

第四章 相似程度之評量方式

調查河川流量與流域內形態要素關係目的之一，在於獲取水文學各種要素以及流域特性上定量之資訊。流域特性計有流域面積、河川長度、流域形狀、地勢、土地覆蓋、地質、主、支流之河溪分部的狀況。本章主要將探討與分析不同演算方法產生之河川流域特性之相似程度。將計算所得到的水系以及集水區與對照組資料進行下列比對評量。

1. 視覺疊圖比對
2. 形狀指標比對
3. 河川級序比對
4. 線形誤差指標比對

4-1 視覺疊圖比對

本方法直接將欲比較之成果圖，以目視法方式與對照資料進行比對。如圖 4-1、4-2 及 4-3 為 TauDEM 與 r.watershed 於空間解析度為 90 公尺、250 公尺與 500 公尺，面積門檻值為 100(th=100)時所得之成果。觀察計算所得淡水河流域之水系及集水區，初步發現水系分佈於空間解析度 90 公尺，TauDEM 與 r.watershed 於台北市區之水系分布有較明顯的差異外其餘地區水系分布情形相似度高，且 r.watershed 擷取出之集水區與 TauDEM 擷取之比較有錯誤情形發生。空間解析度 250 公尺，水系分布於台北市地區有更大的差異，集水區錯誤之情形依舊存在；在空間解析度為 500 公尺時，r.watershed 擷取出之集水區錯誤的情形消失。

