

# HEC-HMS 模式最佳化分析工具於流域參數檢 定之應用-以蘭陽溪流域為例

歐陽慧濤<sup>1</sup> 喻新<sup>2</sup> 賴志鈞<sup>3</sup> 陳怡君<sup>4</sup>

1. 國立宜蘭大學土木工程學系助理教授
2. 國立宜蘭大學土木工程學系教授兼教務長
3. 國立宜蘭大學土木工程學系碩士班研究生
4. 國立宜蘭大學土木工程學系研究助理

## 摘要

參數檢定為模式應用的首要步驟，模擬結果常取決於模式參數的正確性。本文嘗試以美國陸軍工兵團所開發的 HEC-HMS 水文分析模式探討蘭陽溪流域的降雨-逕流關係，並應用模式中的最佳化工具進行流域參數的檢定。研究方法係應用 ArcView 軟體建立該地區的集水區劃分後，配合 HEC-HMS 水文分析模式進行蘭陽溪流域的降雨-逕流模擬，並以該水系內現有的 9 個雨量站與 5 個水位站的歷史紀錄，利用該模式提供的最佳化工具進行流域參數的尋優求解，以找出最能反映當地現況的水文參數，提供未來對蘭陽溪流域進行水文分析時的參考依據。

**關鍵詞：**最佳化、HEC-HMS、ArcView、參數檢定

## Parameter Calibration For Langyang River By Applying HEC-HMS Optimization Tool

Huei-Tau Ouyang<sup>1</sup> Hsin Yu<sup>2</sup> Chin-Chun Lai<sup>3</sup> Yi-Chun Chen<sup>4</sup>

1. Assistant Professor, Department of Civil Engineering, National Ilan University.
2. Professor, Department of Civil Engineering, National Ilan University.
3. Graduate Research Assistant, Department of Civil Engineering, National Ilan University.
4. Research Assistant, Department of Civil Engineering, National Ilan University.

### ABSTRACT

Parameter calibration is an important process for model applications. The accuracies for model simulations are usually highly related to the results of parameter calibrations. This study aims to investigate the possibility of using HEC-HMS (U.S. Army Corps of Engineering Center) to investigate the rainfall-runoff of the Lanyang River. The basin model for the watershed is constructed by using the ArcView software package based on the Digital Elevation Model (DEM) for the area. Rainfall and flow data are obtained from the existing 9 precipitation gages and 5 stage gages, respectively. By utilizing Optimization Tool in HEC-HMS, the optimal parameter set for the Langyang River is obtained.

**Keywords:** Optimization, HEC-HMS, ArcView, Parameter calibration

## 一、前言

集水區降雨與逕流之間的關係，一直是水利工程中重要的課題。正確的降雨-逕流模擬是水利工程規劃的首要步驟，不論在水資源利用、水土保持、或颶風防災等方面的規劃或設計，正確的集水區降雨逕流模擬皆為重要的工程依據。

自然界降雨-逕流的過程中，存在許多不確定因子，一般皆認為主要是由流域的地文與水文參數所主控。長期以來，研究者已經建立許多集水區的降雨-逕流模式，水文模式的發展呈現出多樣化的模擬形式與實用特性。近年來，由於電腦科技及地理資訊系統的蓬勃發展，水文模式有逐漸結合數值高程模型及其他數位化地理資訊的發展趨勢，其中美國陸軍工兵團（U.S. Army Corps of Engineering Center）的水文工程中心（Hydrologic Engineering Center）所發展之水文模擬系統（Hydrologic modeling system，簡稱 HEC-HMS）即為其中最具代表性者。

本研究擬以地理資訊系統整合蘭陽河流域之相關資訊，包括土地利用及數值地形模型資料等，進行集水區的降雨-逕流模擬，嘗試應用 HEC-HMS 中的最佳化工具找出一組最適合該地區的流域參數，提供未來進行水利工程規劃設計的依據。

## 二、研究方法及步驟

### 2.1 建立 HEC-HMS 盆地模型

本研究首先將宜蘭縣的數值地形模型使用地理資訊系統軟體 ArcView 進行分析，所使用的數值地形模型精度為 200m×200m，應用美國陸軍工兵團所發展出之 ArcView 外部程式 HEC-GeoHMS 模式加以分析後找出該流域中的溪流分佈，並將流域的出口選定在現況水位站附近，本研究中選定蘭陽河流域最下游的蘭陽大橋水位站為研究區域的出口點，應用 HEC-GeoHMS 模式依據地形的起伏變化將研究區域切分為 32 塊子集水區、15 條河流和 15 個匯流點，如圖 1 所示。

