

# 农业气象年景预报初探

冯定原 郭亚

## 提 要

本文阐述了农业气象年景的概念和农业气象年景预报的意义,并以江苏省昆山县1981年早稻农业气象年景为例,就如何编制农业气象年景预报问题进行了初步探讨,给出了逐步判别和模糊识别等两种可行的农业气象年景预报方案。

## 一、前 言

农业气象年景是指农作物生长发育和产量形成期间的农业气象条件组合特征。分析和评价农业气象年景丰、平、欠的标准主要有二:一是农作物生长发育和产量形成期间的天气气候条件;二是农作物最终产量高低。如果某年农作物生长发育和产量形成期间天气气候较好,灾害较少或程度较轻,最终收获的产量较高,则认为该年的农业气象年景为丰收;反之,则认为该年的农业气象年景为欠收;介于这两者之间的,则认为该年的农业气象年景为平收。因此,农业气象年景预报实际是农业气象灾害预报和农业气象产量预报的综合预报。

开展农业气象年景预报,预测未来农作物生长发育和产量形成期间的农业气象条件组合特征,及时为农业部门和生产单位提供丰、平、欠等农业气象年景依据,使之合理制定种植计划,选择搭配适宜的作物种类和品种,妥善安排茬口,确定种植面积,采取有效农技措施,努力做到趋利避害,把农业生产建立在更加稳妥可靠的基础上,对于夺取农业丰产稳产具有十分重要的实践意义和经济意义。

## 二、两种可行的农业气象年景预报方案

前面已经指出,农业气象年景预报实际是农业气象灾害预报和农业气象产量预报的综合预报,它属于定性和分类预报的范畴,因此,比较适宜采用判别、聚类和模糊分析等方法。下面以江苏省昆山县1981年早稻农业气象年景预报为例,介绍两种可行的预报方案。

### 1. 农业气象年景的逐步判别预报方案

逐步判别是判别分析的一种,用它来编制农业气象年景预报的一般思路是:根据历

史年型的分类,挑选一组对年型分类贡献显著的前期气象因子,建立前期气象因子组合与农业气象年景类型相一致的判别函数,用此判别函数判别前期气象因子组合,以预报后期农业气象年景。

### (1)历史农业气象年景的客观分类

判别分析是基于预报对象的分类已经确定而进行的,判别预报准确与否直接依赖于预报对象分类的客观程度<sup>[1]</sup>。因此,判别分析的第一步就是按预报要求对历史农业气象年景进行客观分类。

昆山县1964~80年的早稻产量 $y$ 和趋势产量 $y_t$ 、气象产量 $y_w^*$ ,见表1。

表1 昆山县1964~80年的早稻产量 $y$ 、趋势产量 $y_t$ 、气象产量 $y_w$ 和农业气象年景分类

年 份 (t)	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
早稻产量 $y$ (斤/亩)	518	548	569	587	524	549	566	526	549	590	548	548	619	519	563	619	576
趋势产量 $y_t$ (斤/亩)	542	544	546	549	551	553	556	558	560	563	565	567	569	572	574	576	578
气象产量 $y_w$ (斤/亩)	-24	4	23	38	-27	-4	10	-32	-11	28	-17	-19	50	-53	-11	43	-2
农业气象年景分类	欠	平	丰	丰	欠	平	平	欠	平	丰	欠	欠	丰	欠	平	丰	平

•趋势产量 $y_t$ 采用直线模拟方法,其模拟方程 $\hat{y}_t = 395.45 + 2.2831t$ ,式中 $t$ 为年份,取个、十两位数。气象产量 $y_w$ 按 $\hat{y}_w = y - \hat{y}_t$ 求得。

取气象产量 $y_w > 15$ 斤为丰收农业气象年景, $y_w < -15$ 斤为欠收农业气象年景,介于 $-15 \sim +15$ 斤之间为平收农业气象年景。历年农业气象年景分类见表1。

为检验历年农业气象年景分类是否客观,我们对1964~80年各年早稻生长发育和产量形成期间的农业气象条件组合特征分苗期、分蘖期、成穗期和灌浆期等关键生育期作些考察,详见表2。

