

利用 HEC-HMS 模擬降雨-逕流
並推估 CN 值與 NDVI 之關係

吳若穎 胡茵婷 許駿騰

國立屏東科技大學水土保持系第十二屆

中華民國九十八年五月

利用 HEC-HMS 模擬降雨-逕流
並推估 CN 值與 NDVI 之關係

吳若穎 胡茵婷 許駿騰

指導老師簽章

系主任簽章

目錄

| | |
|------------------|-------|
| 摘要 | 18-1 |
| 一、前言 | 18-2 |
| 二、文獻回顧與探討 | 18-2 |
| 三、研究方法與材料 | 18-3 |
| (一) 研究組織架構 | 18-3 |
| (二) 模式介紹 | 18-4 |
| (三) 研究區域 | 18-5 |
| (四) 研究方法 | 18-6 |
| (五) 理論介紹 | 18-7 |
| 四、結果與討論 | 18-14 |
| 五、結論與建議 | 18-20 |
| 六、參考文獻 | 18-20 |
| 謝誌 | 18-22 |

利用 HEC-HMS 模擬降雨-逕流並推估 CN 值與 NDVI 之關係

吳若穎 胡茵婷 許駿騰

指導老師：江介倫 博士

摘要

降雨逕流模擬為水文設計及集水區管理的重要分析之一。本研究結合地理資訊系統(GIS)與HEC-HMS模擬集水區降雨-逕流之情形並評估模擬結果優劣。藉由地理資料及HEC-GeoHMS模組可以快速劃分集水區並獲取地文因子。以HEC-HMS模擬降雨逕流時，降水損失以SCS CN法估計，單位歷線轉換則以SCS三角歷線法為之，退水段以退水常數進行模擬。其中參數之設定，以程式提供之參數優選為之。模擬結果以體積誤差(EQ)、洪峰流量誤差(EQp)、峰值到達時刻誤差(ETp)及效率係數(CE)等四項標準評估模式之適用性。結果顯示，結合地理資訊系統與HEC-HMS可以快速獲取集水區地文、水文資料進行模擬，可得到良好模擬結果。以淡水河流域之寶橋站為例，其CE值可達0.88，EQ與EQp皆為7%，且ETp值小於1hr；CN值與NDVI之迴歸關係， R^2 值達0.58，CN愈大NDVI愈小，而呈負相關之關係。本研究結果顯示結合地理資訊系統與HEC-HMS可以快速且有效率地進行水文降雨逕流模擬；而CN值與NDVI之關係若要進一步實際應用於模式參數，則必須固定其他變因如土壤種類與臨前狀況，進行更多場次之模擬以修正模擬結果，使CN值與NDVI之關係更完整。

關鍵詞：HEC-HMS、地理資訊系統、HEC-GeoHMS、數值曲線、植生指標

Key word：HEC-HMS、Arcview GIS、HEC-GeoHMS、CN、NDVI

一、前言

台灣位於歐亞板塊及菲律賓板塊的交界處，因長期板塊擠壓使得地形錯綜複雜，形成南北狹長的形狀，山脈多南北走向，河川則為東西流向，因地形高度變化水流湍急，加上台灣氣候條件上屬於海島型氣候，平均年雨量在 2500 公釐，約為全世界年平均值 970 公釐的 2.6 倍，降雨量很大，所造成地表逕流對土壤沖蝕著實嚴重。台灣地狹人稠，在高度經濟發展的情形下，土地利用及開發程度隨之提高，人口過度膨脹，已使平地開發近趨飽和，因此山坡地土地利用上便需要規劃。基於這個出發點，各界學術人士也都有相關文獻探討與分析逕流量，唯在資料收集上時間較長或實地調查困難，無法在短期內得到預期成果，故本研究針對時間的優先考量，提出以下的看法：

以地表植物覆蓋程度影響地表逕流量一方面利用遙感探測技術可提供大範圍，多時性及數位化的地文資料，同時具備自動化分析資料的系統，可迅速解決地文資料收集的速度。接收地表物反射光之差異以計算植生指標後建立數值模型地形，以瞭解研究地區地表覆蓋程度。另一方面，本研究結合地理資訊系統(GIS)建立研究試區之地文資料庫，以方便相關單位使用。降雨-逕流模擬為水文設計及集水區管理的重要分析之一，以 HEC-HMS 程式進行模擬集水區降雨-逕流之情形，藉由參數率定及優選，應用數理方式建構最佳水文模式，以模擬自然界複雜錯綜之水文現象。期未來能建立 CN 值與 NDVI 之關係，以供後續相關單位一個便捷地應用參考。

二、文獻回顧與探討

在地理資訊系統與降雨-逕流模式之應用方面，有很多相關的研究，其中，Nageshwar *et al*(1992)利用地理資訊系統整合空間資料與水文參數，並建立流域地文資料以供水文模式之用；Hellweger and Maidment(1999)發展建構在地理資訊系統下之程式介面 CRWR-PrePro，使 HEC-HMS 可直接讀取地理資訊系統所求取之相關資訊，節省建置降雨-逕流模型與資料輸入之時間；在國內有王水樹(1991)、毛福銘(1992)、蘇瑞榮等(1993)、陳通發(1997)、林燕旻(2000)等以地理資訊系統及遙測影像分析，並配合 HEC-1 應用於集水區水文模擬；郭振民(1999)結合地理資訊系統與遙測影像分析，並以分佈型降雨-逕流模擬八掌溪上游集水區之逕流歷線；楊道昌(1994)利用兩階段集群分析於南部水文站之流量延時曲線(Flow duration curve)，並發展以集水面積為

引數之區域流量延時曲線。此外在工程應用上，SCS CN 法常被用來計算未量測集水區之直接逕流量，該法乃基於集水區內的土壤種類與土地利用況狀，及降雨事件之臨前水分條件(Antecedent moisture condition, AMC)來推估直接逕流量，但由於其為美國水土保持局以美國部分實驗集水區所發展之經驗關係，再加上美國國家工程手冊第四部 National Engineering Handbook Section 4: Hydrology (NEH-4)(SCS,1964)上之部分資料並不詳盡，因此許多相關研究乃對其提出檢討、延伸或修正之辦法；Morel-Seytoux *et al.*(1981)事先建立 CN 值與土壤物理參數之關係，因此根據土壤量；在國內相關研究中，則有王如意等(1980)以試驗區土壤樣本進行基本水文系統模型試驗，顯示所推求之 CN 值與美國水土保持局擬定數值吻合；盧惠生(1985)建立台灣重要坡地作物於不同水土保持處理之 CN 值，以作為坡地開發規劃時推估逕流量之參考；林燕旻(2000)將研究地區之 CN 值乘以一調整係數，並認為此調整係數與事件發生時為豐枯年相關。

