模糊聚类分析在蒙古低涡降雹预报中的应用

宋 景 德

（山东省德州地区气象局）

提　　要

本文应用模糊（Fuzzy）聚类分析方法对德州地区“干夏”*（5月10日至7月20日）63个蒙古低涡型个例进行分类，获得了短期（24—48小时）和短时（12小时）有无降雹及短时降雹强度的客观依据。经历史资料验证及近两年实际应用，效果令人满意。

一、引言

气象业务工作实践表明，由历史个例相似推断某一天气现象发生的可能，是有效的。但是，相似天气形势在某一地区又不总会发生同类天气。所以主观判断两个或多个天气过程是否相似从而做出天气预报决策，就很难做到准确。

本文试用模糊集理论的数学模型进行识别、判定降雹（或非降雹）蒙古低涡的决策，使之客观化、定量化。

二、用模糊聚类分析作蒙古低涡型冰雹天气预报

1．资料及处理

取1969—1984年每年5—7月的资料，得“干夏”蒙古低涡型个例共63个，其中雹日10个（本地区13个县市，同一日有1个以上站有降雹），蒙古低涡型“干夏”降雹的气候概率为15.9%（10/63）。

（1）定型标准

起报日08时500hPa图上40—55°N、95—120°E范围内有低涡（有一根以上的闭合等高线和等温线），且54401站500hPa高度不高于5760gpm。

（2）因子选定

采用人工挑选和微机筛选相结合的方法，从大量因子中精选15个因子。筛选因子的出发点是，使所选因子能够全面反映降雹天气前期大气物理量场的三维空间结构状态及其发展演变趋势，这些因子是：

X_1：52889和54401站500hPa的高度差；

X_2：54857和54511站700hPa的高度差；

X_3：54823站850hPa和53463站500hPa的温度差与58027站850hPa和54511站500hPa的温度差之和；

X_4：52889和53463站700hPa的高度差；

X_5：54823站的K指数；

X_6：53772站的K指数；

X_7：54823和53772站700hPa温度露点差的最小值；

X_8：54823站850hPa与500hPa θse 之

* 本文将雨季之前称为干夏，下同。

差减沙氏指数；

X_9：53772站850hPa与500hPa θse之差减沙氏指数；

X_{10}：53463和54511站500hPa温度和的绝对值；

X_{11}：57083站850hPa的温度值；

X_{12}：57083站850hPa的24小时变温；

X_{13}：54857和54511站850hPa的高度差；

X_{14}：54832站850hPa温度与53772站700hPa温度之差；

X_{15}：58150和54714站的08时地面气压差。

（3）隶属函数的确定

就集合∪而言（蒙古低涡的总体），因子X_i的隶属函数$\mu Y(X_i)$确定了∪上任一因子对模糊子集Y（降雹蒙古低涡）的隶属程度。

由X_1，X_{14}；X_2，X_4；X_{13}，X_{15}；X_5，X_6；X_8，X_9；X_{11}，X_{12}；X_3，X_{10}组成散布图，X_7则以单因子确定隶属度。依次得到8个新的组合因子，用X_i（$i=1,2\cdots 8$）表示；用Y表示预报对象；$\mu Y(X_i)$表示隶属函数。图1给出X_5隶属度的确定。

2．模糊聚类

因受PC-1500微机性能的限制，样本容量不能超过21个，故首先将63个样本分成三

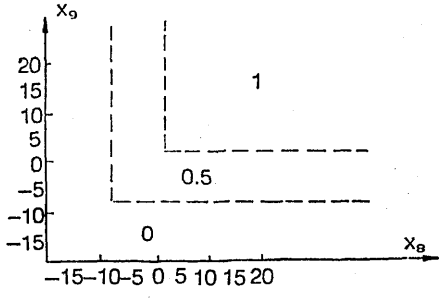


图1　X_5隶属度散布图

组进行聚类，然后再从这三组中各抽出7个代表个例组成第4组进行聚类，最后把63个样本进行归并分类。

现以第1组的主要聚类过程为例，说明如下：

模糊聚类计算操作步骤见模糊数学应用文集**

当计算到$R^{32}=R^{16}$时，满足了传递性，构成一个模糊等价关系矩阵（略）。

然后选取λ水平截集，依照λ值由大到小的顺序，逐次截取归类。如当$\lambda\geqslant 1$时得：

$$R_1=\begin{pmatrix}
1000000000000000000\\
1000000000000000000\\
1000000010000000000\\
1000000000000000000\\
100000000000000000\\
10000000000000000\\
1000000000000000\\
100000000000000\\
10000000000000\\
1000000000000\\
100000000000\\
10000000000\\
1000000000\\
100000000\\
10000000\\
1000000\\
100000\\
10000\\
1000\\
100\\
10\\
1
\end{pmatrix}$$

