

试用模糊综合评判方法

制作春季降水的MOS预报

阜新县气象站 崔广

前言

近几年来,我国许多台站对MOS和PP预报方法进行了探索、研究和使用的,在预报服务中收到了较好的效果。但目前国内外在MOS或PP预报中,多用线性方程(0,1回归或其他各种权重方程)综合因子,由于线性模型的约束,即使是从大量可能的因子中筛选出最佳因子组合,也难以使预报结果达到最佳程度。我们认为,预报因子间、预报因子与预报量间的关系,多半是一种不确定的模糊关系,用模糊数学方法来处理会更好些。基于这种想法,我们在春季降水的MOS预报中,应用模糊变换和综合评判作了尝试。结果比线性综合有明显的改善。但还存在一些需进一步探讨的问题。现将我们这项工作全过程作一介绍,希望引起讨论。

一、春季降水特征

(一)、环流特征

阜新地处辽宁西部。春季在北支西风锋区控制之下,环流比较平直,多小波动,地面蒙古气旋和东北低压活动频繁,但由于位置偏北,缺乏水汽供应,多半带来大风和风沙天气,产生降水极少。4、5两月降水总量70毫米左右。日降水量2毫米、5毫米及10毫米以上降水的气候概率分别是0.11、0.05及0.02。

(二)、影响系统

这些2毫米以上降水的产生主要是由于随着暖空气势力的不断加强,南支西风锋区相应北移,活动在黄河和江淮流域的气旋有时东北移,影响我地。在1979—1982年的29次大于2毫米的明显降水中,东北低压和蒙古气旋只有4次,占14%,而南来系统有25次,占86%。在影响我地区春季明显降水的南来系统中,河套气旋4次,华北气旋7次,江淮气旋3次,08时地面图上河套倒槽和西南倒槽11次,这些倒槽多数都发展为华北气旋和江淮气旋,少数维持倒槽北伸,其顶部雨区影响我区。根据以上分析,本文以在35—40°N、110—125°E之间,日本08时播发的FSAS图上出现南来系统作为起始场。把1979—1982年的4、5两月共244个个例(天)过滤掉206个,剩下38个个例作为样本。

二、预报因子的选择

本文所选因子来自日本数值预报产品。由于传真资料不全，只使用了日本FSAS图上的地面气压形势预报，FSFE02图上的地面气压预报值，FXFE782图上700毫巴垂直速度预报值，FUF E502图上的500毫巴涡度预报值和高度预报值。各网格点（图1）读数使用吉林、锦州、阜新气象局编写的《日本传真图资料》。

我们主要着眼于天气意义及物理意义，结合预报经验及统计结果（根据天气及物理意义和预报经验定关键区，再统计区内各因子的准确率、概括率、有效指数及 X^2 检验）选出5个预报因子（表1）。

因子1：500毫巴涡度（ ζ ）

在关键区A和B中（图2），网格点3、7、12三点中若有两点的涡度值为 >10 ，24小时内出现降水的历史准确率为 $22/26 = 85\%$ ，概括率为 $22/26 = 85\%$ 。（上述三个点的位置依次为 $40^\circ N, 115^\circ E$ ， $45^\circ N, 120^\circ E$ ， $45^\circ N, 122.5^\circ E$ 。）

从天气分析中可发现，在南来系统东北上影响我地区时，与之配合，在这几个位置上常有西风带短波槽自西移来，这几处出现较大的正涡度值，可促使槽向这几处移动，或使槽在这里发展。这样都能更好地与槽前部地面气旋相配合，有利我地产生降水。

因子2：500毫巴涡度平流（ ζ' ）

在高空为偏西风条件下，网格点2与19、3与19、2与22、8与18的涡度差值 $\zeta_2 - 19, \zeta_3 - 19, \zeta_2 - 22, \zeta_8 - 18$ （图3）若至少有一个 >0 时，24小时内出现2毫米以上降水的历史准确率 $25/37 = 68\%$ ，概括率为 $25/26 = 96\%$ 。

