

# 集水區降雨量空間變異性探討-以南勢溪為例

陳文福<sup>(1)</sup> 王仲豪<sup>(2)</sup> 曹舜評<sup>(3)</sup> 梁隆鑫<sup>(4)</sup>

## 摘 要

本研究應用克利金法進行集水區 1 小時最大颱風降雨量之空間內插分析，並據以繪製等雨量線分布圖，再依「降雨累積深度會隨分布面積之增加而呈現遞減」之現象，建立集水區 1 小時最大颱風降雨面積遞減因子曲線，進而瞭解集水區颱風降雨量在空間分布之狀況。本研究選取位於台灣北部區域之南勢溪集水區為例，進行該集水區 1 小時最大颱風降雨空間分布分析，結果顯示為全區之 1 小時最大颱風降雨中心位於福山雨量站，其降雨量之分布呈現自西北向東南遞減之趨勢。於 1 小時最大颱風降雨面積遞減因子曲線圖中，該曲線變化中最明顯之面積遞減因子由 1.0 降至 0.75 之區段，其所對應之累計面積百分比為 0~20%，即 1 小時最大颱風降雨在本集水區約有 20% 以內之區域會發生明顯的空間分布變異性，有約 80% 的區域係屬均勻降雨之狀態。

(**關鍵詞**：克利金法，面積遞減因子)

## Investigation of Rainfall Spatial Variation in Watershed— Nan Shih Creek as An Example

*Wen-Fu Chen<sup>(1)</sup>, Jong-Hao Wang<sup>(2)</sup>*

Professor <sup>(1)</sup> and Doctoral Graduate Student <sup>(2)</sup>, Department of Soil and Water Conservation,  
National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan 402, ROC

*Shun-Ping Tsao<sup>(3)</sup>*

Assistant Professor, Department of Environmental and Hazard-Resistant Design,  
Huafan University, Taipei Hsien, Taiwan 223, ROC

*Long-Shin Liang<sup>(4)</sup>*

Technician, Center for Space and Remote Sensing Research,  
National Central University, Chung-Li, Taiwan 320, ROC

---

(1) 國立中興大學水土保持系教授

(2) 國立中興大學水土保持系博士班研究生

(3) 華梵大學環境與防災設計學系助理教授

(4) 國立中央大學太空及遙測研究中心主任

## ABSTRACT

This study used Kriging to analyze the spatial variety of 1hr maximum rainfalls caused by typhoons and draw the isohyet's map for the Nan Shih Creek watershed located on the North Taiwan. According to the isohyet's map, we set up the areal reduction factor curve of 1hr maximum rainfall for Nan Shih Creek watershed. This can help us know the variation of the rainfall on space. The results, showed that the trend of descending from northwestern to southeastern of 1hr-max rainfall spatial distribution in Nan Shih Creek watershed. On the areal reduction factor curve of 1hr maximum rainfall of Nan Shih Creek watershed had the rapid deviation on interval from 1.0 to 0.75, repositing to the percentage of accumulated area of whole watershed were 0 to 20. The obvious deviation of spatial distribution for 1hr maximum rainfall caused by typhoons on the Nan Shih Creek watershed is near 20% and about 80% of this area was precipitated uniformly.

(**Keywords:** Kriging, Areal Reduction Factor)

## 前 言

降雨為水文循環要素之一，示如圖 1，尤其對於位在亞熱帶季風氣候區之台灣而言，降雨為此區水資源之最主要來源。當中央氣象局發布降雨現象之預報(如颱風、梅雨、豪大雨特報等)，一般大眾最想知道的不外乎，雨會下多少？會下多久？下在哪裡？上述的疑問除反應出降雨現象該如何量化之問題外？亦顯示其具有時間變異及空間分布等特性。

降雨量的計算與分析，可藉由觀測儀器的量測，或是依循質量守恆的概念，應用水文方程式進行演算。降雨在時間上的變化歷程，可藉由降雨歷線或逕流歷線轉換分析而得；而降雨空間分布則是藉由等雨量線的繪製、或降雨深度－面積－延時曲線(Depth-Area-Duration curve, DAD curve)、或面積遞減因子曲線(Areal Reduction Factor curve, ARF curve)(經濟部水利署，2000~2004、陳堯風，1996、Hershfield, 1962)、或應用地理資訊系統(Geographic

Information System, GIS)等予以表示。近年來有關降雨空間分布現象之研析，因地理資訊系統的快速發展以及受到全球尺度水文(Global Scale Hydrology)(芮孝方，2004)概念之影響，已漸受重視。

在同一降雨事件下，降雨累積會隨分布面積之增加而呈現遞減之現象，此乃降雨空間分布特性之一，為求進一步之探討，本研究以集水區為研究單元，將位於區內與鄰近之雨量站降雨紀錄資料，彙整歷年颱風影響期間之 1 小時最大降雨資料，求得各雨量站之 1 小時平均最大颱風降雨資料(以下稱 1 小時最大颱風降雨)，應用地理統計(Geostatistics)進行空間內插演算，以及地理資訊系統之套疊分析(overlap analysis)進行集水區 1 小時最大颱風降雨量之等雨量線的繪製與展示，再計算及描繪集水區 1 小時最大颱風降雨之面積遞減因子曲線，藉以進行集水區降雨空間變化現象之探討，冀能作為日後進一步探討集水區經營管理與水土資源分配等作業之先期研究。