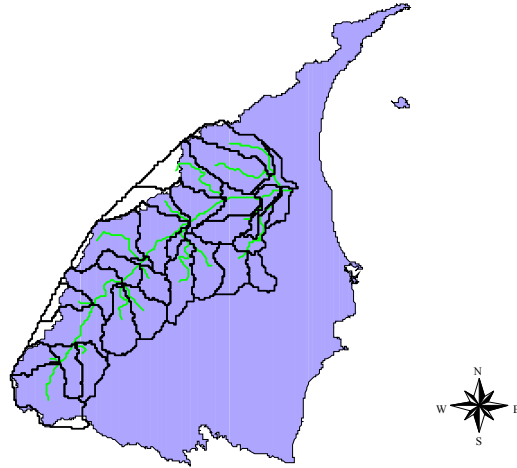


圖 1 蘭陽河流域子集水區切分

完成子集水區切分後，HEC-GeoHMS 模式自動依據流域中各子集水區及水系的水流移動方向建立上下游連結關係，並建立相關檔案輸出，提供 HEC-HMS 模式使用，建立完成的盆地模型如圖 2 所示。

模式同時提供各子集水區的地文參數如溪流長度、溪流縱斷面高程差、地表坡度等，供後續分析使用。

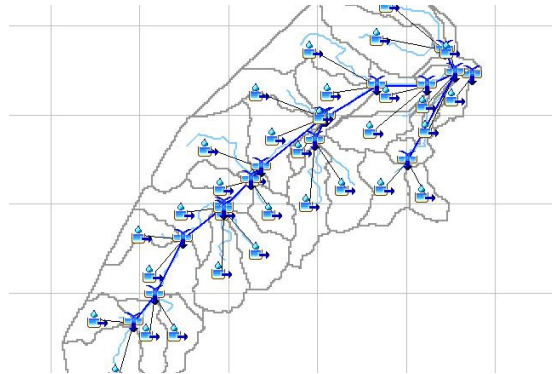


圖 2 蘭陽河流域盆地模型

## 2.2 流域參數分析

本文所建立之盆地模型在地表逕流模擬部分係採用 Clark Unit Hydrograph 加以模擬，其參數有集流時間(Time of Concentration,  $T_c$ ) 和儲蓄係數(Storage

Coefficient, R)，土壤入滲部分則採用 Initial and Constant 法加以推估，其參數有初始損失(Initial Loss)、飽和入滲(Constant Rate)、及地表覆蓋率(Impervious)，在河川演算的部份則以 Muskingum 法加以分析，其參數有 Muskingum K 和 Muskingum X。

集流時間的估算係依據水土保持技術規範(行政院農業委員會水土保持局)第十九條的計算公式：

$$T_c = T_1 + T_2 \quad (1)$$

其中  $T_1$  為流入時間(雨水經地表面由集水區邊界流至河道所需時間)， $T_2$  為流下時間(雨水流經河道由上游至下游所需時間)， $T_1$  及  $T_2$  的估算分別如下

$$T_1 = l/v \quad (2)$$

式中  $l$  為漫地流流動長度， $v$  為漫地流流速(一般採用 0.3~0.6 m/s)。

流下速度之估算，於人工整治後之規則河段，應根據各河斷面、坡度、粗糙係數、洪峰流量之大小，依曼寧公式計算；天然河段得採用下列芮哈(Rziha)經驗公式估算

$$T_2 = L/W \quad (3)$$

其中

$$W = 72(H/L)^{0.6} \quad (4)$$

$W$  為流下速度 (km/h)， $H$  為溪流縱斷面高程差 (km)， $L$  為溪流長度 (km)。

由 HEC-GeoHMS 分析得到之到之  $l$ 、 $W$ 、 $H$ 、 $L$  估算  $T_c$  值，地表覆蓋率以空照圖加以推估，其餘參數則應用實測降雨量與流量紀錄反推求得。

### 2.3 建立 HEC-HMS 氣象模型

蘭陽溪流域內共有土場、大豹、大桶山、太平山、冬山、古魯、南山、新寮、碧湖等 9 個雨量站，各雨量站在各子集水區的權重關係並不相同，為求得各雨量站在各集水區之權重關係，本研究採用徐昇氏網法進行分析，利用 ArcView 地理