从表中可以看出,丰产年份,全生育期平均气温 $21^\circ\text{C}$ 左右,日照时数和降水量均接近常年。其中分蘖期的日照时数与常年接近,降水量低于常年;灌浆期的日照时数显著高于常年。这种农业气象条件组合特征对早稻分蘖、灌浆比较有利,如1966、1973、1976、1979年。欠收年份有两种情况:一种是全生育期平均气温、日照时数均低于常年,降水量高于常年,特别是分蘖期和灌浆期降水过多,日照不足,如1968、1974、1975、1977年;另一种是全生育期日照时数虽较充裕,但平均气温显著偏高,特别是稻穗形成和灌浆期气温过高,致使幼穗分化不良并有高温逼熟现象,导致穗小粒轻而欠收,如1964、1971年。平收年份全生育期日照分布均匀,分蘖和灌浆期没有日照优势,降水分布跟常年相近或稍偏低,早稻虽能正常生长发育,但产量水平一般。以上三类农业气象条件组合特征与前述历年农业气象年景分类基本一致。

### (2)因子选择和判别函数的建立

考虑到农业气象年景预报必须在农作物播种以前作出的要求,故以早稻播种以前的

表 2 昆山县1964~80年早稻各关键生育期的农业气象条件组合特征

年份	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
气温(°C)																	
苗期	17.14	14.60	15.70	15.32	15.44	16.50	15.20	15.68	15.46	16.80	16.22	15.14	15.54	16.04	16.14	14.74	14.68
分蘖期	21.30	21.30	21.00	23.20	21.30	21.20	21.30	22.10	21.02	20.55	22.80	21.75	20.65	21.90	21.40	22.70	22.25
成穗期	25.67	24.63	24.47	25.27	23.63	23.67	23.97	27.53	25.70	25.17	22.93	24.07	23.33	25.10	27.67	24.73	24.93
灌浆期	29.20	28.00	29.50	29.67	27.93	28.37	28.60	29.27	26.23	28.13	27.93	28.17	27.57	28.33	28.23	28.53	26.70
全生育期	22.53	21.04	21.72	22.14	21.19	21.62	21.25	22.54	21.18	21.92	21.48	21.22	20.90	21.87	22.40	21.45	20.98
日照时数(小时)																	
苗期	47.52	53.58	44.02	42.20	55.36	52.02	55.08	62.90	55.16	51.42	67.28	47.02	59.18	44.84	72.78	64.26	70.22
分蘖期	51.40	53.15	84.90	84.95	78.80	73.50	56.65	50.05	65.35	66.95	87.00	76.60	38.85	65.40	59.75	96.60	95.30
成穗期	73.77	64.53	55.17	55.13	37.97	52.33	59.57	78.37	64.93	62.10	65.80	47.90	55.57	58.10	94.27	52.33	40.97
灌浆期	103.07	73.93	106.57	115.13	89.33	79.37	94.97	117.47	84.40	99.70	84.40	83.10	104.50	80.70	95.40	104.13	77.77
全生育期	66.99	65.35	67.32	68.59	62.79	61.71	65.56	77.08	65.73	67.42	73.92	60.10	65.68	59.35	80.95	75.68	69.07
降水量(毫米)																	
苗期	67.10	33.12	33.42	62.22	37.50	28.02	29.50	18.50	22.01	41.10	31.12	29.24	37.24	58.46	19.64	55.00	21.12
分蘖期	10.20	35.25	16.40	11.15	26.40	43.50	38.00	77.55	11.45	25.40	44.50	22.55	52.80	18.50	29.00	14.95	18.35
成穗期	68.30	38.67	52.07	48.37	46.07	40.20	57.47	39.43	46.50	79.07	77.97	124.20	61.77	47.27	25.63	48.27	57.20
灌浆期	15.20	23.17	17.27	1.57	34.40	22.63	36.10	11.53	9.27	24.10	75.97	65.70	9.30	24.63	24.73	22.93	42.17
全生育期	46.65	32.43	31.38	37.17	37.05	31.97	38.78	30.81	23.11	43.52	54.34	58.54	38.85	41.92	23.64	39.88	33.88

1~3月份的气温、日照时数和降水量作为前期气象影响因子，从中挑选出与后期农业气象年景相关较好的作为判别分析中的候选因子。综合考虑1、2、3月份的温度、光照、降水及其可能组合，初步列出以下42个作为候选因子，见表3。

表3中所列的42个候选因子可以构成一个42维的因子向量矩阵，各个因子都有1964~80年共17个样本(各样本的原始数据略)。将这17个42维的因子向量按所对应的历

