

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

以模糊理論分析降雨空間變異性推估非點源污染量及探討 BMPs 最佳化配置(1/2)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2211-E-002-030-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立臺灣大學環境工程學研究所

計畫主持人：駱尚廉

計畫參與人員：張嘉玲、王永立、曾文裕

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文
國際合作計畫研究心得報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 5 月 31 日

以模糊理論分析降雨空間變異性推估非點源污染量及探討 BMPs 最佳化配置(1/2)

計畫編號：NSC 93-2211-E-002-030

執行期限：93 年 8 月 01 日至 94 年 7 月 31 日

主持人：駱尚廉 國立台灣大學環境工程學研究所

計畫參與人員：張嘉玲、王永立、曾文裕

一、中英文摘要

為減少此誤差且讓非點源污染量推估與實際情況更相符，本研究將應用模糊理論(Fuzzy theory)中隸屬度的概念來分析降雨在集水區中之空間變異性，並採用WinVAST模式進行非點源污染量之模擬與推估，將整個集水區依據地形劃分為數個子流域或網格，以各子流域區塊或網格為各別輸入的單位，透過更詳盡地輸入資料，且運用模糊化的屬性特性，解決傳統降雨資料分析之限制，以期更完整地描述各子流域區塊之實際降雨特性，進而提高非點源污染量推估之準確性。將此具有空間變異性之分析結果應用在集水區分區管制優先順序之決策上，以及發展非點源污染最佳管制作業之經濟有效配置。

關鍵詞：模糊理論、降雨空間變異、非點源污染

The uncertainty of predicting NPS pollution by the precipitation based on a single rainfall gauge can be quite serious. The traditional methods for analyzing the spatial variation of rainfall is not very mature on the division of relative weighting factors for each rainfall station. The fuzzy theory, a flexible theory for describing situations and resolving problems, will be applied to interpolate precipitation in this study. The modeling results with spatial variability can be used for deciding the sequence of precedence management in a watershed, and develop the optimal allocation of Best management practices (BMPs).

Keywords: BMP, NPS pollution, fuzzy theory, spatial variation, VAST

二、緣由與目的

有效地利用有限的資料，經過較合理之方法進行資料處理分析，表現出各子集水區間降雨特性之差異，以減小模式模擬及簡化實際問題時之誤差，為吾人所關切，故本研究乃由資料處理面著手，針對既有降雨特性資料進行合理之分析，以提高非點源污染量推估之可信度。另外，利用非點源污染量推估結果，發展非點源污染最佳管制作業，在經濟因素之考量下，尋求最佳配置。

過去在進行非點源污染模擬時，往往僅採用一個降雨代表值輸入來模擬整個集水區之非點源污染量，此種模擬分析方法，勢必在污染量推估時會有極大之誤差產生，故近年來已有學者針對此問題進行探討，考慮降雨空間變異性對污染量推估之影響，但多數研究在各雨量站降雨資料之權重分配上較不具有彈性，在降雨分區劃分的過程中，描述集水區內各分區之降雨特性時仍稍顯粗糙，且對於各雨量站權重的表現並無一套有系統且合理之給定方式，故勢必造成模擬推估結果與實際情況間之誤差。為減少此誤差且讓非點源污染量推估與實際情況更相符，本研究將利用模糊理論(Fuzzy theory)，運用模糊化的屬性特性，解決傳統降雨資料分析之限制，推求較詳細且正確之降雨輸入資料，以期更完整地描述各子集水區之實際降雨特性，進而提高非點源污染量推估之準確性。準確合理之非點源污染推估結果，將有利於發展非點源污染最佳管制作業，以提供更有系統及有效之集水區管理策略。

三、研究方法

1. 降雨空間變異性分析方法之建構

以有限雨量站資料表現其空間變異性為本研究主要探討之重點，由於 Inverse distance 法即為一種模糊概念之降雨空間分析，其假設雨量站的相關性與其水平距離呈 m 次方反比， m 值愈大表示與各雨量站間的水平距離之差異對其權重分配影響愈顯著，在不同的區域會有一個對應之 m 值，理論上應介於零到無限大之間，最適合表現該區域降雨之空間變異。研究區特性，包括地形、面積以及降雨型態將是影響 m 值之主要因素，本研究將針對降雨型態、研究區地形變異等等因子進行探討，找出其對應最適合之 m 值。Inverse distance 法之基本計算式如(1)式。

$$W_{pj} = \left(\frac{1}{d_{pj}^m} \right) / \left(\sum_{j=1}^N \frac{1}{d_{pj}^m} \right) \quad (1)$$