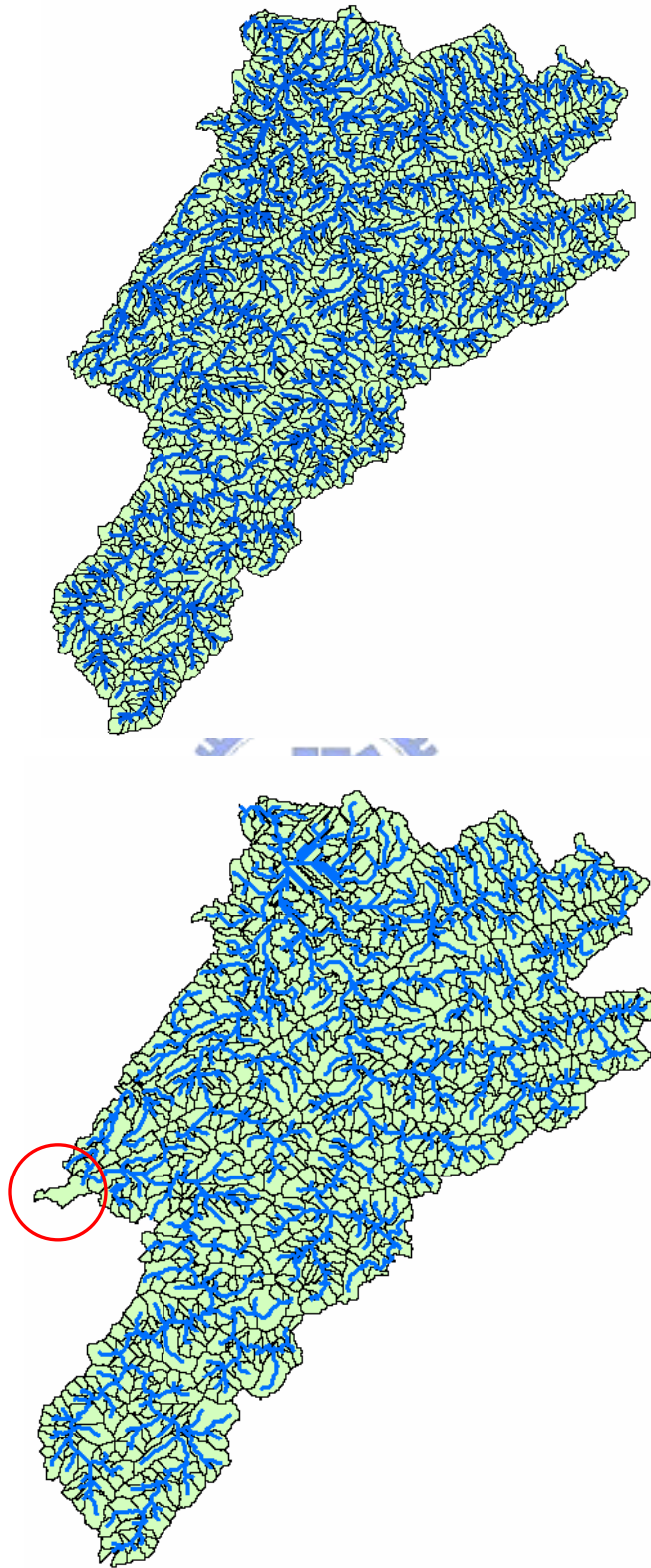


圖 4- 1：以目視法比較，空間解析度 90 公尺 TauDEM(上)與 r.watershed (下)擷取之水系以及集水區之差異。

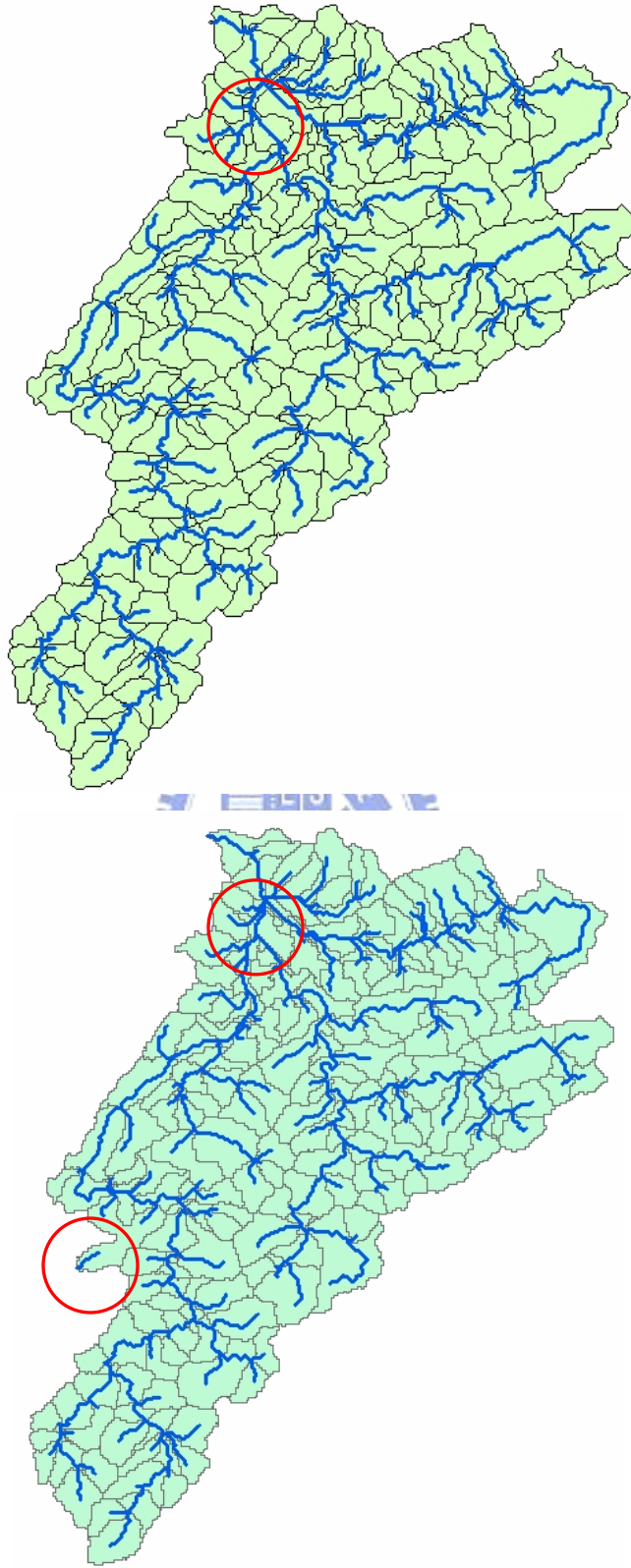


圖 4-2：以目視法比較，空間解析度 250 公尺 TauDEM(上)與 r.watershed (下)擷取之水系以及集水區之差異。

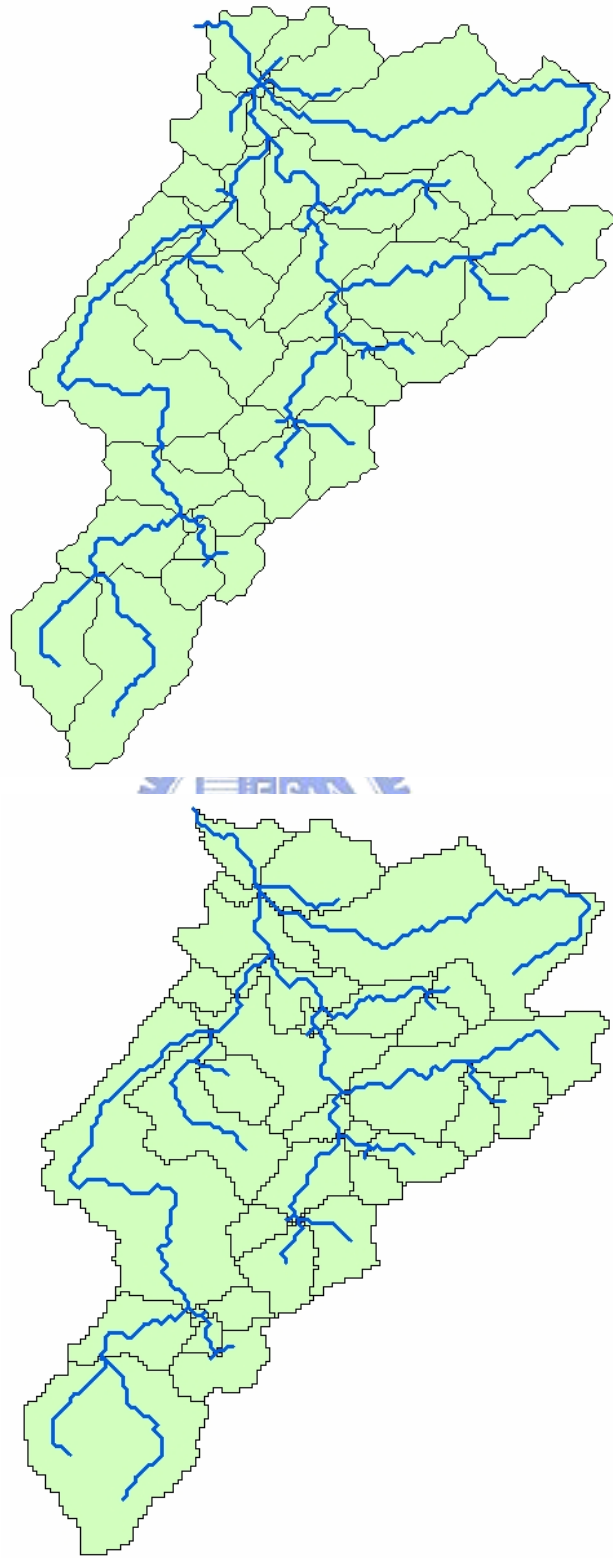


圖 4-3：以目視法比較，空間解析度 500 公尺 TauDEM(上)與 r.watershed (下)擷取之水系以及集水區之差異。

將解析度為 90 公尺經不同演算法擷取出之水系圖疊合，如圖 4-4，發現在板橋、新莊、北投、淡水與士林地區計算出來的水系圖有明顯的差異。將解析度為 250 公尺之圖疊合，如圖 4-5，五股、蘆洲、三重、士林與北投地區有較明顯的差異。



