

夏季日降雨量空間分佈特性之研究

Characterization of Spatially Distributed Summer Daily Rainfall

致遠管理學院環境資源學系
助理教授

謝 惠 紅*

Huey-hong Hsieh

致遠管理學院資訊管理學系學生

周 世 昌

Shin-chang Chou

致遠管理學院環境資源學系
助理教授

鄭 士 仁

Shin-jen Cheng

致遠管理學院資訊管理學系
學生

劉 璟 燁

Jing-ye Liou

致遠管理學院資訊管理學系學生

蕭 博 仁

Bo-ren Siao

摘 要

集水區水資源之經營與管理，有賴於精確地推估集水區內水資源之輸入與輸出。在利用分散式水文、水理模式推估集水區內降雨—逕流之運動行為時，若能獲得精確之降雨空間分佈之輸入，則將有助於此類模式模擬之結果，進而改善集水區之經營與管理。

本研究選定石門水庫集水區民國 84 至 89 年夏季日降雨量紀錄，用差值方式推估集水區內之降雨量空間分佈。本研究所選用之差值方式為：反距離全重法(Inverse Distance Weighting, IDW)以及克利金法(Kriging)。本研究採用交叉驗證法(Cross Validation)以檢驗所推估之降雨平面圖。根據驗證所得之結果顯示以反距離權重法推求降雨之空間分佈優於克利金法(IDW 法之平均誤差為 0.04，Kriging 法之平均誤差為 0.54)。因此在雨量站分佈較少之區域，建議以反距離權重法推求該區域之降雨分佈。

關鍵詞：差值，降雨空間分佈，反距離權重法，克利金法。

ABSTRACT

Precipitation is one of the most important factors for determining the hydrological response of a catchment. Watershed management, flood control, and water resources management all rely on accurate rainfall estimations for further analysis. With the increasing demands of distributed hydrological modeling, spatial-distributed rainfall input

*通訊作者，致遠管理學院資訊管理學系，721 台南縣麻豆鎮南勢里 87-1 號，hhsieh@mail.dwu.edu.tw

becomes necessary to utilize the full capabilities of distributed modeling.

The daily summer rainfall records (20 rain gage stations) of the Shih-men Watershed from 1999-2000 were used to predict the spatial rainfall distribution on Shih-men Watershed using two interpolation schemes : inverse distance weighting (IDW) and ordinary kriging. From these data, 200-m grid subsets were extracted and interpolated. The different interpolation schemes were compared in terms of cross-validation statistics (six events). The results indicate that IDW (mean error 0.04) lead to more accurate representations of the spatial distribution of rainfall than ordinary kriging (mean errors 0.54). Therefore, with sparse rain gage network, IDW is suggested for spatial rainfall predictions.

Keywords: Interpolation, Spatial rainfall distribution, Inverse distance weighting, Ordinary kriging.

一、緒 論

降雨為水文循環之最重要因子，大部分水文水理演算模式，其輸入皆有賴於降雨推估，使其相關演算得以順利進行。一般通常採取集水區內數個雨量站之平均值代表整個區域之降雨量作為水文水理模式之輸入，此種作法對於冬季鋒面型之大區域性降雨或可獲致不錯之模擬結果。然而對於春、夏季所發生之局部性降雨，其降雨於空間分佈存在較大之變異特性，若單以少數雨量測站計算之區域性降雨量平均值代表整個集水區之降雨量則可能造成模擬之誤差。因此於水文水理模擬中，若能提供精確之空間分佈降雨量為模式之輸入，則可避免不必要之誤差並改善模式之模擬結果。

傳統平均雨量估計方法有算數平均法 (arithmetical averaging method)、徐昇多邊形法 (Thiessen polygons method)、高度平衡多邊形法 (height-balance polygons method) 與等雨量線法 (isohyetal line method) (王與易, 1979)。算數平均法因未計入各站範圍與地形變化等因子，其準確性較差。而其他三種方法主要應用於空間資料，雖將測站控制面積與地形因素納入考量，可獲得較精準之推估值。但是出現雨量測站漏失資料時，則必須重新繪製地圖，以取得各測站之權重值，其實用性有限。

