

多重門檻值萃取集水區水系網之研究

林昭遠⁽¹⁾ 許家豪⁽²⁾ 蔡真珍⁽³⁾

摘要

隨著電腦科技之不斷進步，數位高程模型(DEM)資料應用於集水區自動劃分以自動萃取水系網之技術已臻成熟。惟現階段集水區水系網之萃取仍多以累積流量之門檻值來進行，而門檻值之大小又常依地文特性及氣候兩類因素所決定，對於較大之集水區，若僅由單一門檻值進行水系網之萃取，可能甚難真實反映集水區現地之水系網的分布。本研究以試誤法由河川數量等6種地文因子分析集水區適用之單一門檻值的範圍，並建議其合適之值。由於各集水區門檻值之範圍均不相同，經以雨量、高程、坡度及地質進行分析並探討其是否會影響門檻值之範圍，結果顯示雨量及地質與門檻值之範圍間具有明顯之相關性。然因單一門檻值之決定須受前述兩類因素之影響，甚難取得合適之單一值，故建議以多重門檻值進行萃取之水系應較為合理，雖然須花費較多之時間，卻可獲得較精確之集水區水系網，並可由自動劃分模組以動態地建置其集水區。本研究所建立之結果可做為集水區有效管理與整治之參考。

(**關鍵詞**: 累積流量、集水區動態萃取、水系門檻值)

A Study of Multi-threshold Method for Stream Network Extraction in a Watershed

Chao-Yuan Lin⁽¹⁾, Chia-Hao Hsu⁽²⁾, Chen-Chen Tsai⁽³⁾

Professor⁽¹⁾ and Graduate Student⁽²⁾⁽³⁾, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402.

ABSTRACT

With the progress of computer technology, the technique of using digital elevation model (DEM) data to delineate a watershed automatically and then extract its stream network have gone maturely. The spatial distribution of stream network derived from the threshold is based on flow accumulation concepts. The value of the threshold depends on the characteristics of the landform and/or climates of the watershed. Dynamic automated watershed delineation method and multi-threshold algorithms for

(1) 國立中興大學水土保持學系教授

(2)(3) 國立中興大學水土保持學系碩士班研究生

extracting watershed stream network are employed in this study. The range of threshold variances of each watershed is different, and the influential factors of threshold include rainfall, altitude, slope and geology. The consequence demonstrates that threshold variances relate to rainfall and geology apparently. The module developed in this study can be effectively used for watershed planning and evaluation.

(Keywords): Flow accumulation, Dynamic automated watershed delineation, Stream threshold)

前言

在水土保持規劃、水利防洪演算或坡地災害評估時常須用到甚多之集水區水系網分布之相關資料。多年來利用地理資訊系統 (Geographic Information Systems; GIS) 結合數值高程模型 (Digital Elevation Model; DEM) 以計算集水區水系網空間分布之資訊，除了須熟練 GIS 軟體的操作技巧外，由於其求算過程甚為複雜，常難取得所需集水區合理的水系網資訊。有鑑於此，本研究整合了集水區數位地形資訊與 GIS 技術，以集水區為分析單元，發展自動萃取集水區水系網之「空間分布資訊模組」，可迅速而精確地分析集水區之地文與水文資訊，作為坡地災害即時評估與水土保持設施規劃設計之用，但同時也發現以單一門檻值甚難自動萃取到完整而合理之集水區水系網。因此改由河川數量等 6 種地文因子配合試誤法期能找出符合各集水區依各地文因子所建置之多重門檻值，並可了解集水區內地文因子對水系門檻值之影響。

相關文獻

目前集水區自動劃分理論皆是 O'Callaghan 及 Mark (1984) 為最早提出，係利用累積流量之概念，意即網格之累積流量為上游流入該網格之累積數量，且累積流量之差值係計算網格與其下游網格累積流量之差，若網格之累積流量差值大於或等於使用者給定之門檻值，則指定該網格為集水區之