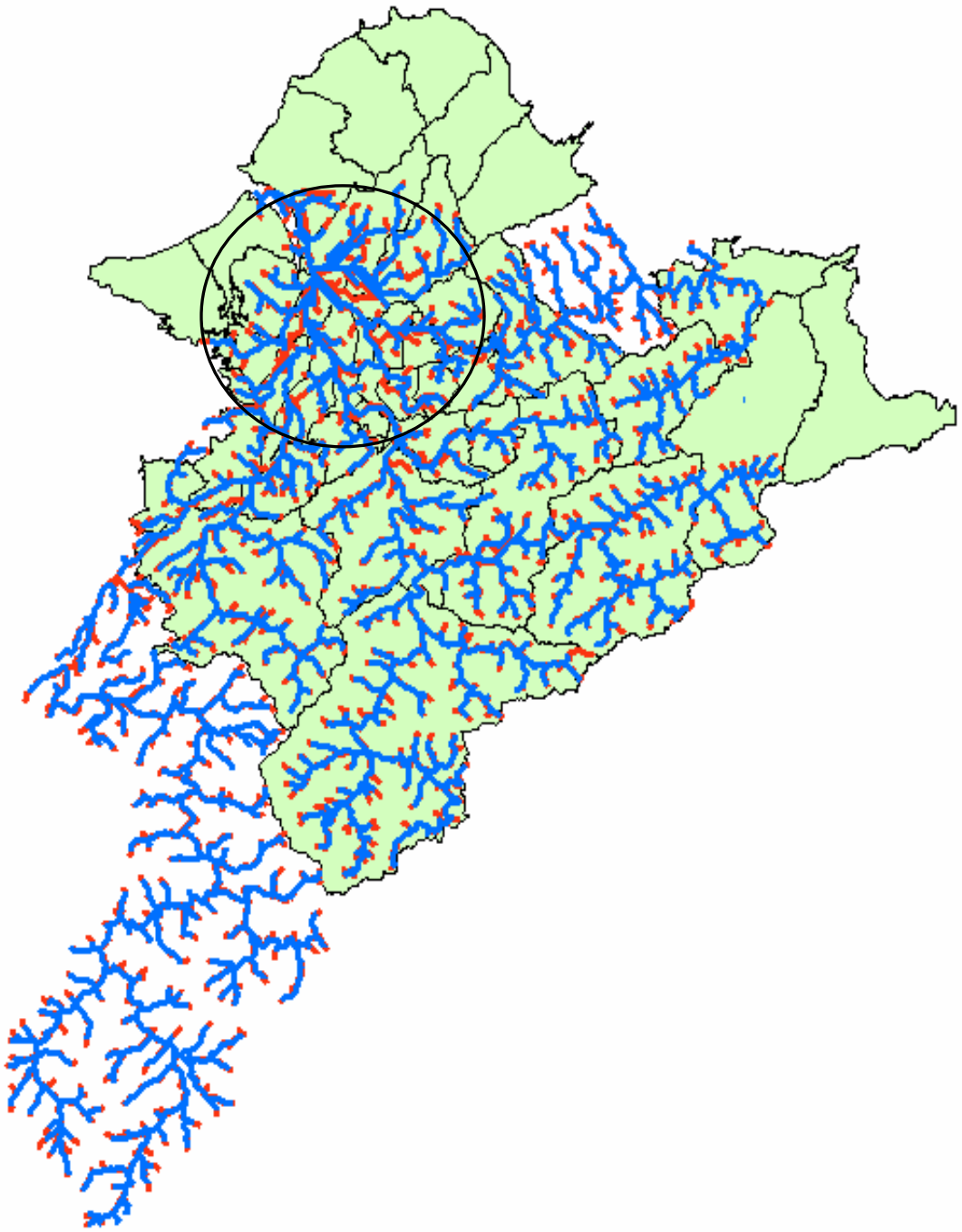


圖 4- 4: TauDEM(紅)與 r.watershed (藍)擷取出空間解析度為 90 公尺之淡水河水系圖與行政區圖疊合比較。

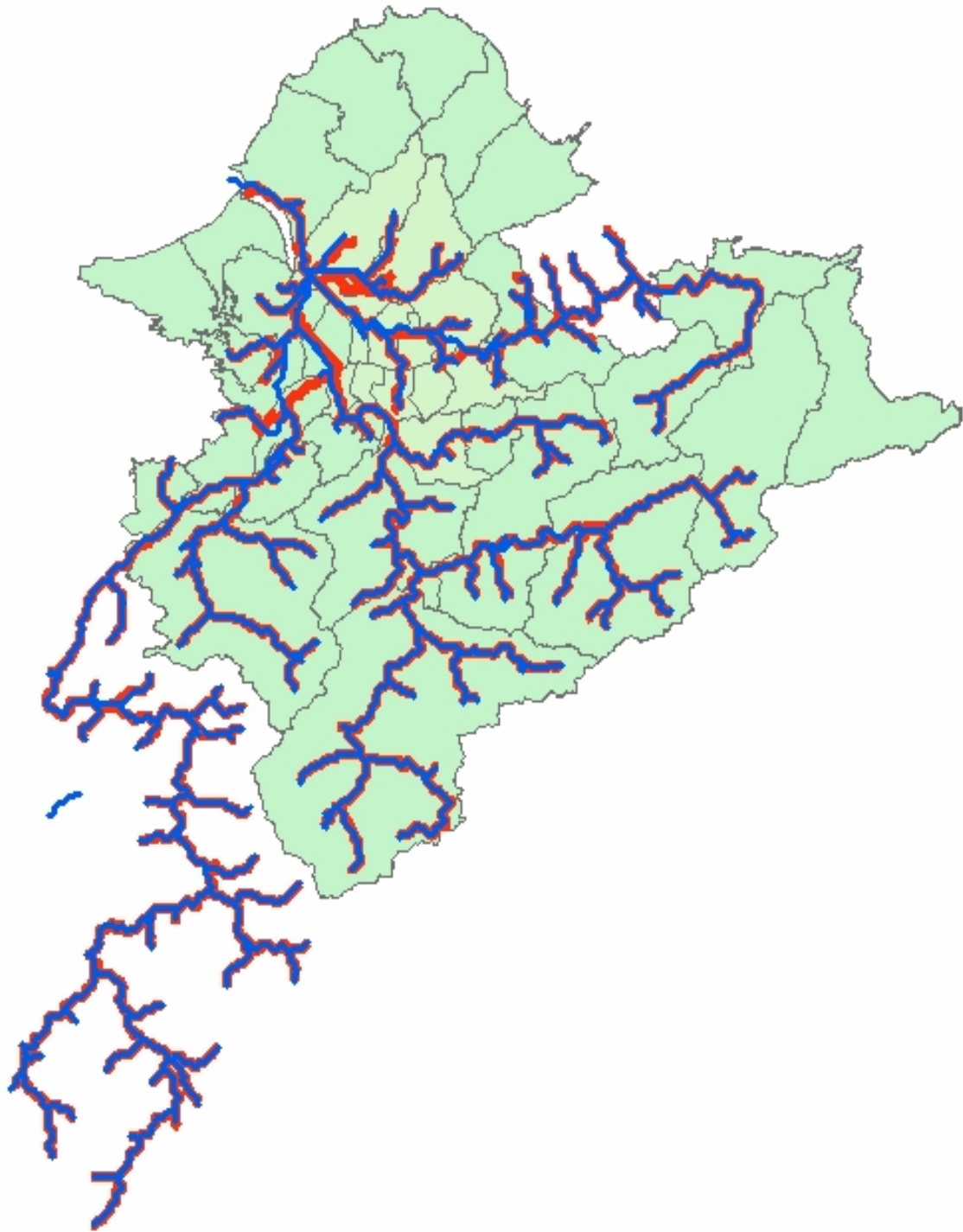


圖 4- 5：TauDEM(紅)與 r.watershed (藍)擷取出空間解析度為 250 公尺之淡水河水系圖與行政區圖疊合比較。

進一步檢視是否在其他流域會發生類似集水區劃分錯誤的情形，如圖 4-6、4-7 及 4-8 為 TauDEM 與 r.watershed 於空間解析度為 90 公尺、250 公尺與 500 公尺， $th=100$ ，擷取頭前溪流域之水系及集水區。解析度為 90 公尺 r.watershed 於頭前溪下游有集水區擷取錯誤的情形發生，解析度為 250 公尺時發現水系除了經 r.watershed 計算出來的集水區有錯誤情形發生外；由解析度為 500 公尺，TauDEM 與 r.watershed 計算出之水系分佈相似度高而集水區劃分錯誤的情形則消失。