鑒於雨量測站之逐漸增多，其累積較為長期之雨量觀測資料，且現今地理資訊系統之完善發展，已足可提供快速且精確地推估區域性降雨之空間分佈量。研究中，利用 ArcGIS 模組所提供之差值功能－反距離權重法 (Inverse Distance Weighting，簡稱 IDW) 與克利金法 (Kriging method)，探討兩方法應用於不同個數之測站資料，所推估之空間降雨量分佈之異同。研究目的為應用目前通用之地理資訊系統軟體 ArcView，並採用中央氣象局於石門水庫集水區 1980 至 2000 年發生於夏季之降雨事件，提出夏季局部降雨分佈之合宜推估方式，臻以提供相關研究之參考應用

二、降雨空間推估理論

近年來，隨著電腦科技之快速進展，有關於空間資訊系統亦為之蓬勃發展。由於電腦運算速度與圖形處理器的效能提高，許多較為複雜之推估雨量方法，亦因電腦軟硬體效能之提昇，逐漸發展成為空間資訊分析之利器。

降雨－逕流模式之主要目的為建立降雨與逕流間之定率關係。集塊模式或分布模式之檢定與驗證過程，皆須先行取得研究地區之平均雨量，作為模式之輸入。本研究乃採用反距離權重法與克利金方法，計算研究地區之平均雨量。反距離權重法與克利金方法之基本概念相同，皆為

測站間距離愈接近者，其關係愈密切，反之則關係愈小。其不同處為反距離權重法之水文量距離函數僅與距離次冪之倒數相關，而克利金法之水文量距離函數稱為半變異圖(semivariogram)，其為水文量與距離之變異數形式，且有固定之函數型態。

2.1 反距離權重法

反距離權重法為常用插值方法(Burrough 與 McDonnel, 1998; 楊政潭, 2003)。其理論為依據估計點與觀測點之距離關係給予相反之權重大小，其權重大小可由一次、二次甚至多次不等方程式求得。對任一觀測點之權重係數可如式(1)表示：

$$w_i = \frac{f(d_{D_i})}{\sum_{i=1}^N f(d_{0_i})} \dots\dots\dots(1)$$

其中， $f(d_{D_i})$ 為估計點與觀測點之距離函數； $f(d_{0_i})=1/d_{0_i}^a$ 代表觀測點間之距離函數。當 $a=1$ 時，此法稱為反距離權重法；而 $a=2$ 時，稱為反平方距離法。每一估計點之雨量估計值 P_0 為：

$$P_0 = \sum_{i=1}^N w_i P_i \dots\dots\dots(2)$$

2.2 克利金法

克利金法係假設降雨空間之變異程度已知，經由克利金系統獲得研究地區各個雨量測站之最佳權重值，從而求取研究地區之平均雨量。克利金方法具有線性無偏估最小估計變異數之特性。克利金方法由線性最佳估計值(linear optimal estimator)、半變異圖、克利金系統(Kriging system)與克利金估計變異數(Kriging estimated variance)所組成(Davis, 1986; Isaaks 與 Srivastava, 1989; Wackernagel, 1998 及 Chiles 與 Delfiner, 1999)。

1. 線性最佳估計值

克利金之線性最佳估計值 Z_K^* 乃是由 n 個可

用量測值與權重值之線性組合，其如下式所示：

$$Z_K^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \dots\dots\dots(3)$$

其中， λ_i 為第 i 個量測點之權重值； $Z(x_i)$ 為第 i 點之量測值。

2. 半變異圖

克利系統中之權重值由理論半變異圖模式所計算而得。一般而言，理論半變異圖通常未知，故須由觀測資料予以率定，此半變異圖稱為實驗半變異圖(experimental semivariogram)，而由於觀測資料本身所具有之隨機性(randomness)，所得之實驗半變異圖會呈現不規則之現象。然從統計觀點言之，對任意配對其相對距離 h_{ij} 近似 h 者，均視為與相對距離 h 相同之配對，以增加其配對數，而使得半變異圖較具規律性。其如下式所示：

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{h_{ij} \approx h} [Z(x_i) - Z(x_j)]^2 \dots\dots\dots(4)$$