其中 W_{pj} 為雨量站 j 之雨量資料在推估子流域區塊 p 降雨量所表現之權重，而 d_{pj} 為該子流域區塊至雨量站 j 的水平距離，計算各雨量站資料之權重後，即可進一步出各子流域區塊或網格之降雨量。

由於降雨資料補遺不單純只與其周圍雨量站之水平距離相關，空間高程差異亦為重要之影響因子，故本研究進一步將修正 Inverse distance 法，並結合模糊理論，同時考慮水平距離及垂直高程差之影響，以期找到欲推估位置與周圍各雨量站較準確之隸屬關係，而使得各雨量站降雨資料的權重分配可以更為合理。此研究構想之數學架構如下所述。

首先將定義水平隸屬函數為 $\mu_{pd}(j)$ ，其表現未知雨量位置與周圍雨量站間之水平距離差異的相關程度，亦即由於水平距離因子所造成各雨量站對於未知雨量位置之相對重要性；而垂直隸屬函數為 $\mu_{ph}(j)$ ，其表現未知雨量站與周圍雨量站間之垂直高程差的相關程度，亦即由於垂直高程差因子所造成各雨量站對於未知雨量位置之相對重要性。吾人可以將子流域區塊 p 的中心位置視為未知雨量位置，而 d_{pj} 為該子流域區塊中心至雨量站 j 的水平距離， h_{pj} 為該子流域區塊中心與雨量站 j

的垂直高程差。則水平隸屬函數 $\mu_{pd}(j)$ 為及垂直隸屬函數 $\mu_{ph}(j)$ 為可分別以(2)式及(3)式表示。

$$\mu_{pd}(j) = \left(\frac{1}{d_{pj}} \right)^m \quad (2)$$

$$\mu_{ph}(j) = \left(\frac{1}{h_{pj}} \right)^n \quad (3)$$

個別找出子集水區 p 與雨量站 j 水平距離及垂直高程差之相關性後，吾人以不同之模糊運算組合，將此兩隸屬關係結合起來，以找到子集水區 p 與雨量站 j 間較真實之相關性，將之定義為 μ_p ，亦即各雨量站對於欲推估雨量區塊之相對重要性。本研究採用之運算組合包括權重平方和開平方根、權重和、權重積、最大值及最小值五種。隸屬函數決定之後，即可進一步推求各雨量站之相對權重，各雨量站之權重總合為 1，權重計算如式(4)所示，而子流域區塊 p 之降雨量如(5)推估式。

$$W_j = \frac{\mu_p(j)}{\sum_{j=1}^N \mu_p(j)} \quad (4)$$

$$P_p = \sum_{j=1}^N (W_j * P_j) = \frac{\sum_{j=1}^N P_j \mu_p(j)}{\sum_{j=1}^N \mu_p(j)} \quad (5)$$

本研究將利用歷年之降雨資料，分別對翡翠水庫六個雨量站位置進行雨量資料補遺工作，也就是假設其中一個雨量站之降雨資料未知，以其他五個雨量站的降雨資料推估出該雨量站，再與實測之降雨資料比對。由於欲推估降雨量之地形，其所在位置與其他各測站間之距離關係，以及該位置之降雨特性，將造成降雨空間變異性分析方法的差異。本研究以模糊理論為基礎，以周圍雨量站降雨資料加權而得之推估降雨量，與實測之降雨量進行比對，以遺傳演算法(Genetic Algorithm, GA)為試誤工具，當實測值與推估值不符合時，GA 會逐步進行修正，最後會找出最適合權重

分配，並決不同欲推估降雨量位置上近似最佳之 m 值及 n 值。本研究亦將針對 m 、 n 值與其影響因子間的關係進行定性及定量之分析，以期往後在 m 、 n 值的使用上更具通用及便利性。此外，根據最佳之降雨空間變異性分析結果，進行非點源污染量推估，以驗證此降雨空間變異性分析結果確實可提高對於非點源污染量推估之準確性，進而探討 BMPs 經濟有效配置。

2. 非點源污染模式

本研究選擇 WinVAST 模式作為非點源污染模擬之主要工具。在 2003 年所發展出之 WinVAST 模式，為 VAST 模式之修定版本，經過修定後之 VAST 模式結合了 GIS 視窗介面，在處理空間資訊問題及描述集水區流網狀態，均有相當程度的突破；此外，較具親和力的使用者介面，將大幅提高此模式應用之便利性。