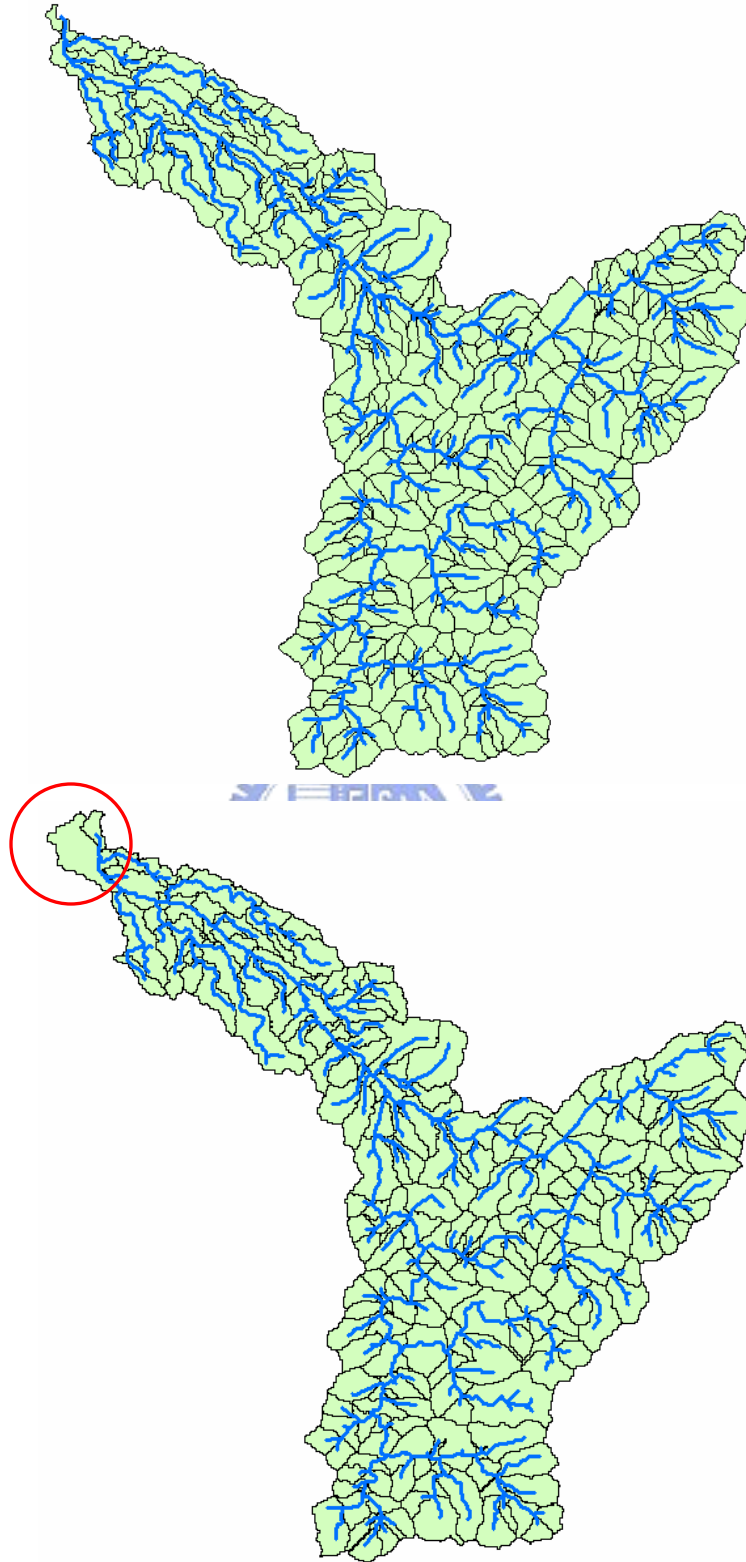


圖 4-6：以目視法比較，空間解析度 90 公尺 TauDEM(上)與 r.watershed (下)計算所得之水系以及集水區之差異。

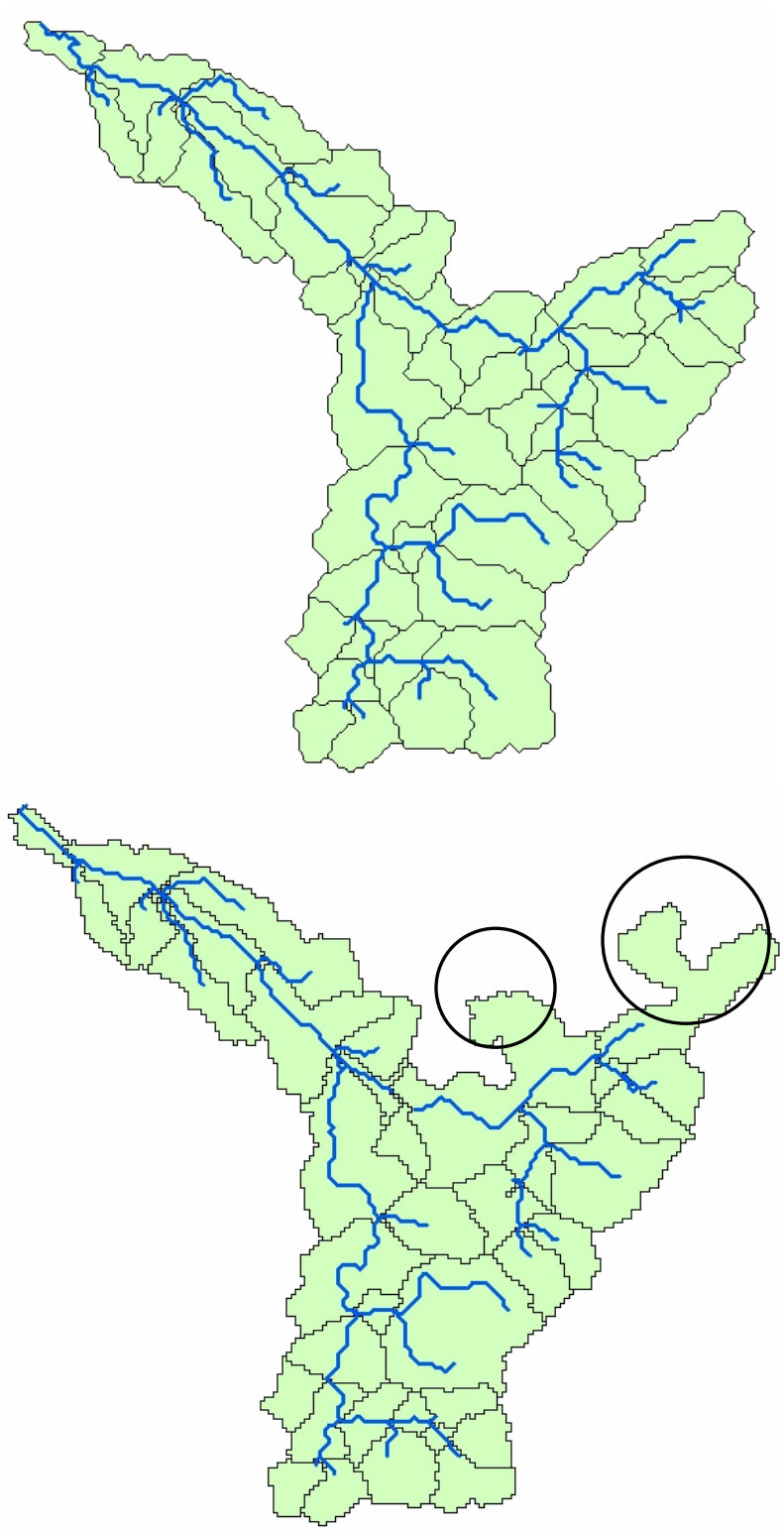


圖 4-7：以目視法比較，空間解析度 250 公尺 TauDEM(上)與 r.watershed (下)計算所得之水系以及集水區之差異。

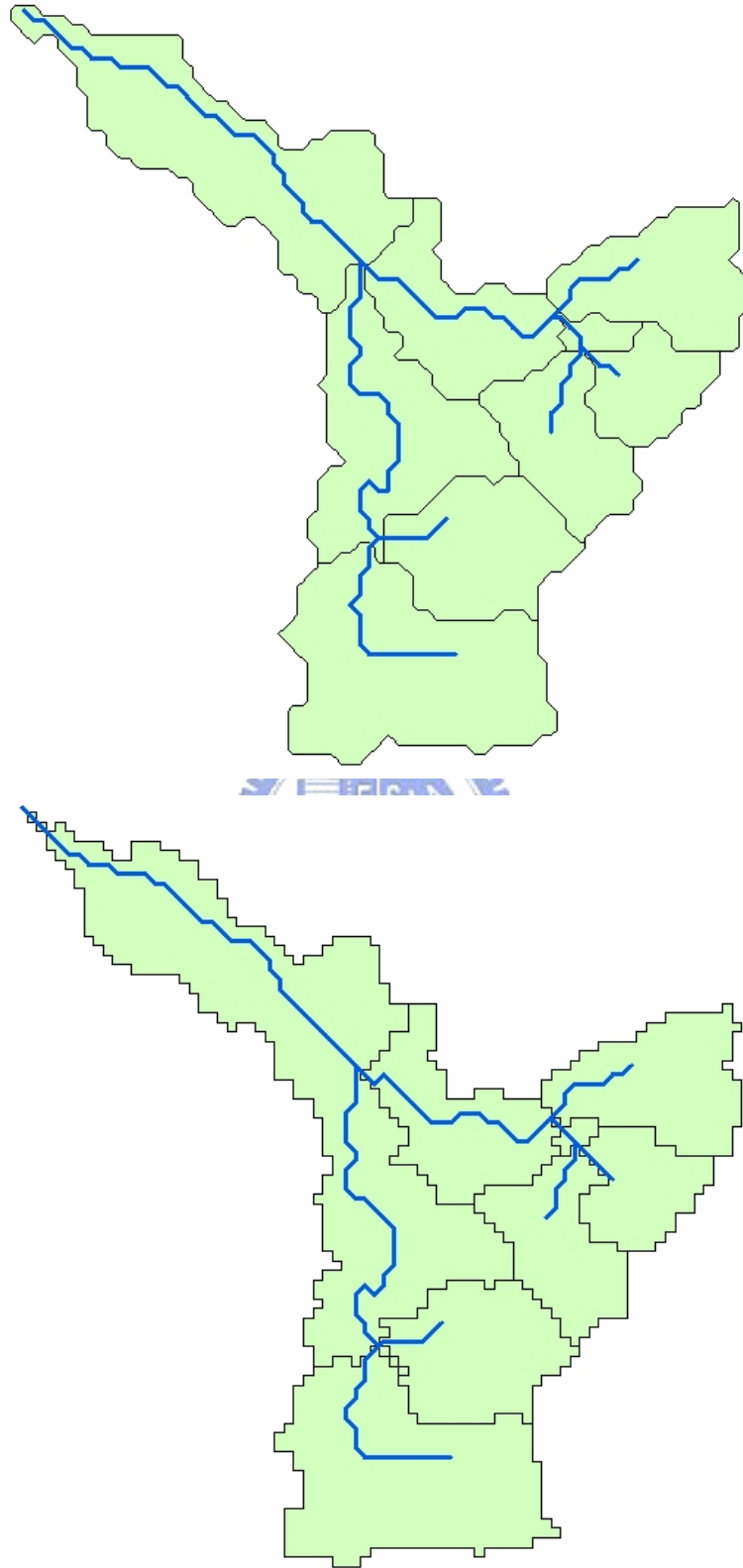


圖 4-8：以目視法比較，空間解析度 500 公尺 TauDEM(上)與 r.watershed (下)計算所

得之水系以及集水區之差異。

4-2 形狀指標比對

流域內河川之配置，主要決定於流域所處之地勢，其配置形狀為決定河川特性之一要素。在此將藉由流域之平均寬度以及流域之形狀因子相似度比較。流域之平均寬度(W)為流域面積(A)除以流域內主流之長度(L)，如式 4-1。一般而言，規模越大之河川，其流域之平均寬度越大，故河川流量之大小與流域之平均寬度成正比。有了評量流量的指標之外，為了比較流域之形狀，將流域之形狀定量的表現出來，Horton 提出了流域之形狀因數(F)，如式 4-2，將流域之平均寬度，再除以流域之主流長度，對於流域特性之形狀因數，雖亦有其他各家學者提出不同評量方法，但至今日，仍以 Horton 之下式最為普遍使用[徐義人，1995]。國內、外若干主要河川流域之 F 值如附錄 C。

$$W = \frac{A}{L} \dots\dots\dots(4-1)$$

$$F = \left(\frac{A}{L}\right)\left(\frac{1}{L}\right) = \frac{A}{L^2} \dots\dots\dots(4-2)$$