三、研究方法與材料

(一) 研究組織架構

本研究結合地理資訊系統(GIS)與 HEC-HMS 模擬集水區降雨-逕流之情形並評估模擬結果優劣。藉由地理資料及 HEC-GeoHMS 模組可以快速劃分集水區並獲取地文因子。建置 HEC-HMS 資料後進行模擬降雨-逕流時可得一 CN 值，並將其與 NDVI 進行迴歸分析，探討其相關性。本研究架構流程如下(圖 1)：

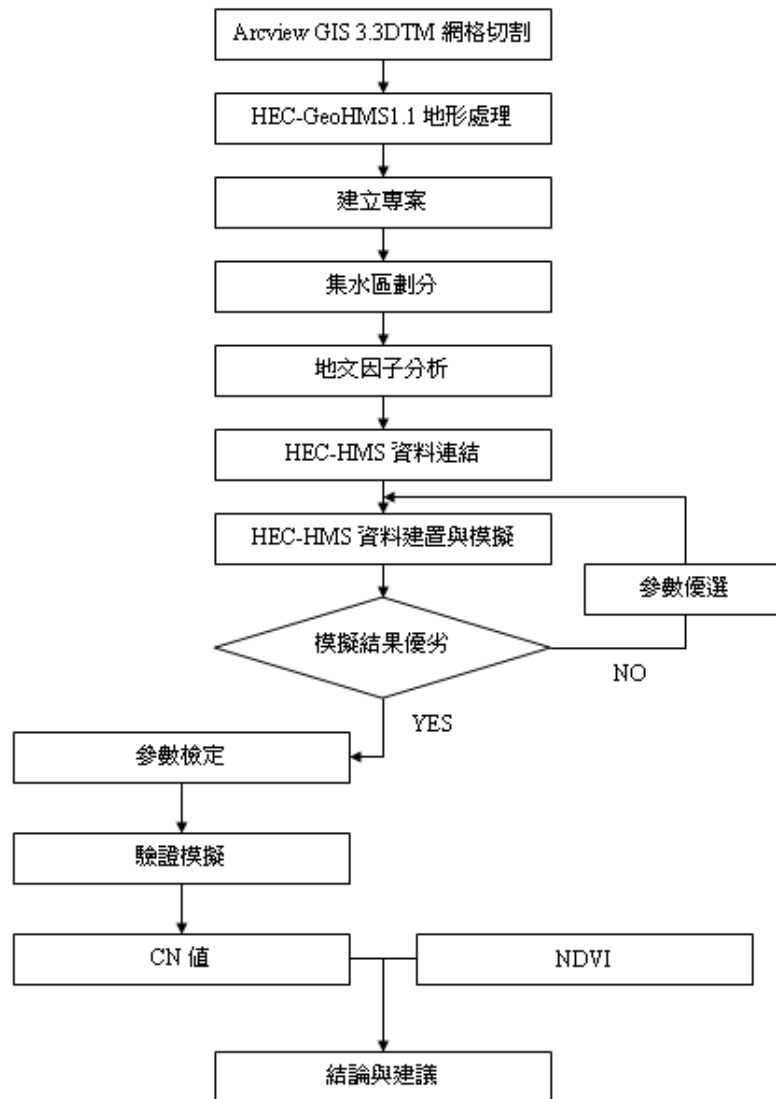


圖 1 本研究組織架構

(二) 模式介紹

1. HEC-HMS 降雨-逕流模式之簡介

HEC-HMS(3.2 版)是美國工兵團水文工程中心(Hydrologic Engineering Center, HEC)以 HEC-1 為基礎，並結合地理資訊系統及圖形使用介面所衍生的新一代模式，除了既有的水文分析，資料儲存及管理能力外，其所具備的圖形使用介面與物件導向化系統，不但簡化了建立模型與資料輸入工作，更加強了後續分析與管理工作，本研究採用 HEC-HMS 來進行 15 個集水區之相關分析。

2. HEC-HMS 建立模組

HEC-HMS 主要可分為降雨-逕流模擬與參數優選二部分，在降雨-逕流模型之建立上包括流域模組(basin model)、氣象模組(meteorologic model)與控制設定(control specification)等三元件，茲將此三元件的內容說明如下：

(1) 流域模組

本模組組要建構流域水文系統之各種水文單元，水文單元可供選擇項目包括子集水區、支流、匯流點、分流點、堰、源流與沉流等七種，此外輸入選擇之水文單元所需之參數與資料等。

(2) 氣象模組

本模組主要在指定流域內水文過程演算所需之雨量資訊，及選擇面積雨量之估算方法，雨量資訊給定方式包括雨量組體圖及各雨量站之權重。該模組可容許就歷史事件或以頻率分析為基礎之設計暴雨分別進行演算。

(3) 控制設定

該模組主要在設定模式模擬的起始、結束時間及模擬過程之時間間距等，時間間距自 1 分鐘至 1 天不等，可依需求來選擇時間間距。

(三) 研究區域

本研究選定台灣地區 15 個水利署提供雨量流量資料之集水區，分別為馬鞍溪橋、馬遠橋、立山、竹排潭、寶橋、橫溪、卓樂橋、利嘉(2)、永興橋、介壽橋、土庫大橋、三地門、觸口、新營及雲龍站上游之 15 個集水區。各集水區所涵蓋之範圍及地理位置如圖 1 所示。

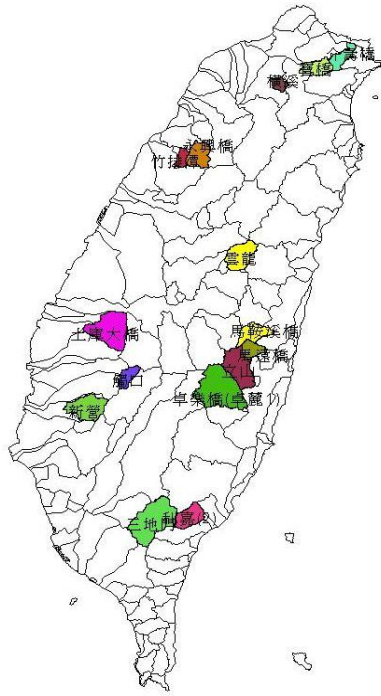


圖 2 本研究選用之 15 個集水區範圍及地理位置

(四) 研究方法

物件導向之概念與地理資訊系統已廣泛應用在水文模式上，經由視窗介面可使模式之操作更加人性化，在應用上也更為簡易且具備較大之彈性，可方便工程與管理人員應用。本研究即藉由導入物件導向概念之模式 HEC-HMS，並根據地理資訊系統與 HEC-GeoHMS 擴充模組所建立之地文資料庫，來建立代表研究之流域模型，其後則對本研究地區所選擇之歷史降雨事件進行模擬。本研究主要討論降雨-逕流模擬之中，各參數設定之適用性，並將所得之 CN 值與 NDVI 進行迴歸分析，找出其相關性。