式中， h 為空間中任意配對之近似相對距離； $N(h)$ 為空間中近似相對距離 h 之配對數。 $Z(x_i)$ 為第 i 點之量測值； $Z(x_j)$ 為第 j 點之量測值。於實際應用時，常以一函數關係式予以套配，其可如下表示：

$$\gamma(h) = \omega\gamma(h, a) \dots\dots\dots(5)$$

當配對之相對距離 h 增加時，其相應之半變異圖值亦隨之增加，然相對距離 h 逐漸增加至某一距離後而使半變異圖值不再增加，即半變異圖維持一定值時，此時之距離增為影響距離(range)，而相對應之半變異圖值稱為閾值(sill)。

3. 克利金系統

克利金法係利用已知觀測資料之空間統計分布(即半變異圖模式)，對推估區域之統計量作分析研究。基於無偏估與最小估計變異數之最佳估計條件下，解出已知資料線性組合權重值，進而推求隨機變量域 $Z(x)$ 任意未知位置之最佳線性無偏估之估計值。以半變異圖表示克利金系統如下：

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j \bar{\gamma}(v_i, v_j) + \mu = \bar{\gamma}(V, v_i), \quad i = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \end{array} \right. \dots\dots\dots(6)$$

其中，克利金系統等號左手邊之 $\bar{\gamma}(v_i, v_j)$ 為量測點/面積 v_i 與 v_j 之平均半變異圖；而右手邊之 $\bar{\gamma}(V, v_i)$ 則代表量測點/面積與量測點/面積 v_i 之平均半變異圖； μ 為拉格朗吉運算子(Lagrang's multipliers)。克利金估計變異數則如式(7)所示：

$$\sigma_K^2 = -\bar{\gamma}(V, V) + \sum_{i=1}^n \lambda_i \bar{\gamma}(V, v_i) + \mu \dots\dots\dots(7)$$

當應用克利金方法(亦稱為區塊克利金法，block Kriging method)推估集水區之平均雨量時(Cheng 與 Wang, 2002)，式(7)可改寫如下：

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j \gamma(x_i, x_j) + \mu = \bar{\gamma}(V, x_i), \quad i = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \end{array} \right. \dots\dots\dots(8)$$

式中， $\gamma(x_i, x_j)$ 為雨量測站 x_i 與 x_j 之半變異圖； $\bar{\gamma}(V, x_i)$ 代表推估區域與雨量測站 x_i 平均半變異圖。

由於在推估方法中，針對較小之雨量事件所推得結果可能產生推估值小於零之事件，而必須將其負值剔除。此外克利金法中所採用之插分函數，在各場降雨中會有不一致的型式(Hsieh, 2003)。因此，本研究主要乃採用較為簡單與保守之反距離權重法予以推估石門水庫集水區之空間降雨分佈。而在推估過程中，亦利用克利金法推估同一降雨事件並將其與實測值比較，藉以找出較準確之降雨平面推估方式。

三、研究集水區

本研究目的為探討差值方法於雨量平面分佈之適用性。石門水庫集水區為本研究之研究區域，其集水區形狀、地形變化與雨量站網符合本研究之需求。

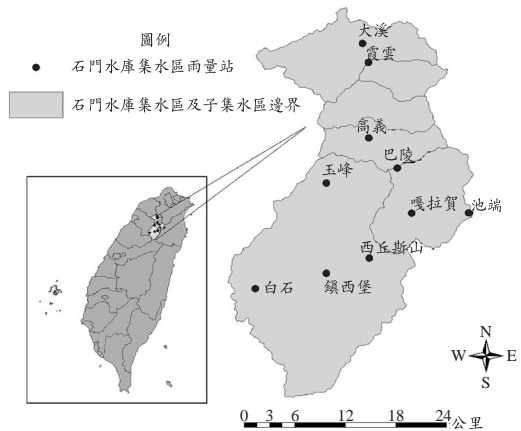


圖 1 石門水庫集水區及雨量站位置圖

石門水庫為一土石壩，完成於民國 53 年。壩址位於大漢溪上游，集水區大部份於桃園縣境，集水面積為 763.4 平方公里，水庫容量 309,120,000 立方公尺，其位置如圖 1 所示。水庫為一多目標水庫，具有灌溉、發電、防洪、公共給水、觀光等功能，為台灣光復初期所完成之大型水庫。石門水庫集水區共有 10 個雨量站，根據中央氣象局所提供之雨量紀錄顯示，石門水庫集水區之雨量站最早於民國七十八年設立高一雨量站後來陸續設立其他雨量站，目前集水區內共有十座雨量紀錄站。