表 4-1，為淡水河流域 90 公尺解析度經由兩種演算方法所得到基本流域資料，進行形狀指標之流域平均寬度與形狀因數評估指標。表 4-2，為淡水河流域 250 公尺解析度之流域平均寬度與形狀因數評估指標。表 4-3，為淡水河流域 500 公尺解析度之流域平均寬度與形狀因數評估指標。

表 4-1：淡水河流域解析度 90 公尺之流域平均寬度與形狀因數指標。

演算方法	流域面積(A)、主流長(L)	$W = \frac{A}{L}$	$F = \left(\frac{A}{L}\right)\left(\frac{1}{L}\right) = \frac{A}{L^2}$
TauDEM	A=2697907500 m ² L=144287.7 m	18698.11 m	0.129
r.watershed	A=2703078587 m ² L=142785.1 m	18931.10 m	0.132
對照組資料(水)	A=2726000000 m ²	17144.65 m	0.107

利署)	L=159000 m		
-----	------------	--	--

表 4-2：淡水河流域解析度 250 公尺之流域平均寬度與形狀因數指標。

演算方法	流域面積(A)、主流長(L)	$W = \frac{A}{L}$	$F = \left(\frac{A}{L}\right)\left(\frac{1}{L}\right) = \frac{A}{L^2}$
TauDEM	A=2677218284 m ² L=142317.6 m	18811.58 m	0.132
r.watershed	A=2733937500 m ² L=138817.3 m	19694.50 m	0.142
對照組資料(水利署)	A=2726000000 m ² L=159000 m	17144.65 m	0.107

表 4-3：淡水河流域解析度 500 公尺之流域平均寬度與形狀因數指標。

演算方法	流域面積(A)、主流長(L)	$W = \frac{A}{L}$	$F = \left(\frac{A}{L}\right)\left(\frac{1}{L}\right) = \frac{A}{L^2}$
TauDEM	A=2606384255 m ² L=130246.1 m	20011.24 m	0.153
r.watershed	A=2717249968 m ² L=129903.1 m	20917.51 m	0.161
對照組資料(水利署)	A=2726000000 m ² L=159000 m	17144.65 m	0.107

表 4-4，為頭前溪流域 90 公尺解析度經兩種演算方法所得到基本流域資料，進行形狀指標之流域平均寬度與形狀因數評估指標。表 4-5，為頭前溪流域 250 公尺解析度之流域平均寬度與形狀因數評估指標。表 4-6，為頭前溪流域 500 公尺解析度之流域平均寬度與形狀因數評估指標。

表 4-4：頭前溪流域解析度 90 公尺之流域平均寬度與形狀因數指標。

演算方法	流域面積(A)、主流長(L)	$W = \frac{A}{L}$	$F = \left(\frac{A}{L}\right)\left(\frac{1}{L}\right) = \frac{A}{L^2}$
TauDEM	A=558789715 m^2 L=66302.6 m	8427.87 m	0.127
r.watershed	A=568575000 m^2 L=65482.5 m	8682.85 m	0.132
對照組資料 (水利署)	A=565940000 m^2 L=63030 m	8978.90 m	0.142

表 4-5：頭前溪流域解析度 250 公尺之流域平均寬度與形狀因數指標。

演算方法	流域面積(A)、主流長(L)	$W = \frac{A}{L}$	$F = \left(\frac{A}{L}\right)\left(\frac{1}{L}\right) = \frac{A}{L^2}$
TauDEM	A=536271752 m^2 L=60423.3 m	8875.25 m	0.147
r.watershed	A=600125000 m^2 L=60635.7 m	9897.22 m	0.163
對照組資料 (水利署)	A=565940000 m^2 L=63030 m	8978.90 m	0.142

表 4-6：頭前溪流域解析度 500 公尺之流域平均寬度與形狀因數指標。

演算方法	流域面積(A)、主流長(L)	$W = \frac{A}{L}$	$F = \left(\frac{A}{L}\right)\left(\frac{1}{L}\right) = \frac{A}{L^2}$
TauDEM	A=494250695 m ² L=54577.2 m	9055.99 m	0.166
r.watershed	A=539000000 m ² L=54112.698 m	9960.69 m	0.184
對照組資料(水利署)	A=565940000 m ² L=63030 m	8978.90 m	0.142

由 4-1 節視覺疊圖比對中發現空間解析度 90 公尺、250 公尺，經由 r.watershed 計算所得之集水區有高估的情形發生。在 500 公尺解析度時集水區反而不會發生明顯錯誤的情形。若配合不同解析度所得之流域資訊，檢驗由 r.watershed 所得之流域其流域平均寬度與形狀因數是否更理想，在表 4-7 中，r.watershed 計算出的流域面積採用 500 公尺解析度之值，主流長度則採 250 公尺解析度所得之值。經計算出的流域平均寬度與形狀因數會更接近本研究所使用之對照資料。由計算成果可知，搭配不同解析度所得之流域平均寬度更接近實際值。

表 4-7：r.watershed 計算所得之流域平均寬度(主流長：解析度 250M、集水區：500M 解析度)。

演算方法	流域面積(A)、主流長(L)	$W = \frac{A}{L}$	$F = \left(\frac{A}{L}\right)\left(\frac{1}{L}\right) = \frac{A}{L^2}$
淡水河流域 (r.watershed)	A=2717249968 m ² L=138817.3 m	19574.29 m	0.141
對照組資料(淡水河)	A=2726000000 m ² L=159000 m	17144.65 m	0.107
頭前溪流域 (r.watershed)	A=539000000 m ² L=60635.7 m	8889.15 m	0.146
對照組資料(頭前溪)	A=565940000 m ² L=63030 m	8978.90 m	0.142

由形狀指標評估中發現，250 公尺解析度之淡水河流域，由 TauDEM 與 r.watershed 所計算出來的流域平均寬度相差達 9.7%、14.87%，形狀因子差異則達 23.36%、32.71%；在相同解析度及演算法之下頭前溪流域之流域平均寬度差異為 1.15%、10.23%，形狀因子差異為 3.52%、14.79%。可以得之淡水河流域所擷取出之水系與集水區與參考資料由銳梯科技所生產 1/25000 圖有明顯的不符，以視覺上的檢驗所擷取出之結果於下游區域有誤，主要錯誤的原因與 SRTM 數據於水體因表面平滑造成沒有回訊，造成資料缺失有關。

頭前溪流域部分，由於 TauDEM 之無限流向法所擷取出之水系與集水區經形狀指標得知有較好的結果($\frac{A}{L}=1.15\%$ ， $\frac{A}{L^2}=3.52\%$)，而由 GRASS 內 r.watershed 所使用之單流向法所得成果較差($\frac{A}{L}=10.23\%$ ， $\frac{A}{L^2}=14.79\%$)，主要由於 r.watershed 在 250 公尺解析度下擷取出的集水區發生與鄰近集水區合併的情形，不過將解析度為 500 公尺所擷取出之集水區與由解析度 250 公尺擷取出之水系，進行形狀指標的分析，該分析的成果會更接近參考數據 ($\frac{A}{L}=0.99\%$ ， $\frac{A}{L^2}=2.81\%$)。

4-3 河川級序比對

河川級序理論為地形學與水文學計量研究之重要基礎[徐義人，1995]。主、支流的配置形式在河川流域內與河川之洪水流向關係密切，是為治水上重要的因素。一般於河川網路分類與特性之分析上常以河溪分級的方式加以描述。進行河溪分級有兩種方式，一為自集水區出口沿著河川上游方向進行分級，另一種方法由河溪之源頭沿著下游方向進行分級[高銘佐，2001]。Horton 所提的分級方法即為第二種方式。經過 Strahler 修正而發展出 Horton-Strahler 之河溪分級方式，此一方法已廣泛地應用於水文地形學上，該分析程序主要如下表示

1. 河溪之源頭(source)，亦即為沒有支流之河溪為第一級序。
2. 兩條或更多之不同級序河溪合流交匯時，其下游之河溪級序以交匯河溪中最高級序者定義之。
3. 兩條或兩條以上第 u 級序河溪合流後下游為第(u+1)級序；在同是 u 級之支