表 3 供 选 择 的 候 选 因 子

因 子	含 义	因 子	含 义
$x_1$	1 月份平均气温	$x_{22}$	3 月份日照时数
$x_2$	1 月份日照时数	$x_{23}$	3 月份降水量
$x_3$	1 月份降水量	$x_{24}$	3 月份光温积
$x_4$	1 月份光温积	$x_{25}$	3 月份光水积
$x_5$	1 月份光水积	$x_{26}$	3 月份温水积
$x_6$	1 月份温水积	$x_{27}$	3 月份光温水积
$x_7$	1 月份光温水积	$x_{28}$	3 月份温光比
$x_8$	1 月份温光比	$x_{29}$	3 月份光水比
$x_9$	1 月份光水比	$x_{30}$	3 月份水温比
$x_{10}$	1 月份水温比	$x_{31}$	1~3月份平均气温
$x_{11}$	2 月份平均气温	$x_{32}$	1~3月份日照时数
$x_{12}$	2 月份日照时数	$x_{33}$	1~3月份降水量
$x_{13}$	2 月份降水量	$x_{34}$	1~3月份光温积
$x_{14}$	2 月份光温积	$x_{35}$	1~3月份光水积
$x_{15}$	2 月份光水积	$x_{36}$	1~3月份温水积
$x_{16}$	2 月份温水积	$x_{37}$	1~3月份光温水积
$x_{17}$	2 月份光温水积	$x_{38}$	1~3月份温光比
$x_{18}$	2 月份温光比	$x_{39}$	1~3月份光水比
$x_{19}$	2 月份光水比	$x_{40}$	1~3月份水温比
$x_{20}$	2 月份水温比	$x_{41}$	1~2月份平均光温积
$x_{21}$	3 月份平均气温	$x_{42}$	2~3月份平均光温积

史农业气象年景分为丰、平、欠三组，分别进行各因子的方差分析。规定丰年组记为第一组(类)， $n_1=5$ ；平年组记为第二组(类)， $n_2=6$ ；欠年组记为第三组(类)， $n_3=6$ 。各因子的F值见表4。

表 4 各因子的方差分析 F 值

因 子	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$
F	0.1	0.4	1.9	0.2	1.6	0.8	1.1	0.0	1.7	1.2	5.3	0.8	0.3	2.4
因 子	$x_{15}$	$x_{16}$	$x_{17}$	$x_{18}$	$x_{19}$	$x_{20}$	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{25}$	$x_{26}$	$x_{27}$	$x_{28}$
F	0.3	0.5	0.1	4.8	0.5	1.3	6.7	3.7	2.5	6.5	1.3	1.7	2.8	1.1
因 子	$x_{29}$	$x_{30}$	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	$x_{34}$	$x_{35}$	$x_{36}$	$x_{37}$	$x_{38}$	$x_{39}$	$x_{40}$	$x_{41}$	$x_{42}$
F	3.5	2.6	4.6	1.6	1.0	3.5	0.5	0.5	0.6	2.0	1.4	3.3	1.6	6.4

取信度 $\alpha = 15\%$ ，挑选如下15个因子作为逐步判别分析的候选因子，即

$$[x_{31}, x_3, x_{11}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{34}, x_{14}, x_{24}, x_{27}, x_{42}, x_{40}, x_{18}, x_{29}, x_{30}]$$

计算上述15个候选因子的总离差平方和矩阵  $T^{(0)}$  和组间离差平方和矩阵  $W^{(0)}$  (略)。

取信度  $\alpha = 10\%$  的候选因子按逐步判别分析进行筛选计算，整个过程由计算机完成，结果以下11个因子被选入判别函数，即

$$[x_{31}, x_3, x_{11}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{34}, x_{27}, x_{42}, x_{40}, x_{29}]$$

由  $W^{(0)}$  矩阵中的有关子矩阵，求出相应的判别系数和判别常数。见表5。

表 5 各组判别系数和常数

组 类	$d_{31}$	$d_3$	$d_{11}$	$d_{21}$	$d_{22}$	$d_{23}$
1	-2472.287	28.624	1237.793	2294.619	149.134	91.096
2	-2186.671	23.923	1086.324	2047.374	131.042	83.944
3	-2241.378	24.261	1106.612	2100.672	132.455	87.049
	$d_{34}$	$d_{27}$	$d_{42}$	$d_{40}$	$d_{29}$	$d_0$
1	23.824	- 0.465	- 25.493	29.593	- 702.269	-7055.7884
2	20.873	- 0.423	- 21.853	53.358	- 598.614	-5818.3185
3	21.151	- 0.435	- 21.826	65.190	- 587.477	-6236.5171