資訊系統的內建功能切分出各雨量站的徐昇氏網，如圖 3 所示。

本研究以民國九十二年的海棠颱風為模式的降雨事件進行分析，依據前述蘭陽溪流域內的 9 個雨量站的降雨紀錄資料，配合各雨量站的徐昇氏網權重分佈輸入 HEC-HMS 模式中，以建立海棠颱風的氣象模型。

研究區域的出口點則選用蘭陽溪流域最下游的水位站蘭陽大橋站，應用水利署第一河川局於民國九十二年所量測得的蘭陽大橋水位流量資料，建立水位與流量關係的率定曲線，如圖 4 所示。配合民國九十二年海棠颱風時該站所記錄的水位資料經由率定曲線轉換為該站之流量歷線，如圖 5 所示。

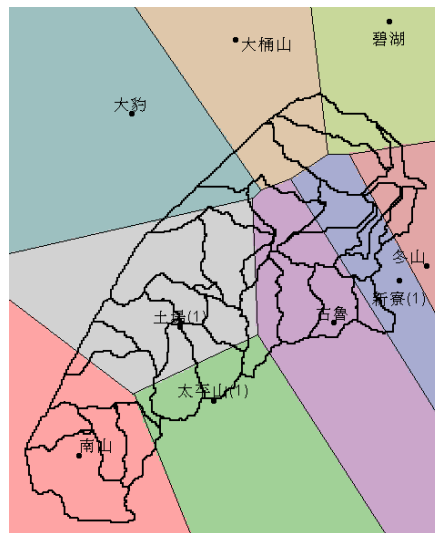


圖 3 蘭陽溪流域各雨量站之權重分佈

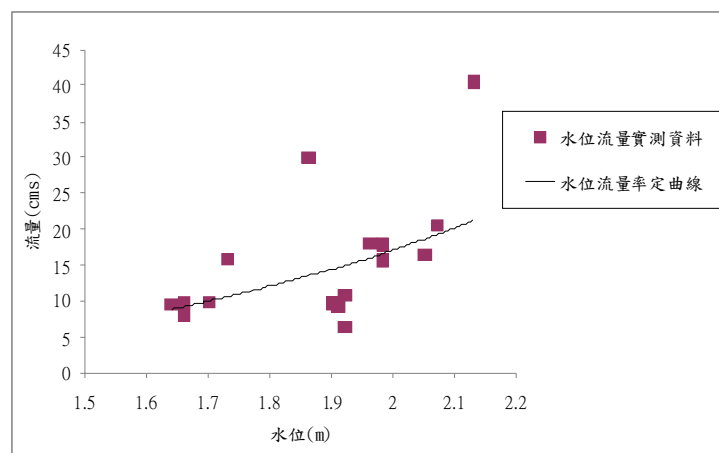


圖 4 92 年蘭陽大橋站率定曲線

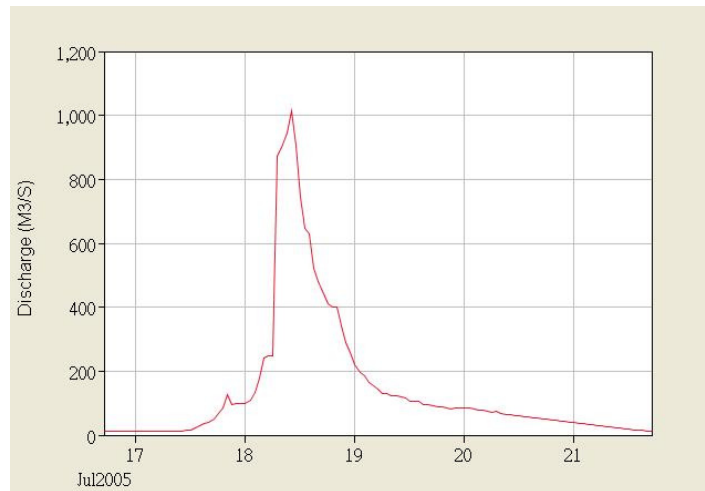


圖 5 海棠颱風時蘭陽大橋站之實測流量歷線

### 三、參數最佳化

本研究之參數檢定係利用 HEC-HMS 內建之最佳化工具，其參數檢定之方法有下列六種：Peak-Weighted RMS Error; Percent Error Peak; Percent Error Volume; Sum Absolute Residuals; Sum Squared Residuals; Time Weighted Error。每種方法所著重之目標皆不相同，在各方法交互使用之下，以使模擬之流量歷線更接近實測值。