出口，向上游進行追蹤則可得集水區之範圍，並進而萃取其水系網。

現階段以 DEM 結合 GIS 應用於集水區自動劃分以及水系網萃取，專家學者皆以單一門檻值萃取結果來代表，而水系網所代表的是地表逕流對地表侵蝕所形成的河槽系，其發展的方式是由層蝕發展到蝕溝、槽蝕至大小水流所勾繪的水系網（錢寧等，1987），又因水系分為常流水及非常流水，因此只利用單一水系門檻值難以表示地區之水系門檻值。而集水區地水文因子可結合 DEM 及排水流向觀念進行自動化萃取（林昭遠等，2000）。林昭遠等復於 2001 年提出由於集水區水系源頭之起始門檻值受地形、地質、土壤及氣候等環境影響，單一門檻值所萃取之水系網無法代表真實水系分布之情形，因此提出多重門檻值以萃取水系網，則可模擬真實水系之空間分布。其中提出影響集水區水系門檻值之地文因子不一，供試集水區中僅起伏量與水系門檻值呈現顯著負相關；亦即水系源頭集水區之起伏量愈大，該集水區地表受逕流水之沖擊愈大，所萃取之水系門檻值即愈小。

研究材料與方法

(一) 研究區域

本研究選取基隆河上游集水區、石門水庫集水區、陳有蘭溪集水區、曾文水庫集水區、及二仁溪集水區等五個集水區 (圖 1)，各分析集水區概述如下：

1. 基隆河集水區

集水區為南湖大橋上游基隆河流域，集水區面積約為 321 km²，區內為河谷地形，除上、中游局部狹小之河床平原外，其餘皆為丘陵地，平均坡度為 32.3%，地質構成南北走向，山露岩層屬於中新世早期及中期沈積岩，區內土壤分布主要有黃壤、幼黃壤、石質土、及沖積土，其中上游主要為崩積土，而下游則是幼黃壤分布最廣。

2. 石門水庫集水區

集水區位於石門大壩上游之大漢河流域，集水區面積約為 763Km²，區內山坡陡峻，平均坡度為 61.3%，溪流湍急，地質疏鬆，其中以第三紀為主，大部分為中新世砂岩頁岩，其中含煤層分佈於水庫區域之東北部；上新世之岩質，多分佈於水庫之西半部，上游地區則以第三紀地層最多，並以略經變質之砂岩及頁岩為主。區內土壤大部分為山地石質土，土層瘠薄，以黃壤為主（石門地方建設委員會，1962）

3. 陳有蘭溪集水區

集水區為濁水溪支流，河長 42 Km，流域面積 448 Km²。集水區內匯集玉山北坡面、阿里山脈東坡面與郡大山脈西坡面之水朝北流，為一斷層線縱谷，平均坡度為 64.8%，流域呈狹長形，主流由南向北流，區內地質分布較不均勻，主要地層分布較廣，其中於下游處為台地堆積層，區域內為砂岩及頁岩互層，還有含少量煤層，而土壤主要以上游石質土及下游崩積土分布較多。

4. 曾文水庫集水區

集水區位於台南縣與嘉義縣交界處曾文溪流上之柳藤潭，集水區面積 481 Km²，大小支流共計 22 條。集水區形狀呈東北西南走向之狹長袋狀，全區平均標高約 960m，區內多屬山坡地範圍，平均坡度為 51.1%，河床

坡度甚陡。其地層以第三紀上新世及中新世地層為主，階地堆積層呈零星分布於河岸兩側；區內以第三紀岩性之風化土壤，僅集水區下游小部份為崩積土和沖積土，土壤主要以棕色森林土壤為主，有機質頗豐，底土灰黃，較為堅實且略帶黏性，本區之土層即屬於砂質壤土（經濟部水利處南區水資源局，2000）。

5. 二仁溪集水區

集水區為南雄橋上游之集水區，北鄰曾文溪，東界高屏溪，南接阿公店溪，西瀕台灣海峽，集水區面積為 176 Km²，平均坡度為 20.5%，屬於緩降河川；區內上游部份以第三紀上新世之卓蘭層為主，局部夾帶少許頁岩，由於區內地質錯綜複雜且脆弱，加上植被狀況不良，上層粉砂及礫石層被沖蝕後，泥岩裸露，雨季來臨時河水混濁大量泥砂被沖蝕而下，其年平均沖蝕量深度高。

(二) 研究方法

1. 資料蒐集

本研究之分析流程如圖 2，蒐集經濟部水利署相關雨量站資料，中央地調所地質圖，及 40x40m 網格式數位地形資料，以地理資訊系統軟體進行高程、坡度流向計算、水系網萃取、以及集水區特性分析。