故所建立的判别函数为

$$Y_1 = -7055.7884 - 2472.287x_{31} + 28.624x_3 + 1237.793x_{11} + 2294.619x_{21} + 149.134x_{22} + 91.096x_{23} + 23.824x_{34} - 0.465x_{27} - 25.493x_{42} + 29.593x_{40} - 702.269x_{29} \quad (1)$$

$$Y_2 = -5818.3185 - 2186.671x_{31} + 23.923x_3 + 1086.324x_{11} + 2047.374x_{21} + 131.042x_{22} + 83.944x_{23} + 20.873x_{34} - 0.423x_{27} - 21.853x_{42} + 53.358x_{40} - 598.614x_{29} \quad (2)$$

$$Y_3 = -6236.5171 - 2241.378x_{31} + 24.261x_3 + 1106.612x_{11} + 2100.672x_{21} + 132.455x_{22} + 87.049x_{23} + 21.151x_{34} - 0.435x_{27} - 21.826x_{42} + 65.190x_{40} - 587.477x_{29} \quad (3)$$

### (3)回代检验及预报

将1964~80年的因子向量 $[x_{31}, x_3, x_{11}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{34}, x_{27}, x_{42}, x_{40}, x_{29}]$ 分别代入(1)、(2)、(3)式,计算各组的判别函数值,取 $y_1$ 、 $y_2$ 、 $y_3$ 三值中最大值对应的组类作为农业气象年景预报类别,结果与历年农业气象年景的客观分类完全一致,拟合率达100%。

以1981年作为预报年,计算各因子值如表6。将表中各因子值代入(1)、(2)、(3)式,求得三类判别函数值为

表 6 1981 年 各 因 子 数 值

因子	$x_{31}$	$x_3$	$x_{11}$	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{34}$	$x_{27}$	$x_{42}$	$x_{40}$	$x_{29}$
数值	5.17	10.73	4.33	9.63	51.03	32.03	236.86	15748.26	330.54	3.81	1.59

$$y_1 = 7363.92037; y_2 = 7257.40422; y_3 = 7288.23735$$

其中以 $y_1$ 为最大,故预报1981年的早稻农业气象年景为丰收,实况亦为丰收,预报正确。

采用逐步判别分析进行农业气象年景预报,关键是初始年景分类和因子选择一定要客观合理。同一组因子,如果初始分类不同,则用判别函数判别结果可能差异很大;而用判别函数判别结果好坏又是衡量初始分类是否客观合理的重要标尺。只有保证初始分类与用判别函数判别结果一致,才能保证分类的合理性和判别预报结果具有较高的准确率。

### 2. 农业气象年景的模糊识别预报方案

农业气象年景模糊识别预报的思路是:参照历史农业气象年景分类,通过对前期相关因子分析,建立前期相关因子对各类农业气象年景的从属函数,进行各历史年和预报年的从属度运算并求出其相应的从属度,转变这种模糊从属关系为二值逻辑关系,用二值逻辑关系进行模糊识别和预报<sup>[2]</sup>。

### (1) 历史农业气象年景初始分类和相关因子选取

以表 3 列出的 1964~80 年农业气象年景分类作为历史农业气象年景初始分类。遵从下列原则选取相关因子<sup>[3]</sup>：

- ① 单值性 尽可能做到所分的农业气象年景是所选取相关因子的单值函数。
- ② 集中性 同一类农业气象年景对应的相关因子要相对集中在一定的区域内。
- ③ 互补性 所选取的各个相关因子之间存在较强的补偿关系。

具体选取过程是：先点绘各候选因子与相应年份气象产量  $y_w$  的相关图，从图中选取满足上述三原则较好的作为相关因子。

### (2) 相关因子从属函数的建立

丰年的从属函数，根据相关因子选取原则和相关图分析，本例选取  $x_{23}$ 、 $x_{29}$  和  $x_{30}$  三个相关因子来识别丰年组，即

$$\tilde{A}_1 = \{3 \text{ 月份平均降水量具有丰年特征}\}$$

$$\tilde{A}_2 = \{3 \text{ 月份平均光水比具有丰年特征}\}$$

$$\tilde{A}_3 = \{3 \text{ 月份平均水温比具有丰年特征}\}$$

相关因子  $x_{23}$ 、 $x_{29}$ 、 $x_{30}$  分别是  $\tilde{A}_1$ 、 $\tilde{A}_2$ 、 $\tilde{A}_3$  的论域。只有同时满足  $x_{23}$  从属于  $\tilde{A}_1$ ， $x_{29}$  从属于  $\tilde{A}_2$ ， $x_{30}$  从属于  $\tilde{A}_3$  的年份，农业气象年景才从属于模糊事件  $\tilde{A} = \{\text{丰年}\}$ ，故有