## 研究方法及資料分析

### 1. 研究方法

本研究選取位於台北水源特定區內之南勢溪集水區作為研究對象，形狀為南北軸較東西軸長，圓比值(circularity ratio)為 0.42，密集度(compactness)為 0.65，東北隅鄰翡翠水庫集水區，示如圖 2，面積約 331 平方公里。區內分別有交通部中央氣象局及經濟部水利署共設 4 處雨量站(摘自曹舜評等，2003)。為彌補可茲分析之資料的不足性，本研究以增加選取距本區邊界最近之鄰近雨量站的方式(Naoum and Tsanis, 2003)，並以無母數(nonparametric)檢定進行篩選，計選取 15 站。故本研究總計選用 19 個雨量站，示如圖 3 及附表 A，以其歷年 1 小時最大颱風降雨紀錄為分析資料，選用之歷年颱風資料如表 2，再應用地理統計進行空間內插，加以繪製 1 小時最大颱風降雨等雨量線圖，再引進面積遞減因子曲線，研析本集水區 1 小時最大颱風降雨與其分布面積變化之關係，以探討本區降雨空間變化之現象。綜合上述，本

研究之分析過程，示如圖 4。

### 2. 無母數統計與檢定(nonparametric statistics and test)

無母數統計係不以母體(population)中任何母數(parameter)(如平均數等)為估計或檢定對象的統計方法。因其不受母體是否為常態分布的限制，故又可稱為不限母體分配形態的統計方法(distribution-free statistics)；另因其方法不以母數為推論對象，而是應用統計資料的大小或先後順序排列的方式，來進行統計分析，故又常稱為順序統計的推論方法(order statistics)。無母數統計方法具有下列特質：

- (1) 不受母體分配型態限制，尤其是常態分配。
- (2) 其所推論之對象不為母體中的任何母數，如平均數。
- (3) 若母體分配型態已知，則有母數統計方式的推論效率會高於無母數統計方法。

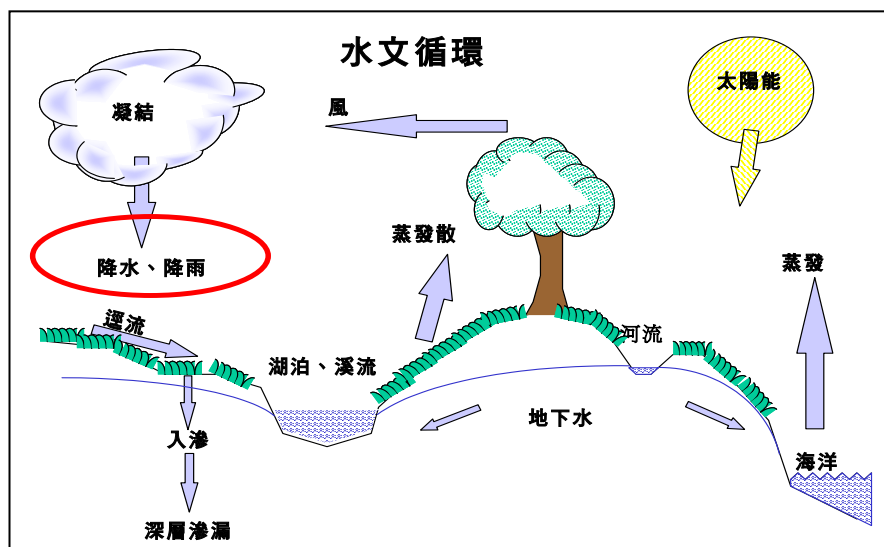


圖 1. 水文循環

Figure 1. Hydrologic cycle (Anonymous).

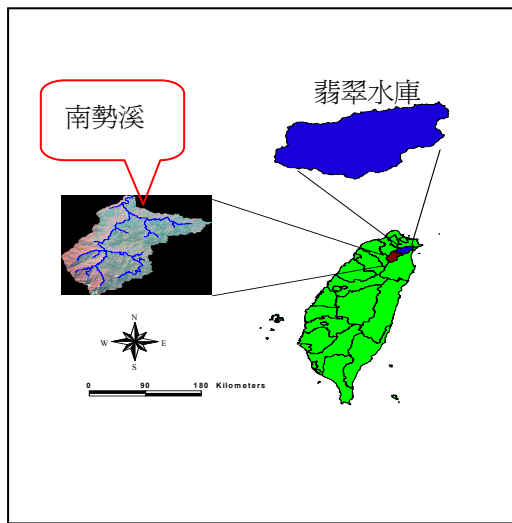


圖 2. 南勢溪集水區位置圖  
 Figure 2. Location of the Nan Shih Creek watershed.