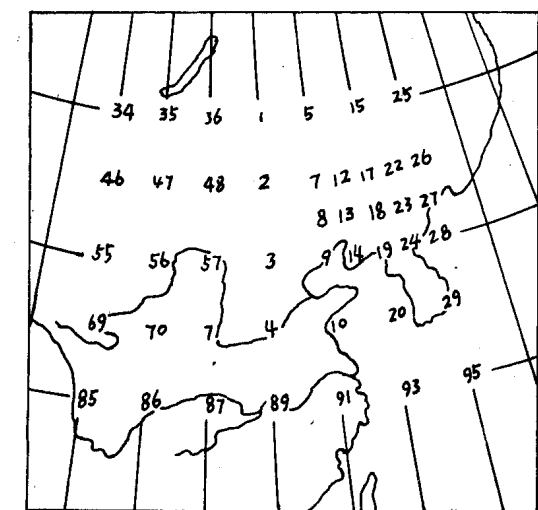


图1 网格点



图2 涡度因子关键区

图3 涡度平流因子

$\zeta_2 - 22 > 0$ ，在西风作用下，反映沿 $45^\circ N$ 一线，从 $115^\circ E$ — $125^\circ E$ 之间自西向东是正涡度平流。

$\zeta_8 - 18 > 0$ ，在西风作用下，反映沿 $42.5^\circ N$ 一线，从 $120^\circ E$ — $125^\circ E$ 之间自西向东是正涡度平流。

$\zeta_3 - 19 > 0$ ，在西风作用下，反映沿 $40^\circ N$ 一线，从 $115^\circ E$ — $125^\circ E$ 之间自西向东是正涡度平流。

表 1 预报因子数值表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
预报因子	ζ	55	-13	6	33	44	-7	60	33	15	12	33	5	20	47	43	27	45	15	76
	ζ'	116	36	3	45	-24	15	13	44	-2	54	-1	-7	-31	20	61	1	-11	28	19
	ΔH	-17	-3	-4	-6	3	-2	-6	-8	-6	-5	-7	-4	-2		-13	-3	-6	-6	-9
	ΔP	-4	-7	-9	-11	-3	3	-11	-4	5	-8	12	3	-6		0	-14	0	-4	0
	ω	-150	-90	-40	-60	-28	-45	-80	-80	0	-85	37	23	-30	85	-70	15	-30	-60	0

序号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
预报因子	ζ	32	12	17	17	18	25	25	37	22	50	0	32	6	12	-5	8	-16	13	40
	ζ'	61	33	19	-11	39	29	-46	70	43	11	11	28	-36	-18	6	-8	-15	46	-8
	ΔH	-11	-13	-2	2	-4	-2	-2	-3	7	-4	9	-1	-9	5	6	-4	10	-1	-3
	ΔP	-11	0	-6	4	6	8	-6	-9	7	-1	8	-7	-1	4	-1	0	2	-5	-2
	ω	-15	-55	-60	-23	-70	-20	-27	-110	2	5	-23	-120	35	-20	-80	40	-20	-25	-35

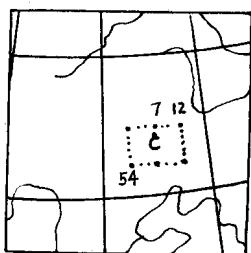


图 4 变高因子关键区

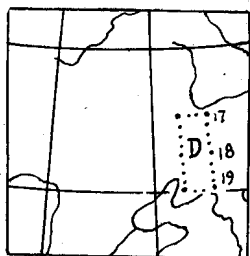


图 5 变压因子关键区

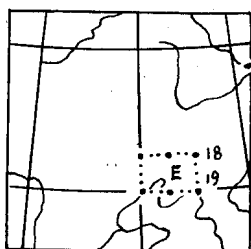


图 6 垂直速度因子关键区

$\zeta_{2-19} > 0$ ，在西北风作用下，反映从 45°N 、 115°E 到 40°N 、 125°E 之间自西北向东南是正涡度平流。

这几个点之间有正涡度平流，即有利于高空短波槽本身发展加深，又会促使槽前地面气旋加深，有利我地产生降水。

因子 3：500 毫巴 24 小时变高 (ΔH)

在关键区 C 中 (图 4)，网格点 7、12、54 三点中若至少有一个点的 $\Delta H < 0$ ，24 小时内出现 2 毫米以上降水的历史准确率为 $22/30 = 73\%$ ，概括率为 $22/26 = 85\%$ 。

所选关键区正在我地区及其上游。(网格点 54 位于 42.5°N 、 117.5°E) 这几个点正是与南来系统相配合的高空短波槽的位置。这些点负变高较大，说明西来短波槽将在这里发展加深，加强与地面气旋的配合，有利我地区产生降水。