$$\tilde{A} = \tilde{A}_1 \cap \tilde{A}_2 \cap \tilde{A}_3$$

$\tilde{A}_1$ 、 $\tilde{A}_2$ 、 $\tilde{A}_3$  的从属函数分别为

$$\mu_{\tilde{A}_1}(x_{23}) = \begin{cases} 0.3 & x_{23} < 18 \\ 0.5 + 0.1(x_{23} - 20) & 18 \leq x_{23} < 20 \\ -4 + 0.35x_{23} - 0.00625x_{23}^2 & 20 \leq x_{23} < 32 \\ 0.8 - 0.075(x_{23} - 32) & 32 \leq x_{23} < 38.5 \\ 0.3 & x_{23} \geq 38.5 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{\tilde{A}_2}(x_{29}) = \begin{cases} 0.2 & x_{29} < 105 \\ 0.8 + 0.03(x_{29} - 125) & 105 \leq x_{29} < 125 \\ -66.7 + 104x_{29} - 0.004x_{29}^2 & 125 \leq x_{29} < 135 \\ 0.8 - 0.03(x_{29} - 135) & 135 \leq x_{29} < 153 \\ 0.25 & 153 \leq x_{29} < 200 \\ 0.5 + 0.025(x_{29} - 20) & 200 \leq x_{29} < 226 \\ 0.9 & x_{29} \geq 226 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{\widetilde{A}_3}(x_{30}) = \begin{cases} 0.2 & x_{30} < 2.2 \\ 0.5 + 1.5(x_{30} - 2.4) & 2.2 \leq x_{30} < 2.4 \\ -6.9449 + 5.0612x_{30} - 0.816x_{30}^2 & 2.4 \leq x_{30} < 3.6 \\ 0.5 - (x_{30} - 3.8) & 3.6 \leq x_{30} < 4.0 \\ 0.2 & x_{30} \geq 4.0 \end{cases} \quad (6)$$

同理，平年  $\widetilde{B} = \widetilde{B}_1 \cap (\widetilde{B}_2 \cup \widetilde{B}_3)$  的从属函数为

$$\mu_{\widetilde{B}_1}(x_{22}) = \begin{cases} 1 & x_{22} < 42 \\ -0.125(x_{22} - 50) & 42 \leq x_{22} < 48 \\ 0.25 & 48 \leq x_{22} < 52 \\ 0.3 & 52 \leq x_{22} < 56 \\ -85.5 + 2.88x_{22} - 0.024x_{22}^2 & 56 \leq x_{22} < 62 \\ 0.8 - 0.075(x_{22} - 62) & 62 \leq x_{22} < 69 \\ 0.3 & x_{22} \geq 69 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{\widetilde{B}_2}(x_{27}) = \begin{cases} 0 & x_{27} < 2570 \\ 0.5 + 0.00035(x_{27} - 4000) & 2570 \leq x_{27} < 5000 \\ -4.4778 + 0.001596x_{27} - 0.000000177x_{27}^2 & 5000 \leq x_{27} < 7000 \\ 50.1 - 0.01324x_{27} + 0.00000088x_{27}^2 & 7000 \leq x_{27} < 8000 \\ -57.1 + 0.0136x_{27} - 0.0000008x_{27}^2 & 8000 \leq x_{27} < 9000 \\ 0.5 - 0.0003(x_{27} - 9000) & 9000 \leq x_{27} < 10000 \\ 0.2 & x_{27} \geq 10000 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{\widetilde{B}_3}(x_{34}) = \begin{cases} 1 & x_{34} < 170 \\ 1 - 0.02(x_{34} - 170) & 170 \leq x_{34} < 200 \\ 36.4 - 0.33x_{34} + 0.00075x_{34}^2 & 200 \leq x_{34} < 240 \\ -44.144 + 0.3392x_{34} - 0.00064x_{34}^2 & 240 \leq x_{34} < 280 \\ 0.4 - 0.025(x_{34} - 290) & 280 \leq x_{34} < 295 \\ 0.3 & x_{34} \geq 295 \end{cases} \quad (9)$$