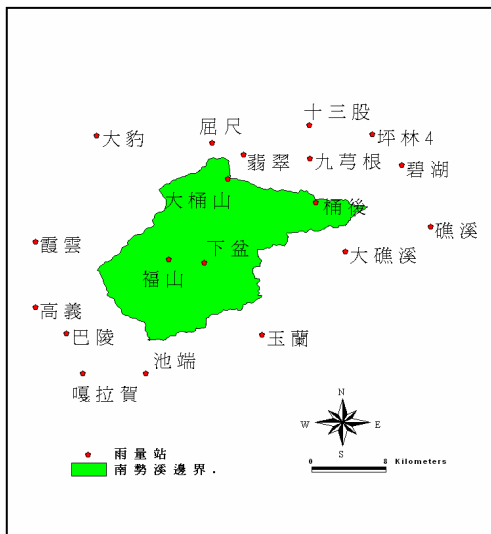


圖 3. 南勢溪集水區及其周邊雨量站分布  
 Figure 3. Distribution of the raingauges were chosen for this study.

(4) 其推論方法常利用排序資料來進行統計分析, 以中位數表示其中心位置; 位差(全距、四分位差等)表示離散的程度。

當兩組樣本為獨立樣本時, 則依 Wilcoxon 等級和檢定法(Wilcoxon rank-sum test)進行檢定, 本法又稱為 Wilcoxon 兩樣本檢定法(Wilcoxon two-sample test)。其檢定步驟如下:

- (1) 設有兩組隨機樣本, 樣本空間較小者其樣本數設為  $n_1$ , 樣本平均值為  $\bar{X}_1$ ; 樣本空間較大者樣本數設為  $n_2$ , 其樣本平均值為  $\bar{X}_2$ 。
- (2) 將兩組樣本混合, 由小到大排列, 分別給予  $1, 2, \dots, n_1 + n_2$  的等級, 如有相同數值的樣本資料, 先假定各觀察值按順序給予不同的等級, 再以各該等級的平均數, 來表示各相同樣本資料觀測值的等級。
- (3) 為計算方便起見, 等級之量值可依下列方式決定:
  - i.  $n_1 = n_2, \bar{X}_1 < \bar{X}_2$ , 樣本觀測值按上升排列, 即最小值者等級為 1。
  - ii.  $n_1 < n_2, \bar{X}_1 < \bar{X}_2$ , 樣本觀測值按上升排列, 即最小值者等級給 1; 若  $\bar{X}_1 > \bar{X}_2$ , 樣本觀測值按下降排列, 即最大值者等級為 1。
  - iii. 如  $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$ , 則依上升排列原則, 即最小值者等級為 1。
- (4) 由步驟(3)可得  $n_1$  個樣本之等級和為  $W_1$ , 再由  $W_1$  與  $n_1$  計算統計量  $U_0$ :

$$U_0 = W_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} \quad (1)$$

- (5) 判斷: 查詢樣本數  $n_1$  與  $n_2$  所對應之 Wilcoxon 等級和檢定表, 在顯著水準 (level of significance) 為  $\alpha$  的情況下, 如統計量  $U_0$  小於 Wilcoxon 等級和

表 2. 本研究選用之歷年颱風名稱(整理自中央氣象局)

Table 2. Typhoons used in this study were from CWB.

年別	颱風名稱	年別	颱風名稱	年別	颱風名稱
1971	1. 艾妮絲 2. 貝絲	1981	26. 伊瑪 27. 艾克 28. 艾妮絲 29. 莫瑞 30. 葛萊拉 31. 裘恩 32. 蓋依	1991	80. 布蘭登 81. 艾美 82. 耐特 83. 席斯 84. 密瑞兒 85. 愛麗 86. 露絲
1972	3. 莉泰	1982	33. 安迪 34. 西仕 35. 肯恩 36. 黛特	1992	87. 芭比 88. 泰德 89. 馬克 90. 歐馬 91. 寶莉
1974	4. 艾琳 5. 貝絲 6. 范迪 7. 琴恩 8. 黛拉	1983	37. 艾倫 38. 佛瑞特 39. 韋恩	1993	92. 亞伯 93. 塔莎 94. 楊希
		1984	40. 比爾 41. 亞力士 42. 芙瑞達 43. 郝麗 44. 傑魯得 45. 裘恩 46. 魏恩	1994	95. 弗雷特 96. 席斯 97. 凱特琳 98. 提姆 99. 葛拉絲 100. 道格
1975	9. 貝蒂 10. 妮娜	1985	47. 尼爾森 48. 白蘭黛 49. 海爾 50. 傑夫 51. 蒂絲 52. 衛奧	1995	101. 肯特 102. 珍妮絲 103. 荻安娜 104. 蓋瑞 105. 賴恩
1976	11. 艾瑞絲 12. 畢莉	1986	53. 艾貝 54. 佩姬 55. 南施 56. 韋恩 57. 薇拉	1996	106. 莎莉 107. 凱姆 108. 賀伯 109. 葛樂禮 110. 薩恩
1977	13. 魯絲	1987	58. 亞力士 59. 傑魯得 60. 琳恩 61. 費南 62. 賽洛瑪 63. 黛納	1997	111. 安珀 112. 艾文 113. 溫妮
1978	14. 婀拉 15. 黛拉	1988	64. 尼爾森 65. 克蒂 66. 李尹 67. 派特 68. 華倫 69. 魯碧 70. 蘇珊	1998	114. 妮寇兒 115. 芭比絲 116. 奧托 117. 楊妮 118. 瑞伯
1979	16. 戈登 17. 狄普 18. 茱迪 19. 賀璞 20. 奧文 21. 歐敏	1989	71. 莎拉 72. 羅拉	1999	119. 山姆 120. 丹恩 121. 瑪姬
1980	22. 艾達 23. 貝蒂 24. 珀西 25. 諾瑞斯	1990	73. 亞伯 74. 波西 75. 楊希 76. 瑪麗安 77. 歐菲莉 78. 黛特 79. 蘿賓	2000	122. 巴比倫 123. 貝碧佳 124. 啓得 125. 象神 126. 雅吉 127. 碧利斯 128. 寶發