因子 4：地面气压的 24 小时变量 (ΔP)

在关键区 D 中 (图 5)，网格点 17、18、19 三点中至少有一个点的 $\Delta P < 0$ ，24 小时内出现 2 毫米以上降水的历史准确率为 $22/26 = 85\%$ ，概括率为 $22/26 = 85\%$ 。

这几个点的位置正在我区的下游，在这些位置上出现负变压，说明南来系统将向这个方向移动或在那里发展加深。无论是向那里移动，还是在那里加深，系统顶部的雨区都要影响我地。

因子 5：700 毫巴垂直速度 (ω)

在关键区 E 中 (图 6)，网格点 18 和 19 若至少有一个点的 $\omega < -10$ ，24 小时内出现 2 毫米以上降水的历史准确率为 $21/29 = 72\%$ ，概括率为 $21/26 = 81\%$ 。

所选关键E正在我地区附近，这几个点700毫巴垂直速度较大，就能使由南来系统东部的偏南气流水平输送来的水汽得以上升凝结，有利我区形成降水。

三、模糊综合评判在MOS预报中的应用

(一)、模糊变换和综合评判简述

模糊变换和综合评判是目前模糊数学应用于气象科学较好的方法之一。它即可作气候分析，也可作各种气象预报。

设X、Y是两个有限集。X={x₁, x₂, ..., x_n}，Y={y₁, y₂, ..., y_m}。A、B分别是X与Y上的模糊子集。X上的模糊子集A可表示为几维向量，记为A=(a₁, a₂, ..., a_n)，(0 ≤ a_i ≤ 1)。同样，Y上的模糊子集B可记为B=(b₁, b₂, ..., b_m)，(0 ≤ b_j ≤ 1)

设R是从X到Y的一个模糊关系。

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1m} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nm} \end{pmatrix}$$

根据模糊矩阵的复合运算，由R可确定一个变换：任给X上的一个模糊子集A，便可确定Y上的一个模糊子集B，B=AOR。

所谓模糊综合评判(正问题)，就是给定单因素评判矩阵R和着眼点权数分配A，求其综合评判B。B为A通过R的变换：B=AOR。

(二)、预报因子间的模糊关系A

首先把五个预报因子与预报量之间的对应关系分别作预报因子与预报量的对应关系图(图7)。然后，按预报要求把预报量分为三个区间(就是三个量级)：R₁(R < 2)、R₂(2 < R < 5)、R₃(R ≥ 5)。再根据预报经验和考虑样本的代表性，把五个预报因子也各分为三级，每一级内又包括几个小区间。如ΔP₂分为ΔP₂₁(-5 < ΔP ≤ -1)、ΔP₂₂(-7 < ΔP ≤ -6)等。

以各因子区间所含样本数与总样本数的比值作为A中的备选元素。这些元素分别表示各因子区间在A中所占的权重。例如因子ΔP的ΔP₁区间所含样本数11与总样本数37的比值μ_{ΔP₁}为11/37=0.30，就是ΔP₁在A中所占的权重为0.30，其他亦然。