欠年  $\widetilde{C} = (\widetilde{C}_1 \cup \widetilde{C}_2) \cup \widetilde{C}_3$  的从属函数为

$$\mu_{\widetilde{C}_1}(x_{18}) = \begin{cases} 0.93 & x_{18} < 0.045 \\ 5.2 - 140x_{18} + 1000x_{18}^2 & 0.045 \leq x_{18} < 0.08 \\ -15.244 + 337.778x_{18} - 1777.778x_{18}^2 & 0.08 \leq x_{18} < 0.1 \\ 0.4 - 36(x_{18} - 0.11) & 0.1 \leq x_{18} < 0.115 \\ 0.2 & x_{18} \geq 0.115 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{\tilde{C}_2}(x_{29}) = \begin{cases} 0.8 & x_{29} < 77 \\ 58.1 - 1.36x_{29} + 0.008x_{29}^2 & 77 \leq x_{29} < 80 \\ -11.2 + 0.22x_{29} - 0.001x_{29}^2 & 80 \leq x_{29} < 135 \\ 0.3 & 135 \leq x_{29} < 160 \\ -53.7444 + 0.6222x_{29} - 0.00177x_{29}^2 & 160 \leq x_{29} < 180 \\ 0.3 - 0.035(x_{29} - 190) & 180 \leq x_{29} < 193 \\ 0.2 & x_{29} \geq 193 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{\tilde{C}_2}(x_{30}) = \begin{cases} 0.8 & x_{30} < 1.9 \\ 0.5 - 0.5(x_{30} - 2.5) & 1.9 \leq x_{30} < 3.1 \\ -18.3139 + 10.2777x_{30} - 1.3888x_{30}^2 & 3.1 \leq x_{30} < 4.3 \\ 0.2 & x_{30} \geq 4.3 \end{cases} \quad (12)$$

### (3) 从属度的计算

相关因子  $x_{18}$ 、 $x_{22}$ 、 $x_{23}$ 、 $x_{27}$ 、 $x_{29}$ 、 $x_{30}$ 、 $x_{34}$  等 1964~80 年的样本值见表 7。将表中各相关因子数据分别代入 (4)~(12) 式，求得 1964~80 年各相关因子的从属函数值，见表 8。

农业气象年景对  $\tilde{A} = \{\text{丰年}\}$  的从属度为

$$\mu_{\tilde{A}} = \mu_{\tilde{A}_1} \cap \mu_{\tilde{A}_2} \cap \mu_{\tilde{A}_3}$$

对  $\tilde{B} = \{\text{平年}\}$  的从属度为

$$\mu_{\tilde{B}} = \mu_{\tilde{B}_1} \cap (\mu_{\tilde{B}_2} \cup \mu_{\tilde{B}_3})$$

对  $\tilde{C} = \{\text{欠年}\}$  的从属度为

$$\mu_{\tilde{C}} = (\mu_{\tilde{C}_1} \cup \mu_{\tilde{C}_2}) \cap \mu_{\tilde{C}_3}$$

1964~80 年的  $\mu_{\tilde{A}}$ 、 $\mu_{\tilde{B}}$ 、 $\mu_{\tilde{C}}$  计算值列于表 9。

表中各年的  $\mu_{\tilde{A}}$ 、 $\mu_{\tilde{B}}$ 、 $\mu_{\tilde{C}}$  代数和均  $> 1$ ，这是由于  $\tilde{A}$ 、 $\tilde{B}$ 、 $\tilde{C}$  各自的相关因子论域不同<sup>[4]</sup>，同时从单个农业气象年景识别角度出发，我们总希望其模糊性能够得到较好的清晰化，故在建立从属函数时作了适当放大的缘故。

### (4) 农业气象年景识别预报的两种方法

①  $\lambda$  截集法 取临界值  $\lambda_1 = 0.55$ ，建立  $\tilde{A}$  的  $\lambda_1$  截集二值逻辑关系，即

$$\mu_{\tilde{A}0.55} = \begin{cases} 1 & \mu_{\tilde{A}} \geq 0.55 \\ 0 & \mu_{\tilde{A}} < 0.55 \end{cases} \quad (13)$$

$\mu_{A0.55}=1$ 的年份为丰年,  $\mu_{A0.55}=0$ 的年份为非丰年。

取 $\lambda_2=0.70$ , 建立 $\tilde{B}$ 的 $\lambda_2$ 截集二值逻辑关系, 即

$$\mu_{\tilde{B}0.70} = \begin{cases} 1 & \mu_{\tilde{B}} \geq 0.70 \\ 0 & \mu_{\tilde{B}} < 0.70 \end{cases} \quad (14)$$

$\mu_{B0.70}=1$ 的年份为平年,  $\mu_{B0.70}=0$ 的年份为非平年。

取 $\lambda_3=0.55$ , 建立 $\tilde{C}$ 的 $\lambda_3$ 截集二值逻辑关系, 即

$$\mu_{\tilde{C}0.55} = \begin{cases} 1 & \mu_{\tilde{C}} \geq 0.55 \\ 0 & \mu_{\tilde{C}} < 0.55 \end{cases} \quad (15)$$