檢定查表值  $U$ ，則放棄虛無假設(null hypothesis)  $H_0$ 。因南勢溪集水區內及其最鄰近之區外雨量站數量，未達到一般符合常態分布假設之樣本數量，即樣本數量大於或等於 30，故本研究應用 Wilcoxon 等級和檢定法，進行雨量站挑選檢定作業。

### 3. 地理統計

#### (1) 概述

地理統計為空間統計 (spatial statistics) 模式的一種，所謂空間統計係為分析空間資料的統計方法，其概念為位於空間中鄰近之資料通常會比較遠者具有較高之相似性，因為真實世界中的空間資料多為凌亂分散，為瞭解其空間變動之規律，遂發展出空間統計模式，一般而言空間統計模式大致可分為 3 種：地理統計 (Geostatistics)、格點空間模式 (Spatial Lattice Model)、空間點分佈型態 (Spatial Point Pattern)。

地理統計係假設已知之位置變數，一般稱為區域化變數 (regionalized variable)，為分布在一個連續空間的隨機域中，藉由建構適切之隨機過程模式，描述分布於不同位置之區域化變數的空間相關性 (spatial correlation)，並進一步進行區域中任意地點 (區塊) 變數值的推估，即進行所謂空間預測 (spatial prediction)，地理統計所使用的空間預測模式為克利金估計法 (Kriging)，因地理統計具有分析變數間之空間相關性的能力，目前已應用於分析水文、礦業、地質、大氣等與地理有關之領域 (黃信誠，2000)。

#### (2) 克利金估計法 (Kriging)

克利金法為空間估計或空間內插法的一種，係應用區域化變數在無偏估 (unbiased)

以及變異數為最小時的情形下，求得每一個樣本自身所占有的權重 (weight) 係數，再應用線性組合之方法求得待推樣點之估計值 (Journel 等, 1978)，故此法在統計上具有最佳線性無偏估性質 (Best Linear Unbiased Estimator，簡稱 BLUE)。由於此法係由克利金 (D. G. Kriging) 最先應用於礦產蘊藏量之估計，故法國著名統計學家 G. Matheron 在

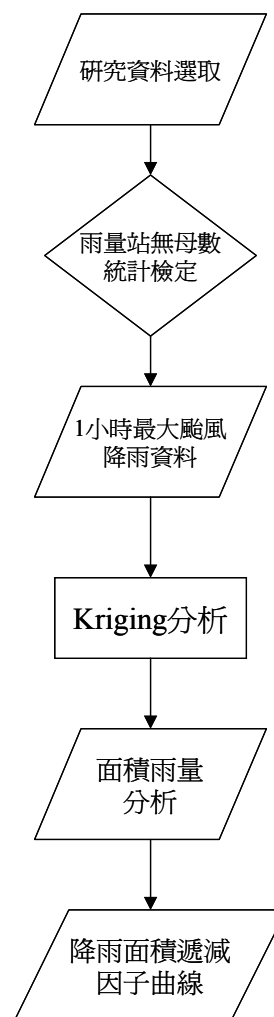


圖 4. 研究方法及流程  
Figure 4. Flowchart of this study.

1963 年將克利金之研究予以理論化及系統化時，即採用其名，將此法命名為 Kriging - 克利金估計法。

以克利金法進行雨量估計時，係假設沒有觀測值的待估計降雨量為周圍已知降雨量資料的線性加權組合，其中各權重係數為未知數，且已知的降雨量屬於區域化變數，根據無偏估性質，即估計值之期望值等於隨機變數之期望值，可推導出所有權重係數和必須等於 1 的權重係數方程式，再由估計值與觀測值差之變異數為最小之條件，即最佳化條件，推導出一線性方程組，再由此方程組推求出權重係數值，最後將求得之權重係數值代入線性加權組合式中，即可計算出待估計之降雨量，其演算程序說明如下：

(i) 線性無偏估性質

設  $Z(x)$  為一區域化變數，其在  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  等位置上之觀測值為  $Z(x_1), Z(x_2), Z(x_3), \dots, Z(x_n)$ ，欲由觀測值  $Z(x_i)$  推估未知值  $\hat{Z}(x_0)$ ，則需滿足 BLUE 性質，以及權重(weights)  $\lambda_i$  之總和需為 1，如式(2)所示，

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \text{ 且 } \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

(ii) 最佳化條件

所謂最佳化條件，係指估計值  $\hat{Z}(x_0)$  與觀測值  $Z(x_0)$  差之變異數為最小，即：

$$\min \{ \text{Var}[\hat{Z}(x_0) - Z(x_0)] \} = E[(\hat{Z}(x_0) - Z(x_0))^2] \quad (3)$$

