

# 大雨預報的判別方程

吳 明 進

熊 台 玉

台灣大學大氣科學系教授

台灣大學大氣科學系研究生

( 收稿日期：77. 10. 20. ; 定稿日期：78. 11. 26 )

## 摘 要

用精簡過的 1987 年 TAMEX 期間 CWB ( Central Weather Bureau )，SPG ( Scientific Planning Group )，EFG ( Experimental Forecasting Group ) 三小組做大雨預報所使用的參數資料來做判別分析。若以 5 月 1 日至 5 月 20 日資料來建立一判別方程，則大雨預報之判中率為 85 %，將此方程應用到 5 月 21 日至 6 月 30 日則判中率為 66 %，這結果顯示僅使用綜觀分析所做的大雨預報，只達邊際準確率。

關鍵詞：判別分析，大雨預報。

## 一、簡 介

判別分析 ( Discriminatory analysis ) 一般應用在自然科學或社會科學上，作樣本歸屬判別。例如在做市場調查時對某種產品 A 而言，可將消費群劃分為購買群與非購買群兩個群體，如果要預測某消費者究竟屬那個群體，即可應用判別分析。同樣在氣象上我們亦可應用這種方法，去預測某種天氣現象是否發生。本文即是採取判別方法來探討 1987 年 TAMEX ( Taiwan Area Mesoscale Experiment ) 期間之大雨預報作業。這裡所謂的大雨定義為，每小時雨量超過 15 公厘之連續性大雨，日雨量超過 50 公厘，可能導致災受害者。平時大雨預報作業有 CWB ( Central Weather Bureau ) 一組大雨預報參數作為大雨預報指引，而 TAMEX 期間，有 SPG ( Scientific Planning Group ) 和 EFG ( Experimental Forecasting Group ) 兩個小組各自設計一組大雨預報參數，來進行平行的預報作業。預報結果的校驗，曾在盛 ( 1988 ) 文中詳細討論。一般在預報作業時，在一組預報因子中，有超過一半發生時，即預報將發生大雨。例如

，盛 ( 1988 ) 將上述三組預報因子、分析濃縮綜合而得和發生大雨相關性大的預報因子。當觀測到其中有 4 個以上因子滿足所設條件時即預報有大雨發生。如此預報的可信度，並無法加以數量化。但如果我們以判別分析方法，建立預報方程式，則可以解決這個問題。本文即是利用氣象所提供之 TAMEX 期間預報作業記錄與參考盛 ( 1988 ) 文中所提供的 TAMEX 大雨預報校驗結果，作進一步的判別分析、建立簡單的預報方程，作大雨的客觀預報，並對其結果加以分析討論。

## 二、方 法

判別分析是用量化的數個判定要因作判定基準，建立一個綜合的判定指標 ( 即判別函數 ) 用以判定歸屬的情形。如以是 / 否的等尺度回答時，仍可作同樣的考慮。判別分析的計算步驟為

(1) 設定判別函數  $Z = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p$ ，其中  $\beta_i$  為各指標  $X_i$  之權數。求在各群體間  $Z$  值最容易分離時即  $Z$  軸之群間變動與群內變動之比值為最大時之  $\beta$  值及判別函數值。其計算步驟為

(a) 求取資料之變異互變異矩陣  $V$  及其逆矩陣  $V^{-1}$ 。

- (b) 求取資料群之平均值差向量  $d$ 。  
 (c)  $\beta = V^{-1} d$ 。  
 (d)  $\bar{Z} = (1/2) (Z_1 + Z_2)$ ， $Z_1, Z_2$  為兩群體平均各別之  $Z$  值。

- (2) 將新樣本之  $X_i$  值代入，求得各樣本之判定值  $Z$ ，判定新樣本歸屬。判定基準為  
 (a)  $\bar{Z}_1 > \bar{Z}_2$  時，若  $Z_i > \bar{Z}$  則  $Z_i \in Z_1$  否則  $Z_i \in Z_2$ 。  
 (b)  $\bar{Z}_1 < \bar{Z}_2$  時，若  $Z_i > \bar{Z}$  則  $Z_i \in Z_2$  否則  $Z_i \in Z_1$ 。  
 (3) 計算判中率及誤判率。判中率 = 判中樣本數 / 全部樣本數，誤判率即 (1 - 判中率)。