1. 雨量、流量資料選定原則

- (1) 流量站之選定以流域上游較小之集水區為主。
- (2) 資料記錄年限齊全，須有相對應之雨量流量資料，且足夠進行模擬及驗證之比數。
- (3) 對於流量資料遺失之記錄，不採資料補遺之動作，採用實測資料進行分析研究。

2. 流域資料庫

透過 ArcView GIS 與 HEC-GeoHMS 之協助，本研究將試區流域之數值地形模型、子集水區劃分、表土質地分佈、水文站位置等基本資料加以整合，以建構試區流域之地文資料庫，對於未來流域內相關資料之查詢與分析，將可節省時間。

經由資料收集來建立 15 個研究集水區資料庫後，HEC-GeoHMS 可進一步對流域內由使用者所選取之研究區域進行相關計算，包括推求子集水區中心、管道坡度、最長流路等，並可根據使用者之需求將子集水區予以合併或分割，最後建立研究地區內各水文單元的連結關係，並據此建立研究地區相關資訊之輸出檔，包括子集水區劃分、水文單元間之連結等，以提供 HEC-HMS 降雨-逕流模式作為流域模組之輸入檔。

3. 衛星影像之輻射糾正

衛星影像之光譜反射訊息，易受大氣分子、浮懸物質與地形效應之干擾而有所差異，故為取得真正地表植物之生長特性，必須排除各種干擾所導致的偏差量，不同時期或季節的影像比較中，以像元灰度值的相對量糾正法所得之效果最佳(Schott et al. 1988, Oguma and Yamagata 1997)。本研究利用航空照片挑選不易隨時間而改變之地物作為校正區，例如建築物、道路...等，影像中，選擇雲霧少、品質較佳之影像作為參考基準，將影像的灰度值偏差量加以糾正。

(五) 理論介紹

1. 降水損失

降水發生後，因截留、窪蓄、蒸發散或入滲等現象而無法成為地表逕流者稱為降水損失。降水損失是評估降雨量與超滲降雨之關係，決定地表逕流量的重要依據。以美國水土保持局所推導之 SCS CN 法來推估直接逕流量，其推導方法(王如意、易任，1992)假設 D 為土壤實際滯留量， S' 為潛在最大在滯留量， Pe 為實際超滲降雨量， P 為總降雨量，則：

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{D}{S'} = \frac{Pe}{P} \\ P \approx \infty \rightarrow \frac{D}{S'} = \frac{Pe}{P} \approx 1 \\ P \approx 0 \rightarrow \frac{D}{S'} = \frac{Pe}{P} \approx 0 \end{array} \right. \quad (1)$$

式(2)中 S' 不包含初期扣除量，對某一場暴雨而言。 S' 為一常數，因實際滯留量為總降雨量 P 減去超滲降雨量 Pe ，則式(1)可改為：

$$Pe = \frac{P^2}{(P + S')} \quad (2)$$

式(2)為不考慮出其扣除量之降雨量與超滲降雨量之關係。若考慮初期扣除量則式(1)變為：

$$\frac{D}{S'} = \frac{P}{(P - Ia)} \quad (3)$$

式(3)之 Ia 為初期扣除量(包括窪蓄、截留與蒸發散等)， $D \leq S$ ， $Pe \leq P - Ia$ ，參數 $S = S' + Ia$ ，則 $D = (P - Ia) - Pe$ 代入式(3)可得：

$$\frac{(P - Ia) - Pe}{S} = \frac{Pe}{(P - Ia)} \quad (4)$$

求解式(4)之 Pe 得：

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia) + S} \quad (5)$$

式(5)為考慮初期扣除量之降雨量-超滲降雨量之關係。有關初期扣除量之決定，美國水土保持局由試驗集水區得經驗關係式如下：

$$Ia = 0.2S \quad (6)$$

將式(6)代入式(5)得：

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (7a)$$

$$Pe = 0 \quad (7b)$$

式(7)即為 SCS CN 法由暴雨估計直接逕流所導出之降雨量-超滲降雨量之關係，

其中超滲降雨量可視為累積降雨量、土壤覆蓋、土地利用及臨前水分條件之函數，惟式中 S 必須由土壤覆蓋條件決定。

土壤覆蓋依不同土地利用、耕作方式、水文條件及土壤種類而不同，根據美國水土保持局所訂在不同狀況下之 CN 值，S 與 CN 關係如下：

$$S = \begin{cases} \frac{1000-10CN}{CN} & \text{英制} \\ \frac{25400-254CN}{CN} & \text{公制} \end{cases} \quad (8)$$

除了依不同土地利用、耕作方式、水文條件及土壤種類等土壤覆蓋條件可細分為以下三類：

第 I 類(AMC I)：土壤乾燥，但未達其凋萎點，尚可耕作。

第 II 類(AMC II)：每年遭遇洪水之情形，即甚多集水區發生最大年洪水之平均狀況。

第 III 類(AMC III)：在暴雨發生前 5 天曾發生大雨或小雨低溫，土壤狀況幾近飽和。

CN 值於實際應用時可依上述三種不同之臨前水分條件加以調整。第 I 類、第 II 類與第 III 類 CN 值之轉換關係可由下式表示：

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad (9)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \quad (10)$$

將 15 個集水區與表土質地分佈之數化圖層予以套疊，對照美國水土保持局所訂之 CN 值表給定，如表 1、2 所示，表 3 為 15 個集水區之土壤分類狀況。

表 1 美國 NEH-4 土壤分類表

| 種類 | 最小入滲率(in/hr) | 土壤情形 |
|----|--------------|----------------------------|
| A | 0.30-0.45 | 深層砂土、深層黃土、集合沉泥 |
| B | 0.15-0.30 | 淺層黃土、砂質壤土 |
| C | 0.05-0.15 | 黏質壤土、淺層壤土、低有機質含量壤土、高黏土含量壤土 |
| D | 0.00-0.15 | 潮溼層膨脹之土壤、高塑性黏土、鹼土 |

資料來源：美國水土保持局

表 2 表土質地分類與美國水土保持局土壤分類對應表

| 台灣分類代碼 | 表土質地分類 | 美國水土保持局分類 |
|--------|------------------------|-----------|
| 0 | 粗砂土、砂土 | |
| 1 | 細砂土、壤質砂土、壤質粗砂土 | A |
| 2 | 壤質細砂土、粗砂質壤土、砂質壤土、細砂質壤土 | |
| 3 | 極細砂土、壤質極細砂土、極細砂質壤土 | |
| 4 | 坊質壤土、坊土 | B |
| 5 | 壤土 | |
| 6 | 砂質壤土 | |
| 7 | 黏質壤土、坊質黏壤土 | |
| 8 | 坊質黏土、砂質黏土 | C |
| 9 | 黏土 | |