$\mu_{C0.55}=1$ 的年份为欠年,  $\mu_{C0.55}=0$ 的年份为非欠年。

将表9中的 $\mu_{\tilde{A}}$ ,  $\mu_{\tilde{B}}$ ,  $\mu_{\tilde{C}}$ 值分别代入(13)~(15)式, 转变模糊从属关系为二值逻辑关系(见表10)。

表 10 1964~80年的模糊二值逻辑关系

年 份	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
$\mu_{\tilde{A}0.55}$	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
$\mu_{\tilde{B}0.70}$	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
$\mu_{\tilde{C}0.55}$	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0

根据表10中的0, 1值对历史农业气象年景进行模糊识别, 结果与历史农业气象年景初始分类完全一致, 拟合率达100%。

1981年的相关因子数值见表11, 将表中相关因子数值分别代入(4)~(12)式, 求得各相关因子的从属函数值和农业气象年景从属度(见表12)。

表 11 1981年的相关因子数值

相关因子	$x_{18}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{27}$	$x_{29}$	$x_{30}$	$x_{34}$
数 值	0.10	51.03	32.03	15748.26	1.59	3.33	236.86

表 12 1981年各相关因子的从属函数值和农业气象年景从属度

$\mu_{A1}$	$\mu_{A2}$	$\mu_{A3}$	$\mu_{B1}$	$\mu_{B2}$	$\mu_{B3}$	$\mu_{C1}$	$\mu_{C2}$	$\mu_{C3}$	$\mu_A$	$\mu_B$	$\mu_C$
0.798	0.861	0.860	0.250	0.200	0.313	0.200	0.615	0.510	0.798	0.250	0.510

将1981年的 $\mu_A$ 、 $\mu_B$ 、 $\mu_C$ 值代入(13)~(15)式,求得

$$\mu_{A0.55} = 1; \quad \mu_{B0.70} = 0; \quad \mu_{C0.55} = 0$$

故预报1981年的早稻农业气象年景为丰收,实况为丰收,预报正确。

②最大值识别法 当求出各历史年和预报年的 $\mu_A, \mu_B, \mu_C$ 值后,分别比较各年的 $\mu_A, \mu_B, \mu_C$ 值,取最大值所属类别为预报类别<sup>[5]</sup>。1964~80年农业气象年景识别结果如表13所示。

表 13 1964~80年农业气象年景识别结果

年 份	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
农业气象年景	欠	平	丰	丰	欠	平	平	欠	平	丰	欠	欠	丰	欠	平	丰	平

1981年的 $\mu_A, \mu_B, \mu_C$ 值(表12),比较结果以 $\mu_A$ 最大,故预报1981年的早稻农业气象年景为丰收,结果与 $\lambda$ 截集法一致,预报正确。

采用模糊识别方法进行农业气象年景预报的关键是从属函数的建立,而建立从属函数往往是困难的,它在很大程度上依赖于人们的实践经验。把人们的主观模糊概念与数学的客观逻辑相结合,这就是模糊识别方法的成功之处。

### 三、结 束 语

以上我们分别介绍的两种预报方案都是考虑前期气象因子与农作物生长发育和产量形成期间的农业气象条件组合特征相关关系来进行分析预报的。这两种预报方案虽然总的都能反映农业气象年景的客观分类,並具有一定的生物学意义,但生产上则要求尽可能细致地预测出农作物生长发育和产量形成期间的各种农业气象条件具体组合方式,以便更加客观,科学地指导农业生产实践,使在给定的农业气象条件组合情况下,确定最佳种植方案夺取最高产量。因此,农业气象年景预报尚需进一步做得更加具体确切。从理论上讲,最好能预报出整个生长季节各气象因子的组合形式以及农作物关键生育期天气气候的适宜程度。这些将有待今后进一步探讨。

编制农业气象年景预报，除上述两种方案外，还可以从农作物产量方面去考虑，采用气象产量与气象因子的回归预报方案，通过预测农作物产量来预测农业气象年景；从气象因子的模糊组合方面去考虑，采用模糊组合评判的预报方案。究竟采用哪种预报方案比较合适？应根据气象因子的具体组合状况来抉择。

### 参 考 文 献

- [1] 朱伯承，统计天气预报，上海科技出版社，1981。
- [2] 曹立明，Fuzzy集及其运算，模糊数学，1981年第1期。
- [3] 楼世博、陈化成，Fuzzy聚类与天气预报，模糊数学，1981年第1期。
- [4] 曹鸿兴、林国范，天气过程的Fuzzy划分，科学通报，1980第10期。
- [5] L. A. Zadeh, Fuzzy sets, information and control, 8, 3, 1965.