四、結果與討論

為完成本研究之主要目的，本研究使用反距離權重法與克利金法來推估集水區內日降雨量之降雨空間分佈。研析步驟分別為 1. 蒐集整理研究集水區之雨量資料及分析其降雨型態；2. 應用差值方法於降雨平面之推估；3. 分析比較差值方法所推估之結果與實際觀測值，並討論之；4. 依據研析結果，探討研究集水區降雨空間分佈之合適推估方法與方式。

4.1 資料蒐集與整理

本研究採用之資料為中央氣象局所提供自 1980 至 2000 年雨量資料。由於其資料為全國所有隸屬於中央氣象局 374 個雨量站逐時降雨資料，因此本研究先行將之轉為 Access 檔案，並

表 1 集水區夏季雨量統計表

雨量測站 名稱	六月		七月		八月		九月	
	平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
大 溪	74.60	26.92	67.07	25.48	102.26	66.50	73.24	39.54
巴 陵	59.77	20.27	47.60	2.30	96.67	107.48	70.44	34.95
玉 峰	74.29	66.81	89.91	52.33	88.00	63.42	73.40	29.59
白 石	110.44	123.22	77.75	59.73	101.44	107.15	64.78	30.43
池 端	69.33	30.70	58.31	24.81	120.00	142.49	82.43	46.70
西丘斯山	53.40	11.68	62.75	18.19	111.57	115.38	107.75	94.12
高 義	65.00	17.40	71.44	47.67	116.80	93.53	120.70	75.61
嘎拉賀	60.54	14.42	54.33	15.25	90.40	80.85	83.11	43.24
霞 雲	64.08	25.65	87.47	59.28	77.88	55.66	85.83	39.83
鎮 西 堡	64.08	39.16	50.38	6.86	129.83	166.25	77.33	35.09
平 均 值	69.55	37.62	66.70	31.19	103.49	99.87	83.90	46.91
變 異 數	15.77	—	14.85	—	16.09	—	17.46	—
變異係數	0.23	—	0.22	—	0.16	—	0.21	—

利用集水區分佈圖定位石門水庫集水區之雨量站，藉以濾出本研究所需之降雨資料。

4.2 研究集水區之降雨特性

本研究首先將夏季(六月至九月)時降雨資料整理為日雨量資料，並完成簡單之雨量統計分析。表 1 為整理分析結果，其為六月至九月各雨量站之日雨量平均與標準偏差以及各單月 10 站之雨量平均值、變異數與變異係數。由表 1 之各單月之雨量平均得知，夏季時，石門水庫集水區之降雨以八月與九月為最多，而六月與七月次之。可見其雨量大都集中於八月與九月。而由表 1 最下方之 10 站雨量變異數與變異係數顯示，雖然單月各站雨量大小不一，但其雨量變異並不大。由此可知，水庫集水區之雨量特性保持均一性(homogeneous)。於研究過程中，可將其視為同一母體中之樣本，使之能應用這些降雨量紀錄予以推估此集水區之各項水文參數。

4.3 降雨平面之差值方法推估

為精確起見，本研究篩選日累積降雨量事件大於 50 公釐之降雨事件。將篩選後之日累積降雨資料匯入雨量站資料庫中，應用反距離權重法與克利金法推估各降雨事件之日降雨空間分

佈。其中，反距離權重法與克利金法所採用之網格大小皆為 200 公尺；反距離權重法之差值公式所使用之指數為 2，而克利金法所採用之理論半變異圖函數為球面(spherical)函數模式。在採用克利金法時，首先以自行撰寫之程式利用最佳化方式推估各日雨量事件的克利進法參數如影響距離及閾值等。研究區域所採用之 10 個雨量站，其站與站間之平均距離為 11,124 公尺，最短距離為 2,471 公尺，而最大距離則為 24,295 公尺。