WinVAST 模式延伸了原始 VAST 模式之基本演算理論，目前僅能用在單場暴雨事件。此模式將計算水文歷線及其非點源污染物歷線功能之數個子模組整合在一個介面底下，所包括之模組有：VASTQ 模式，用來模擬水文歷線；VASTNPS 模式用來模擬污染物歷線；另外 VAPOLL 模組，可以用來模擬 BMPs 操作下非點源污染控制之效率。

3. 非點源最佳管制作業

非點源污染最佳配置主要是決定及設計不同的 BMPs，在滿足水質條件限制下，最經濟有效的配置方式。在進行優選之前，本研究將先設計一個最原始的 BMPs 配置方式，當然此方式不見得是最經濟有效的配置，在目標函數即限制條件下，利用優選模式找到最佳的配置方式。其數學架構如下所述：

$$\text{目標函數: } \text{Min} \sum_{i=1}^n \text{cost}(BMP_i) \quad (6)$$

$$\text{限制式: } L_k \leq L_{\max k} \quad (7)$$

$$BMP_i \in \text{可行的範圍} \quad (8)$$

其中 cost 為平均年費用支出，包括工程建設費及維護費， BMP_i 即在位置 i 上之 BMP 設計。

四、結果討論

本年度之研究以模糊方法建構降雨空間變異模式為主，研究結果如下：

本研究以翡翠水庫集水區為案例區。翡翠水庫集水區位於台北市東南方，佔地面積約 303 平方公里，包含台北縣坪林鄉之全部，以及雙溪鄉太平村、石碇鄉碧山、永安與格頭三村、新店市之部份地區。集水區管理局通常會依據地形等因子將整個集水區劃分為數個子集水區，翡翠水庫集水區包含 7 個子集水區，包括：灣潭溪、北勢溪主流、後坑子溪、金瓜寮溪、逮魚堀溪、火燒樟溪及姑婆寮溪。在翡翠水庫集水區內，目前已設置有六個雨量站，包括坪林、十三股、翡翠、九芎根、碧湖及太平。翡翠水庫子集水區及雨量站分佈位置如圖 1 所示。並以 1995~1999 年之降雨資料為依據，進行變階反距離法最佳水平距離指數分析，影響距離指數之因子很多，本研究首先主要考慮“降雨特性”及“站網水平間距”兩個最重要之影響因子。

反距離指數法 (the inverse distance method) 應用在降雨補遺上，係以未知降雨量位置與其周圍各雨量站間之水平距離，來決定各雨量站之相對重要性。其距離指數 (the order of distances) 具有可彈性調整之特性，本研究透過遺傳演算法優化的結果證實，確實可以找到一個近似最佳之水平反距離指數“ m 值”，使得降雨推估誤差最小。降雨推估誤差隨 m 值變異之趨勢如圖 2 所示。此外，由分析結果亦可發現，在地形較平緩的地區，例如：十三股、翡翠及九芎根雨量站位置所在區域，所得到之最佳水平距離指數“ m 值”之變異性較小。1995 及 1999 此兩年之降雨特性較為均勻，降雨之標準差較小，在各雨量站所得到之最佳水平距離指數，若依大小排序時，具有相同的排序。此結果可證實，降雨特性較平均時，距離指數幾乎僅受到站網水平間距之影響。

依據數理推導可知，算術平均降雨法及徐昇網法為反距離指數法之兩個特例。當水平距離指數“ m 值”為 0 時，反距離指數法表現的則是算術平均降雨的概念；而當水平距離指數“ m 值”趨近無限大時，反

距離指數法則與徐昇網法類似。在大多數的情況下，最佳距離指數(the optimal value of “m”)既不為 0，亦不趨近於無限大；換言之，透過水平距離指數的調整，可以得到較佳之雨量站權重分配值，在推估降雨量時，確實降較算術平均降雨法及徐昇網法來得準確，且更適合用來描述集水區之降雨空間變異性。

原始的反距離指數法只有考慮欲推估降雨位置與周圍各雨量站間之水平距離，單純依據水平間距來決定各雨量站相對權重，本研究亦應用模糊理論的概念修正反距離指數法，同時考慮欲推估降雨位置與周圍各雨量站間之水平距離及垂直高程差。由於此兩因子之尺度並不相同，因此必須採用正規化方法將尺度統一，並利用遺傳演算法來尋求最佳距離指數及雨量站權重配置。