關於判別分析的理論基礎和計算實例可以參考曾與鄧 (1986, 第七章)。

### 三、資料

在 TAMEX 大雨預報實驗中，CWB 有 15 個預報因子，SPG 有 10 個預報因子，EFG 有 25 個預報因子。從此重新整理報因子剔除一些重複使用者。這包括 CWB 中的(4)、(6)、(10)及(15)項 (盛, 1988 之表一)、EFG 中的(1)、(8)、(13)項 (盛, 1988 之表三)。此外，資料缺失者如 CWB 中的(14)項，SPG 中的(5)項 (盛, 1988 之表二) 及 EFG 的(24)、(25)項

，亦予以扣除。最後考慮到無判別性的因子，即此條件在五、六月皆滿足，和是否下大雨無關，也予以扣除，這包括 CWB 中的(1)項、及 EFG 的(21)、(22)項。這樣我們可以得到表一。其中 CWB 有 9 個預報因子，SPG 9 個，EFG 則有 17 項。CWB 是為判斷雷雨是否發生的檢查參數，以綜觀環流為主要對象，以動力條件為主，並加入低、高層暖、冷平流之不同以造成對流不穩定存在。SPG 以中尺度對流系統 (MCS) 為主要對象，利用地面及高空天氣圖、衛星雲圖、探空資料及雷達資料作預報；並考慮低層噴流 (LLJ) 及熱力上暖、濕不同氣團造成潛在不穩定而引發豪雨。EFG 以中尺度低壓 (meso low) 為主要對象，兼具動力及熱力條件，並考慮高層分流來維持 MCS 的強迫機制。

於 TAMEX 期間 5 月 1 日至 20 日共 20 天中有 6 個大雨日，及 14 個非大雨日。將 CWB、SPG、EFG 設為三種各別的判定要因。其中任一預報因子發生則設定其值為 1，否則為 0，如此可以計算每次預報之得預報因子之個別累積得點，如表二中  $X_i$  所示。此即為大雨預報判別分析之基本資料。

表一 修正過的 TAMEX 期間，CWB (Central Weather Bureau)，SPG (Scientific Planning Group)，EFG (Experimental Forecasting Group)，三小組做大雨預報所使用的參數。

Fig.1. Modified heavy rainfall prediction parameters used by the three forecasting groups, CWB (Central Weather Bureau), SPG (Scientific Planning Group), and EFG (Experimental Forecasting Group)。

CWB

1	SFC 有異常變壓
2	850 mb 24 小時之 $\Delta H < -10$ GPM
3	850 mb 鋒面後有強勁北風垂直於鋒面
4	700 mb 風速 $> 30$ kt, 40 kt, 50 kt 或以上
5	850 mb 至 500 mb 有暖平流
6	850 mb 與 / 或 700 mb 有水平輻合向東位移
7	700 mb 有乾冷空氣入侵
8	300 mb 有顯著降溫現象
9	位於 200 mb Jet Streak 入區右側

## SPG

1	地面鋒面在 28° N 以南，115° E 以東的台灣地區附近或在此範圍內伴隨南海之 T.D.
2	850 mb 槽線或切變線
3	低層噴流
4	850 mb 暖舌
5	850 mb $T - T_d < 3^\circ$
6	大陸華南沿海附近 $M < S$
7	中對流層短波槽
8	$TTI \geq 40$
9	高層強輻散