圖 2 與圖 3 分別為應用反距離權重法與克利金法所推得 2000 年 7 月 10 日之日雨量分佈圖。應用克利金法時所採用之參數為：Range:76417，Sill=5315。由圖 2 與圖 3 可發現所推估之降雨中心(即日降雨深度之最大位置)皆位於雨量測站位置附近，此乃為應用差值方法推求降雨平面時，因為位於推估點鄰近之雨量站數不足，導致無足夠之雨量觀測值作為差值方法(反距離權重法與克利金法)之權重值。事實上，每場降雨事件之降雨中心點為大氣物理現象，其具有隨機性質，降雨深度中心並不會剛好集中於雨量測站周圍。因此由其研究結果可知，石門水庫集水區雨量站網密度不足(10 站)，無法應用差值方法精確地推估石門水庫集水區之降雨量空間分佈。

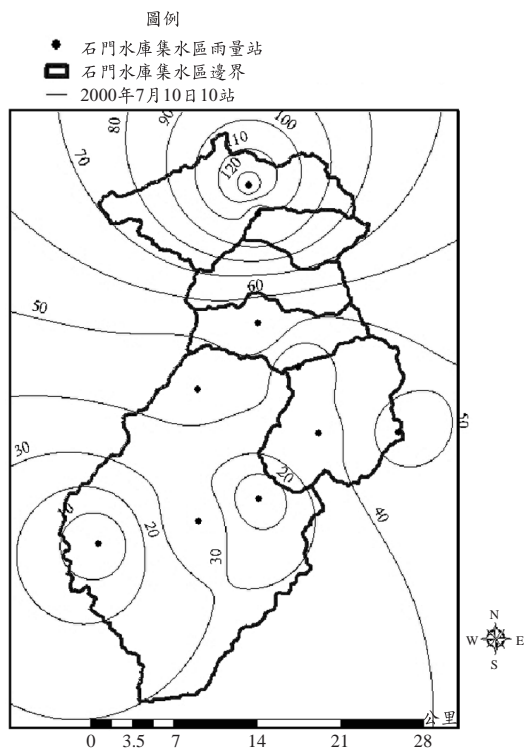


圖 2 應用反距離權重法推估之日雨量平面圖(2000年7月10日, 10站)

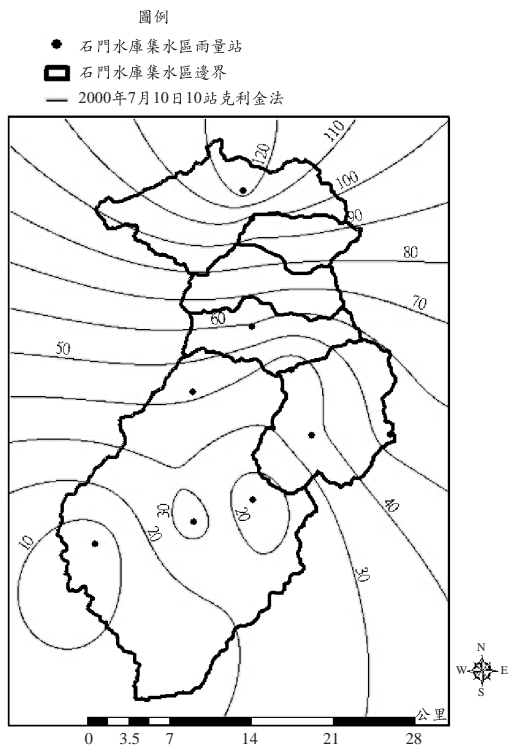


圖 3 應用克利金法推估之日雨量平面(2000年7月10日, 10站)

石門水庫集水區形狀為南北向長而東西向狹窄，其南北長度約為 48 公里，東西向長度約為 24 公里。由於集水區地文特性所致，於利用差值方式(徐昇多邊形法、反距離權重法或克利金法)推求降雨平面時，往往因無法蒐集足夠雨量資訊而導致推估誤差。

有鑑於此，本研究乃利用石門水庫地理中心，將距其地理中心 24 公里範圍內之雨量站資料皆納入差值方法之參考數據。如此可利用位於集水區鄰近外圍之雨量紀錄之輔助，藉以達到精確推估石門水庫集水區雨量空間分佈之目標。而為達到此一目標，本研究先至 ESRI 網站下載推求區域地理中心之 ArcView 外掛模組(Center of Mass 模組)，利用該模組找出石門水庫集水區之地理中心點。接著利用緩衝分析功能，以此地理中心為原點，繪製其方圓 24 公里之緩衝區域。然後將所有位於此緩衝區域內之雨量站納入，以作為推估研究集水區降雨平面之雨量紀錄之參