為了比較降雨實測值與推估值間之差異，吾人亦分別假設某雨量站位置缺少降雨資料，並採用其周圍雨量站資料推估該位置之降雨，再進行比較，本階段採用 2002 年之降雨資料。採用算術平均法、徐昇網法及模糊化修正式反距離指數法推估降雨量時，所產生之推估誤差如表 1 所示。由表列之結果顯示，在坪林、十三股、翡翠及九芎根雨量站位置上，採用模糊化修正式反距離指數法較算術平均法及徐昇網法，可以得到較準確之降雨推估值；而在碧湖及太平站，則是以徐昇網法可以得到與真實降雨量較接近之推估值。

值得注意的是，無論在任何雨量站位置上，採用算術平均降雨法，也就是周圍各雨量站之相對權重均等，將會造成較嚴重之降雨推估誤差。若以模糊化修正式反距離指數法代替算術平均降雨法，同時考慮未知雨量位置與周圍各雨量站間之水平距離因子及垂直高程差因子，在坪林、十三股、翡翠、九芎根、碧湖及太平雨量站位置上，分別可以降低 8%、14%、22%、10%、8%及 4%之降雨推估誤差。

坪林、九芎根兩雨量站所在位置與周圍各雨量站間之相對分佈關係較為平均，因此，在推估降雨量時，推估誤差較可以在掌握之中，也就是不至於出現太過極端

的降雨推估誤差，此推論與表 1 之結果相符；相對地，太平站與周圍各雨量站間之水平間距均相當大，故無論採用何種降雨補遺方法，仍無法有效地降低降雨推估誤差。而翡翠雨量站與周圍各雨量站間之水平距離亦相當大，然而，由於該位置與周圍各雨量站位置上之垂直高程差異相當大，因此，當吾人應用模糊化修正式反距離指數法，加入垂直高程之影響因子，將可大幅降低降雨推估誤差。再者，在碧湖雨量站位置與周圍各雨量站之之水平距離亦相當大，但由於有一個特別靠近之雨量站，此站所表現出之相對重要性相當顯著，因此，在碧湖雨量站上，應用模糊化修正式反距離指數法並沒有降低太多的降雨推估誤差，相反地，徐昇網法則是較適合應用在這樣的站網分佈關係上。

在整合水平距離影響因子之隸屬函數及垂直高程影響因子之隸屬函數時，吾人採用了數種數學演算方法，包括：權重平方和開平方根、權重和、權重積、最大值及最小值，將此兩因子之影響性整合在一起。由表 1 可知，最小值法為整合此兩因子最佳之數學演算法，其次是權重積法。此外，最佳水平距離指數—m 值，除了太平雨量站位置外，均較最佳垂直高程差距離指數—n 值來的大；由此現象可知，隨著未知雨量位置與周圍各雨量站之水平間距及垂直高程差增加，所表現的相對重要性將遞減，同時，此相對重要性遞減的速率，受到水平間距因子的影響甚於垂直高程差因子，圖 3 可以解釋此特性。

本研究為證實以 2002 年之日降雨紀錄所找出來之最佳 m 及 n 值具有通用性，又採用 2001 年之日降雨資料來驗證所優化出之參數，結果如圖 4 所示。結果證實模糊化修正式反距離指數法確實比傳統方法所造成之降雨推估誤差來得小，尤其是在預推估雨量位置與周圍雨量站間之高程差變異較大的情況，模糊化反距離指數法更有其優勢。

由於本階段同時考慮水平距離及垂直高程差兩影響因子，因此，水平距離指數—m 值及垂直高程差距離指數—n 值之變異，均會影響到整合之隸屬函數，進而改變各雨量站所表現之相對重要性及權重分

配，且影響到降雨推估之準確性。

固定 m 值，分析累積絕對誤差(MAE)隨著 n 值變化之變異情形，如圖 5 所示。由此等分析圖可知，採用權重和開平方根、權重和及最大之數學演算法來整合此兩影響因子之曲線圖，有較為相似之曲線趨勢。在坪林雨量站位置上，此等曲線均是先遞減，接著達到一個最低點，最低點表示有最小之累積絕對誤差，過了最低點之峰值後，則緩慢地進行小幅上升，最後趨於平緩，而這個最低點之峰值，無論 m 值如何變化，多介於 n 值為 0-2 之範圍內。然而，採用權重積及最小值數學演算法所得之曲線，則較不具有規則性，雖然該等曲線仍會有一個最低點，但是最低點峰值出現位置之 n 值，乃隨著 m 值之變化而有很大的不同。