為求解  $\lambda_i$ ，使其滿足(2)式與(3)式，遂引用拉格蘭日乘數(Lagrangian Multiplier)  $\mu$ ，

可得拉格蘭日函數(Lagrangian Function)  $L$  並令其為最小，

$$\begin{aligned} L &= \text{Var}[\hat{Z}(x_0) - Z(x_0)] - 2\mu(\sum_{i=1}^n \lambda_i - 1) \\ &= E[\hat{Z}(x_0) - Z(x_0)]^2 - 2\mu(\sum_{i=1}^n \lambda_i - 1) \\ &= \min \end{aligned} \quad (4)$$

分別  $\frac{\partial L}{\partial \lambda_i} = 0$ ，且  $\frac{\partial L}{\partial \mu} = 0$ ，則可得克利金系統方程組，如式(5)，

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \lambda_j \gamma(x_i - x_j) + \mu &= \gamma(x_0 - x_i) \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i &= 1 \\ i, j &= 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (5)$$

上式亦可以矩陣形式表示如下，

$$\begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \cdots & \gamma_{1n} & 1 \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & & \gamma_{2n} & 1 \\ \vdots & & & & \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \cdots & \gamma_{nn} & 1 \\ 1 & 1 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_{10} \\ \gamma_{20} \\ \vdots \\ \gamma_{n0} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中  $\gamma_{ij} = \gamma(x_i - x_j) = \gamma(|x_i - x_j|)$ ，稱為半變異數(semivariance)， $x_i - x_j = h$  為兩觀測值之空間距離。

由(7)式解得  $\lambda_i$  後即可求得推估值  $\hat{Z}(x_0)$

4. 面積遞減因子(Area Reduction Factor, ARF)

面積遞減因子應用於降雨現象的分析係

源自於美國進行集水區面積雨量之推估，其概念係應用研究區域之等雨量線圖，計算等雨量線間之面積，進而推求不同面積區域之平均降雨量，據以計算並繪製降雨區域之面積遞減因子曲線。

Hershfield(1962)對於降雨面積遞減因子提出固定暴雨中心(storm centered)及固定區域(fixed area)兩種觀點：(1)固定暴雨中心乃是以暴雨之降雨中心為基礎，向外計算等雨量線間之面積，繼而求出各範圍內之平均降雨量，最後計算出 ARF；(2)固定區域則是以某固定之區域或集水區範圍為邊界，計算等雨量線切割之區域面積，進而求出各範圍內之平均降雨量，再加以計算得到 ARF。本研究係採用後者之固定區域觀點，進行南勢溪集水區 1 小時最大颱風降雨面積遞減因子之推求。

面積遞減因子係為點降雨量與面積平均雨量之比，故其值介於 0 至 1 之間，以數學型式可表示如下(De Michele et al., 2001)：

$$ARF(t, A) = \frac{I(t, A)}{I(t, 0)} \quad (7)$$

$$ARF(t, A) = \frac{P(t, A)}{P(t, 0)} \quad (8)$$

其中

$t$ ：降雨延時  $A$ ：面積

$I(t, A)$ ：降雨延時  $t$  面積  $A$  之平均降雨強度。

$I(t, 0)$ ：降雨延時  $t$  之點雨量強度。

$P(t, A)$ ：降雨延時  $t$  面積  $A$  之最大平均降雨量，且  $P(t, A) = t \cdot I(t, A)$ 。

$P(t, 0)$ ：降雨延時  $t$  之點雨量。

因為在實際狀況下量測點雨量資料之設施面積不可能為 0，因此可將(8)式改寫如下，

$$ARF(t, A) = \frac{I(t, A)}{I(t, A_0)} \quad (9)$$

其中

$A_0$ ：雨量量測設施所具有之面積。

## 5. 套疊分析(overlap analysis)

套疊分析為 GIS 結合空間及屬性資料，進行綜合性分析之一方法，主要是將兩張或兩張以上不同主題圖套疊，或針對套疊範圍內之屬性特性進行統計分析，進而得到新的空間及屬性資料(Heywood et al, 1999; Bernhardsen, 1999)。前者稱為地圖內容合成套疊；後者稱為地圖內容的統計疊圖(湯國安等, 2001)。合成套疊是針對套疊區域內之屬性資料進行邏輯運算，藉以區分不同屬性資料的分布區域，或者進行屬性資料的重新分類或分級，因此套疊結果為新圖層資料。統計套疊是計算某一圖層資料(如土地利用)在另一圖層資料(如行政區)之某個區域範圍內的分布狀況和數量特徵(如擁有的土地利用型態數量、各個土地利用型態的面積和面積百分比等)，或是萃取某個區域範圍內某種屬性內容。常見的套疊分析方法有融合分析(dissolve)、合併分析(merge)、擷取分析(clip)、交集分析(intersect)、聯集分析(union)等。本研究應用擷取分析進行集水區等雨量線分布圖繪製，而擷取分析為利用邊界範圍圖層，擷取各種不同主題之圖層，如圖 5 所示。