考依據。經由緩衝分析結果顯示，共計 20 站(含原先之 10 站)之雨量紀錄可作為雨量推估之用，其如圖 4 所示。

於緩衝分析後，本研究亦利用 20 站雨量紀錄，分別應用反距離權重法與克利金法，予以推估研究集水區之降雨平面分佈。應用克利金法時所採用之參數為： $R:64250$ ， $Sill=2950$ 。圖 5 與圖 6 為兩方法於 2000 年 7 月 10 日之推估結果。由圖 5 與圖 6 得知，兩方法所推估之降雨趨勢皆相似，其與研究集水區之地形及山脈走向符合。此結果顯示本研究應用緩衝分析而增加雨量推估時之參考降雨測站，為一恰當之做法。其可大幅降低因參考測站不足而導致推估誤差之風險。另由圖 2 與圖 5 得知，當可參考之雨量站資料足夠時，以反距離權重法推得之降雨平面圖較為細緻，其較能突顯出降雨之時空分佈，而應用克利金法亦同。惟當參考雨量資料不足時，以克利金方法所估計之結果與實際狀況存在相當

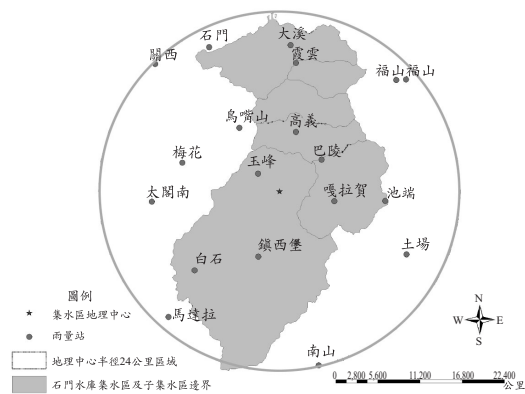


圖 4 石門水庫集水區地理中心方圓 24 公里內之雨量站位置圖

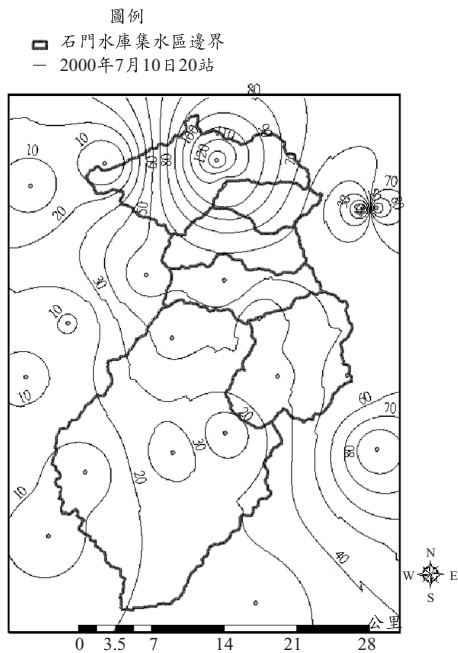


圖 5 應用反距離權重法推估之日雨量平面圖(2000 年 7 月 10 日, 20 站)

之誤差。因此可知本研究針對於石門水庫集水區降雨平面之推估結果，以反距離權重法為較佳。

四、雨量推估之精確度－交叉驗證法

為進一步掌握反距離權重法與克利金法所推估降雨平面之精確度，本研究乃利用交叉驗證方法(cross validation) (Hsieh, 2003)檢驗降雨平面

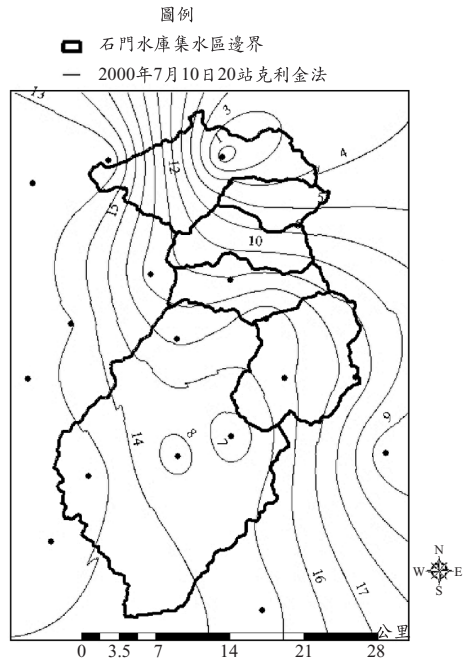


圖 6 應用克利金法推估之日雨量平面(2000 年 7 月 10 日, 18 站)