而在十三股雨量站位置上，此等曲線一開始先慢慢爬昇，接著則呈現一個較為平緩的水平線，換言之，在此種情況下，最小之降雨推估誤差乃發生在 n 值為 0 時。此外，在九芎根雨量站位置上所得之曲線，其趨勢與坪林雨量站所得之曲線較為類似；而在翡翠雨量站位置上所得之曲線，與碧湖雨量站所得之曲線趨勢相似；由此可知，與周圍雨量站間之相對分佈關係類似的情況下，所表現之曲線趨勢將較為相近。

同樣地，吾人固定 n 值，並探討 MAE 與 m 值間之關係圖，如圖 6 所示。由結果亦可發現，採用權重和開平方根、權重和及最大之數學演算法來整合此兩影響因子之曲線圖，亦具有較為類似之趨勢；而採用權重積及最小值數學演算法所得之曲線，曲線走向之變異性亦較顯著，換言之，在此兩演算方式下，最低點所位置之 m 值，將隨著 n 值變化而有所變異。

採用權重積及最小值法整合兩影響因子，在十三股、翡翠及九芎根雨量站位置，所得到之曲線圖較為奇特，此等曲線首先會呈現平緩的水平線，接著會往下遞減，這表示最佳水平距離指數 m 值總是會一個不為零的數值。而在太平雨量站位置上，無論採用何種數學演算將兩影響因子整合在一起，所得之曲線均相當平均，也就是

說， m 及 n 值變異對於累積絕對誤差影響之敏感度不高。

五、計畫成果自評

本計畫計畫完成的時程為兩年，目前第一年的工作都已完成，其內容亦與原計畫沒有太大的出入。本計畫第一部份模糊化降雨空間變異方法之建構，已投出一篇英文論文至 Journal of Hydrology，題目為「Applying Fuzzy theory and genetic algorithm to interpolate precipitation」。非點源污染模擬及 BMPs 最佳化配置應用之研究，也將於近期內完成，並結果分析整理發表於期刊論文。

六、下年度研究方向

本研究計畫將採用之 WinVAST 模式為 2003 年由美國維吉尼亞大學所發展。本計畫團隊於第一年之工作執行期間，已針對該模式與維吉尼亞大學模式研發團隊共同討論，發現此模式之應用性相當廣泛，惟細部演算法及功能有待提升。此外，將地理資訊系統(GIS)及 WinVAST 模式整合，將可降低此模式擷取資料之不確定性，實有待加強此等功能，以提升 WinVAST 模式之應用性。因此，本研究計畫建議追加一位具有非點源污染模擬、集水區污染整治及地理資訊系統分析能力之博士後研究員，以利研究計畫順利進行，並提高本計畫成果之價值。

下年度工作重點為延伸之應用研究，將以模糊化方法所建構之降雨空間變異模式，提高集水區內降雨空間資訊之掌握，降低降雨資料輸入之不確定性。較為準確之降雨輸入，將可提升非點源污染模式模擬結果之準確性，以作為 BMPs 管制策略建構及集水區分區管制優先順序決策之依據。此外，建議聘僱之博士後研究員，將與美國維吉尼亞大學 WinVAST 模式發展小組，共同將此模式與 GIS 結合，以其 WinVAST 模式之應用性更為廣泛。