資料來源：美國水土保持局

表 3 各區土壤分類

| 土壤分類 | 站名 |
|------|-------|
| B | 馬鞍溪橋 |
| A | 馬遠橋 |
| B | 立山 |
| A | 觀音橋 |
| B | 寶橋 |
| C | 橫溪 |
| A | 卓樂橋 |
| A | 利嘉(2) |
| A | 永興橋 |
| A | 介壽橋 |
| A | 土庫大橋 |
| A | 三地門 |
| C | 觸口 |
| C | 新營 |
| B | 雲龍 |

2. 逕流量估算

本研究採用 SCS 三角形單位歷線法，本法不僅簡便，亦多用於工程之設計，詳細介紹如下：

單位歷線為在某一特定之延時內，對於時間、空間皆均勻降落於一集水區之單位有效降雨所形成之直接逕流歷線，而 SCS 三角單位歷線法為美國水土保持局所發展，此法將單位歷線簡化為三角形，如圖 3 所示。

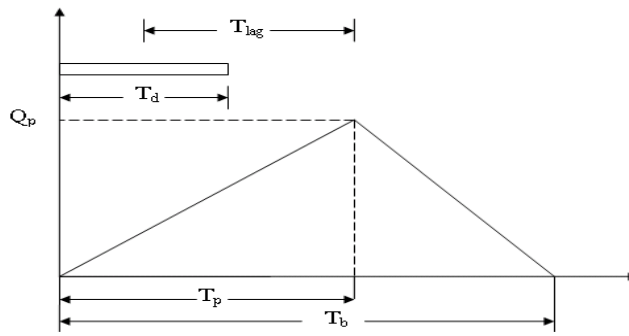


圖 3 SCS 三角單位歷線

其中 T_d 為有效降雨延時， T_{lag} 為稽延時間， T_b 為基期。

集流時間(T_c)的定義即從一滴水從流域最遠的地方，流到出口所需的要的時間。而估算流量不可或缺的條件即為集流時間，目前為止對於集流時間的估算還沒有一個根據水力理論建立實用且令人滿意的公式或方法。本研究採用 SCS 三角單位歷線法估算集流時間，而集流時間之估算以稽延時間表示，其關係如下：

$$T_{lag} = 0.6T_c \quad (11)$$

在 SCS 三角單位歷線法估算集流時間等，將地表逕流分為薄層流(Sheet Flow)、淺層流(Shallow Concentrated Flow)及明渠流(Open Channel Flow)三種。一流域之集流時間即為流經此三種過程所花費時間之總合。

$$T_c = T_{sheet\ flow} + T_{shallow\ concentrated\ flow} + T_{open\ channel\ flow} \quad (12)$$

(1) 薄層流 (Sheet Flow)

降雨初期僅於地表形成一薄層水流往下遊移動稱之薄層流，通常此流況不超過 90m。其運行時間如下：

$$T_{sheet\ flow} = \frac{0.007(nL)^{0.8}}{(P_2)^{0.5} S^{0.4}} \quad (13)$$

其中， N 為曼寧粗糙係數； S 為流經路徑坡度； L 為薄層流路徑長(ft)； P_2 為 2 年頻率延時 24 小時降雨(in)。

(2) 淺層流 (Shallow Concentrated Flow)

薄層流依地形逐漸集中形成深度較深之淺層流。

其運行時間估算如下式:

$$T_{\text{shallow concentrated flow}} = L/V \quad (14)$$

其中流速 V 之演算法：Paved： $V = 20.3282S^{0.5}$ ；Unpaved： $V = 16.1345S^{0.5}$ ； L 為淺層流路徑長(ft)； S 為坡度。

(3) 明渠流(Open channel flow)

逕流進入河道中在河道中運行之速度可以曼寧公式估算。

$$T_{\text{open channel flow}} = L/V \quad (15)$$

$$V = \frac{1.49}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

其中 N 為曼寧粗糙係數； L 為明渠流路徑長(ft)； S 為渠道坡度。

3. 植物的光譜反射特性

- (1) 綠光段：受葉綠素吸收較少，經反射，呈現綠色。
- (2) 紅光段：葉綠素對其吸收強烈，故反射較低。其值為 R 。
- (3) 近紅外光段：不被葉綠素吸收，植物之反射值很高。其值為 IR 。

綠色植物生長愈茂盛，反射之紅光段減少(被吸收增加)，但反射之綠光段及近紅外光段增加。

4. 植生指標

常態化差異植生指標(NDVI)係為近紅外光波段與紅光波段之差與這兩波段之和的比值，可以用來判別植生反射量之多寡及監測植生變化。常態化差異植生指標之計算公式為：

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}} \quad (17)$$

常態化差異指標值域介於-1~1 之間，小於 0 之像元，通常屬於非植生之雲層、水域、道路及建築物等，而指數愈大，表示綠色生物量愈多。

5. 模式合適性之檢驗

為探討上述方法與模式於研究區域之適用性故必須採用客觀標準評估上述結果，由於本研究模擬並非先行分離基流以有效降雨及直接逕流歷線進行分析，而是以 SCS CN 來判定降雨之損失故總洪流體積與有效降雨量有可能有差異，因此除一般常用之指標外另需考量其體積誤差，故本研究以體積誤差(Error of Total Discharge)、洪峰流量誤差(Error of Peak Discharge)、洪峰到達時刻誤差(Error of Time to Peak)及效率係數(Coefficient of Efficiency)等四項標準予以校驗，以便客觀地評估模式之適用性。各項校驗標準如下所示：

(1) 體積誤差誤差(EQ)

$$EQ(\%) = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{i,est} - \sum_{i=1}^n Q_{i,obs}}{\sum_{i=1}^n Q_{i,obs}} \times 100\% \quad (18)$$

其中： $Q_{i,est}$ 為模式推估之總洪流量； $Q_{i,obs}$ 為觀測之總洪流量。當 EQ 為正值時，表示模式推估之總流量大於觀測之總流量；而 EQ 為負值時，表示模式推估值小於觀測值。

(2) 洪峰流量誤差(EQ_p)

$$EQ_p(\%) = \frac{Q_{p,est} - Q_{p,obs}}{Q_{p,obs}} \times 100\% \quad (19)$$

其中： $Q_{p,est}$ 為模式推估之洪峰流量； $Q_{p,obs}$ 為觀測之洪峰流量。當 EQ_p 為正值時，表示模式推估之洪峰值大於觀測之洪峰值；而 EQ_p 為負值時，表示模式推估值小於觀測值。

(3) 洪峰到達時刻誤差(ET_p)

$$ET_p = T_{p,est} - T_{p,obs} \quad (20)$$

其中： $T_{p,est}$ 為推估之洪峰到達時刻； $T_{p,obs}$ 為觀測之洪峰到達時刻。 ET_p 值愈小，表示模式洪峰到達時刻估算愈準確。

(4) 效率係數(CE)

$$CE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [Q_{obs}(i) - Q_{est}(i)]^2}{\sum_{i=1}^n [Q_{obs}(i) - \bar{Q}_{obs}]^2} \quad (21)$$