## 結果與討論

### 1. 雨量站篩選

本研究選取南勢溪集水區進行降雨空間變異之探討，但因該集水區內僅有 4 個雨量站，無法以一般常態分布之情形進行統計分析，為解決此一窘境，故先選取最接近研究



區邊界之雨量站資料，再應用無母數統計之 Wilcoxon 等級和檢定法進行篩選，分析過程如附表 B，共計選取 19 個雨量站。

## 2. 等雨量線繪製與空間分布變異性

本研究係選取南勢溪集水區內外雨量站歷年 1 小時最大颱風降雨資料，應用地理統計學中之克利金法進行空間內插，再將此結果以圖層方式表示並進行套疊分析，得到南勢溪集水區歷年 1 小時最大颱風降雨等雨量線分布，分析結果示如圖 6。由分析結果顯示，最大降雨區域落在以福山雨量站為中心之西南側區，其原因可由地形數值模型 (Digital Terrain Model, DTM) 萃取所得之南勢溪集水區海拔高度分布圖進行推衍，如圖 7 所示此區除北面區域之高程多在 500 公尺以下外，其餘區域之高程皆高於 500 公尺，尤其是從西側至南方邊界的高程多超過 1,500 公尺，如水汽無法越過此等高程時，則靠近本區西南側之區域便會行形成迎風面，進而會發生降雨集中之情形。

## 3. 面積遞減因子曲線

有關集水區降雨現象隨其分布面積之變化情形，一般言之，降雨量或降雨強度會隨其分布面積的增加而衰減，此現象可由集水區降雨面積遞減因子曲線的建立來表示。本研究採用 Hershfield 提出之固定區域觀點，將等雨量線圖與推估降雨量值分布結果，建

立起南勢溪集水區 1 小時最大颱風降雨面積遞減因子曲線，結果示如圖 8，圖中點狀分布圖示為 ARF 值，其中縱軸為面積遞減因子值，橫軸為累積面積百分比，可發現本區 1 小時最大颱風降雨面積遞減因子值發生明顯遞減變化的區段為 0.75~0.1，其所對應之累計面積百分比為 0~20%，其餘區段之遞減情形甚為緩和，可據以推論當降雨事件發生時，本區有約 80% 的區域係屬均勻降雨之狀態。

## 結論與建議

1. 降雨為水文循環之要素，其在時間與空間歷程中所產生的變化，營造出千變萬化的水土環境。本研究以集水區為研究單元，選用歷年颱風 1 小時最大降雨資料，以地理統計之克利金推估法進行空間內插演算，再應用地理資訊系統套疊分析演算成果，藉以探討集水區降雨空間變化現象，冀能作為爾後進一步探討集水區水資源分配與管理問題之先期研究作業。
2. 本研究選取之南勢溪集水區，其圓比值為 0.42，密集度 0.65，爾後可再選擇不同圓比值之集水區，即集水區形狀與南勢溪集水區有顯著差異者；或地文參數差異較大之不同集水區，進行颱風降雨之面積遞減因子曲線之比較，藉以瞭解集水區地文參數對降雨空間分布的影響性。

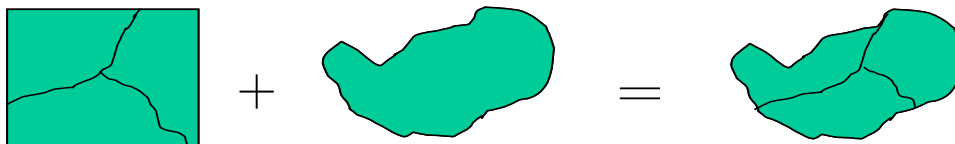


圖 5. 擷取分析概念圖

Figure 5. Idea of clip analysis.

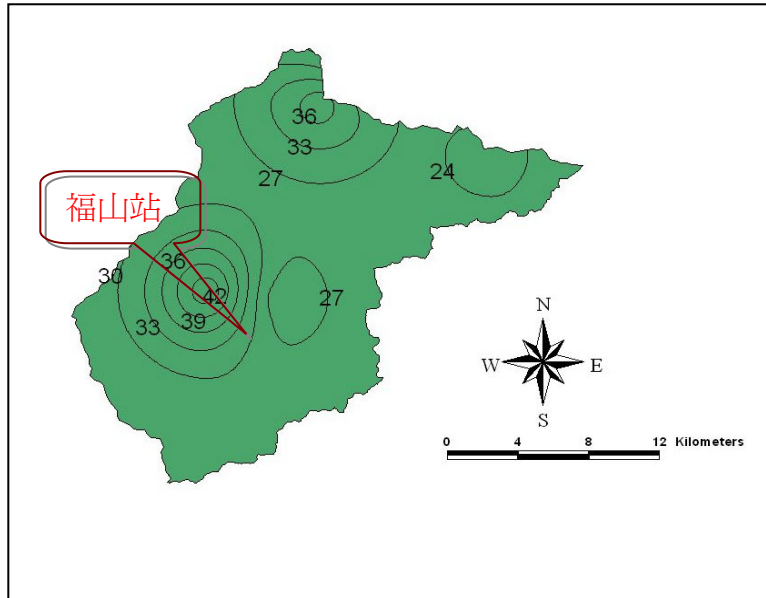


圖 6. 南勢溪集水區 1 小時最大颱風降雨等雨量線圖 (單位 : mm)

Figure 6. Isohyet map of 1hr maximum rainfall caused by typhoons in the Nan Shih Creek watershed .(unit: mm)