圖中雨量推估之精確度。其方法為將其中某一站雨量站紀錄剔除，以剩餘雨量紀錄來推估該場降雨事件空間分佈，然後取得該去除測站之雨量估計值，而與其實測值比較之。此種方式可進一步驗證雨量推估方法之優劣，為相關研究常用之驗證方法。本研究以玉峰站為例，玉峰站為鄰近石門水庫集水區地理中心之雨量站，首先去除該雨量測站，選擇其餘 19 站(或 9 站)大於 50 公釐以上之降雨事件，應用反距離權重法與克利金法，分別予以計算玉峰站位置點之日雨量值，進而利用所得推估值與實測值之比較結果，評估參考測站個數(9 站或 19 站)與推估方法(反距離權重法與克利金法)對降雨空間分佈估計結果之良莠。在推估過程中首先推求克利金法的參數，其結果顯示有兩個雨量站的位置與其他站的距離過大，會造成克利金法推估的誤差因此將此兩站(此兩站分別是中央氣象局所管理維護之福山站，代號為 C0A560 及水利署所維護管理之福山站，代號為 01A431)剔除，其評估結果如表 2 所示。

表 2 玉峰站日雨量實測值與不同測站個數不同差值方法之交叉驗證結果表 單位：公釐

日期	觀測值	idw 9 站	idw 17 站	克利金 9 站	克利金 17 站
7/10/2000	42	44.4012	41.8773	39.8906	32.3258
7/1/2000	132	131.997	131.995	131.78	47.2
7/8/2000	0	0.000283	0.000297	0.03427	7.983108
7/16/2000	55	54.878	54.998	54.878	14.1725
7/30/2000	5	3.263	4.999	3.263	3.23
8/2/2000	8	8.03	8.000677	8.03	16.2
8/5/2000	60	59.88	59.997	59.88	17.54
8/11/2000	17	16.958	16.9995	16.958	9.726
8/23/2000	45	44.987	45.000732	44.987456	55.525
8/24/2000	13	12.988	12.999583	12.988558	5.92488

表 3 玉峰站日雨量實測值與不同測站個數不同差值方法推估結果之絕對誤差表 單位：%

推估誤差	idw 9 站	idw 17 站	克利金 9 站	克利金 17 站
7/10/2000	5.72	0.29	5.02	23.03
7/1/2000	0.00	0.00	0.17	64.24
7/16/2000	0.22	0.00	0.22	74.23
7/30/2000	34.74	0.02	34.74	35.40
8/2/2000	0.37	0.01	0.37	102.50
8/5/2000	0.20	0.01	0.20	70.77
8/11/2000	0.25	0.00	0.25	42.79
8/23/2000	0.03	0.00	0.03	23.39
8/24/2000	0.09	0.00	0.09	54.42
誤差平均	4.62	0.04	4.57	54.53
標準差	11.44	0.10	11.43	26.25

為了評比方便，本研究再依據表 2 結果，予以計算不同測站個數與方法所推估雨量值與實測值間之絕對誤差。其方法為將所推估之雨量值扣除實測值後，除以實測值，然後取其絕對值。最後再以百分比方式表示(Hsieh, 2003)。絕對誤差表示式如式(9)所示：

$$\text{絕對誤差(\%)} = \left| \frac{\text{推估值} - \text{實測值}}{\text{實測值}} \right| \times 100\% \quad (9)$$

式中，推估值為應用反距離權重法或克利金法，參考雨量測站為 9 站或 19 站，所推估之玉峰站雨量值；實測值為玉峰站之實際量測值。應用式(9)所計算之結果可如表 3 所示。

