 & 0.041 & 0.091 & 0.188 & 0.348 & 0.609 & 0.880 & 0.933 & 0.833 \\ 0.170 & 0.374 & 0.527 & 0.685 & 0.817 & 0.917 & 1 & 1 & 0.950 & 0.850 & 0.750 \end{bmatrix}$$

3 最佳预报方法排序

D 式中 E_n 是论域 Y 上的一个模糊子集, 表示预报方法对不同级别预报准确率的满意程度, 分别求出对每个预报方法的“满意度”。

定义: $H(E_{\lambda}, n) \triangleq \sum_{n=1}^{n_{\lambda}} z_n(\lambda)$, 式中, $E_{\lambda, n}$ 为 E_n 的 λ 截集; $z_n(\lambda) \in E_{\lambda, n}$; $n_{\lambda} = |E_{\lambda, \lambda}|$ 为有限集 $E_{\lambda, n}$

的势。最后按 $G(E_{\lambda, n}) = \sum_{i=1}^n H(E_{\lambda, n}) \Delta \lambda_i$ 式求得“总满意度” G , 并依次排序, G 最大的, 就是本次预报所选的最佳预报方法(式中 $\Delta \lambda_i$ 为 D 阵中每行元素按从小到大的顺序排序后, 第 $i+1$ 列与第 i 列之差值)。

附表 1992 年预报方法满意度排序

序号	预报方法	满意度	预报
1	模糊控制	0.6822	偏少
2	模糊综合评价	0.6820	正常
3	中心逐级修改模糊聚类	0.5974	正常
4	模糊多元分析	0.5573	正常
5	模糊相似优先选择比	0.3980	正常

附表给出了 1992 年各预报方法的满意度排序。从附表可见, 1992 年最佳预报方法

为模糊控制法, 预报夏季降水偏少; 其次是模糊综合评价报正常, 按最佳预报方法排序, 预报正常稍少, 但最佳预报方法报偏少, 所以明确提出以旱为主, 实况是特少, 基本正确。1993 年最佳预报方法排序为中心逐级修改模糊聚类和模糊控制均报正常, 预报与实况完全一致。

4 小 结

应用多准则模糊决策, 具有较好的客观性, 可把人为因素降到最低限度, 当前两种预报方法预报的结果出现矛盾时, 可考虑第三或第四种预报方法。由于评价条件侧重于偏少或偏多, 突出预报方法对旱涝的预报能力。因此, 该预报方法做旱涝趋势预报取得了较好的效果。

参考文献

- 1 陈国珍, 李小泉等. 长期天气预报微机业务系统. 气象, 1990, 16(10): 27.
- 2 袁嘉祖, 冯晋臣. 多准则模糊决策. 模糊数学及其在林业中的应用. 北京: 中国林业出版社, 1988: 219.

The Application of “Multi-Criterion Fuzzy Decision” to the Long Term Forecast of Dryness/Wetness Trend

Li Kaixin Jiang Xiaoyan

(Shenyang Meteorological Bureau 110015)

Abstract

Many methods have been used in long-term forecasts. The method of multi-criterion fuzzy decision is, therefore, introduced. A general appraisal is made according to forecasting accuracy. As a result, an order of optimum forecast methods as a basic principle for the final forecast is obtained.

Key Words: multi-criterion fuzzy decision dryness/wetness forecast