

旱季期間水庫入流量長期預報之研究

Long-Term Forecasting of Reservoir Inflows during Dry Season

國立臺灣海洋大學河海工程學系副教授

國立臺灣海洋大學河海工程研究所碩士

黃文政

謝宏智

Wen-Cheng Huang

Hung-Chih Hsieh

摘 要

本研究應用模糊數學的模糊聚類法,分析水文資料的相似性,並以"數量"與"形狀"的觀念反映資料間的相似性,其中"數量"的相似以距離來表示,而"形狀"的相似則以相關係數來表示。聚類結果再與模式識別理論結合起來,並以距離法及夾角餘弦法做為判別的準則,進行未來入流量之預測,並逐句依最新觀測資料更新未來可能之入流量。文中以德基水庫的歷年旱季期間旬入流量做為案例研究,結果顯示模糊聚類與模式識別理論之結合運用,可以剖析水文資料的內在特性,並可供長期水文預報之用。

關鍵詞：模糊聚類, 模式識別, 相似性。

ABSTRACT

The objective of this paper is to forecast long-term reservoir inflows during dry season by using fuzzy-set theory. First, the historical inflows were classified by fuzzy clustering method. Each cluster has its own inflow characteristics. Second, the similarity between observed inflows and clusters were investigated by pattern recognition, the inflow characteristics of the most similar cluster were assumed to be the representatives of forecasted inflows. Techi reservoir in central Taiwan was selected as case study. The results indicate the applicability of fuzzy-set theory in long-term streamflow forecasting during dry season.

Keywords: Fuzzy clustering, Pattern recognition, Similarity

一、問題說明

臺灣地區之年平均降雨量約為2510mm,其中濕季(5至10月)佔78%,旱季(11月至4月)佔22%(水資會1989)。由於台灣地區良好壩址幾已開發殆盡,水資源開發成本日益高漲,且用水量遞增,旱季缺水現象不斷浮現。在新水源開發日益困難之情況下,惟有加強水資源之管理,以濟不足。而旱季

各水庫集水區之入流量對水資源調配影響頗大,因此如何準確的推估旱季期間水庫集水區之入流量,乃屬迫切之課題。為解決這迫切課題,首先必須去了解入流量的特性,而本研究擬以模糊聚類方式探討入流量系統內各亞系統的內在特性。所得結果再與識別理論結合起來,進行未來入流量之預測,並逐句依最新觀測資料更新未來可能之入流量。本研究將以大甲溪德基水庫集水區為研究對象。

二、模糊集合之應用

1. 模糊概念

根據事件發生的不確定性，一般將水文現象劃分成所謂定率性(deterministic)及序率性(stochastic)。例如在水文時間序列中，河川流量的衍生及預測，即常以序率分析方式，藉統計數學處理水文隨機性現象(Salas et al.1985)。但有些水文現象並無法做上述的劃分，例如乾季或濕季的判定，吾人即很難確切地劃分出其界限。事實上，吾人可將水文現象分成兩類，一類屬本質為確定的事物，例如流量、雨量、蒸發量等；另一類屬本質為不確定的事物，例如季節之乾濕、流量之高低、雨量之大小等。前者事物之不確性現象稱為隨機性(random)，而後者事物之不確定現象稱為模糊性(fuzzy)，其中統計數學探討"一因多果"的隨機性，而模糊數學則探討"亦此亦彼"的模糊性(蓋壇1991)。Zadeh於1965年首先提出模糊集合(fuzzy sets)的概念，把普通集中的絕對隸屬關係加以擴展，使元素對集合的隸屬程度從0和1二值，即屬於(ε)和不屬於(ε)關係，擴充至[0,1]中的任意數值，以便描述具有模糊性本質之事物。目前模糊集合概念已廣泛應用於自動控制、人工智慧、專家系統、圖像識別等領域中，近年亦有一些專家學者將之應用在氣象預報方面之研究(張氏等1990；馮氏等1991；Zimmermann 1991；Terano et al.1992)。

在模糊集合中，對於論域U中的任一元素u_i與某一模糊子集A而言，u_i對A的隸屬程度可表示為：

$$A = \{(u_i, \mu_A(u_i)) \mid u_i \in U\} \quad \dots\dots\dots (1)$$

或

$$A = \mu_A(u_1)/u_1 + \mu_A(u_2)/u_2 + \dots\dots\dots + \mu_A(u_n)/u_n \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中μ_A(u_i)稱為隸屬函數(membership function)，且其值域μ_A(u_i) ∈ [0,1]。符號μ_A(u_i)/u_i表示元素u_i隸屬於模糊子集A的程度為μ_A(u_i)，而"+"表示模糊子集的聯繫關係，而非加法。吾人可藉具體的隸屬函數μ_A來了解抽象的模糊集合A。若μ_A(u_i)=1，則u_i完全屬於A；若μ_A(u_i)=0，則u_i完全不屬於A；若0 < μ_A(u_i) < 1，則u_i在μ_A(u_i)程度上屬於A(張氏等1992)。

2. 模糊聚類

將集合內之元素樣本按它們某些特性進行分類的過程，稱為聚類分析，其符合"物以類聚"的規律。若樣本之間的界限並非涇渭分明，而是模糊不清，為求更合理的分類，以模糊數學方法予以聚類者，稱之為模糊聚類分析。

設X = {X₁, X₂, ..., X_n}為待分類的對象全體，並設每一個對象X_i，均藉n個指標描述，如表1所示，其聚類之步驟如下所述：

表1 樣本指標與其統計值表示

指標 \ 樣本	P ₁	P ₂	...	P _j	...	P _n
X ₁	X ₁₁	X ₁₂	...	X _{1j}	...	X _{1n}
X ₂	X ₂₁	X ₂₂	...	X _{2j}	...	X _{2n}
.
.
.
X _n	X _{n1}	X _{n2}	...	X _{nj}	...	X _{nn}
α _j	α ₁	α ₂	...	α _j	...	α _n
β _j	β ₁	β ₂	...	β _j	...	β _n