其中： Q_{est} 為模式推估之流量； Q_{obs} 為觀測之流量； \bar{Q}_{obs} 為觀測流量之平均值。 CE 值愈趨近於 1，表示模擬結果與實際資料愈密合，精確度愈高。

四、結果與討論

因模擬方法選定不同，參數設定方面也依各理論條件有所不同，本研究於降水損失方面(loss method)選擇 SCS CN 法，其參數有三，包含初期降水損失、CN 值與滲透率。其中損失部分之運算皆以本研究所關注之 CN 值影響最顯著，並以此為主。另外兩項則為了統一參數設定且有效率，將兩項參數都固定為零，理由為初期降水損失參數影響模擬結果之部分為洪峰到達時之前段部分，與評估模擬結果之好壞影響較小且並非主要；非滲透率參數影響模擬結果之部分為 CN 值損失部分之比例。假設 CN 值總降水損失量為 10mm，若是非滲透率為 10%，則總降水量為 9mm，其計算結果為 CN 值之損失量*(1-impervios%)。換言之，非滲透率參數之影響可由 CN 值表現。

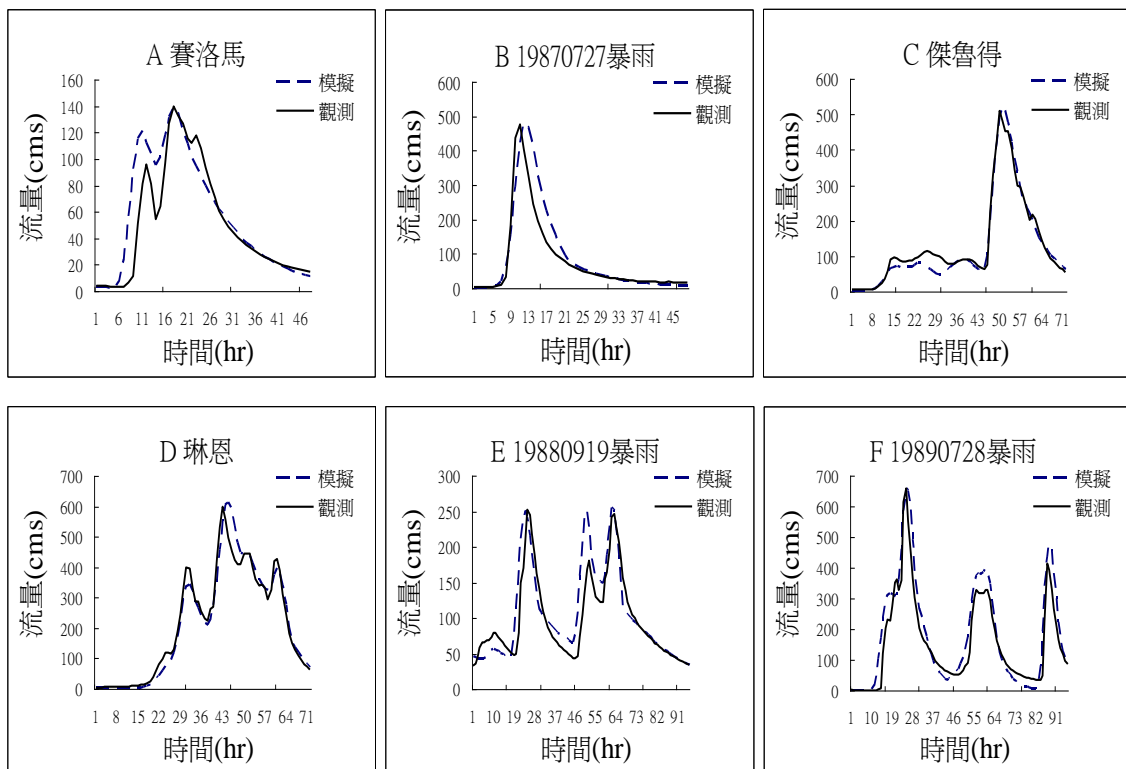
逕流轉換方面(transform)選擇 SCS 三角單位歷線，其參數有一，為稽延時間。其參數之設定以模擬所呈現之情形加以調整，最多場次颱風模擬結果良好者即為個別試驗流域之設定值，而參數影響部分為整體模擬結果，以洪峰到達時刻誤差為主要。

退水方面(recession)選擇退水曲線，其參數有三，為初期流量、退水常數與退水門檻。初期流量以實測值設定；退水門檻與退水常數以模擬結果進行評估與計算。

以淡水河流域-寶橋站為例，經由 10 場模擬結果進行參數優選(圖 4、表 4)後，平均 CN 值重新進行參數檢定(圖 5、表 5)，結果顯示 EQ 指標為 6.07%；EQp 為 6.99%；ETp 為 0.66hr；CE 為 0.88，驗證場次(圖 6、表 6)CE 達 0.8；ETp 也在 1hr 以內。而將 15 個集水區之正確率(表 7)亦達理想，平均評估指標後，EQ 為 15.2%；EQp 為 7.4%；ETp 為 1.4hr；CE 為 0.8。

15 個模擬集水區中，發現面積較小，模擬結果較好。面積與效率係數 CE 之關係(圖 8)，其 R 值為 0.4，可看出其面積愈小，愈能達到時間和空間分佈均勻之條件，符合單位歷線之假設。

迴歸分析 CN 值與 NDVI 之關係(圖 7)，其 R^2 達 0.58，顯示本研究預期成果之可行性，但仍需進行更多場次之模擬，進一步地修正使模擬結果更為良好。