七、參考文獻

- [1] Bardossy, A., Bogardi, I., Duckstein, L., 1990. Fuzzy regression in hydrology. *Water Resources Research* 26 (7), 1497-1508.
- [2] Bartier, P.M., Keller, C.P., 1996. Multivariate interpolation to incorporate thematic surface data using inverse distance weighting (IDW). *Computers & Geosciences* 22 (7), 795-799.
- [3] Bellman, R., Zadeh, L., 1970. Decision-Making in a Fuzzy Environment. *Management Science* 17 (4), 141-164.
- [4] Chaubey, I., Haan, C.T., Grunwald, S., and Salisbury, J.M., 1999. Uncertainty in the model parameters due to spatial variability of rainfall. *Journal of Hydrology* 220, 48-61.
- [5] Cheng, C.H., 1998. A new approach for ranking fuzzy numbers by distance method. *Fuzzy sets and systems* 95, 307-317.
- [6] Cheng, C.T., Ou, C.P., Chau, K.W., 2002. Combining a fuzzy optimal model with a genetic algorithm to solve multi-objective rainfall-runoff model calibration. *Journal of Hydrology* 268, 72-86.
- [7] Dirks, K.N., Hay, J.E, Stow, C.D and Harris, D., 1998. High-resolution studies of rainfall on Norfolk island, Part II: Interpolation of rainfall data. *Journal of Hydrology* 208, 187-193.
- [8] Faures, J.M., Goodrich, D.C., Woolhiser, D.A., and Soroosh, S., 1995. Impact of small-scale spatial variability on runoff modeling. *Journal of Hydrology* 173, 309-326.
- [9] Goldberg, D.E., 1989. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-Wesley, Reading, MA.
- [10] Klir, G. J., Yuan, B., 1995. *Fuzzy sets and fuzzy logic-theory and applications*. Prentice—Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- [11] Nalder, I.A. and Wein, R.W., 1998. Spatial interpolation of climatic normals: test of a new method in the Canadian boreal forest. *Agricultural and Forest Meteorology* 92, 211-225.
- [12] Tabios, G.O. and Salas, J.D., 1985. A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. *Water Resources Research* 21 (3), 365-380..
- [13] Tung, C.P., Hsu, S.Y., Liu, C.M and Li, J.S., 2003. Application of the genetic algorithm for optimizing operation rules of the LiYuTan reservoir in Taiwan. *Journal of the American water resources association* 39, 649-657.
- [14] Vicente, L.L., 1996. On the effect of uncertainty in spatial distribution of rainfall on catchment modeling. *Catena* 28, 107-119.
- [15] Wu, S.M., Huang, G.H., Guo, H.C., 1997. An interactive inexact-fuzzy approach for multiobjective planning of water-resource systems. *Water Science and Technology* 36 (5), 235-242.

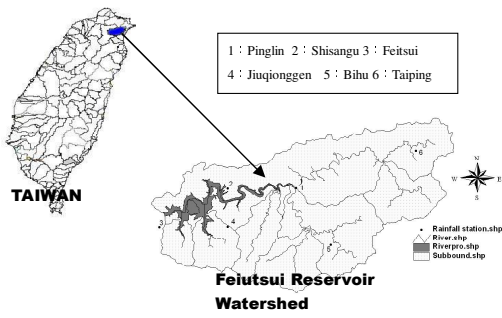


圖 1 翡翠水庫集水區及雨量站分佈

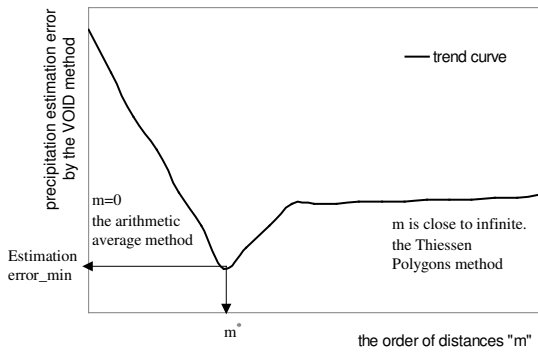


圖 2 降雨推估誤差 VS. 水平距離指數”m 值”

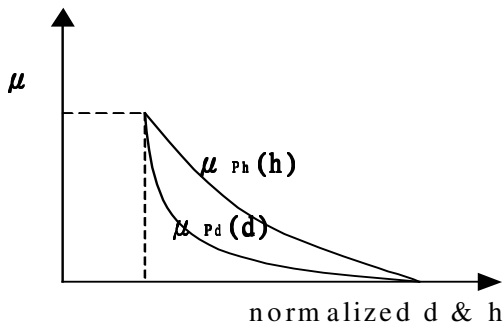


圖 3 水平距離因子及垂直高程差因子之隸屬函數圖

表 1 各種降雨補遺方法所造成之推估誤差 (2002 年降雨資料)

Methods	Arithmetic		Thiessen		Fuzzy				
	MAE	RE	MAE	RE	MAE	RE	m	n	type
Pinglin	830	0.44	731	0.39	687	0.36	2	1	min
Shisangu	1069	0.56	1090	0.57	810	0.42	4	2	min
Feitsui	1171	0.57	1170	0.57	716	0.35	6	1	min
Jiuqionggen	768	0.36	748	0.35	556	0.26	6	4	min
Bihu	1365	0.56	997	0.41	1181	0.49	4	2	multi.
Taiping	1841	0.57	1410	0.43	1714	0.53	1	6	multi.