(1)若指標之間非同一單位(noncommensurable unit)，則須進行數據標準化處理，便於分析比較，即令

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \alpha_j}{\beta_j} \quad \dots\dots\dots (3)$$

其中

$$\begin{cases} \alpha_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{ij} \\ \beta_j = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (X_{ij} - \alpha_j)^2} \end{cases}$$

(2)建立分類對象(樣本)間的模糊相似關係。樣本間之相似(Similarity)可從"數量"與"形狀"反映出來，數量方面的相似以距離來表示，而形狀方面的相似則以相關係數來表示。

① 距離法

$$(r_{ij})_d = 1 - c \sum_{k=1}^n |x'_{ik} - x'_{jk}| \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$j = 1, 2, \dots, m$$

式中|(r_{ij})_d| ≤ 1，(r_{ij})_d越接近1表示樣本i、j間

相似程度高。而c為適當選擇的常數，使 $|(r_{ij})_c| \leq 1$ 。

②相關係數法

$$(r_{ij})_c = \frac{\sum_{k=1}^n (X'_{ik} - \bar{X}_i)(X'_{jk} - \bar{X}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (X'_{ik} - \bar{X}_i)^2 \cdot \sum_{k=1}^n (X'_{jk} - \bar{X}_j)^2}} \quad (5)$$

其中

$$\begin{cases} \bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X'_{ik} & i=1,2,\dots,m \\ \bar{X}_j = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X'_{jk} & j=1,2,\dots,m \end{cases}$$

式中 $|(r_{ij})_c| \leq 1$ ， $(r_{ij})_c$ 越接近1表示樣本i、j間相似程度越高。若 r_{ij} 出現負值，則可對所有 r_{ij} 進行調整，使 r_{ij} 的範圍值壓縮在[0,1]閉區間內。即

$$(r_{ij})_{a.c} = \frac{(r_{ij})_c + 1}{2} \quad (6)$$

$(r_{ij})_{a.c}$ ：原始之 $(r_{ij})_c$ 或 $(r_{ij})_c$ 相似係數

$(r_{ij})_{a.c}$ ：調整後之 $(r_{ij})_c$ 或 $(r_{ij})_c$ 相似係數

令綜合相似係數是兩個相似係數的線性組合：

$$r_{ij} = \Delta(r_{ij})_a + (1-\Delta)(r_{ij})_c \quad (7)$$

r_{ij} ：樣本i、j之綜合相似係數

Δ ：權重 (Weight)， $0 \leq \Delta \leq 1$

由於“相似”的含義本身是模糊的，因此樣本間的相似關係是一種模糊關係，而所構成的相似關係空間即為一個模糊子集，以 \tilde{R} 表示，其隸屬度為 $\tilde{R}(r_{ij}) = r_{ij}$ 。

(3)進行聚類。令綜合性模糊關係矩陣 \tilde{R} ：

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \dots & r_{2m} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \dots & r_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{m3} & \dots & r_{mm} \end{pmatrix} \quad (8)$$

顯然，在 $\tilde{R} = (r_{ij})_{m \times m}$ 中滿足自反性， $(r_{ii} = 1)$ 與對稱性 $(r_{ij} = r_{ji})$ ，但不一定滿足傳遞性，即若 $r_{ik} \geq \gamma$ ，(某數值)， $r_{kj} \geq \gamma$ 則 $r_{ij} \geq \gamma$ (張氏等1992)。為了使關係矩陣滿足傳遞性，可利用關係合成法產生一個新的模糊關係矩陣，稱之為模糊等價關係矩陣，以便進行分類。

$$\text{令} \begin{cases} \tilde{R}^2 = \tilde{R} \circ \tilde{R} \\ \tilde{R}^4 = \tilde{R}^2 \circ \tilde{R}^2 \\ \dots \\ \tilde{R}^{2^p} = \tilde{R}^* \circ \tilde{R}^* \end{cases} \quad (9)$$

式中

$$\begin{aligned} \tilde{R}^2(r_{ij}) &= V_k [\tilde{R}(r_{ik}) \wedge \tilde{R}(r_{kj})] \\ &= \text{Max}_k \{ \text{Min} [\tilde{R}(r_{ik}), \tilde{R}(r_{kj})] \} \quad \dots (10) \end{aligned}$$

符號“ \wedge ”為取小，“V”為取大。

若 $\tilde{R}^{2^p} = \tilde{R}^*$ 時， \tilde{R}^* 即為所求之模糊等價關係矩陣，

此法稱之為平方自合成法。根據所求得之 $\tilde{R}^*(r_{ij})$ ，

按不同截距值 λ 進行聚類。令

$$r'_{ij} = \begin{cases} 1 & , \text{當 } r_{ij} \geq \lambda \\ 0 & , \text{當 } r_{ij} < \lambda \end{cases} \quad (11)$$

式中 $0 \leq \lambda \leq 1$ ，若 $r'_{ij} = 1$ 則將 X_i 與 X_j 歸為一類，並取其平均值作為該類之聚類中心。依序將 λ 由大取至小，即可得出不同的分類情況(動態聚類圖)。λ值越大，分類越細，而分類數之確定要依具體情況而定。

3. 模式識別

識別分析是根據已知各類的聚類中心值(均值)及設定的識別準則，用來判別尚未分類的樣本應屬於那一類模式。若待識別之樣本值，例如流量觀測值，已被判別歸屬於某一類別模式時，則吾人可據以假設未來之流量亦當屬於此類別模式。類似於聚類分析，吾人亦從“數量”與“形狀”兩方面考慮，以距離法及夾角餘弦法做為判別之準則。