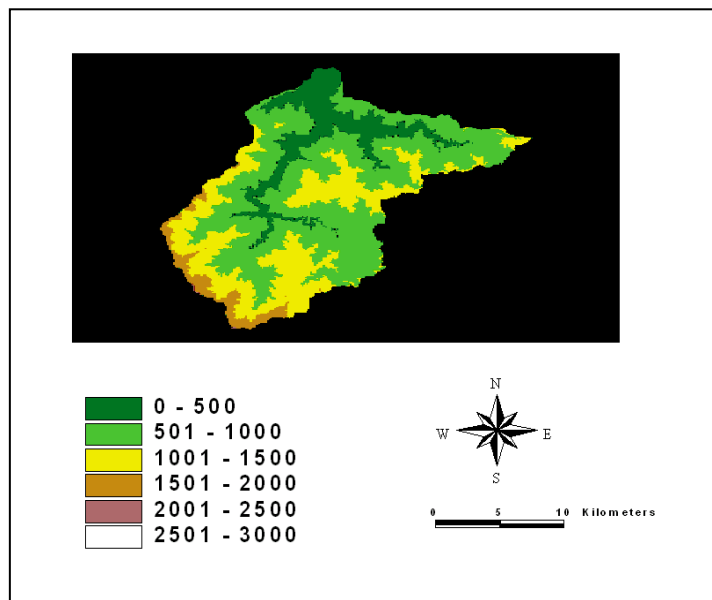


圖 7 南勢溪集水區高程分布(單位 : m)

Figure 7. Topology of the Nan Shih Creek watershed. (unit: m)

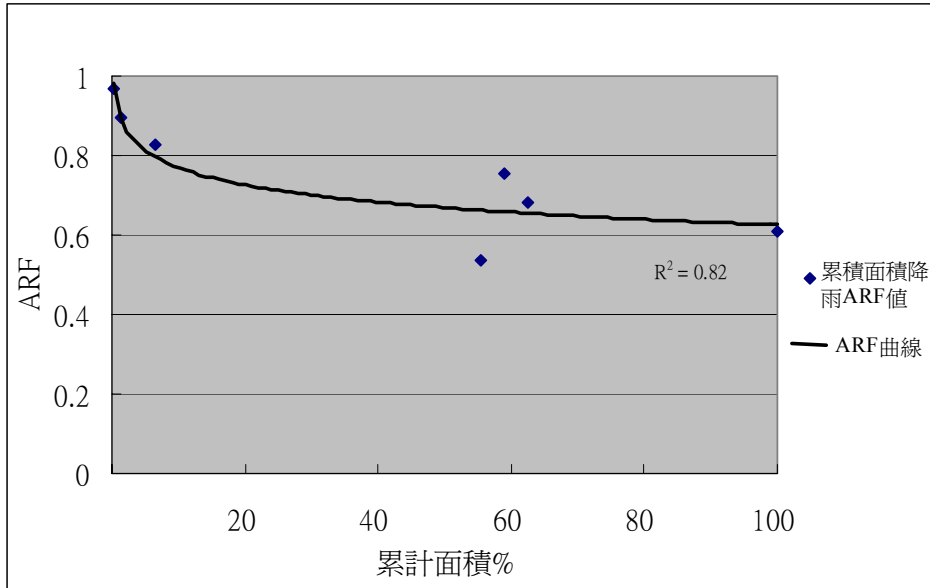


圖 8. 南勢溪集水區 1 小時最大颱風降雨面積遞減因子曲線

Figure 8. 1hr-ARF curve of the Nan Shih Creek watershed.

3. 一般而言影響集水區降雨分布的因子除了大氣條件之外，地形因子亦為另一要素。為簡化資料分析時的複雜度，本研究不考慮大氣因子對集水區降雨之影響，選用歷年 1 小時最大颱風降雨紀錄值進行分析，因颱風雲系所涵蓋的區域廣闊，故其產生之降雨可視為均勻降雨，可降低分析過程之複雜度。故有關集水區降雨空間變異分析，後續可考量集水區地形因子（如高程、坡度等），應用另一種可分析多變量空間變異之共克利金法(co-kriging, 又稱協同克利金法)，進行本研究區域之降雨空間變異性分析。此外，亦可再依不同侵台路徑、強度及延時之颱風降雨資料進行分析，建立不同類型颱風降雨面積遞

減因子，並比較其空間分布的差異性，冀充實本研究區域之降雨空間變化現象的探討。

4. 在進行暴雨或逕流分析皆以單位時間降雨紀錄值，即降雨強度(rainfall intensity)，作為演算模式的輸入值，最常使用之降雨強度資料為 1 小時降雨紀錄值(mm/hr)，為選用具代表性且易蒐集之降雨強度資料，故本研究選取 1 小時最大颱風降雨資料作為分析所用之降雨強度資料，但颱風此種天氣系統所產生之降雨現象，一般而言具有降雨延時長、降雨強度大等特性，故本研究未來擬繼續蒐集延時較長之集水區颱風降雨紀錄資料，如延時 24 小時降雨資料，進行空間分布變