因子间的模糊关系A可用模糊向量表示为：

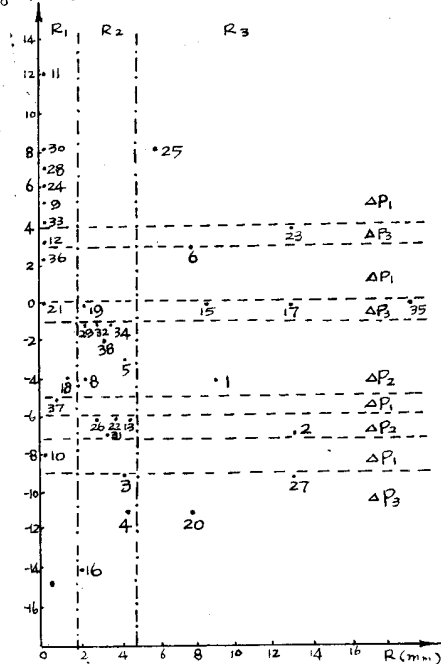


图7 预报因子与预报量对应关系
点旁数字是样本序号

表 2 \underline{A} 和 \underline{R} 中备选元素表

因子	因子区间	\underline{A} 中的备选元素	\underline{R} 中的备选元素
	ζ_1	$\mu_{\zeta_1} = 13/38 = 0.34$	$\mu_{\zeta_1}(R_1) = 11/13 = 0.85$ $\mu_{\zeta_1}(R_2) = 2/13 = 0.15$ $\mu_{\zeta_1}(R_3) = 0/13 = 0.00$
	ζ_2	$\mu_{\zeta_2} = 12/38 = 0.32$	$\mu_{\zeta_2}(R_1) = 1/12 = 0.08$ $\mu_{\zeta_2}(R_2) = 7/12 = 0.58$ $\mu_{\zeta_2}(R_3) = 4/12 = 0.33$
	ζ_3	$\mu_{\zeta_3} = 13/38 = 0.34$	$\mu_{\zeta_3}(R_1) = 0/13 = 0.00$ $\mu_{\zeta_3}(R_2) = 5/13 = 0.38$ $\mu_{\zeta_3}(R_3) = 8/13 = 0.62$
ζ	ζ'_1	$\mu_{\zeta'_1} = 12/38 = 0.32$	$\mu_{\zeta'_1}(R_1) = 10/12 = 0.83$ $\mu_{\zeta'_1}(R_2) = 2/12 = 0.17$ $\mu_{\zeta'_1}(R_3) = 0/12 = 0.00$
	ζ'_2	$\mu_{\zeta'_2} = 13/38 = 0.35$	$\mu_{\zeta'_2}(R_1) = 1/13 = 0.08$ $\mu_{\zeta'_2}(R_2) = 10/13 = 0.77$ $\mu_{\zeta'_2}(R_3) = 2/13 = 0.16$
	ζ'_3	$\mu_{\zeta'_3} = 13/38 = 0.33$	$\mu_{\zeta'_3}(R_1) = 1/13 = 0.08$ $\mu_{\zeta'_3}(R_2) = 2/13 = 0.16$ $\mu_{\zeta'_3}(R_3) = 10/13 = 0.77$
ΔH	ΔH_1	$\mu_{\Delta H_1} = 12/37 = 0.32$	$\mu_{\Delta H_1}(R_1) = 8/12 = 0.67$ $\mu_{\Delta H_1}(R_2) = 2/12 = 0.17$ $\mu_{\Delta H_1}(R_3) = 2/12 = 0.16$
	ΔH_2	$\mu_{\Delta H_2} = 11/37 = 0.31$	$\mu_{\Delta H_2}(R_1) = 1/11 = 0.09$ $\mu_{\Delta H_2}(R_2) = 7/11 = 0.64$ $\mu_{\Delta H_2}(R_3) = 3/11 = 0.27$

$\underline{A} = (\mu_{\zeta_i}, \mu_{\zeta'_j}, \mu_{\Delta H_k}, \mu_{\Delta P_e}, \mu_{\omega_m})$

其中 $i, j, k, e, m = 1, 2, 3$ 。

(三)、各预报因子与预报量间的模糊关系 \underline{R}

以在某一因子区间内的各预报量区间所含样本数与这个因子区间所含全部样本数的比值作为 \underline{R} 中的备选元素。这些元素表示：在 \underline{R} 中，在某因子区间被确定的情况下，各预报量区间所占的权重。例如在 ΔP_1 区间内的 R_1 区间 $\Delta P_1(R_1)$ 所含样本数 9 与 ΔP_1 区间所含全部样本数 11 的比值 $\mu_{\Delta P_1}(R_1) = 9/11 = 0.82$ 。就表示在 \underline{R} 中，在 ΔP_1 被确定的情况下， $\Delta P_1(R_1)$ 区间所占的权重为 0.82。余仿此。

各预报因子与预报量间的模糊关系 \underline{R} 可用模糊矩阵表示为：(见左下)