(1)距離法

$$D_{o1} = \sum_{i=1}^p |Y_{oi} - Y_{1i}| \quad (12)$$

式中

- Y_o ：觀測值向量
- Y_1 ：第1類之聚類中心值向量
- Y_{oi} ：觀測向量之第i個指標值
- Y_{1i} ：第1類聚類中心向量之第i個指標值
- p：觀測值之數目

(2)夾角餘弦法

$$Z_{o1} = \frac{\sum_{i=1}^p Y_{oi} Y_{1i}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^p Y_{oi}^2)(\sum_{i=1}^p Y_{1i}^2)}} \quad (13)$$

式中 Z_{oi} ：觀測值與第*i*類間之夾角餘弦值， $-1 \leq Z_{oi} \leq 1$ 。

綜合以上兩種不同的判別準則，與聚類時所用之綜合相似係數類似，可據此而判斷出觀測值與各類別模式之間的相近程度。綜合判別準則表示如下：

$$S_{oi} = \Delta \times \frac{D_{oi}}{\max_j D_{oj}} + (1 - \Delta) \times \left(\frac{1 - Z_{oi}}{2} \right) \dots\dots (14)$$

吾人可由 S_{oi} 大小得出已知樣本屬於何類， S_{oi} 小者即表示接近該類型，而 S_{oi} 大者，即遠離該類，依擇近原則，選擇最接近者表示被識別樣本之歸屬類別模式，即

$$\min_j S_{oi} \dots\dots\dots (15)$$

並以所歸屬類別模式之聚類中心值作為未來可能發生之流量預測值。

三、案例研究—德基水庫集水區

本研究以大甲溪上游之德基水庫集水區為研究對象。現於大甲溪流域計有水庫一，調整池四，分別為德基、青山、谷關、天輪、石岡，而主要皆利用德基水庫作為調洪濟枯之用（謝氏1993；郭氏等1992）。

1. 模糊聚類分析

依計畫補助單位（水資會）之需求，長期預報期間定在當年11月至次年6月，故吾人視每一旱季水文年（當年11月至次年6月）之旬入流量樣本元素，並以各旬入流量為指標來做聚類分析，依德基水庫旬入流量記錄（民國42~81年），其聚類步驟如下：

- (1) 將各水文年之旬流量依（式3）作標準化處理。
- (2) 將標準化後之各項數值，依距離法（式4）可得出其在39年間之相似矩陣， $R(r_{ij})_a$ 。
- (3) 同樣的，將標準化後之旬流量，依相關係數法（式5）同樣得出其在39年的相似矩陣， $R((R_{ij}))_c$ 。
- (4) 將(2)、(3)所得之相似矩陣各自依（式6）變換成正規化後之相似矩陣。
- (5) 依(式7)，分別令 $\Delta = 0, 0.1, 0.2, \dots, 0.9, 1.0$ ，得綜合相似係數矩陣， $R(r_{ij})$
- (6) 由於綜合相似矩陣， $R(r_{ij})$ ，只滿足矩陣之

自反性及對稱性而不滿足傳遞性，為進行聚類分析，必須將 $R(r_{ij})$ 轉化成模糊等價矩陣。

- (7) 針對不同之 Δ 值，選取不同 λ 值做聚類，並劃出其動態聚類圖。

在求綜合模糊相似數矩陣時，不同之 Δ 值可視為在分類時，兩種不同的相似係數矩陣，彼此所佔有的重要性。當 $\Delta = 1$ 時，即代表分類完全依“數量”而分，由動態聚類圖（圖1）中可看出其呈階梯狀之圖形，即不論所取截距 λ 為何，將使樣本分為一大類，其它皆為獨立類。若令 $\Delta = 0$ 時（圖2），即完全依“形狀”而分類，但兩個完全相似的流量型態，之間亦可能有相當大之距離差距，綜合考慮量與形之問題，在本文中取 $\Delta = 0.5$ （圖3），即代表距離法及相關係數法兩者所求得之相似係數，在旬流量的分類中，具有同等的重要性。

在 λ 值之選擇上，則以類數之多寡為主要分類之標準，類別太多則過於雜亂，類別太少則失去其分類的意義。在本研究則取適當值 $\lambda = 0.77$ ，使其分為17類，其中10類較為獨特，各自成一類（表2）。圖4為歸屬於同類之各水文年旬流量分佈圖，從圖中可看出各水文年第31旬至第12旬之入流量頗為相近，而第13旬至第18旬由於受到梅雨的影響，各年之間差異頗大，但因前者所佔之權重遠大於後者，故仍被歸屬同一類。整體而言，模糊聚類劃分所得之同類別樣本是相似的。

2. 識別分析

吾人可在各類型之水文年中找出各類型之流量特徵。利用此特徵與目前觀測流量相比，將可得出最貼近的類型，並以此最貼近類型的流量特徵視為未來流量之歸屬類型，即為流量預測值。根據已聚類之德基水庫旬入流量及其各類別之聚類之聚類中心值，以模式識別方式，可推估未來的旬入流量。表3及表4分別說明43及56兩水文年旱季旬入流量的預報結果，為了驗證預報的準確性，在預報過程中完全無考慮該兩水文之流量特徵，即各類別的聚類中心值與該兩水文年無關，表中顯示預報類別會隨著觀測資料的增加而趨於穩定，說明未來流量的可能值與歷史的水文特性仍有密切關係。

為檢定預測值與實際值比較，本研究以平均絕對誤差(Mean Absolute Deviation, MAD)，體積誤差

表3. 模糊理論流量驗證 (民國43年)