## EFG

1	彭佳嶼風速 $\geq 20$ kts，蘭嶼風速 $\geq 25$ kts
2	預測台北 SFC P：5 月 $\leq 1008.8$ mb 6 月 $\leq 1008.9$ mb
3	有雷雨發生
4	$T_d \geq 22^\circ C$
5	東西向槽線：27° N 以南 ( 850 mb ) 南北向槽線：115° E 以東 ( 850 mb )
6	實驗範圍內高度值：5 月 $\leq 1495.3$ gpm ( 850 mb ) 6 月 $\leq 1477.1$ gpm ( 850 mb )
7	$T_d \geq 14^\circ C$ ( 850 mb )
8	暖平流 $\geq 2^\circ C / day$ ( 850 mb )
9	東西向槽線：30° N 以南 ( 700 mb ) 南北向槽線：115° E 以東 ( 700 mb )
10	高度值 $\leq 3120$ gpm ( 700 mb )
11	$T_d \geq 6^\circ C$ ( 700 mb )
12	暖平流 $\geq 2^\circ C / day$ ( 700 mb )
13	深槽：115° E 以東 ( 500 mb )
14	台北高度值：5 月 $\leq 5859$ gpm ( 500 mb ) 6 月 $\leq 5849$ gpm ( 500 mb )
15	冷舌存在 ( 500 mb )
16	附近有分流 ( 200、300 mb )
17	MCS 在 117° E 以東

表二 大雨預報因子之個別累積得點統計。X1表CWB，X2表SPG，X3表EFG  
 Fig.2. Accumulated score statistics of heavy rainfall prediction parameters  
 X1 denotes CWB ; X2 , SPG ; X3 , EFG 。

日期	大雨日			日期	非大雨日		
	X1	X2	X3		X1	X2	X3
5/2	6	9	13	5/1	4	6	9
5/3	5	6	9	5/4	5	7	8
5/16	4	9	10	5/5	3	7	8
5/17	6	8	9	5/6	3	5	4
5/18	4	7	4	5/7	5	5	3
5/20	5	8	13	5/8	3	8	6
				5/9	3	4	3
				5/10	2	6	5
				5/11	2	3	4
				5/12	3	7	9
				5/13	6	9	11
				5/14	4	3	5
				5/15	4	7	8
				5/19	3	7	7
平均	5	7.83	9.67	平均	3.57	6	6.43

#### 四、結果

由表二、可以求出五月一日至五月廿日樣本群體之變異互變異矩陣，V 及其逆陣 V<sup>-1</sup>，及大雨日及非大雨日之平均值差 d 由

$$\beta = V^{-1}d = (0.82, 0.26, 0.16),$$

而求得判別方程

$$Z = \beta X = 0.82 \times X_1 + 0.26 \times X_2 + 0.16 \times X_3 - 6.16$$

將表二之值代入，求取判別函數值，並判定其群體歸屬，結果如表三。判定點為  $\bar{Z} = 1/2 (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2) = 0.43$ ， $\bar{Z}_1$  為大雨日之判別值， $\bar{Z}_2$  為非大雨日之判別值。即  $Z_i > 0.43$  為大雨日， $Z_i \leq 0.43$  則為非大雨日，由表三，可知其判中機率為 (5 + 12

) / (6 + 14) = 0.85。將5月21日至6月30日資料代入由以5月1日至20日資料建立的判別方程，進行判定新樣本歸屬，所得結果如表四所示，判中機率為 (6 + 21) / (16 + 25) = 0.658。

#### 五、討論

(1)以5月1日至20日資料所建立的判別方程，作判別顯著檢定得F值2.69，並未達95%之顯著性，即表示以此資料所建立的判別方程，大雨日與非大雨日並沒有顯著的差異，以此判定方程應用到5月21日至6月30日資料，誤判率高是可以預期的。

(2)CWB、SPG、EFG之比較：

以表二之值X1，X2，X3，僅考慮單種變數，

表三 五月一日至五月廿日，樣本判別得點及群體歸屬。群體歸屬 1 表示大雨日，2 表示非大雨日。

Fig.3. Discriminant scores and discriminated groups of the samples of May 1-May 20. Group 1 denotes heavy rainfall day, Group 2 non-heavy rainfall day.