2. 分析方法

(1) 萃取多重門檻值水系

以現場實測或以 1/25,000 地形圖等電子檔結合 GIS 軟體數化等方式，取得水系源頭之點位，並由單一門檻值理論之排水流向由源頭追跡至下游建立水系網，繪出各集水區真實水系，接著再分析集水區之特性，即可計算出地文及水文因子之多重門檻值。

(2) 萃取單一門檻值水系

目前所用的水系網萃取之方式，皆是以

O'Callaghan 及 Mark 法建立各網格之累積流量為依據，分析每個網格的排水流向後，計算每個網格之鄰近網格流入及流出數目，而累積網格數到達使用者所給定的門檻值配合排水流向追蹤至集水區出口，模擬出該集水區水系網。因此利用 GIS 給定門檻值，繪製集水區單一門檻值之水系，接著與多重門檻一樣，計算其地文水文因子。

(3) 因子選定

經由單一及多重門檻分析地文與水文因子，在選取時，由於水文因子為時間序列，因此不予考慮。而比較後可以找出有改變之因子，利用這些有改變之因子以試誤法找出與多重門檻值水系計算出的地文因子相同值，便可得知該集水區適用的單一門檻值水系。

(4) 氣候及地形因子分析

本研究以雨量、高程、坡度及地質分析與水系門檻值關係，其中收集經濟部水利署 1992-2003 年相關雨量站資料，以克利金法，繪製各區等雨量線，高程與坡度，則是以 DEM 資料作計算，而地質利用各種地質單壓強度(如表 1.)加以量化，各因子分別以 SPSS 多變量統計分析軟體，計算標準差，以顯示集水區各個因子的變異大小，並以回歸分析方法，判別與水系門檻值是否相關。

結果與討論

(一) 單一及多重門檻值分析比較

單一門檻值係以累積流量大於等於水系網門檻者定義為水系，使用時需由試誤法找出「最適門檻值」以符合水系，但未必能滿足實際集水區的需求。而「多重門檻值分析」需取得水系源頭，追蹤流向求得水系網，精度高但需配合特定分析程式。單一門檻及多重門檻比較如表 2.，其中分析時間若考慮試誤法，則單一門檻值必需重複測試方可得到

最適的門檻值，因此在時間上遠比多門檻值所需的時間還要來的多；在效率方面，得出適合單一門檻值後，可快速得到集水區水系情形，但無法符合實際情形，分析多重門檻水系除了較符合實際外，對日後分析可達較高的準確性；在技術性方面，單一門檻若以軟體求得比較簡單，若考慮試誤法，則必需重複測試取得適合之水系門檻值，多重門檻則只需點繪源頭，再追蹤流向即可，此步驟並不花費時間。因此，整體而言「多重門檻」較「單一門檻」適合於一般的集水區的分析。

(二) 不同門檻值對地文因子影響

集水區內的地表特性、地質、土壤及氣象等條件組合，會造就不同的水系特性，並綜合反應於集水區的地文因子。這些的地文因子包含主流長度、水系密度、河流總長度、河川數量、集水區寬度及水系頻率。若要使單一門檻值滿足實際的水系分佈，需分析各因子之敏感度，方能求得「最適門檻值」。

各集水區於不同門檻值的地文因子，如表 3~表 7 所示。其中，可發現部分因子具訊息重疊的狀況，如主流長度(L)與集水區寬度($W=A/L$)；河川總長度(LT)與水系密度($DS=LT/A$)；以及河川數量(N)與河川頻率($Fs=N/A$)等三組。因集水區面積(A)為定值，故僅取主流長度、河川總長度及河川數量進行敏感度分析即可。

綜合分析顯示敏感度大小依序為，河川數量>河川總長度>主流長度。以石門水庫集水區為例，當水系門檻值為 256 時主流長度與實際相同，但河川總長度與真實水系相差 160km，約 24.8%的變動；而河川數量相差 209 條，約 76.48%的變動。反之，採用符合河川總長度的門檻值(428)，主流長度與真實水系差 0.1km，變動僅 0.08%，而河川數量亦只差了 5 條(1.82%)。