显然，这时可以把个例3和个例11归为一类，个例3为1969年7月16日，个例11为1973年6月9日，都在预报的12小时内降了成灾冰雹。

聚类结果见图2。

将分类结果和天气实况对照得到，取$\lambda=0.86$为宜，这样该组蒙古低涡型天气可

**宁夏气象局，模糊数学应用文集，1982年。

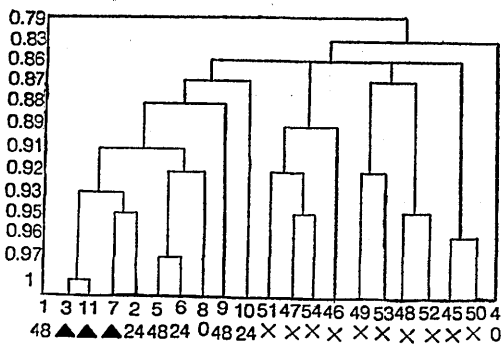


图2　蒙古低涡降雹天气（第1组）聚类树形图

▲：12小时内有成灾雹；△：12小时内非成灾雹；0：12小时前有雹；24：24小时内有雹；48：48小时内有雹；×：48小时内无雹

以分为两大类，其中第1类又可以分为两个亚类。依据上述方法，用模糊聚类分析方法把德州地区“干夏”蒙古低涡型天气分为三个主类，四个亚类（见表1）。

表1　德州地区蒙古低涡型降雹天气分类

主类	亚类	天气特征	个　　例*
I	A	12小时内成灾	3　11　33　28　43
	B	12小时内非灾	2　7　22　15　19　26
II	C	24—48小时内有雹	5　6　8　9　10　1　13　14　17 20　21　18　24　25　32　31　42
III	D	48小时内无雹	51　47　54　46　49　53　48　52　45 50　4　55　57　58　12　62　59　63 56　61　27　44　40　37　29　39　30 36　38　34　35　41　16　60　23

*个例栏为*个例序号。

3．预报

（1）分别求出各类个例的各因子的隶属度的平均值（见表2）。

（2）使用下列计算公式，求预报个例

表2　　各类因子隶属度均值

主类	亚类	$\mu(X_1)$	$\mu(X_2)$	$\mu(X_3)$	$\mu(X_4)$	$\mu(X_5)$	$\mu(X_6)$	$\mu(X_7)$	$\mu(X_8)$
I	A	1	1	0.9	1	0.8	0.8	1	1
	B	0.4	0.8	0.6	0.9	0.9	0.8	0.5	0.9
II	C	0.3	0.3	0.4	0.8	0.5	0.6	0.5	0.7
III	D	0.3	0.6	0.4	0.4	0.2	0.5	0.5	0.6

各类（A、B、C、D）的距离系数

$$r_{ji}=\sqrt{\frac{1}{m}\sum_{k=1}^{m}(X_{jk}-\overline{X}_{ik})^2}\qquad(1)$$

式中r_{ji}为第j个例（预报日）第i类之间的距离系数，X_{jk}为i类第k个因子的隶属度的均值，X_{jk}为第j个例（预报日）第k个因子的隶属度，m为因子个数。

（3）比较计算出的距离系数，以最小值的一类作为预报。

（4）预报举例

1966年6月6日在指定的范围内有低涡，且54401站500hPa高度不大于5760gpm，入型。

求得该日8个因子隶属函数$\mu(X_1)$—$\mu(X_8)$的值，依次为1，0,1,0.5,1,1,1,0。

代入（1）式得

$r_{jA}=0.54$；$r_{jB}=0.55$；$r_{jC}=0.52$；$r_{jD}=0.58$

因r_{jC}最小，即预报日与C类的距离系数最小，故预报24—48小时内将有降雹。

三、检验和使用效果

1．试报结果

用1965—1968年5—7月（取有雹月）

资料试报，入型45次，降雹8次，局部成灾4次，非成灾降雹4次，雹日占入型日的17.8%。

试报结果见表3。

表3　蒙古低涡型降雹试报效果

预报＼实况	12小时有雹		24小时有雹	48小时有雹	72小时有雹	96小时有雹	48小时内无雹	12小时降雹概括率	24小时降雹概括率
	成灾	非灾							
12小时成灾雹(A)	2/6	1/6	1/6				2/6	7/8	11/15
12小时非灾雹(B)	2/6	2/6	1/6	1/6					
24—48小时有雹(C)			2/10		2/10	2/10	4/10		
48小时内无雹(D)		1/23	3/23	1/23	1/23		18/23		

2．应用效果

本方法1986—1987年5—7月投入业务使用（1988年由专家系统取代），共入型42次（日），降雹11次，局部成灾11次，雹日占入型日的26.2%。

应用效果见表4

两年中，用此方法多次成功地预报了有

表4　1986—1987年蒙古低涡型降雹应用效果

预报＼实况	12小时有雹		24小时有雹	48小时有雹	72小时有雹	96小时有雹	48小时内无雹	12小时降雹概括率	24小时降雹概括率
	成灾	非灾							
12小时成灾雹(A)	3/4		1/4					8/11	17/18
12小时非灾雹(B)	5/12		4/12				3/12		
24—48小时有雹(C)	3/13		1/13	5/13	2/13	1/13	1/13		
48小时内无雹(D)			1/13				12/13		

雹和无雹天气，为用户和人工防雹提供了较准确的信息。如1986年6月21日、1986年7月16日、1987年7月21日等几次严重雹灾，都提前24小时或12小时做出了冰雹预报。