MAE unit: mm
 min: minimum operation
 multi.: multiplication operation
 m : 水平距離指數
 n : 垂直高程差距離指數

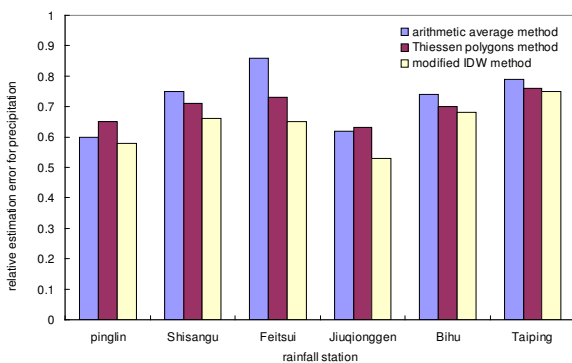


圖 4 各種降雨補遺方法所造成之推估誤差 (2001 年降雨資料)

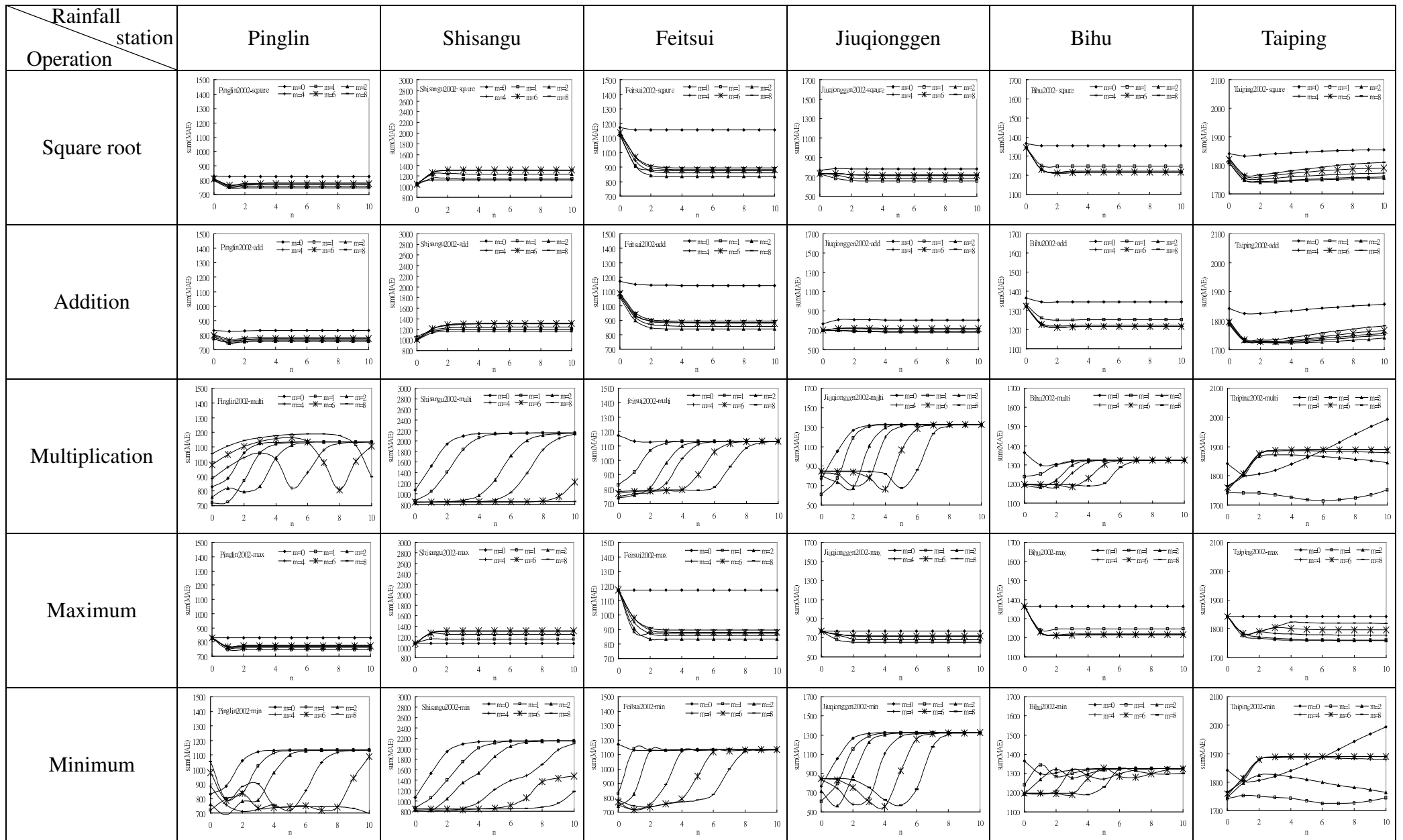


圖 5 降雨推估誤差 Vs. 垂直高程差指數“n”