當河川數量符合真實水系時（門檻值 440），主流長度及河川總長度與實際的差異，分別為 0.08% 及 1.09%。故基於參數空間尺度的大小及其造成的敏感度，以河川數量之門檻值模擬，可得到較佳的模擬結果。

(三)各集水區門檻值範圍及因子影響

經上述分析由試誤法所得單一門檻值不盡相同，可能由於集水區水系受到氣候、地形特性影響，使各集水區水系門檻值變異程度不同，因此將各集水區雨量、高程、坡度及地質加以分析量化如表 8，其結果分述如下。

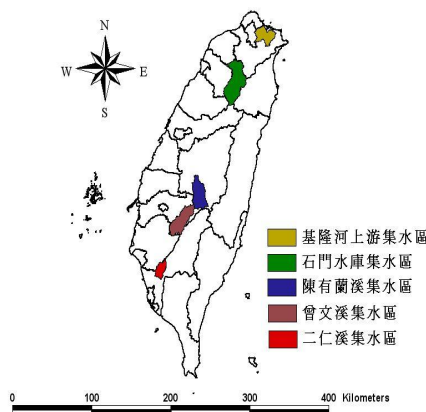


圖 1. 試區位置

Figure 1. Study sites.

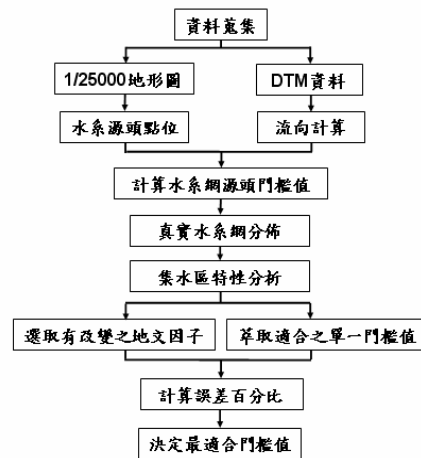


圖 2. 分析流程

Figure 2. Flowchart of analysis.

表 1. 地質單壓強度參考表

Table 1. Reference table of the geological uniaxial compressive strength.

地質	單壓強度(MPa)
砂岩及頁岩、白砂岩，含煤層	25-50
硬頁岩夾泥質砂岩	50-100
紅土、礫石、砂及粘土	0.078-0.44
硬頁岩夾薄至厚層砂岩	50-100
砂岩及頁岩互層，含煤層	25-50
礫石、砂及粘土	0.078-0.33
玄武岩質凝灰岩及岩流	1-25
塊狀砂岩及頁岩	50-100
硬頁岩及板岩	50-100
礫石、砂及粘土	0.078-0.44
深灰色板岩和千枚岩質板岩、夾石英砂岩互層	50-100
厚層或塊狀白色中至極粗粒石英岩及硬頁岩	200

註：上表中單壓強度係參考 Federal Highway Administration (1989) “Rock Slopes: Design, Excavation, Stabilization”, Publication No. FHWA-TS-89-045, U.S. Department of Transportation.

(1) 基隆河

由表 3 可看出水系門檻值範圍約為 325~360，相較下門檻值變異不大，標準差為 17.4，為五區中變異最小，理論上應為最低，其分析結果不然，其可能原因為，該區雖終年多雨，但形狀因子最高，高達 1.42，因此雨量分布較為均勻(徐世大等，1969)，主要

集中在上游區，由變異係數(CV)可知，僅只有 4.2%，顯示該區在雨量分布變異小。而地質單壓強度，分布於 25~50mpa 之間，主要為頁岩及砂岩分布，雖變異較增文水庫及二仁溪集水區大，但平均單壓強度，較兩區高，水系不易切割，甚難形成水系。由敏感度分

表 2. 單一及多重門檻值分析比較

Table 2. The comparative summary between single and multi-threshold characteristics.

	分析時間	效率性	技術性
單一門檻	經由地理資訊系統做分析只需要使用者給定門檻值等待幾秒鐘自動繪製集水區水系。	若需要快速觀看一集水區的水系情形，單一門檻值是最佳選擇，但卻不適合用來日後分析。	已有軟體，只需輸入門檻值便可得一集水區水系網。
多重門檻	必須點繪 1/25000 地形圖水系源頭才能繪製水系網，大約需要 30 分鐘。	分析後的水系更能反映一集水區真實水系情形，更可以提高日後分析準確性。	較大之集水區易有較多水系源頭，因此點繪時須特別注意。

表 3. 地文因子推算水系門檻值(基隆河)

Table 3. The calculated geomorphologic factors from different threshold values for the Keelung River watershed.