(單位:CMS)

年 月	旬	實際流量	預測流量及所在類別																						
			6	4	15	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	10	10	10	4	4	4	4	4	4	
42.11	31	24.54																							
	32	23.02	16.63																						
	33	20.23	14.75	17.37																					
	12	34	30.10	12.35	16.69	15.25																			
43.1	35	18.71	10.73	14.42	21.49	14.42																			
	36	15.25	9.95	12.20	41.97	12.20	12.20																		
	1	13.81	9.28	11.12	25.41	11.12	11.12	11.12																	
	2	12.73	8.88	10.24	19.33	10.24	10.24	10.24	10.24																
	3	17.12	8.41	15.36	15.59	15.36	15.36	15.36	15.36	15.36															
	2	4	16.20	8.77	16.13	18.03	16.13	16.13	16.13	16.13	16.13	16.13	16.13	16.13	16.13										
	5	15.30	9.82	13.80	21.18	13.80	13.80	13.80	13.80	13.80	13.80	13.80	13.80	13.80	13.80										
	6	21.93	23.72	14.88	33.67	14.88	14.88	14.88	14.88	14.88	14.88	14.88	14.88	14.88	14.88										
	3	7	24.99	36.45	15.43	32.18	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43									
	8	27.50	35.82	16.22	34.73	16.22	16.22	16.22	16.22	16.22	16.22	16.22	16.22	16.22	16.22	16.22	21.20								
	9	24.33	23.5	32.30	82.58	32.30	32.30	32.30	32.30	32.30	32.30	32.30	32.30	32.30	32.30	32.30	25.14	25.14							
	4	10	24.22	38.28	23.07	55.86	23.07	23.07	23.07	23.07	23.07	23.07	23.07	23.07	23.07	23.07	53.92	53.92	53.92						
	11	45.28	26.51	26.33	33.36	26.33	26.33	26.33	26.33	26.33	26.33	26.33	26.33	26.33	26.33	26.33	37.60	37.60	37.60	26.33					
	12	43.36	33.22	19.36	24.89	19.36	19.36	19.36	19.36	19.36	19.36	19.36	19.36	19.36	19.36	19.36	65.56	65.56	65.56	19.36	19.36				
	5	13	31.39	80.48	19.72	22.41	19.72	19.72	19.72	19.72	19.72	19.72	19.72	19.72	19.72	19.72	53.55	53.55	53.55	19.72	19.72	19.72			
	14	25.21	48.28	23.49	32.25	23.49	23.49	23.49	23.49	23.49	23.49	23.49	23.49	23.49	23.49	23.49	33.05	33.05	33.05	23.49	23.49	23.49	23.49		
	15	21.80	35.24	22.57	69.27	22.57	22.57	22.57	22.57	22.57	22.57	22.57	22.57	22.57	22.57	22.57	74.86	74.86	74.86	22.57	22.57	22.57	22.57	22.57	
	6	16	22.52	90.55	33.57	163.4	33.57	33.57	33.57	33.57	33.57	33.57	33.57	33.57	33.57	33.57	61.20	61.20	61.20	33.57	33.57	33.57	33.57	33.57	
17	22.41	67.67	37.93	114.9	37.93	37.93	37.93	37.93	37.93	37.93	37.93	37.93	37.93	37.93	37.93	35.91	35.91	35.91	37.93	37.93	37.93	37.93	37.93		
18	24.28	74.23	32.41	97.2	32.41	32.41	32.41	32.41	32.41	32.41	32.41	32.41	32.41	32.41	32.41	27.77	27.77	27.77	32.41	32.41	32.41	32.41	32.41		
誤 差	MAD		16.831	7.316	28.000	7.234	7.389	7.630	7.920	8.259	8.693	9.309	9.909	10.147	18.675	19.912	22.035	11.476	10.409	8.143	7.439	8.867	11.565	11.824	8.132
指 標 值	VE		-0.336	0.143	-0.956	0.123	0.119	0.116	0.114	0.111	0.111	0.116	0.117	0.103	-0.568	-0.645	-0.702	0.088	0.010	-0.150	-0.290	-0.390	-0.501	-0.506	-0.335

表4. 模糊理論流量驗證 (民國56年)