根据以上所作各对应关系图及各区间内的样本数，可一一求出 \underline{A} 和 \underline{R} 中的全部备选元素 (表 2)。

(四)、预报量各区间间的模糊关系即综合评判 \underline{B}

对于 \underline{A} 的综合评判 \underline{B} ，可由 \underline{A} 通过 \underline{R} 的变换： $\underline{B} = \underline{A} \circ \underline{R} = (\mu_{R_1}, \mu_{R_2}, \mu_{R_3})$ 。取 \underline{B} 中最大元素所在区间为

$$\underline{R} = \begin{matrix} & \begin{matrix} R_1 & R_2 & R_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} \zeta_i \\ \zeta'_j \\ \Delta H_k \\ \Delta P_e \\ \omega_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} \mu_{\zeta_i}(R_1) & \mu_{\zeta_i}(R_2) & \mu_{\zeta_i}(R_3) \\ \mu_{\zeta'_j}(R_1) & \mu_{\zeta'_j}(R_2) & \mu_{\zeta'_j}(R_3) \\ \mu_{\Delta H_k}(R_1) & \mu_{\Delta H_k}(R_2) & \mu_{\Delta H_k}(R_3) \\ \mu_{\Delta P_e}(R_1) & \mu_{\Delta P_e}(R_2) & \mu_{\Delta P_e}(R_3) \\ \mu_{\omega_m}(R_1) & \mu_{\omega_m}(R_2) & \mu_{\omega_m}(R_3) \end{pmatrix} \end{matrix}$$

续表

预报区间。

(五)、例子

因子	因子区间	A中的备选元素	R中的备选元素
	ΔH_3	$\mu_{\Delta H_3} = 14/37 = 0.37$	$\mu_{\Delta H_3}(R_1) = 3/14 = 0.21$ $\mu_{\Delta H_3}(R_2) = 5/14 = 0.36$ $\mu_{\Delta H_3}(R_3) = 6/14 = 0.43$
ΔP	ΔP_1	$\mu_{\Delta P_1} = 11/37 = 0.30$	$\mu_{\Delta P_1}(R_1) = 9/11 = 0.82$ $\mu_{\Delta P_1}(R_2) = 0/11 = 0.00$ $\mu_{\Delta P_1}(R_3) = 2/11 = 0.18$
	ΔP_2	$\mu_{\Delta P_2} = 13/37 = 0.36$	$\mu_{\Delta P_2}(R_1) = 1/13 = 0.08$ $\mu_{\Delta P_2}(R_2) = 10/13 = 0.77$ $\mu_{\Delta P_2}(R_3) = 2/13 = 0.15$
	ΔP_3	$\mu_{\Delta P_3} = 13/37 = 0.34$	$\mu_{\Delta P_3}(R_1) = 2/13 = 0.16$ $\mu_{\Delta P_3}(R_2) = 4/13 = 0.31$ $\mu_{\Delta P_3}(R_3) = 7/13 = 0.54$
ω	ω_1	$\mu_{\omega_1} = 13/38 = 0.34$	$\mu_{\omega_1}(R_1) = 9/13 = 0.69$ $\mu_{\omega_1}(R_2) = 2/13 = 0.15$ $\mu_{\omega_1}(R_3) = 2/13 = 0.15$
	ω_2	$\mu_{\omega_2} = 15/38 = 0.39$	$\mu_{\omega_2}(R_1) = 1/15 = 0.07$ $\mu_{\omega_2}(R_2) = 11/15 = 0.73$ $\mu_{\omega_2}(R_3) = 3/15 = 0.20$
	ω_3	$\mu_{\omega_3} = 10/38 = 0.27$	$\mu_{\omega_3}(R_1) = 2/10 = 0.20$ $\mu_{\omega_3}(R_2) = 1/10 = 0.10$ $\mu_{\omega_3}(R_3) = 7/10 = 0.70$

对第一个个例来讲, 各因子的读数为 $\zeta = 55, \zeta' = 16, \Delta H = -17, \Delta P = -4, \omega = -150$ 。从对应关系图中找到数这些数分别在 $\zeta_3, \zeta'_3, \Delta H_3, \Delta P_2, \omega_3$ 区间。在表 2 中找到 \underline{A} 在 $\zeta_3, \zeta'_3, \Delta H_3, \Delta P_2, \omega_3$ 区间中的备选元素分别是 $\mu_{\zeta_3} = 0.34, \mu_{\zeta'_3} = 0.33, \mu_{\Delta H_3} = 0.37, \mu_{\Delta P_2} = 0.36, \mu_{\omega_3} = 0.27$ 。所以模糊子集为:

$\underline{A} = (\mu_{\zeta_3} \mu_{\zeta'_3} \mu_{\Delta H_3} \mu_{\Delta P_2} \mu_{\omega_3}) = (0.34 \ 0.33 \ 0.37 \ 0.36 \ 0.27)$ 。同样, 在表 2 中可找到 \underline{R} 在 $\zeta'_3, \zeta_3, \Delta H_3, \Delta P_2, \omega_3$ 区间中的备选元素分别为:

$\mu_{\zeta_3}(R_1) = 0.00$	$\mu_{\zeta_3}(R_2) = 0.38$	$\mu_{\zeta_3}(R_3) = 0.62$
$\mu'_{\zeta_3}(R_1) = 0.08$	$\mu'_{\zeta_3}(R_2) = 0.16$	$\mu'_{\zeta_3}(R_3) = 0.77$
$\mu_{\Delta H_3}(R_1) = 0.21$	$\mu_{\Delta H_3}(R_2) = 0.36$	$\mu_{\Delta H_3}(R_3) = 0.43$
$\mu_{\Delta P_2}(R_1) = 0.08$	$\mu_{\Delta P_2}(R_2) = 0.77$	$\mu_{\Delta P_2}(R_3) = 0.15$
$\mu_{\omega_3}(R_1) = 0.20$	$\mu_{\omega_3}(R_2) = 0.10$	$\mu_{\omega_3}(R_3) = 0.70$

所以, 模糊子集 \underline{R} 为:

$$\underline{R} = \begin{pmatrix} \mu_{\zeta_3}(R_1) & \mu_{\zeta_3}(R_2) & \mu_{\zeta_3}(R_3) \\ \mu'_{\zeta_3}(R_1) & \mu'_{\zeta_3}(R_2) & \mu'_{\zeta_3}(R_3) \\ \mu_{\Delta H_3}(R_1) & \mu_{\Delta H_3}(R_2) & \mu_{\Delta H_3}(R_3) \\ \mu_{\Delta P_2}(R_1) & \mu_{\Delta P_2}(R_2) & \mu_{\Delta P_2}(R_3) \\ \mu_{\omega_3}(R_1) & \mu_{\omega_3}(R_2) & \mu_{\omega_3}(R_3) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.00 & 0.38 & 0.62 \\ 0.08 & 0.16 & 0.77 \\ 0.21 & 0.36 & 0.43 \\ 0.08 & 0.77 & 0.15 \\ 0.20 & 0.10 & 0.70 \end{pmatrix}$$

最后, 综合评判为: $\underline{B} = (\mu_{R_1} \ \mu_{R_2} \ \mu_{R_3})$

$$\underline{B} = \underline{A} \underline{O} \underline{R} = (0.34 \quad 0.33 \quad 0.37 \quad 0.36 \quad 0.27) \circ \begin{pmatrix} 0.00 & 0.38 & 0.62 \\ 0.08 & 0.16 & 0.77 \\ 0.21 & 0.36 & 0.43 \\ 0.08 & 0.77 & 0.15 \\ 0.20 & 0.10 & 0.70 \end{pmatrix}$$

$$= [(0.34 \wedge 0.00) \vee (0.33 \wedge 0.08) \vee (0.37 \wedge 0.21) \vee (0.36 \wedge 0.08) \vee (0.27 \wedge 0.20) \quad (0.34 \wedge 0.38) \vee (0.33 \wedge 0.16) \vee (0.37 \wedge 0.36) \vee (0.36 \wedge 0.77) \vee (0.27 \wedge 0.10) \quad (0.34 \wedge 0.62) \vee (0.33 \wedge 0.77) \vee (0.37 \wedge 0.43) \vee (0.36 \wedge 0.15) \vee (0.27 \wedge 0.70)] = (0.21 \quad 0.36 \quad 0.37)$$

由于 \underline{B} 中最大元素为 $\mu_{R_3} = 0.37$, 且 μ_{R_3} 是 R_3 区间的权重, 所以预报第一个个例的降水量落在 R_3 区间, 就是 ≥ 5 毫米。

(六)、检验与试报

用上述样本中38个个例分别作预报检验, 预报两级 (< 2 毫米为1级, > 2 毫米为2级) 的历史拟合率为 $34/38 = 90\%$, 成功界限指数 (用 CSI 表示)

$$= \frac{\text{报对次}}{\text{报对次} + \text{空报次} + \text{漏报次}} = \frac{26}{26 + 4 + 0} = 87\%。$$