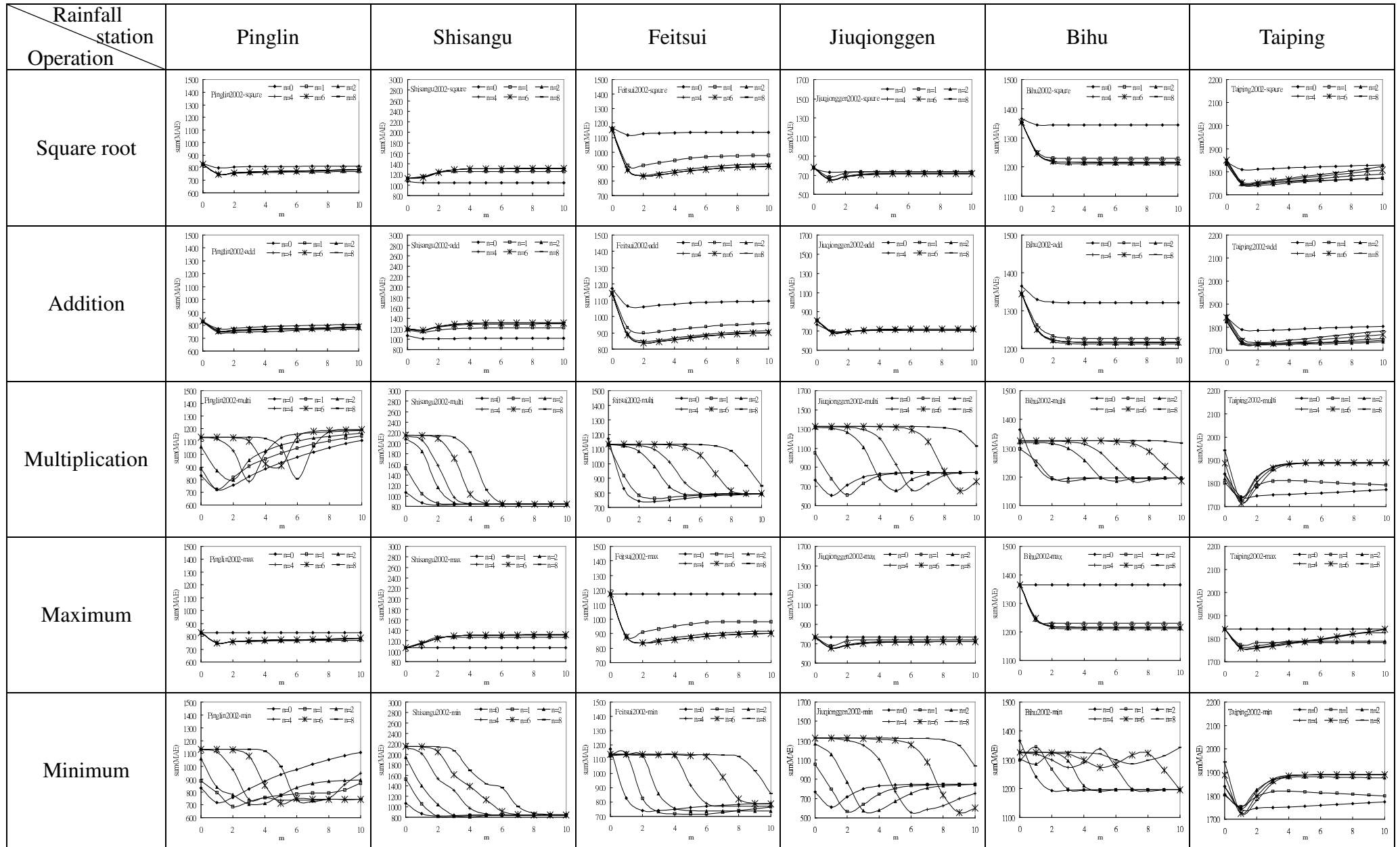


圖 6 降雨推估誤差 Vs. 水平距離指數“m”