大 雨 日			非 大 雨 日		
case	Zv	群 體 歸 屬	case	Zv	群 體 歸 屬
2	3.1709	1	1	0.1124	2
3	0.9313	1	4	1.0320	1 (誤)
16	1.0537	1	5	-0.6058	2
17	2.2712	1	6	-1.7660	2
18	-0.4261	2 (誤)	7	-0.2880	2
20	2.0915	1	8	-0.6649	2
			9	-2.1863	2
			10	-2.1646	2
			11	-3.1059	2
			12	-0.4460	2
			13	2.8513	1 (誤)
			14	-1.3083	2
			15	0.2131	2
			19	-0.7656	2
平 均	1.5154		平 均	-0.6495	

作判別方程，可得計算預報機率，如下：

CWB： $Z = 0.91652 \times 1 - 3.66606$ ，  
有 75 % 的預報機率

SPG： $Z = 0.60712 \times 2 - 3.97667$ ，  
有 60 % 的預報機率

EFG： $Z = 0.39583 \times 3 - 2.68464$ ，  
有 80 % 的預報機率

即表示，CWB 及 EFG 比 SPG 對於大雨資料預報結果的影響要大，有較好的相關性。而個別求 F 值，依序為 7.2，5.2，5.8，可看出 SPG 本身資料在兩群中重複性較高，是較差的預報因子。

(3) 與盛 (1988) 文中的結果作比較：

以簡化的 8 個預報因子，可由其結果對於 5 月 1 日至 6 月 30 日共 61 日，其預報機率為  $(13+32) / (22+39) = 0.75$ ，盛 (1988，表 16) 而應用判別分析作 5 月 1 日至 6 月 30 日之預報機率為  $(11+33) / (22+39) = 0.72$ ，(見表三、四)，二者的結果是十分相近的。

(4) 首先以 5 月 1 日至 20 日，建立之判別方程，判中率為 85 %，而以此方程，判別 5 月 21 日至 6 月 30 日，則判中率只有 65.8 %，有明顯的降低，尤其在大雨日群中，誤判率偏高。而在盛 (1988) 的判中率來看，亦有十分相似的情形。這樣的

表四 五月廿一日至六月三十日經判別分析判定之群體歸屬。

Fig.4. Discriminated groups of the samples of May 21-June 30.

實 際 大 雨 群	群 體 歸 屬	非 大 雨 日	群 體 歸 屬
5/24	2	5/21	1
6/1	1	5/22	1
6/3	2	5/23	2
6/6	1	5/25	2
6/7	1	5/26	2
6/11	2	5/27	1
6/15	2	5/28	2
6/16	2	5/29	2
6/19	2	5/30	2
6/22	1	6/2	2
6/24	1	6/4	2
6/25	2	6/5	2
6/27	2	6/8	1
6/28	2	6/9	2
6/29	1	6/10	2
6/30	2	6/12	2
		6/13	2
		6/14	2
		6/17	2
		6/18	2
		6/20	2
		6/21	2
		6/23	2
		6/26	2

結果可能是真有效的預報因子沒有掌握或者在預報式中加權，或者大雨的可預報度本來就偏低。如果是前者，則我們對梅雨系統的了解須作更多的努力。

## 六、結 論

以考慮所有的因子（重複及無效者不算）而建立一判別方程，其判中率有85%，但在預報應用以

後的日子，都有明顯下降的判中機率。因此，對於這樣的方式，我們還須多加以改進，在預報作業上必能提供一客觀、簡易的預報方程。

### 誌 謝

本文承中央氣象局提供原始資料，及洪淑芬小姐在打字、校對上的協助。

### 參考文獻

- 盛修慧，1988：TAMEX期間的豪雨預報校驗。國立台灣大學大氣研究所碩士論文，64頁。  
曾國雄、鄧振源，1986：多變量分析(一)——理論應用篇。松岡出版，285—324頁。

# The Discriminatory Equation for Heavy Rainfall Prediction in TAMEX

*Ming-Chin Wu      Tai-Yah Shoang*

Department of Atmospheric Science, National Taiwan University

### ABSTRACT

A discriminatory analysis is applied to the reduced heavy rainfall prediction parameters used by the three forecasting groups, (i.e. CWB, SPG and EFG) during TAMEX. If the data of 1 May - 20 May is used to set up a discriminatory equation, the correct ratio of discrimination is 85%. Applying this equation to the data of 21 May - 30 June, the correct ratio of discrimination is 66%. It implies that if we only use the synoptic analysis in a heavy rainfall prediction, the ratio of exact prediction will be only marginal.

Keywords : Discrimination analysis, Heavy rainfall prediction.