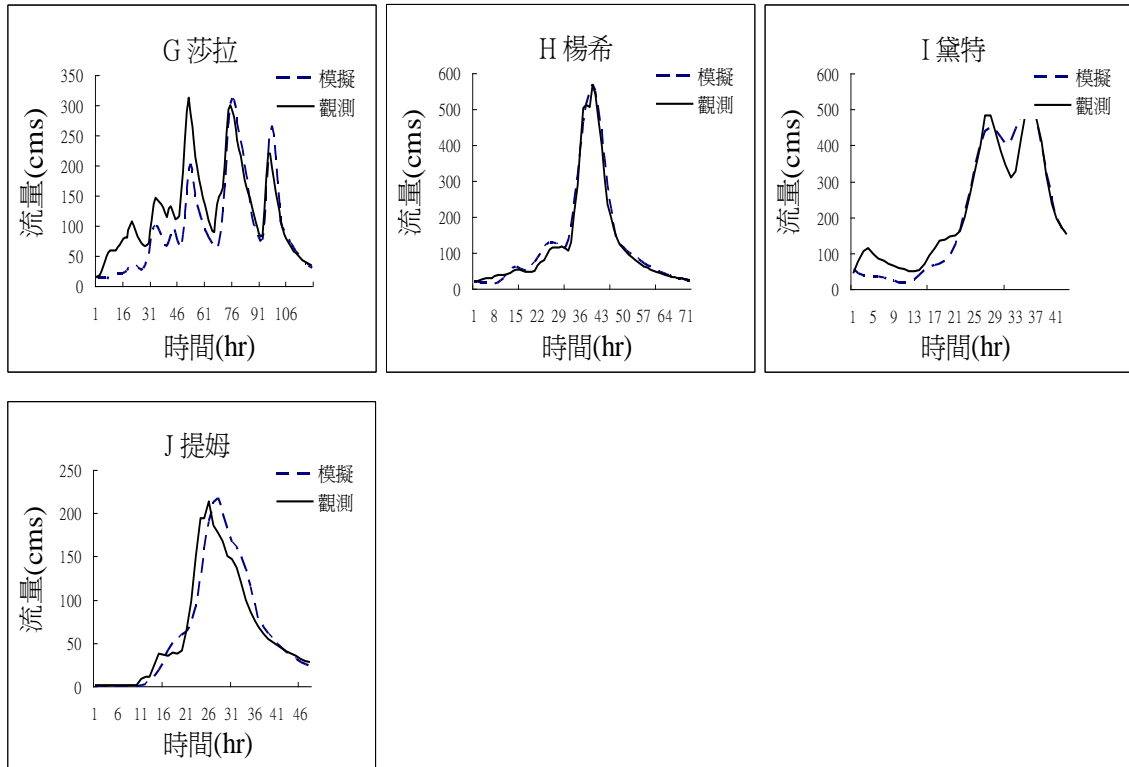


圖 4A-J 寶橋站參數優選之模擬結果

表 4 寶橋站參數優選

| 場次 | CN | EQ % | EQp % | ETp hr | CE |
|-----------|------|--------|--------|--------|------|
| 賽洛馬 | 72 | 12.67 | -0.71 | 0 | 0.88 |
| 1987/7/27 | 76 | 17.68 | -10.88 | 1 | 0.77 |
| 傑魯得 | 52 | -4.93 | -3.71 | 1 | 0.97 |
| 琳恩 | 39 | -0.94 | -7.65 | 2 | 0.97 |
| 1988/9/19 | 82 | 8.15 | -4.17 | -1 | 0.92 |
| 1989/7/28 | 75 | 17.95 | -0.24 | 0 | 0.91 |
| 沙拉 | 60 | -20.91 | -38.34 | 1 | 0.82 |
| 楊希 | 66 | 6.57 | -0.18 | 0 | 0.98 |
| 黛特 | 67 | -5.21 | -6.84 | 0 | 0.96 |
| 提姆 | 38 | 2 | -11.03 | 2 | 0.91 |
| 平均 | 62.7 | 3.3 | -8.37 | 0.6 | 0.91 |

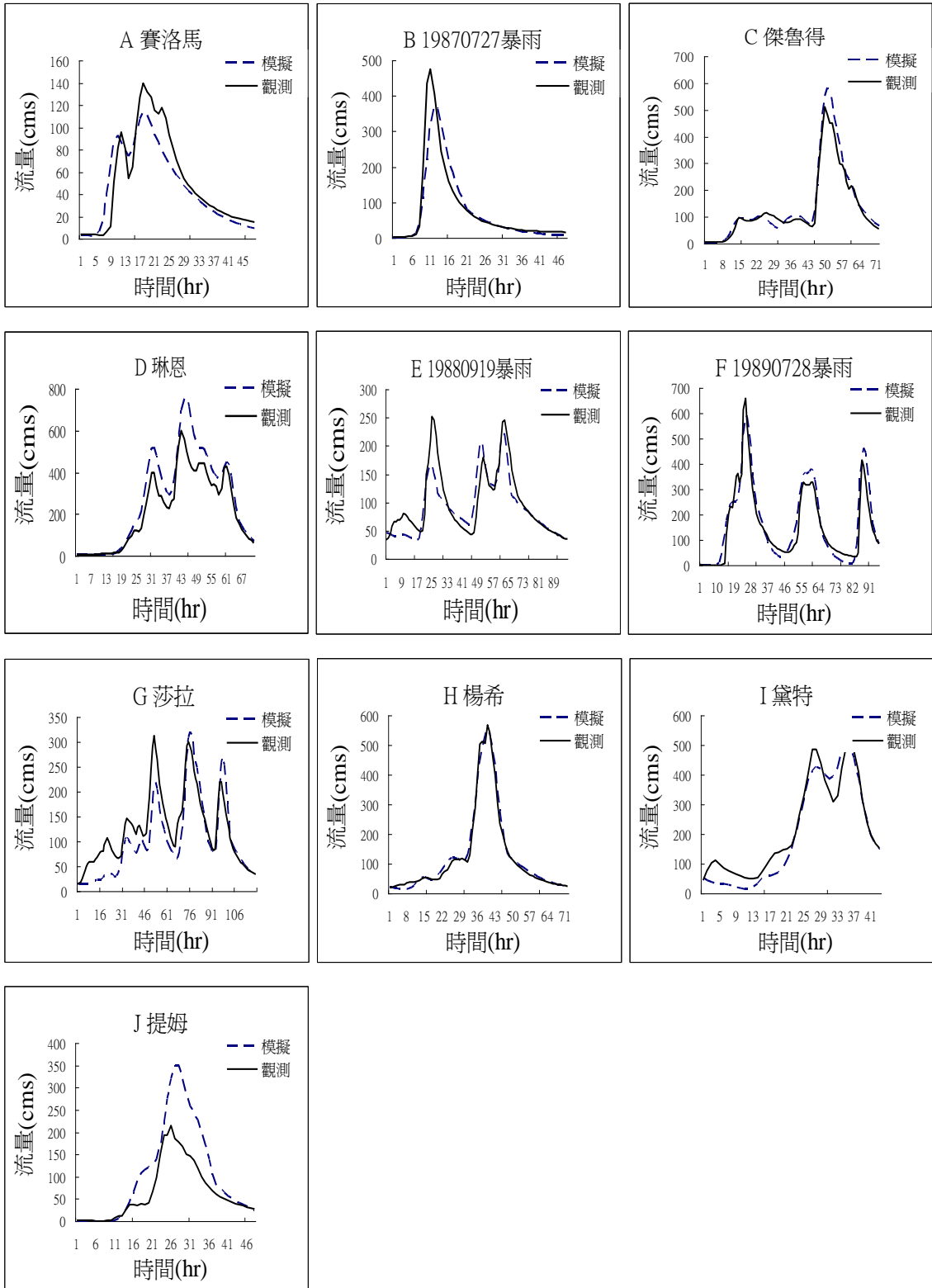


圖 5A-J 寶橋站參數檢定之模擬結果

表 5 寶橋站參數檢定(固定 CN 值=62.7)

| 場次 | EQ % | EQp % | ETp hr | CE |
|-----------|--------|--------|--------|------|
| 賽洛馬 | -8.32 | -18.57 | 0 | 0.87 |
| 1987/7/27 | -4.5 | -31.92 | 1 | 0.74 |
| 傑魯得 | 8.45 | 8.27 | 1 | 0.96 |
| 琳恩 | 25.67 | 15.79 | 2 | 0.91 |
| 1988/9/19 | -7.38 | -34.72 | -1 | 0.91 |
| 1989/7/28 | 8.19 | -10.74 | 0 | 0.93 |
| 莎拉 | -17.49 | -32.81 | 1 | 0.86 |
| 楊希 | 2.93 | -3.04 | 0 | 0.98 |
| 黛特 | -9.77 | -11.78 | 0 | 0.95 |
| 提姆 | 62.97 | 49.58 | 2 | 0.69 |
| 平均 | 6.07 | -6.99 | 0.6 | 0.88 |