異特性分析，並應用 GIS 將其結果與水土資源之相關資料再進行套疊分析，冀以提供集水區整體規劃經營之參考。

### 參考文獻

1. 芮孝芳，(2004)，「水文學原理」，北京。
2. 陳堯風，(1996)，「北部地區降雨面積遞減曲線建立之研究」，國立台灣大學碩士論文。
3. 曹舜評等，(2003)，「南勢溪集水區坡地災害之水文特性研究(I)」，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，台北。
4. 黃信誠，(2000)，「空間統計簡介」，自然科學簡訊第十二卷第三期，pp.101~104。
5. 經濟部水利署，(2000~2004)，「台灣地區降雨深度-面積-延時曲線之建立」，台北。
6. 湯國安、趙牡丹，(2001)，「地理信息系統」，科學出版社，北京。
7. Bernhardsen, T., (1999), "Geographic information systems: an introduction—2nd ed.," John Wiley & Sons, Inc. NY.
8. De Michele, C., N. T. Kottegoda, and R. Rosso, (2001), "The derivation of areal reduction factor of storm rainfall from its scaling properties," Water Resour. Res. 37:3247-3252.
9. Hershfield, D. M., (1962), "Extreme rainfall relationships," Proc. ASCE., J. Hydraul. Div., (88)HY6: 73-79.
10. Heywood, I., S. Cornelius, and S. Carver, (1999), "An introduction to Geographical Information Systems," Addison Wesley Longman, London.
11. Journel, A. G. and C. J. Huijbregts, (1978), "Mining geostatistics," Academic Press, London.
12. Naoum, S., and I. K. Tsanis, (2003), "Temporal and spatial variation of annual rainfall on the island of Crete, Greece," Hydrol. Process., 17:1899-1922.

---

93 年 02 月 08 日 收稿

93 年 03 月 13 日 修改

93 年 03 月 18 日 接受

附錄(Appendix)

A. 本研究選用雨量站資料

附表 A. 雨量站資料表

Table A. Relative data of 19 raingauges.

項次	站名	轄屬機關	紀錄時間	海拔高(m)	1 小時最大颱風降雨量(mm)
1	桶後*	中央氣象局	1987-2002	387	21
2	下盆*	中央氣象局	1987-2002	140	22
3	福山*	經濟部水利署	1978-1999	500	42
4	大桶山*	經濟部水利署	1979-1999	916	35
5	屈尺	中央氣象局	1987-2002	90	21
6	礁溪	中央氣象局	1996-2002	39	27
7	玉蘭	中央氣象局	1996-2002	494	19
8	大礁溪	中央氣象局	1996-2002	268	22
9	大豹	經濟部水利署	1974-1999	600	40
10	翡翠	翡翠水庫管理局	1988-2002	202	19
11	碧湖	經濟部水利署	1971-1999	360	34
12	九芎根	翡翠水庫管理局	1988-2002	378	30
13	十三股	翡翠水庫管理局	1988-2002	530	31
14	坪林 4	經濟部水利署	1978-1999	200	40
15	巴陵	石門水庫	1981-1989	1220	20
16	高義	石門水庫	1981-1997	620	21
17	嘎拉賀	石門水庫	1981-1997	1260	18
18	霞雲	石門水庫	1981-1997	350	23
19	池端	石門水庫	1982-1997	1070	24

註：以\*註記者為位於南勢溪集水區內之雨量站

B. 雨量站挑選檢定作業－Wilcoxon 等級和檢定法

附表 B. 雨量站 Wilcoxon 等級和檢定

Table B. Wilcoxon rank-sum test for rainguges.

站名	等級	備註
福山	1	位於南勢溪集水區內
坪林 4	2	
大桶山	3	位於南勢溪集水區內
大豹	4	
碧湖	5	
十三股	6	
九芎根	7	
礁溪	8	
池端	9	
霞雲	10	
下盆	11	位於南勢溪集水區內
大礁溪	12	
屈尺	13	
高義	14	
桶後	15	位於南勢溪集水區內
巴陵	16	
玉蘭	17	
翡翠	18	
嘎拉賀	19	

1. 虛擬假設：  
 $H_0$ ：集水區內外雨量站之 1 小時最大颱風降雨量無存在差異性。  
 $H_1$ ：集水區內外雨量站之 1 小時最大颱風降雨量存在差異性。

2. 南勢溪集水區內之雨量站數  $n_1 = 4$ ；南勢溪集水區外選取之雨量站數  $n_2 = 15$ ， $n_1 < n_2$ 。

3. 南勢溪集水區內 1 小時最大颱風降雨量  $\bar{X}_1 = 30$ ；南勢溪集水區外 1 小時最大颱風降雨量  $\bar{X}_2 = 25.5$ ， $\bar{X}_1 > \bar{X}_2$ ，採降序排列。

4.  $n_1$  樣本等級和  $W_1 = 30$ ，統計量  $U_0 = W_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} = 20$ ，在顯著水準  $\alpha = 0.05$  時，查表所得之理論統計量  $U = 10$ ， $U_0 > U$ ，接受  $H_0$ ，即集水區外所選取之雨量站其 1 小時最大颱風降雨量，與集水區內各雨量站之 1 小時最大颱風降雨量無存在差異性。

5. 選取集水區外之雨量站計 15 站全數接受，故包含集水區內既有 4 各雨量站，計選用 19 個雨量站資料進行分析研究。