用1983年6个个例试报, 确率是 $6/6$, CSI 是 $5/5$ 。

1984年预报确率是 $1/1$, CSI 是 $1/1$ 。

预报三级 (< 2 毫米为1级, $2 - 5$ 毫米为2级, > 5 毫米为3级) 的历史拟合率为 $29/38 = 76\%$ 。

1983年试报确率为 $5/6 = 83\%$ 。

若在模糊综合评判报对两级的基础上, 应用参考指标分三级, 历史拟合率为 $33/34 = 97\%$ 。(报两级的 $CSI = \frac{14}{14 + 1 + 0} = 93\%$, 报三级的 $CSI = \frac{11}{11 + 0 + 1} = 92\%$)。

1983年试报确率是 $5/6 = 83\%$ 。

所谓参考指标, 是在求 \underline{B} 的过程中, 当运算到 $\underline{B} = [0.00 \vee 0.08 \vee 0.21 \vee 0.08 \vee 0.20 \quad 0.34 \vee 0.16 \vee 0.36 \vee 0.36 \vee 0.10 \quad 0.34 \vee 0.33 \vee 0.37 \vee 0.15 \vee 0.27]$ 时, 不求并, 而求代数, 结果是 $(0.57 \quad 1.32 \quad 1.46)$, R_3 所在的区间代数最大, 就报 R_3 所对应的量级。

又如样本中第七个个例, $\underline{B} = (0.32 \quad 0.39 \quad .034)$, 模糊综合评判报对了有2毫米以上的降水, 但没报对是三级。而参考指标是 $(0.63 \quad 1.35 \quad 1.37)$, 应报 R_3 的量级。结果正确。

如果完全用参考指标报二级, 历史拟合率是 $36/38 = 95\%$, 1983年试报是 $6/6$; 完全用参考指标报三级, 历史拟合率是 $35/38 = 92\%$, 1983年试报是 $5/6 = 83\%$ 。

关于参考指标, 只是在几次试验中发现有这么一种规律, 且预报效果还很好。笔者认为在进行模糊变换时, $\underline{A} \underline{O} \underline{R}$ 的过程中, 是以极大值 μ_{R_i} 做为 R_i 的权重; 部分地应用代数, 不但考虑了极大值 (一个因子) 的作用, 同时还考虑了其他几个数值 (几个因子) 的作用。这个规律是否确属客观存在, 还需用更多的个例来验证和从理论上进一步加以论证。

(七)、0, 1 回归和综合评判的对比

线性回归模型在天气预报中应用很广泛, 并且也有很好的使用效果。但它是基于预报因子和预报量之间存在着线性关系。一般情况下, 气象要素间并不存在明显的线性关系。这样, 模糊综合评判应用天气预报就有比0, 1回归更好的使用效果。

用同样的五个因子, 使用0, 1回归(REEP)方法的历史拟合率是 $33/38 = 84\%$, $CSI = \frac{25}{25 + 5 + 1} = 81\%$; 1983年试报准确率是 $4/6 = 67\%$, 试报 $CSI = \frac{4}{4 + 1 + 1} = 67\%$ 。用模糊综合评判方法的历史拟合率是 $34/38 = 90\%$, $CSI = \frac{26}{26 + 4 + 0} = 87\%$; 1983年试报准确率是 $6/6$, $CSI = \frac{5}{5 + 0 + 0} = 5/5$ 。

模糊综合评判不但报两级效果很好, 综合评判的历史拟合率和CSI都比0, 1回归方法高6%; 试报准确率和CSI都比0, 1方法高33%。用同样的五个因子, 综合评判还有一定的预报三级的能力。

结 语

1、利用数值预报产品, 选用天气和物理意义明确的因子, 制作MOS预报效果是好的。

2、应用模糊数学方法作多因子综合预报, 打破线性关系的束缚, 能进一步提高准确率, 值得研究。

3、在模糊变换过程中, 部分地采用参考指标, 消除模糊运算中受极值影响较大的缺陷, 办法是合理的, 效果会更好些。但还需进一步从实践中和理论上充实论证。

参 考 文 献

- [1] 陈国范、曹鸿兴, 模糊数学在天气预报中的应用。
- [2] 孔佑坤, 模糊变换与综合评判。
- [3] 丁士晟, 模式输出统计预报, 第一辑。
- [4] 模式输出统计预报专辑, 吉林气象, (5) 1983年。