本研究中以最佳化工具反推的參數在各子盆地各有六組，分別為集流時間  $T_c$  和儲蓄係數  $R$ ，初始損失和飽和入滲，Muskingum 法中的  $K$  和  $X$ ，整個集水區的參數總量為 158 個。在參數的檢定中，將六組參數依序分別以不同檢定方法反覆迭代至不再變化後，再進行下一組參數之最佳化檢定，如此反覆將六組參數進行疊代檢定，直到最終模擬的流量歷線趨近實測值為止。

圖 6 為應用初始猜值的參數所模擬的流量歷線與實測流量歷線之比較，由於相關之水文參數多為猜值，因此模擬結果與實測的流量歷線相差甚遠。

圖 7 為經過反覆迭代後之最佳化參數所模擬之結果，圖中顯示模擬計算的流量歷線與實測值已相當接近，最佳化參數所模擬的洪峰抵達時間為第 41 小時，與實測流量歷線的洪峰抵達時間相同，而模擬之洪峰流量為 1015cms，相對於實測的洪峰流量 1014cms，而其差異僅有 1cms，結果相當令人滿意。

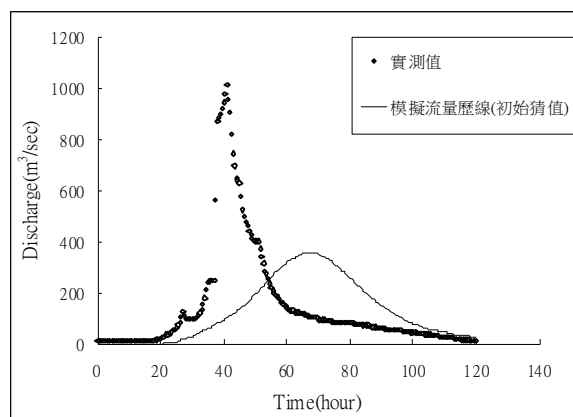


圖 6 參數初始猜值之模擬結果與實測流量歷線比較

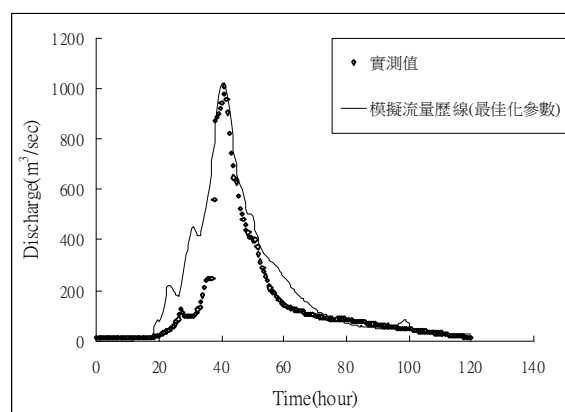


圖 7 最佳化參數之模擬流量歷線與實測值之比較

圖 8 為初始參數與最佳化參數所模擬之流量歷線的比較，圖中顯示經參數最佳化之後的流量歷線，明顯地向實測值接近，不但洪峰流量明顯提高，且洪峰抵達時間也向前推進，顯示 HEC-HMS 的最佳化工具的確可依據實測的降雨與流量紀錄進行參數的尋優求解，結果相當良好

圖 9 為應用最佳化參數所模擬之流量與實測值之比對，圖中顯示在洪峰抵達之前的模擬流量與實測流量的差異較大，但在洪峰之後的模擬流量與實測值比對，已相當接近 45° 線，顯示模擬的結果與實測值甚為接近。