門檻值	主流長度(km)	水系密度	河川總長度(km)	河川數量	集水區寬度(km)	河川頻率
多重門檻值	70.57	1.08	347.96	149	4.55	0.46
單一門檻值	329(主流長度)	1.12	358.45	146	4.55	0.45
	誤差 (%)	3.70	3.01	2.01	0.00	2.17
	360(水系密度)	70.36	347.56	136	4.57	0.42
	誤差 (%)	0.30	0.11	8.72	0.44	8.70
	359(河川總長度)	70.36	1.08	136	4.57	0.42
	誤差 (%)	0.30	0	8.72	0.44	8.70
	325(河川數量)	70.59	1.12	360.02	4.55	0.46
	誤差 (%)	0.03	3.70	3.47	0	0
	325(集水區寬度)	70.59	1.12	360.02	149	0.46
	誤差 (%)	0.03	3.70	3.47	0	0
	325(水系頻率)	70.59	1.12	360.02	149	4.55
	誤差 (%)	0.03	3.70	3.47	0	0

注：斜線之值代表單一之門檻與多重門檻值一致

表 4. 地文因子推算水系門檻值(石門水庫集水區)

Table 4. The calculated geomorphologic factors from different threshold values for the Shiehmen Reservoir watershed.

門檻值	主流長度 (km)	水系 密度	河川總 長度 (km)	河川 數量	集水區 寬度 (km)	河川 頻率
多重門檻值	118.46	0.85	642.05	274	6.38	0.36
單一門 檻 值	253(主流長度)	1.06	801.28	483	6.39	0.64
	誤差(%)	24.70	24.80	76.28	0.16	77.78
	430(水系密度)	118.36	640.99	277	6.39	0.37
	誤差(%)	0.08	0.17	1.09	0.16	2.78
	428(河川總長度)	118.36	0.85	279	6.39	0.37
	誤差(%)	0.08	0	1.82	0.16	2.78
	440(河川數量)	118.36	0.84	635.06	6.39	0.36
	誤差(%)	0.08	1.18	1.09	0.16	0
	250(集水區寬度)	118.51	1.07	806.11	489	0.65
	誤差(%)	0.04	25.88	25.55	78.47	80.55
	440(水系頻率)	118.36	0.84	635.06	274	6.39
	誤差(%)	0.08	1.18	1.09	0	0.16

注：斜線之值代表單一之門檻與多重門檻值一致

表 5. 地文因子推算水系門檻值(陳有蘭溪集水區)

Table 5. The calculated geomorphologic factors from different threshold values for the Chenyulan Stream watershed.

門檻值	主流長度 (km)	水系 密度	河川總 長度(km)	河川 數量	集水區寬 度(km)	河川 頻率
多重門檻值	50.27	0.78	347.57	123	8.91	0.27
單一門 檻 值	760(主流長度)	0.65	291.78	98	8.91	0.22
	誤差(%)	16.67	16.05	20.33	0	18.52
	500(水系密度)	50.32	350.32	145	8.9	0.32
	誤差(%)	0.10	0.79	17.89	0.11	18.52
	508(河川總長度)	50.32	0.78	143	8.9	0.32
	誤差(%)	0.10	0.00	16.26	0.11	18.52
	600(河川數量)	50.32	0.73	326.12	8.9	0.27
	誤差(%)	0.10	6.41	6.17	0.11	0
	760(集水區寬度)	50.27	0.65	291.78	98	0.33
	誤差(%)	0.00	16.67	16.05	20.33	19.51
	600(水系頻率)	50.32	0.73	326.12	123	8.9
	誤差(%)	0.10	6.41	6.17	0	0.11

注：斜線之值代表單一之門檻與多重門檻值一致

表 6. 地文因子推算水系門檻值(曾文水庫集水區)

Table 6. The calculated geomorphologic factors from different threshold values for the Tzenwen Reservoir watershed.