年月	旬	實際流量	預測流量及所在類別																						
			2	2	2	2	2	2	2	2	2	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	2	2	2	2
55.11	31	12.87																							
	32	11.16	11.70																						
	33	10.68	11.45	11.45																					
	12	34	9.38	9.93	9.93	9.93																			
	35	8.98	9.14	9.14	9.14	9.14																			
	36	8.61	8.62	8.62	8.62	8.62	8.62	8.62																	
56. 1	1	9.30	8.98	8.98	8.98	8.98	8.98	8.98																	
	2	10.99	8.19	8.19	8.19	8.19	8.19	8.19	8.19																
	3	9.50	7.63	7.63	7.63	7.63	7.63	7.63	7.63	9.20															
	2	4	11.72	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	12.22	10.80	10.80														
	5	10.14	9.04	9.04	9.04	9.04	9.04	9.04	9.04	11.60	11.60	11.60													
	6	11.70	12.38	12.38	12.38	12.38	12.38	12.38	12.38	8.60	8.60	8.60	8.60												
	3	7	18.47	14.84	14.84	14.84	14.84	14.84	14.84	14.84	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60										
	8	13.15	18.48	18.48	18.48	18.48	18.48	18.48	18.48	9.90	9.90	9.90	9.90	9.90	9.90										
	9	14.83	20.67	20.67	20.67	20.67	20.67	20.67	20.67	13.70	13.70	13.70	13.70	13.70	13.70	13.70									
	4	10	16.22	18.77	18.77	18.77	18.77	18.77	18.77	18.77	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90	14.90								
	11	15.54	15.89	15.89	15.89	15.89	15.89	15.89	15.89	15.89	12.70	12.70	12.70	12.70	12.70	12.70	12.70	12.70							
	12	14.67	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50						
	5	13	15.21	17.99	17.99	17.99	17.99	17.99	17.99	17.99	53.60	53.60	53.60	53.60	53.60	53.60	53.60	53.60	53.60	53.60					
	14	14.54	20.90	20.90	20.90	20.90	20.90	20.90	20.90	20.90	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	21.60	20.90			
	15	63.21	37.72	37.72	37.72	37.72	37.72	37.72	37.72	37.72	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	37.72	37.72		
	6	16	49.55	174.36	174.36	174.36	174.36	174.36	174.36	174.36	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	8.90	174.36	174.36	174.36	
	17	44.57	117.60	117.60	117.60	117.60	117.60	117.60	117.60	117.60	10.30	10.30	10.30	10.30	10.30	10.30	10.30	10.30	10.30	10.30	10.30	117.60	117.60	117.60	117.60
	18	29.90	103.07	103.07	103.07	103.07	103.07	103.07	103.07	103.07	63.60	63.60	63.60	63.60	63.60	63.60	63.60	63.60	63.60	63.60	63.60	103.07	103.07	103.07	103.07
誤 差	MAD		14.491	15.125	15.809	16.571	17.435	18.403	19.467	14.340	15.276	16.301	17.443	18.638	19.526	21.154	23.379	26.136	29.464	33.680	60.572	74.127	90.340	73.100	73.170
	VE		-0.623	-0.638	-0.654	-0.668	-0.683	-0.699	-0.718	0.193	0.198	0.202	0.213	0.211	0.194	0.191	0.198	0.205	0.207	0.202	-1.248	-1.311	-2.185	-1.963	-2.447

表5. 誤差指標值表

誤差 指標	平均絕對誤差(MAD)				體積誤差(VE)			
	原始指標		修正後指標		原始指標		修正後指標	
指標值								
旬\年	43	56	43	56	43	56	43	56
31	16.83	14.49	8.13	1.63	-0.336	-0.623	0.170	-0.039
32	7.32	15.12	7.01	1.69	0.143	-0.638	0.259	-0.039
33	28.00	15.81	14.55	1.76	-0.956	-0.654	-0.355	-0.038
34	7.23	16.57	6.84	1.84	0.123	-0.668	0.249	-0.036
35	7.39	17.44	7.04	1.97	0.119	-0.683	0.250	-0.037
36	7.63	18.40	7.37	2.13	0.116	-0.699	0.253	-0.039
1	7.92	19.47	7.79	2.29	0.114	-0.718	0.256	-0.044
2	8.26	14.34	8.33	2.74	0.111	0.193	0.259	0.179
3	8.69	15.28	9.06	3.01	0.111	0.198	0.269	0.191
4	9.31	16.30	10.18	3.27	0.116	0.202	0.289	0.202
5	9.91	17.44	11.42	3.53	0.117	0.213	0.303	0.236
6	10.15	18.64	12.15	3.59	0.103	0.211	0.300	0.232
7	18.68	19.53	13.34	2.54	-0.568	0.194	-0.235	0.171
8	19.91	21.15	15.10	2.37	-0.645	0.191	-0.328	0.154
9	22.03	23.38	19.86	2.78	-0.702	0.198	-0.392	0.179
10	11.48	26.14	21.47	3.51	0.088	0.205	0.485	0.232
11	10.41	29.46	23.99	4.17	0.010	0.207	0.313	0.284
12	8.14	33.68			-0.150	0.202		
13	7.44	60.57			-0.290	-1.248		
14	8.87	74.13			-0.390	-1.311		
15	11.57	90.34			-0.501	-2.185		
16	11.82	73.10			-0.506	-1.963		
17	8.13	73.17			-0.335	-2.447		
平均值	11.61	31.48	11.98	2.64	-0.178	-0.505	0.138	0.105
標準差	5.60	23.97	5.42	0.77	0.587	1.490	0.317	0.132
總平均值	21.54		7.31		-0.342		0.122	
總標準差	19.92		6.08		1.069		0.232	