流合流後，稱為(u+1)級之河溪。

若級數為 u 及 u+1 之河溪數目為 N_u 、 N_{u+1} 則如式 4-3

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \dots\dots\dots (4-3)$$

R_b 稱作分歧比(bifurcation ratio)，就此比值而言，一般介於 3.0~5.0 之間，理論上最低值為 2.0。各相鄰河川之級數雖不至完全為定值，但就一個完整水系而言，大致可視為定值。利用河川級序之解析，可以比較相似流域或相異流域之某些水系的流域特性，對河川地形之研究，頗有助益[徐義人，1995]。如圖 4-9 所示。

圖 4-9、4-10、4-11、4-12 為淡水河流域與頭前溪，經由 TauDEM 計算，空間解析度 90 與 250 公尺，面積門檻值為 100 所擷取出之水系網路，表 4-8、4-9 分別經由 TauDEM 計算出淡水河流域及頭前溪流域河川級序與對應河川數目之關係。表 4-10、4-11 分別為淡水河流域及頭前河流域的分歧比。





圖 4-9：TauDEM 計算出淡水河流域空間解析度 90 公尺之河川級序圖。

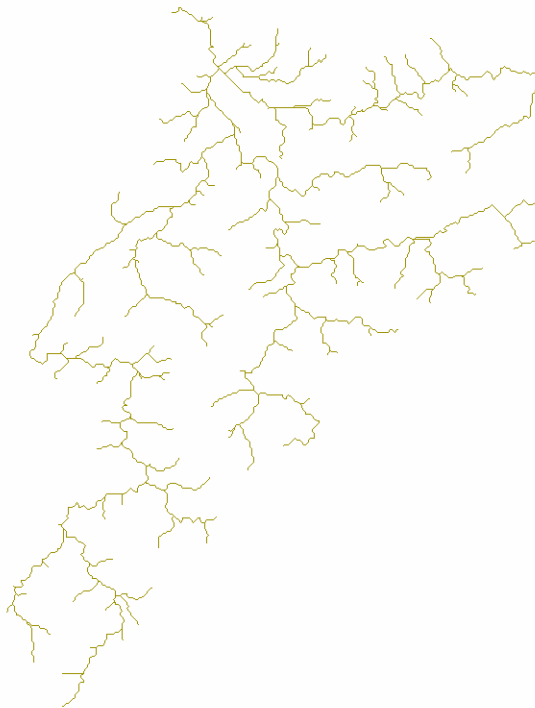


圖 4-10：TauDEM 計算出淡水河流域空間解析度 250 公尺之河川級序圖。

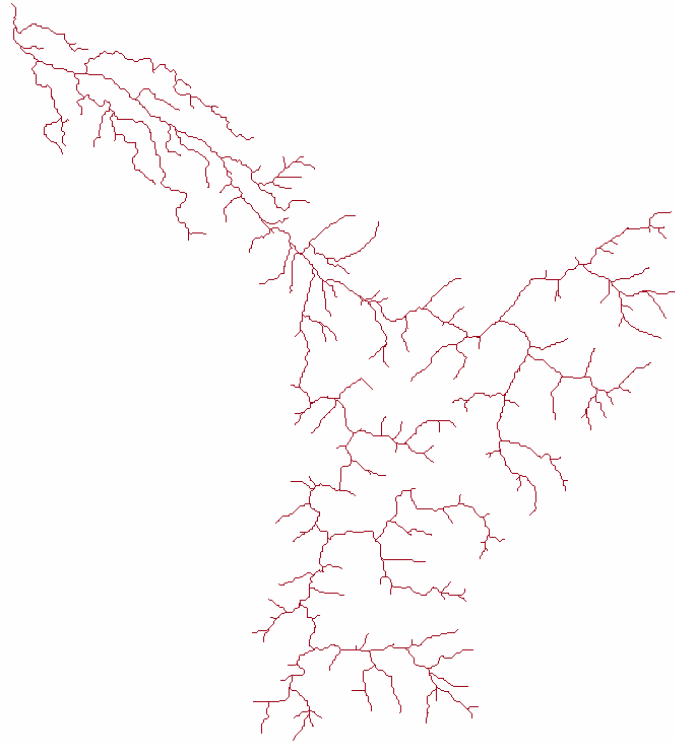


圖 4-11：TauDEM 計算出頭前溪流域空間解析度 90 公尺之河川級序圖。

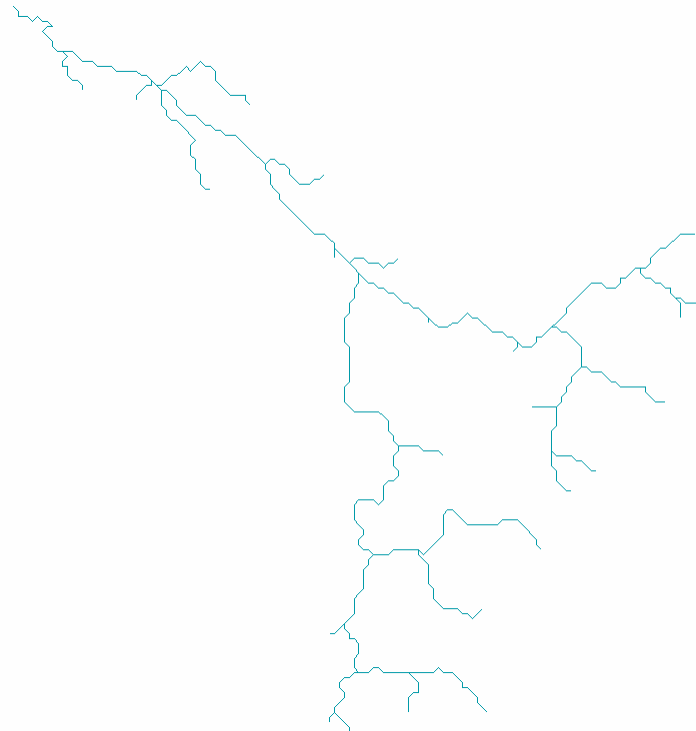


圖 4-12：TauDEM 計算出頭前溪流域空間解析度 250 公尺之河川級序圖。

表 4-8：TauDEM 所得淡水河流域 90 公尺解析度，河川級序與河川數目之關係。

河川之級序	河川數
一級河川	975
二級河川	181
三級河川	42
四級河川	12
五級河川	3
六級河川	1

表 4-9：TauDEM 所得頭前溪流域 90 公尺解析度，河川級序與河川數目之關係。

河川之級序	河川數
一級河川	161
二級河川	33
三級河川	9
四級河川	4
五級河川	1

表 4-10：TauDEM 所得淡水河流域 90 公尺解析度之河川分歧比。

$R_b = \frac{Nu}{Nu+1}$	河川分歧比
$R_b = \frac{N_1}{N_2}$	5.39
$R_b = \frac{N_2}{N_3}$	4.31
$R_b = \frac{N_3}{N_4}$	3.5
$R_b = \frac{N_4}{N_5}$	4
$R_b = \frac{N_5}{N_6}$	3

表 4-11：TauDEM 所得頭前溪流流域 90 公尺解析度之河川分歧比。

$R_b = \frac{Nu}{Nu+1}$	河川分歧比
$R_b = \frac{N_1}{N_2}$	5.03
$R_b = \frac{N_2}{N_3}$	3.66
$R_b = \frac{N_3}{N_4}$	2.25
$R_b = \frac{N_4}{N_5}$	4

圖 4-13、4-14、4-15、4-16 為淡水河流域與頭前溪經 r.watershed 計算，空間解析度 90 與 250 公尺，面積門檻值為 100 所擷取出之水系網路，依照 Horton-Strahler 之河溪分級方式，分別判斷出如表 4-12、4-13 淡水河流域及頭前溪流流域河川級序與對應河川數目之關係。表 4-14、4-15 分別為淡水河流域及頭前溪流流域的分歧比。