由表 2 與表 3 可知，交叉驗證法中，應用反距離權重法或克利金法，參考測站為 9 站之推估

結果得知，以誤差平均而言，反權重平均法與克利金法所推估的結果與實測值差不多，然而當參考雨量站增加時，反權重平均法所得的結果與實測值較為接近，由此表所得的結果也顯示克利金法在測站增加時對於日降雨量的推估明顯不佳。

以單一方法，參考測站為 9 站與 17 站而言，應用反距離權重法參考測站足夠利用時，其平均誤差與其標準差均降低許多。換言之，本研究利用緩衝分析而增加參考雨量測站個數之方式，確實可減低推估錯誤之風險。

五、結論與建議

本研究利用石門水庫集水區之地理特性，探討不同差值方法與參考資料之多寡，是否影響其雨量分佈之精確度。經由資料之分析，方法之應

用與結果之討論，本研究獲致以下之結論與建議，分別敘述如下：

5.1 結論

1. 於利用集水區內之雨量測站，推估集水區之降雨空間分佈，其推估結果可能產生誤差。應針對集水區之地形、地勢與地文等特性，酌以考量引用集水區鄰近雨量測站，以降低推估誤差之風險。
2. 本研究應用緩衝分析以定位集水區地理中心，並以其為中心與一定距離為半徑，而篩選出集水區鄰近可資參考雨量測站資料。此方法為一可行且能增加推估雨量空間分佈之精確度。
3. 當僅應用集水區內雨量測站資料時，由於應用克利金法須先定義其半變異圖函數，其計算過程遠較反距離權重法為複雜，而其估計精度並未比反距離權重法為佳。故當此情況時，反距離權重法不失為一較佳方法。

5.2 建議

1. 經由石門水庫集水區之降雨空間分佈之實際推估結果，得知集水區內的雨量站密度略嫌不足。因此，本研究建議應再行增加石門水庫集水區雨量測站之個數。
2. 在檢視集水區之雨量資料庫時發現集水區或緩衝區內之雨量資料分別由許多不同單位維護及管理，造成雨量資料庫的品質不穩定，因此建議此雨量資料的建置及管理需要加強檢核之過程，以免造成資料錯誤叢生，品質不一的情況。
3. 經本研究於推估降雨空間分佈方式之研析與驗證後，反距離權重法可用以推估夏季日降雨量之空間分佈。

誌 謝

本研究得以順利完成，承蒙行政院國家科學委員會補助經費(計畫編號：NSC93-2211-E-434-003)，特此致謝。

參考文獻

1. 王如意、易任，應用水文學，上下冊，國立編譯館出版，茂昌圖書有限公司發行，1979。
2. 陳慎德、黃文虎，「地理統計於區域性監測井網規劃之應用」，瑞昶公司，2003。
3. 楊政潭，「雷達回波應用於颱風降雨空間分佈與總量之研究—以納莉颱風為例」，國立中央大學碩士論文，2003。
4. 經濟部水利署，「河川區域劃設水文分析報告」，經濟部水利署技術報告，2003。
5. Burrough, P.A., McDonnell, R.A., Principles of Geographical Information Systems, OXFORD, 1998
6. Cheng, S. J., Wang, R. Y., "An Approach for Evaluating the Hydrological Effects of Urbanization and Its Application," Hydrological Processes, 16(7), 1403-1418, 2002.
7. Chiles J. P. and Delfiner P, Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty, Wiley, New York, 1999.
8. Davis, J. C., Statistics and Data Analysis in Geology, John Wiley and Sons, 1986.
9. Hsieh, H. H., J. Stone, D. P., Guertin, D. D., Slack, "Stochastic Daily Rainfall Generation in Southeast Arizona: An Example from Walnut Gulch Experimental Watershed," pp.139-147, the First Interagency Conference on Research in the Watersheds, Benson, Arizona, October, 2003.
10. Isaaks, E. H. and Srivastava, R. M., Applied Geostatistics, Oxford University Press, New York, 1989.
11. Wackernagel, H., Multivariate Geostatistics, Springer-Verlag, Berlin, 1998.

收稿日期：民國 94 年 9 月 26 日

修正日期：民國 95 年 1 月 2 日

接受日期：民國 95 年 1 月 6 日