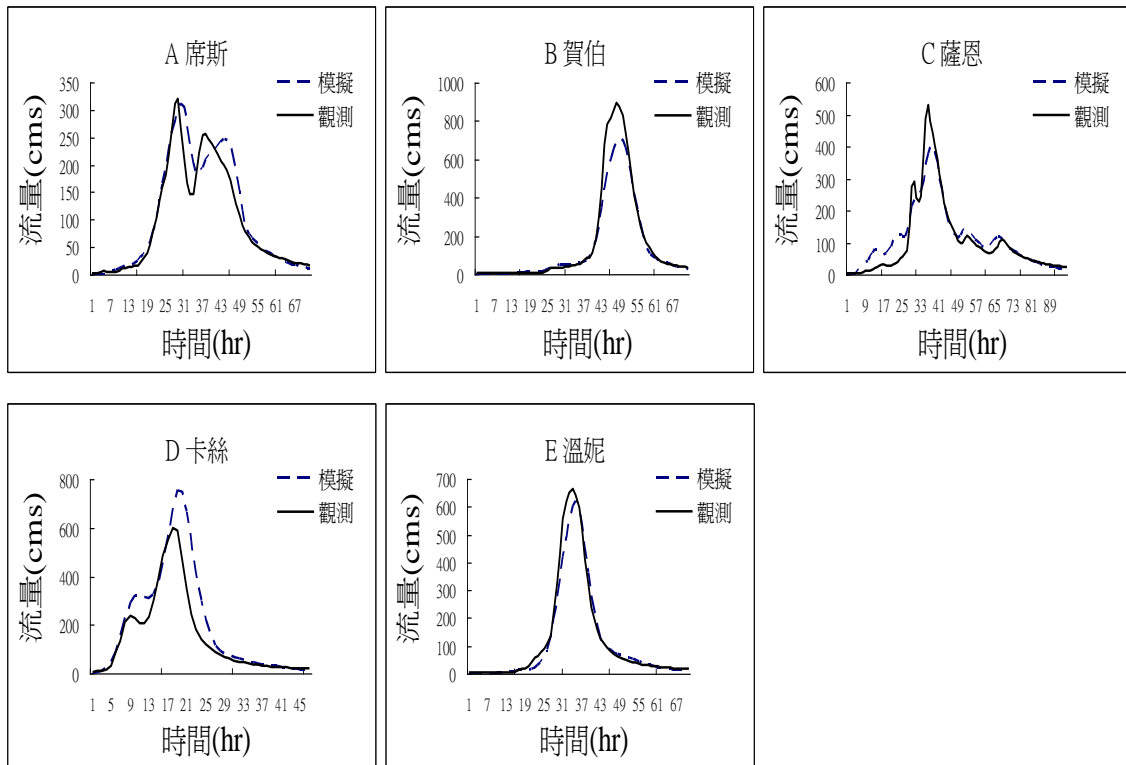


圖 6A-E 寶橋站驗證場次之模擬結果

表 6 驗證場次正確率(固定 CN 值=62.7)

| 場次 | EQ % | EQp % | ETp hr | CE |
|----|--------|--------|--------|------|
| 席斯 | 8.9919 | -6.375 | 1 | 0.92 |
| 賀伯 | -13.99 | -22.76 | 1 | 0.82 |
| 薩恩 | 6.4885 | -28.66 | 2 | 0.89 |
| 卡絲 | 33.606 | 13.723 | 1 | 0.79 |
| 溫妮 | -7.172 | -9.487 | 1 | 0.92 |

表 7 CN 值與 NDVI 之關係

| 站別 | CN | NDVI | EQ(%) | EQp(%) | ETp(hr) | CE |
|-------|------|-------|-------|--------|---------|-----|
| 馬鞍溪橋 | 39.9 | 77.98 | 12.4 | -13.6 | -1 | 0.7 |
| 馬遠橋 | 36 | 80.67 | 8.6 | 8 | 0.7 | 0.7 |
| 立山 | 43.4 | 80.46 | 43.9 | 23.1 | 0.7 | 0.7 |
| 竹排潭 | 46.1 | 76.6 | 16.4 | 14.9 | -0.2 | 0.8 |
| 寶橋 | 62.7 | 28.78 | 6.1 | -7 | 6.8 | 0.9 |
| 橫溪 | 71.1 | 28.93 | 16.3 | -3.7 | 0.6 | 0.7 |
| 卓樂橋 | 29.3 | 79.58 | 23.4 | 34.6 | 5 | 0.8 |
| 利嘉(2) | 19.7 | 80.77 | 4.9 | 7.4 | 2.7 | 0.8 |
| 永興橋 | 39.7 | 76.69 | 8 | -0.9 | 4.7 | 0.8 |
| 介壽橋 | 57.4 | 29.62 | 19.5 | -15.2 | -1.1 | 0.8 |
| 土庫大橋 | 25.7 | 59.52 | 2.4 | 10.6 | -1 | 0.7 |
| 三地門 | 20 | 73.04 | 28.9 | 37.3 | 1.1 | 0.8 |
| 觸口 | 53.2 | 35.99 | 13.5 | 0 | -0.9 | 0.8 |
| 新營 | 41.8 | 58.84 | 20.7 | 19.6 | 0 | 0.6 |
| 雲龍 | 40.1 | 79.59 | 9.1 | 4.7 | 2.4 | 0.6 |
| 平均 | — | — | 15.2 | 7.4 | 1.4 | 0.8 |