*MAD之單位為CMS

*VE無單位

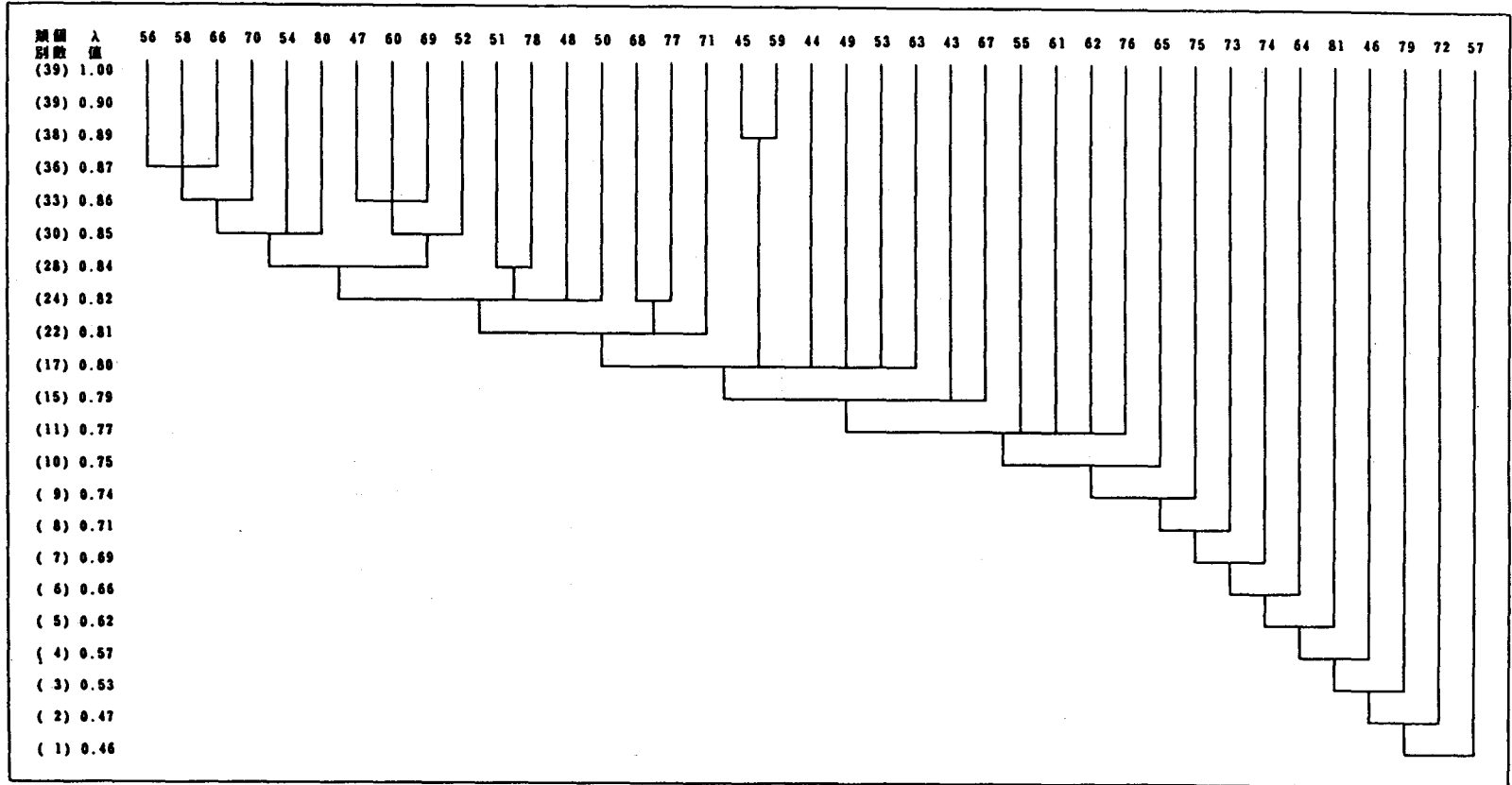


圖1. $\Delta = 1.0$ 時之動態聚類圖

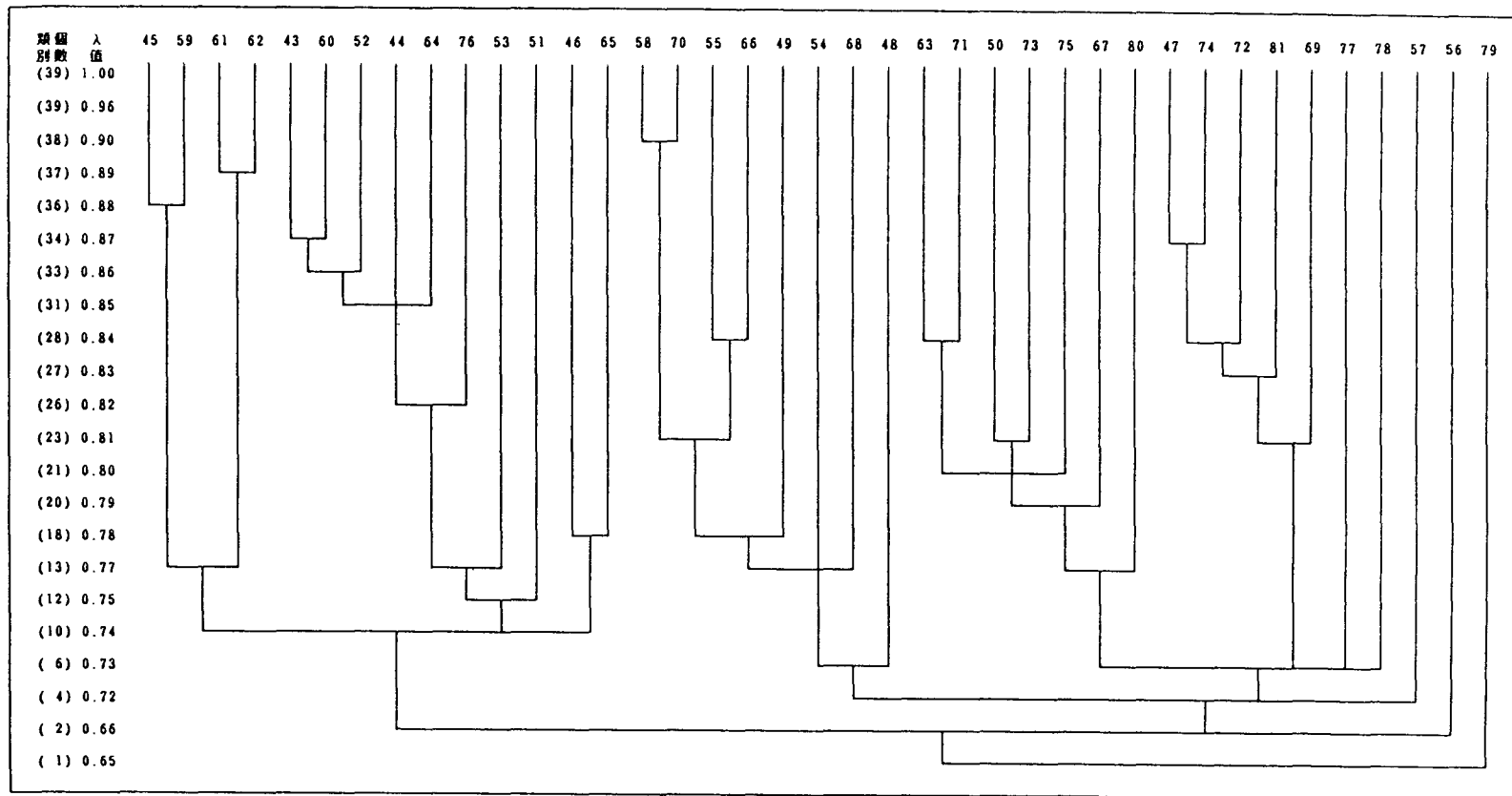


圖2. $\Delta=0.0$ 時之動態聚類圖

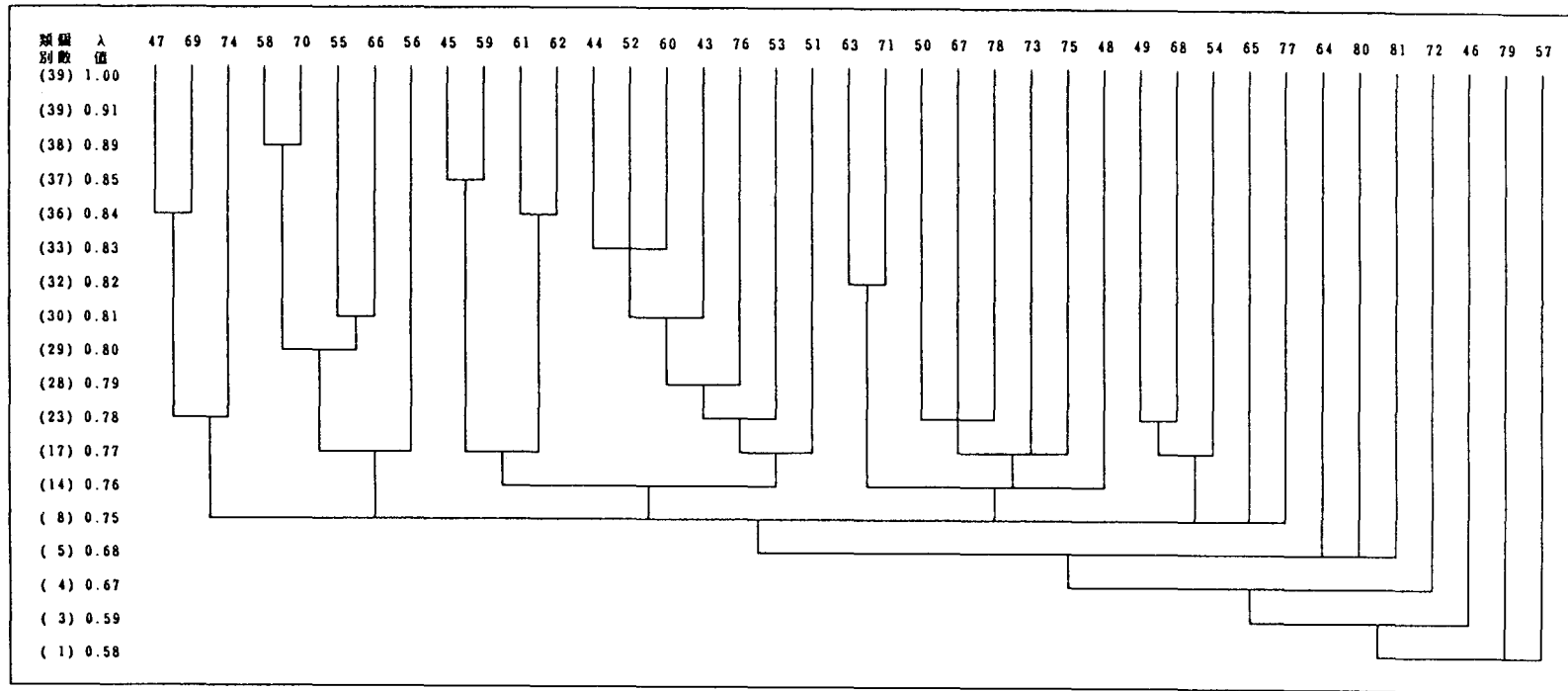


圖3. $\Delta=0.5$ 時之動態聚類圖

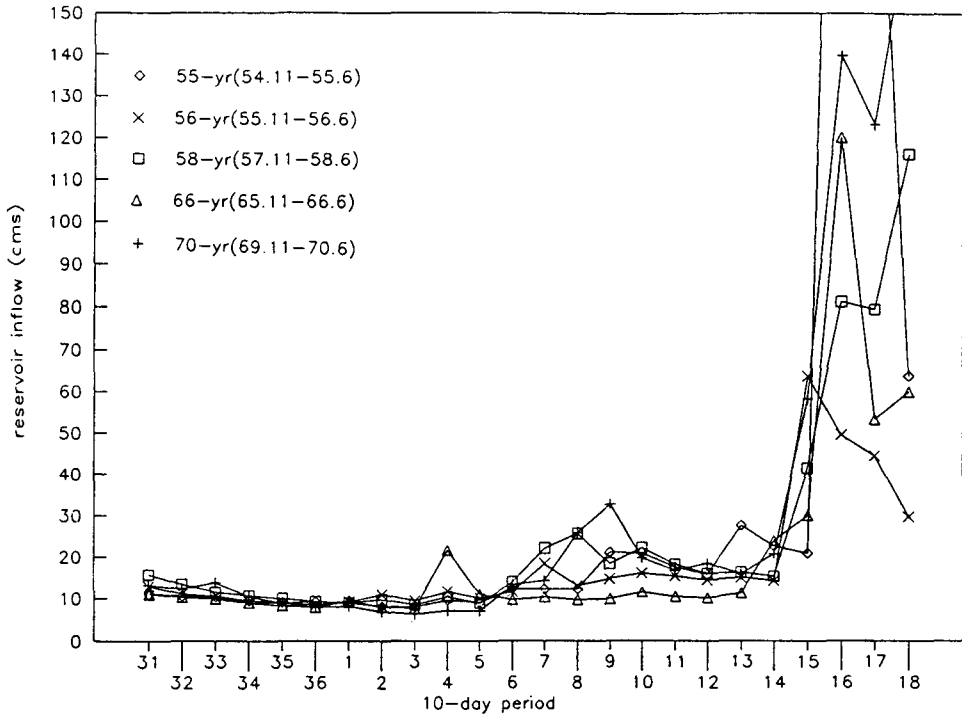


圖4. 模糊聚類於同類別之各年份旬流量分佈圖

(Volume Error, VE)為指標，以判別預測之準確程度，即

$$MAD = \sum_i |Y_i - F_i| / M \dots\dots\dots (16)$$

$$VE = \sum_i (Y_i - F_i) / \sum_i Y_i \dots\dots\dots (17)$$

式中

Y_i ：觀測流量

F_i ：預測流量

M ：預測句數

由驗證民國43年及民國56年之流量誤差指標中（表5）看出，所做之預測似乎不太理想，兩年預測結果之MAD總平均為21.54CMS，標準差為19.92 CMS，VE之總平均為-0.342，標準差為1.069。觀察每旬所做之預測與實際流量比較後發現，誤差之最大來源為每年之五、六兩月，即13旬至18旬，而在臺灣一般認定之旱季時期為每年11月至次4月，故在計算誤差將5、6兩月之誤差除去，重新計算MAD及VE值，得到兩年之MAD總平均為7.31 CMS，標準差為6.08CMS，VE之總平均為0.122，標準差為0.232，兩相比較，即可發現有相當大的改善。根據驗證結果顯示模糊理論可應用於長期旱季

旬入流量之預測，期間以當年11月至次年4月較適當；而5、6月份之入流量預測改以其它模式預測之，或與旱季時期（11月至次年4月）之流量分開，單獨予以聚類分析後再行模式識別。

四、結 語