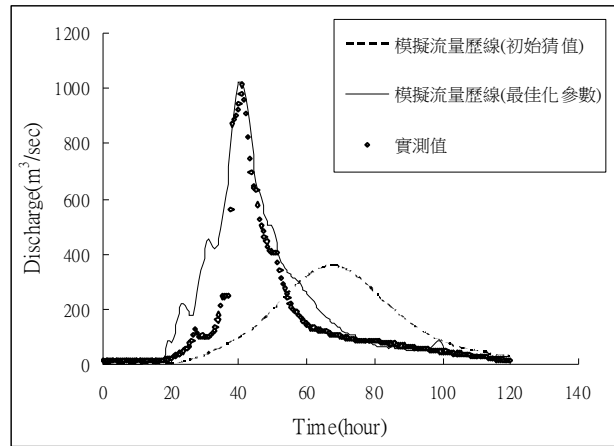


圖 8 初始參數與最佳化參數所模擬之流量歷線的比較

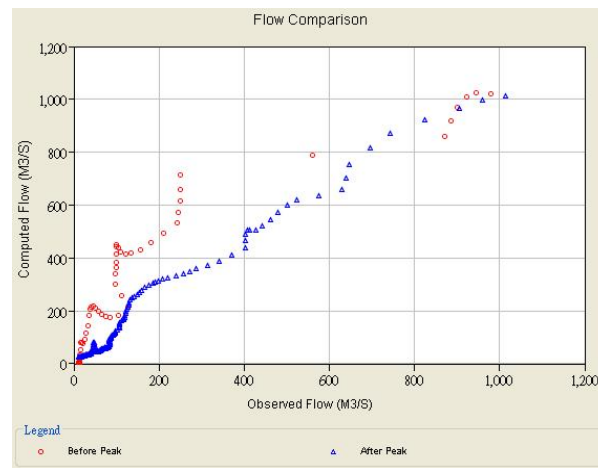


圖 9 模擬與實測流量之比較

#### 四、蘭陽河流域降雨－逕流之模擬

本研究應用前述優選所得之蘭陽河流域最佳參數組合配合宜蘭縣一日颱風雨型(圖 10)模擬日降雨量分別為 150mm、300mm、450mm 時的降雨事件在蘭陽大橋站所造成的流量變化，模擬結果如圖 11 所示，圖中顯示在日降雨量為 150mm 時，該站的洪峰流量為 705cms，當日降雨量為 300mm 時，該站的洪峰流量則為 2251cms，而當日降雨量為 450mm 時，該站的洪峰流量已達 3620cms，洪峰抵達時間則大致相同，約在第 12 小時附近。

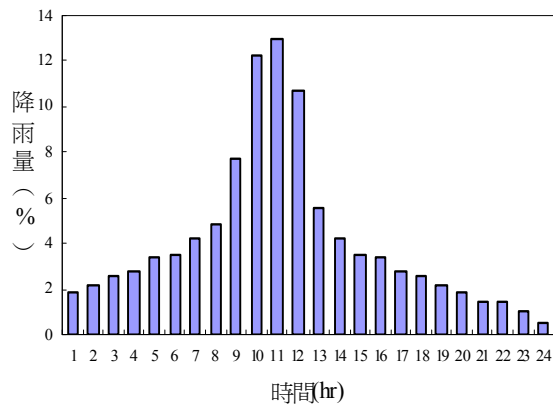


圖 10 宜蘭縣一日颱風雨型

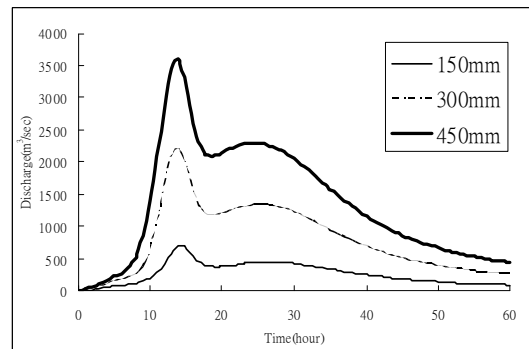


圖 11 蘭陽大橋站之模擬流量歷線

## 五、結論

本文使用 HEC-HMS 模式配合 ArcView 地理資訊系統建立蘭陽溪流域的降雨—逕流模式，並應用 HEC-HMS 模式中的最佳化工具配合該流域內的雨量站與水文站實測紀錄進行流域參數的尋優求解，結果相當良好，最佳化之後所得到的參數所模擬的流量歷線已相當接近實測之流量歷線，其結果或可提供未來對蘭陽溪流域進行水文分析時的參考依據。

## 參考文獻

US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (2003), "Geospatial Hydrologic Modeling Extension User's Manual." Version 1.1.

US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (2006), "Hydrologic Modeling System Quick Start Guide." Version 3.1.0.

行政院農業委員會水土保持局，(2003)，「水土保持技術規範」。

經濟部水利署災害緊急應變系統「<http://fhic.wra.gov.tw/home.asp>」。