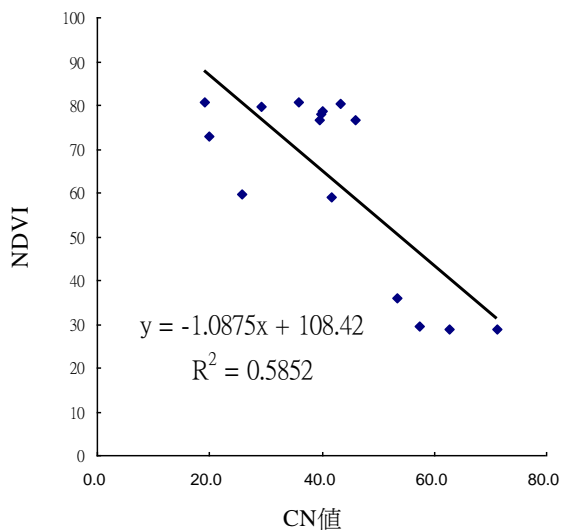


圖7 CN值與NDVI之關係

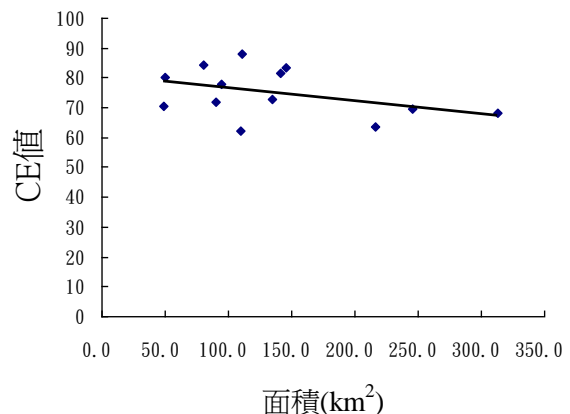


圖8 CE值與面積之關係

五、結論與建議

綜合本研究上述結果可得以下四點結論：

1. 應用地理資訊系統與 HEC-HMS 降雨-逕流模式可快速且有效率地進行水文模擬，且得到良好結果。且本研究建立之集水區地文資料庫可供相關單位後續應用。
2. 15 個模擬集水區中，發現面積較小，模擬結果較好。符合單位歷線之假設，面積愈小，愈能得達到時間和空間分佈均勻之條件。
3. 模擬時給定之雨量，因雨量站並非皆在集水區裡，先天地理位置因素之差距，造成觀測之雨量，其對於地域之代表性與距離相對減少。
4. 15個集水區中，CN值與NDVI之迴歸關係 R^2 值達0.58，顯示CN愈大NDVI愈小，呈負相關之關係。而CN值與NDVI之關係若要進一步實際應用於模式參數，則必須固定其他變因如土壤種類與臨前狀況，進行更多場次之模擬以修正模擬結果，使CN值與NDVI之關係更完整。

六、參考文獻

1. 毛福銘，(1992)，結合地理資訊系統與 SCS 無因次單位歷線以推估小集水區逕流之可能性探討，國立中興大學水土保持系碩士論文。
2. 王水樹，(1991)，地理資訊系統應用於洪水逕流之推估，國立中興大學土木工程系碩士論文。
3. 王如意、易任，(1982)，應用水文學(上冊)，國立編譯館出版，茂昌圖書有限公司，臺北市。
4. 王如意、簡振和，(1980)，小集水區設計逕流量推估方法之研究(二)，行政院農委會，輔助編號：79 農建 71 林 26(43)。
5. 呂建華，(1999)，地理資訊系統於集水區河川尖峰流量頻率分析之應用，國立中興大學土木工程系碩士論文。
6. 林燕旻，(2000)，應用 HEC-1 運動波法探討清水溪上游集水區降雨-逕流關係，國立中興大學水土保持系碩士論文。
7. 郭振民，(1999)，應用遙測與地理資訊系統於分佈型降雨-逕流模式之研究，國立

- 成功大學水利及海洋工程系碩士論文。
8. 陳信彰，(1997)，分佈型降雨-逕流模式之不確定性與敏感度分析，國立成功大學水利及海洋工程系碩士論文。
 9. 陳通發，(1997)，利用地理資訊系統與 HEC-1 運動波法進行自動化水文模擬，國立中興大學土木工程系碩士論文。
 10. 楊道昌，(1994)，台灣南部地區區域流量延時曲線之研究，國立成功大學水利及海洋工程系碩士論文。
 11. 歐信宏，(2001)，HEC-HMS 降雨-逕流模式應用之研究，國立成功大學水利及海洋工程系碩士論文。
 12. 盧惠生，(1985)，坡地不同水土保持方法之逕流曲線指數，中華水土保持學報第 16 卷第 2 期，pp.36-47。
 13. 蘇瑞榮、吳輝龍、鄭皆達，(1993)，結合地理資訊系統與 HEC-1 模式探討集水區降雨-逕流關係，水土保持學報 25(1)：75-85。
 14. Hellweger, F.L. and D.R. Maidment, (1999), Definition and connection of hydrologic element using geographic data, Journal of Hydrologic Engineering,(4) :10-18.
 15. Morel-Seytoux, H.J. and J.P. Verdin, (1981), Extension of the Soil Conservation Service rainfall-runoff methodology for ungaged watersheds, Federal Highway Administration, Report No.FHWA/RD-81/060.
 16. Soil Conservation Service(SCS), (1964), Section 4,Hydrology. National engineering handbook, U.S.Department of Agriculture.
 17. US Army Corps of Engineers (USACE), (1998), HEC-1 flood hydrograph package user's manual.
 18. US Army Corps of Engineers (USACE), (2000), HEC-GeoHMS user's manual.
 19. US Army Corps of Engineers (USACE), (2000), HEC-HMS technical reference manual.
 20. US Army Corps of Engineers (USACE), (2000), HEC-HMS user's manual.

謝誌

承蒙恩師 江介倫 博士兩年來不辭勞苦之諄諄教誨，於專業知識上的傳授、論文的撰寫及為人處事上的悉心指導。自論文方向之引導，至審文之字酌句斟地修正完稿，細心指正，師恩浩蕩，使學生銘感五內。

特別感謝系上老師，於論文初成時所提供之寶貴意見與斧正指導，使學生獲益匪淺，在此敬表謝忱。專討期間，亦蒙邱宏彬學長、葉家勳學長及王姿雅學姊於專討期間論文寫作的指導。

專討期間感謝你們陪伴我們走過這一段，願獻上最深的感謝與祝福。對於其他曾給予幫助，卻未能一一提及者，在此一併致上最深的謝意。

最後謹以本論文獻給辛苦撫育且支援鼓勵我們上進之父母親及所有親愛的家人，作為兩年專討生涯之獻禮，由衷感激他們對我們的付出與照顧。

作者簡介

姓名：吳若穎

出生年月日：76年7月16日

學歷：國立屏東科技大學水土保持系工學士 2005.9-2009.6

 台北市立大安高工 2002.9-2005.6

住址：台北縣石碇鄉石碇西街45號

電話：0917593226

姓名：胡茵婷

出生年月日：74年10月13日

學歷：國立屏東科技大學水土保持系工學士 2005.9-2009.6

 高雄市立海青工商 2001.9-2004.6

住址：高雄市鹽埕區北端街113之2號

電話：0921033774

姓名：許駿騰

出生年月日：75年5月12日

學歷：國立屏東科技大學水土保持系工學士 2005.9-2009.6

 彰化縣立員林農工 2001.9-2004.6

住址：彰化縣秀水鄉義興村三塊巷66弄12號

電話：0963430959