門檻值	主流 長度 (km)	水系 密度	河川總 長度 (km)	河川 數量	集水區 寬度 (km)	河川 頻率
多重門檻值	72.95	0.87	420.82	198	6.63	0.41
單一 門 檻 值	507(主流長度)	0.83	405.58	162	6.63	0.33
	誤差(%)	4.60	3.62	18.18	0.00	19.51
	470(水系密度)	73.14	419.58	178	6.62	0.37
	誤差(%)	0.26	0.29	10.10	0.15	9.76
	467(河川總長度)	73.14	0.87	178	6.62	0.37
	誤差(%)	0.26	0	10.10	0.15	9.76
	418(河川數量)	73.18	0.91	442.61	6.61	0.41
	誤差(%)	0.31	4.60	5.18	0.30	0
	507(集水區寬度)	72.95	0.83	405.58	162	0.33
	誤差(%)	0.00	4.60	3.62	18.18	19.51
	467(水系頻率)	73.14	0.87	420.82	178	6.62
	誤差(%)	0.26	0.0	0	10.10	0.15

注：斜線之值代表單一之門檻與多重門檻值一致

表 7. 地文因子推算水系門檻值(二仁溪集水區)

Table 7. The calculated geomorphologic factors from different threshold values for the Erzen Stream watershed.

門檻值	主流 長度 (km)	水系密 度	河川總 長度 (km)	河川 數量	集水區 寬度 (km)	河川 頻率
多重門檻值	46.78	1.84	325.01	160	3.77	0.91
單一 門 檻 值	280(主流長度)	1.53	268.97	121	3.77	0.69
	誤差(%)	16.85	17.24	24.38	0.00	24.18
	180(水系密度)	47.16	324.82	175	3.74	0.99
	誤差(%)	0.81	0.06	9.38	0.80	8.79
	180(河川總長度)	47.16	1.84	175	3.74	0.99
	誤差(%)	0.81	0	9.38	0.80	8.79
	200(河川數量)	47.04	1.76	310.34	3.75	0.9
	誤差(%)	0.56	4.35	4.51	0.53	1.10
	280(集水區寬度)	46.78	1.53	268.97	121	0.69
	誤差(%)	0.00	16.85	17.24	24.38	24.18
	198(水系頻率)	47.04	1.77	311.74	161	3.75
	誤差(%)	0.56	3.80	4.08	0.63	0.53

注：斜線之值代表單一之門檻與多重門檻值一致

表 8. 各集水區門檻值、氣候與地形因子表

Table 8. threshold value , climate and topographical factor form in each watershed.

地區	平均 門檻值	標準差	平均 雨量	標準差	平均 高程(m)	標準差	平均 坡度(%)	標準差	平均地質 單壓強度	標準差
基隆河	337	17.4	3742	159	212	157	32.3	18.0	43.5	21.6
石門水庫	374	93.9	2396	307	1402	657	61.3	25.5	52.0	30.0
陳有蘭溪	621	115.7	2015	358	1590	681	64.8	30.6	83.1	69.3
曾文水庫	473	32.9	2630	114	960	535	51.1	26.7	40.2	10.2
二仁溪	220	47.5	1894	81	90	57	20.5	13.7	32.7	13.1

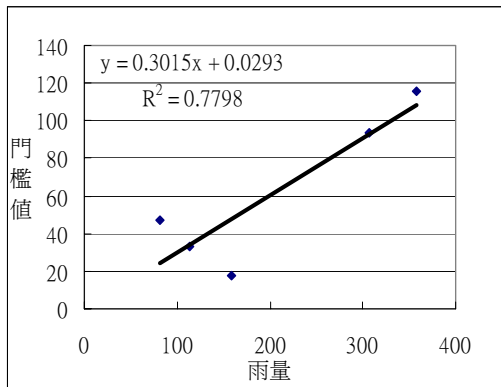


圖 3. 門檻值與雨量關係圖

Figure 3. rainfall with threshold value

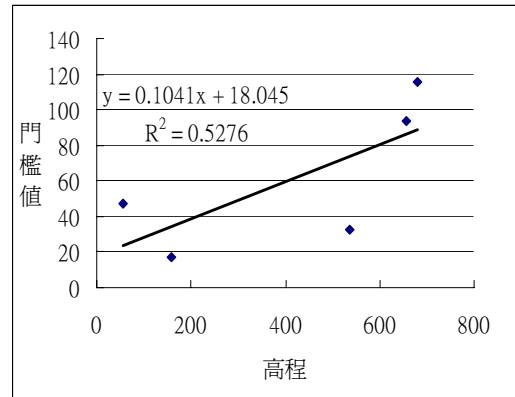


圖 4. 門檻值與高程關係圖

Figure 4. elevation with threshold value.