## A PRELIMINARY SURVEY OF AGROMETEOROLOGICAL YEAR HARVEST

Feng Dingyuan, Guo Ya

### ABSTRACT

Discussions are made of the concept of agrometeorological year harvest and the significance of its prediction. The agrometeorological year harvest of early rice in Kunshan County, Jiangsu Province in 1981 is taken as an example in making an agrometeorological year harvest prediction, for which two practicable schemes, stepwise discrimination and fuzzy identification, are presented.

表 7 相关因子的历史挂本值

年 因子值	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
X <sub>18</sub>	0.05	0.14	0.14	0.08	0.02	0.06	0.12	0.09	0.08	0.25	0.07	0.10	0.13	0.05	0.08	0.11	0.07
X <sub>22</sub>	69.63	60.53	48.83	47.37	55.07	34.23	42.40	48.57	57.40	47.90	58.87	58.80	55.07	55.27	39.83	51.57	27.37
X <sub>23</sub>	12.70	15.80	34.93	28.47	20.43	25.83	36.77	10.63	18.43	26.67	16.90	18.60	23.93	34.63	17.77	22.00	41.00
X <sub>27</sub>	7693.79	6981.91	10831.66	11640.94	9039.23	5777.83	8573.99	3666.62	8394.05	12006.93	7560.83	9223.37	9840.54	17992.25	5142.66	9340.44	7891.63
X <sub>29</sub>	5.48	3.83	1.40	1.66	2.69	1.33	1.15	4.57	3.11	1.80	3.48	3.16	2.30	1.60	2.24	2.34	0.67
X <sub>30</sub>	1.46	2.16	3.54	3.30	2.31	3.95	6.68	1.50	2.32	2.84	2.22	2.21	3.21	3.68	2.44	2.67	5.83
X <sub>34</sub>	209.50	262.24	298.34	228.70	223.94	132.06	184.11	240.21	179.37	218.16	213.39	308.20	291.07	193.93	244.88	291.34	174.65

表 8 1964~80年各相关因子的从属函数值

年 份	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
μ <sub>A1</sub>	0.3	0.3	0.58	0.899	0.542	0.871	0.442	0.3	0.343	0.889	0.3	0.36	0.496	0.603	0.3	0.675	0.3
μ <sub>A2</sub>	0.2	0.25	0.596	0.88	0.2	0.2	0.25	0.25	0.2	0.856	0.788	0.9	0.9	0.2	0.358	0.861	0.53
μ <sub>A3</sub>	0.2	0.2	0.746	0.871	0.365	0.35	0.2	0.2	0.38	0.897	0.23	0.215	0.893	0.62	0.546	0.751	0.2
μ <sub>A4</sub>	0.3	0.893	0.25	0.329	0.317	1.0	0.95	0.25	0.738	0.263	0.869	0.865	0.317	0.363	1.0	0.25	1.0
μ <sub>A5</sub>	0.325	0.551	0.2	0.2	0.218	0.915	0.696	0.383	0.691	0.2	0.301	0.433	0.248	0.2	0.9	0.398	0.419
μ <sub>B3</sub>	0.183	0.795	0.3	0.157	0.112	1.0	0.712	0.407	0.813	0.103	0.133	0.3	0.473	0.521	0.541	0.367	0.907
μ <sub>C1</sub>	0.7	0.2	0.2	0.4	0.98	0.4	0.2	0.755	0.4	0.2	0.3	0.76	0.2	0.7	0.4	0.4	0.3
μ <sub>C2</sub>	0.376	0.313	0.2	0.406	0.739	0.315	0.3	0.929	0.387	0.357	0.687	0.2	0.2	0.8	0.2	0.2	0.3
μ <sub>C3</sub>	0.8	0.67	0.665	0.478	0.595	0.614	0.2	0.8	0.59	0.33	0.64	0.645	0.367	0.7	0.53	0.415	0.2

表 9 1964~80年的 μ<sub>A1</sub>, μ<sub>A2</sub>, μ<sub>C</sub> 计算值

年 份	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
μ <sub>A1</sub>	0.2	0.2	0.58	0.871	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.856	0.23	0.215	0.796	0.2	0.3	0.675	0.2
μ <sub>A2</sub>	0.3	0.795	0.25	0.2	0.218	1.0	0.712	0.25	0.738	0.2	0.301	0.433	0.317	0.363	0.9	0.25	0.907
μ <sub>C</sub>	0.7	0.313	0.2	0.406	0.595	0.4	0.2	0.8	0.4	0.33	0.64	0.645	0.2	0.7	0.4	0.4	0.2