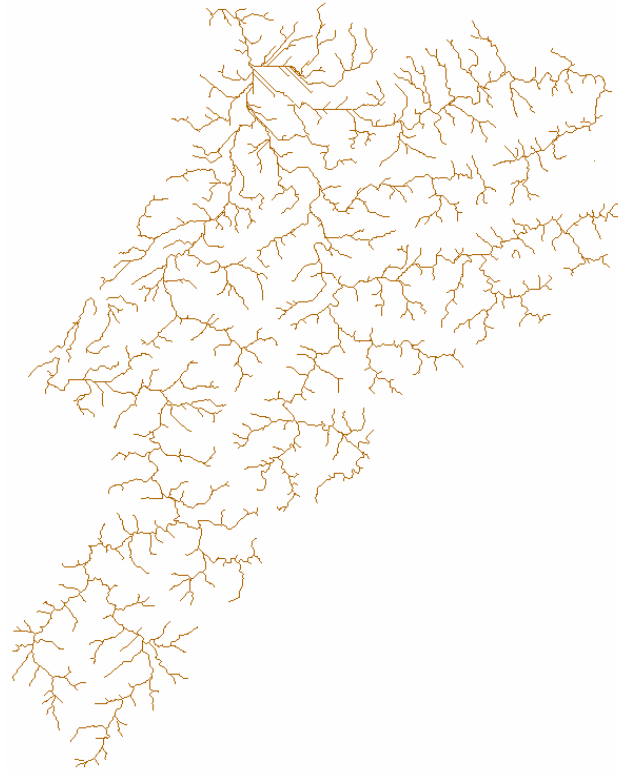


圖 4-13：r.watershed 計算出淡水河流域空間解析度 90 公尺之河川網路圖。

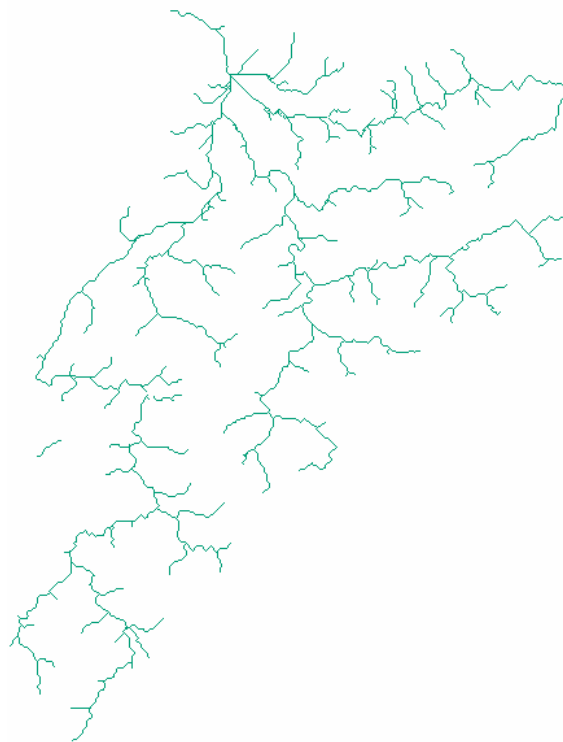


圖 4-14：r.watershed 計算出淡水河流域空間解析度 250 公尺之河川網路圖。

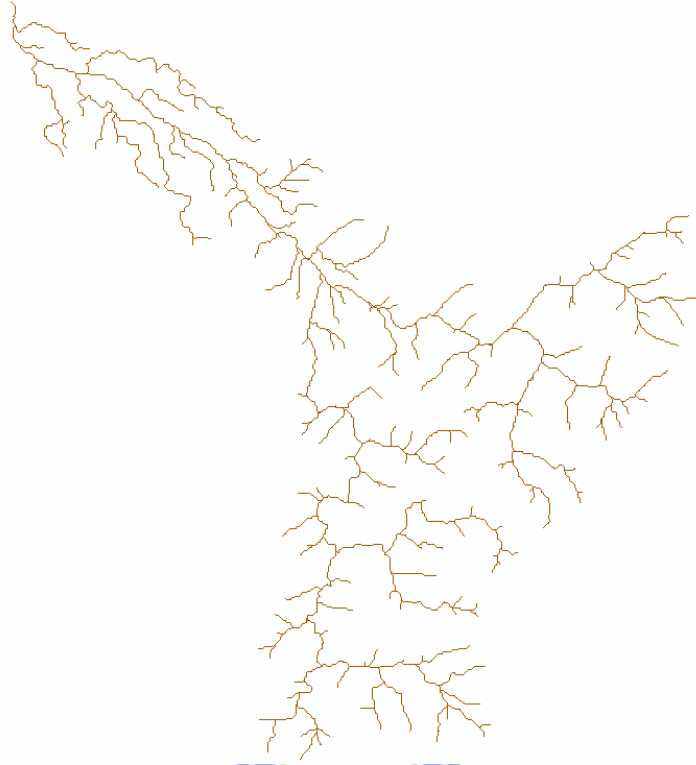


圖 4-15：r.watershed 計算出頭前溪流域空間解析度 90 公尺之河川網路圖。

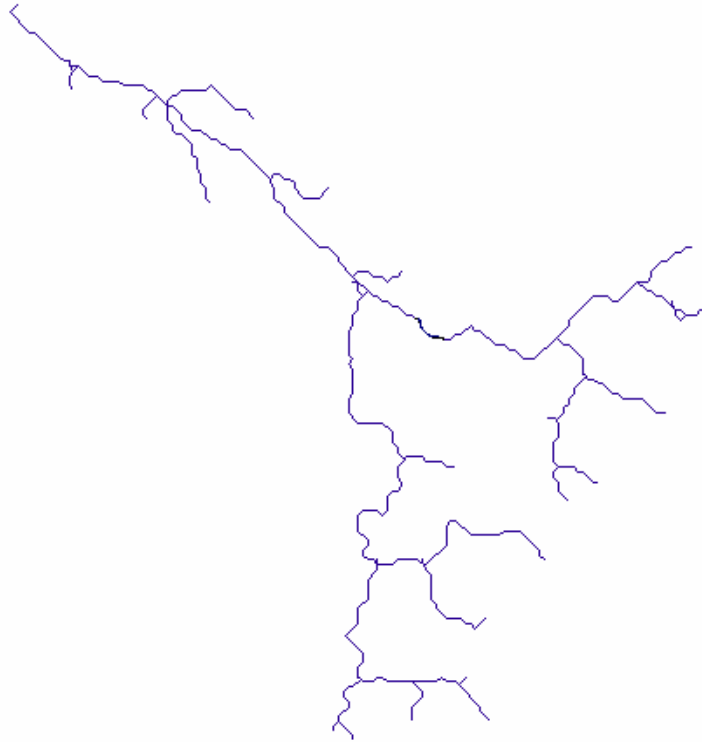


圖 4-16：r.watershed 計算出頭前溪流域空間解析度 250 公尺之河川網路圖。

表 4-12：r.watershed 所得淡水河流域 90 公尺解析度，河川級序與河川數目之關係

河川之級序	河川數
一級河川	1183
二級河川	183
三級河川	43
四級河川	14
五級河川	4
六級河川	1

表 4-13：r.watershed 所得頭前溪流流域 90 公尺解析度，河川級序與河川數目之關係。

河川之級序	河川數
一級河川	168
二級河川	35
三級河川	8
四級河川	4
五級河川	1

表 4-14：r.watershed 所得淡水河流域 90 公尺解析度之河川分歧比。

$R_b = \frac{Nu}{Nu+1}$	河川分歧比
$R_b = \frac{N_1}{N_2}$	6.46
$R_b = \frac{N_2}{N_3}$	4.25
$R_b = \frac{N_3}{N_4}$	3.07
$R_b = \frac{N_4}{N_5}$	3.5
$R_b = \frac{N_5}{N_6}$	4

表 4-15：r.watershed 所得頭前溪流流域 90 公尺解析度之河川分歧比

$R_b = \frac{Nu}{Nu+1}$	河川分歧比
$R_b = \frac{N_1}{N_2}$	4.8
$R_b = \frac{N_2}{N_3}$	4.36
$R_b = \frac{N_3}{N_4}$	2
$R_b = \frac{N_4}{N_5}$	1

4-4 線型誤差指標

將兩種計算方式搭配適當的面積門檻值，得到研究區之水系圖，該水系圖為平面上連續線段，為了判斷經計算出的成果與作為對照組資料的差異，平面上連續線段之比較可以下兩種方法評估。A以點位生成法及B面積法之線條評估指標進行計算[Masry et al., 1980]，將每個計算成果相對於對照組資料進行評估比較，資將評估方法敘述於下：

(一) 面積法

面積法的計算公式為

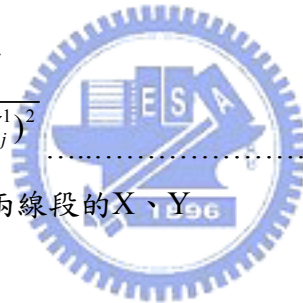
$$e_a = \frac{A}{L} \dots\dots\dots (4-4)$$