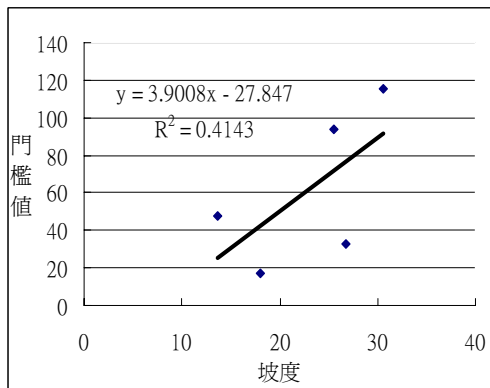


圖 5. 門檻值與坡度關係圖

Figure 5. slope with threshold value.

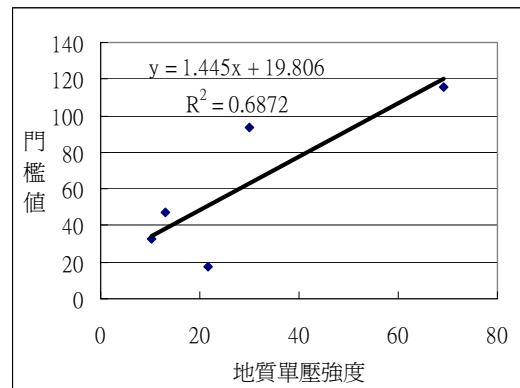


圖 6. 門檻值與地質單壓強度關係圖

Figure 6. geological uniaxial compressive strength with threshold value.

析中可建議單一門檻值採用 325 來代表該區水系。

(2) 石門水庫

該區門檻值範圍為 253~440，標準差為 93，因該區為狹長形，圓比值 0.21 為五區中最低，可知雨量分布不均，由雨量空間分布變異係數(CV)達 12.8%。石門水庫地勢由南向北遞減，起伏量為 3258m 起伏比為 0.08，可知高程及坡度變異程度屬較大情形，其標準差分別為 657 及 25.5。地質平均單壓強度雖達到 52，但集水區內之地質構造複雜，有縱向、橫向斷裂及各類型褶皺等，區內一般岩石之情況多屬脆弱、劈理、節理及裂隙發達，使得地質單壓強度標準差高達 30，易造成水系向地質脆弱地切割，而影響門檻值變異。由敏感度分析中可建議單一門檻值採用 440 來代表該區水系。

(3) 陳有蘭溪

陳有蘭溪集水區門檻值為 500~760，標準差為五區中最大達 115.7，其主要原因為受到雨量、高程、坡度及地質單壓強度變異影響所造成。該區為狹長形流域，雨量變異為各區中最大，由雨量空間分布，其變異係數(CV)達 17.7%，而該區地勢與石門水庫相同，由南向北遞減，高程起伏量高達 3622m，標準差為 681，而坡度於 55%以上佔總面積達 65%，其標準差為 30.6。地質分布非常複雜，河流兩岸岩層經地力斷層及陳有蘭溪斷層通過，使得該區多褶皺斷裂，地質脆弱，十分破碎，流域中有單壓強度非常小的礫石、砂及黏土，以及最大的厚層或塊狀白色中至極粗粒石英岩及硬頁岩，整區各種地質分布交雜錯綜，因此易影響地質單壓強度變異，標準差為五區最高的 69.3。由敏感度分析中可建議單一門檻值採用 600 來代表該區水系。

(4) 曾文溪

門檻值範圍介於 418~507 之間，標

準差為 32.9 其變異較小，雨量為 2630mm，大多分布於上游山區內，由雨量空間分布較均勻，其變異係數(CV)只達 4.4%。平均高程與坡度為 960 及 51.07%，由於起伏量達 2403，因此標準差也高達 535 及 26.7。地質主要為砂岩及頁岩互層佔 88%為最多，為五區中地質最為均勻，平均地質單壓強度為 40.2 標準差只有 10.2，理論上門檻值變異應較低，初步研判為該區有部分地質為泥岩區，為易冲刷特性，而使門檻值變異大。由敏感度分析中可建議該區單一門檻值用 418。