(1)模糊聚類模式就旱季水文年進行分類，將德基水庫集水區39個水文年之流量共分為十七類，但其中包含十個自成一類之特殊類，故可視為八大類。模糊聚中之 Δ 值與截距值 λ 大小，可依聚類所需之類別數，由相關人員依經驗來確定。根據作者另研究臺灣地區各主要水庫旱季旬入流量之聚類分析（水資會83EC2A371012）， Δ 值之範圍為0.4~0.5，而 λ 值之範圍為0.64~0.83，以供相關人員參考。

(2)根據已聚類之德基水庫旬入流量及其聚類中心值，利用模式識別方式，可推估未來長期之旬入流量。由於在識別分析中，初期之觀測資料少，在長期入流量推估上較不易準確，或可利用短期預測模式，如馬可夫鏈模式，ARMA模式等先行預測短

期之旬入流量，以補長期預測之準確性。或可引入氣壓、溫度、濕度、雨量等因子，建構其隸屬度函數，而由集水區之各項因子預測該水文年之類型。

五、誌 謝

本研究承蒙經濟部水資會82水科技八(二)2(4)第106號計畫之補助始得以完成，特此申謝。

六參考文獻

- 1.張斐章，徐國麟(1990)"利用模糊集理論推估河川流量之研究"36(4)，pp.1-12農業工程學報。
- 2.經濟部水資會(1989)"臺灣地區水資源規劃與利用"
- 3.郭振泰、徐年盛、陳昶憲(1992)，"德基水庫旬即時操作之研究與應用"，經濟部水資會，八十水科技八(二)3(10)第094號。
- 4.蓋壇(1991)，"實用模糊數學"，亞東書局。
- 5.馮德益、樓世博(1991)，"模糊數學"，科技圖書股份有限公司。

- 6.張躍、邵壽平、宿芬(1992)，"模糊數學方法及其應用"，煤炭工業出版社。
- 7.謝宏智(1993)，"旱季水庫入流量推估之研究"碩士論文，海洋大學河海工程研究所。
- 8.Salas, J. D.; Delleur, J. W.; Yevjevich, V. and Lane, W. L. (1985)"Applied Modeling of Hydrologic Time Series" Water Resources Publications, Colorado.
- 9.Terano, T.; Asai, K. and Sugeno, M. (1992) "Fuzzy Systems Theory and Its Applications." Academic Press, Inc., New York.
- 10.Zadeh, L. A. (1965) "Fuzzy Sets", Information and Control. Vol18, pp.338-353.
- 11.Zimmermann, H. J. (1991) "Fuzzy Set Theory and It's Applications"，茂昌圖書有限公司。

收稿日期：民國83年6月24日

修正日期：民國83年8月17日

接受日期：民國83年8月24日

(上接第102頁)

(SWMIS), Final Report. Maryland Department of Transportation, State Highway Administration Research Report FHWA/MD-87/03.

Wu, F.-C., 1993. Stochastic Modeling of Sediment Intrusion into Gravel Beds. A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Civil Engineering, University of California at Berkeley. pp. 25-28.

Wu, F.-C., 1994. Stochastic Modeling of Sediment Infiltration into Porous Media, Phase I: Theory Development. Journal of Chinese Agricultural Engineering, Vol. 40, No. 1.

收稿日期：民國83年5月15日

修正日期：民國83年6月4日

接受日期：民國83年6月10日