(5) 二仁溪

門檻值範圍界於 200-280，其標準差為 47.5，年平均雨量只有 1849mm，而整區雨量分布非常平均，變異係數(CV)只達 4.3%，平均高程與坡度為 90m 與 20.3%，整區地勢起伏低，起伏量為 474，標準差分別為 57 及 13.7，地質主要為主要為砂岩、泥岩、頁岩互層佔 66%為最多，而平均地質單壓強度為 32.7，標準差為 13.1，與曾文水庫情形相同，此集水區大部分為泥岩地區，當雨季來臨時容易向下淘刷，可知該區易型成水系。由敏感度分析中若以單一門檻值來代表真實水系建議採用 200。

整體而言門檻值變異大者，其各因子標準差就大，但門檻值變異小者，標準差不一定小，以基隆河、曾文溪及二仁溪比較，一般而言，基隆河受到因子影響較大，則門檻值應該變異較大，但實際上卻是相反，初步推斷，由於曾文溪與二仁溪均為泥岩地，每當雨季來臨，地質軟化剝離，易造成溪流向下切割，使門檻值變異大。

(四) 門檻值與各因子標準差之回歸分析

本研究探討地形因子與門檻值之間關係，門檻值易受地文因子變動而改變，若使單一門檻值滿足實際的水系分佈，可分析各因子之敏感度，加以求得「最適門檻值」。

集水區多因地文特性以及氣候等因素影響，因此對這些因素加以量化分析，求各因子與門檻值相關性，以回歸方法分析後如圖 3~6，其中以雨量空間分布及地質單壓強度對門檻值有較高判定係數，分別為 0.78 即 0.69，顯示雨量及地質單壓強度變異越大，雨量分布越不均勻，地質脆弱程度大小不一，而高程與坡度均與門檻值呈現判定係數低，與門檻值相關性小，僅 0.53 及 4.1，可能原因為五個集水區代表資料較為薄弱，難以看出相關性。

結論

傳統單一門檻值萃取水系無法完整呈現及水區水系，而真實水系萃取較為繁雜，因此本研究重點為探討各集水區之真實水系應採用多少門檻值來表示，經由結果與討論可發現地文參數值以試誤法所求得之門檻值各不相同，與真實水系具有一定誤差，只可得其適用之範圍，但由敏感度分析中可由河川數量來建議適合之單一門檻值，而集水區以雨量、地形之變異應用回歸方法，以雨量及地質所顯示關係大，未來若能增加集水區數量，將有助於判定水系門檻值與各氣候、地文及地形因子間之相關性。

參考文獻

1. 石門地方建設委員會(1962)，「石門水庫集水區土地利用調查報告」。
2. 李光敦、江申(1997)，「面積門檻值對集水區地文參數與水文模擬之影響」中華水土保持學報，28(1)：21-32。
3. 林文賜(2002)，「集水區空間資訊萃取及坡面泥砂產量推估之研究」，PP:62-65，PP:111-124。
4. 林昭遠、林文賜(2000)，「集水區地文水文因子自動萃取之研究」，中華水土保持學報，31(3)：247-256。
5. 林昭遠、蔡真珍、林文賜(2001)，「集水區水系門檻值界定之研究」，中華水土保持學報，32(2)：133-140。
6. 徐世大、朱紹鎔、雷萬清(1969)，「實用水文學」，東華書局。
7. 經濟部水利處南區水資源局(2000)，「曾文水庫集水區第一期治理調查規劃報告」。
8. 錢寧、張仁、周志德(1987)「河床演變學」科學出版社。
9. O'Callaghan, J.F. and D.M. Mark (1984), "The Extraction of Drainage Networks from Digital Elevation Data", Computer Graphics and Image Processing, 28: 323-344.

95 年 10 月 18 日 收稿

95 年 12 月 04 日 修改

95 年 12 月 28 日 接受

水土保持學報 38(3)：343-354 (2006)

Journal of Soil and Water Conservation, 38(3)：343-354 (2006)