其中A為兩線段所夾的面積值，L為線段長，在此計算中以主要評估的線段長為參考值，

(二) 點位生成法的計算式為

$$e_q = \sqrt{(X_j - X_j^1)^2 + (Y_j - Y_j^1)^2} \dots\dots\dots (4-5)$$

其中 (X_j, Y_j) 及 (X_{ij}, Y_{ij}) 為兩線段的X、Y



4-4-1 面積法

圖4-17、4-18為空間解析度90公尺及250公尺經TauDEM所擷取出之淡水河主流，與對照組資料疊置所組成。其中在下游地區可以發現與對照組資料有明顯不符的情形發生，經面積法的評估，如表4-16、4-18，尚未排除下游明顯錯誤之面積評估值高達140.32公尺及125.173公尺；如表4-17、4-19，則已排除下游明顯錯誤之面積評估值減少至11.76及6.41公尺。由此可知，圖形上若有明顯的差異，使用面積法進行評，其參考價值還待商確。

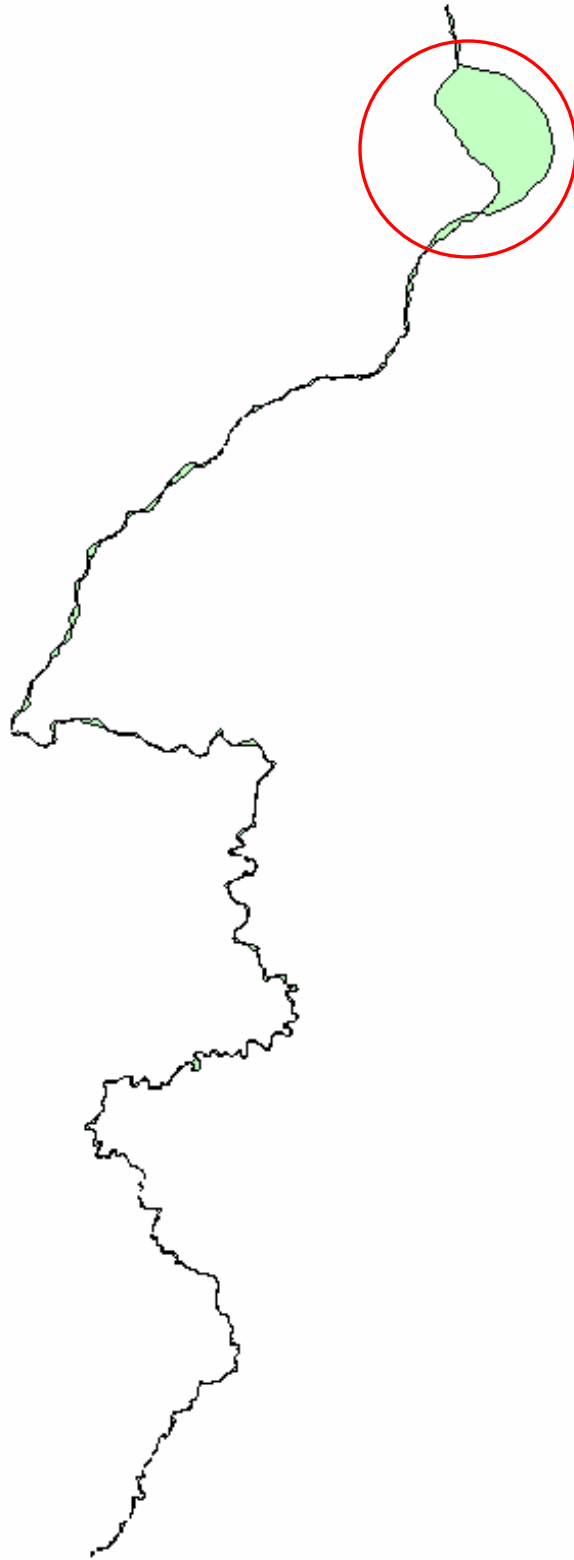


圖4-17：TauDEM所擷取之90公尺解析度淡水河主流與對照組之交集。

表 4-16：TauDEM 擷取出空間解析度 90 公尺與內政部 1/25000 地形圖之淡水河主流段，尚未排除明顯錯誤區域之面積法

淡水河(250m)	所夾流域面積(m^2)、對照組 資料主流長(m)	面積法 $\frac{A}{L}$ (m)
ArcGIS_TauDEM	所夾流域面積=22252830 主流長=157463.83	$\frac{A}{L}=140.32$

表 4-17：TauDEM 擷取出空間解析度 250 公尺與內政部 1/25000 地形圖之淡水河主流段，排除明顯錯誤區域之面積法

淡水河(250m)	所夾流域面積(m^2)、對照組 資料主流長(m)	面積法 $\frac{A}{L}$ (m)
ArcGIS_TauDEM	所夾流域面積=1852210 主流長=157463.83	$\frac{A}{L}=11.76$



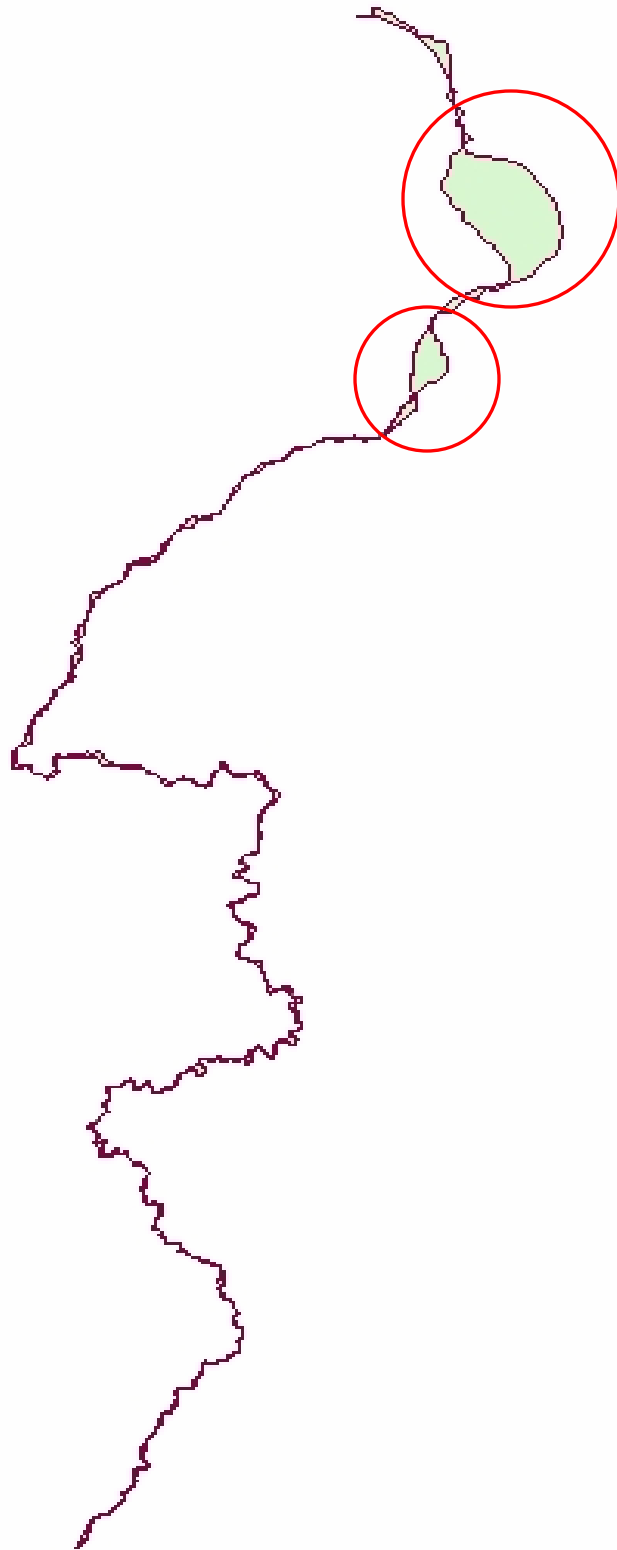


圖 4-18：TauDEM 所擷取之 250 公尺解析度淡水河主流與對照組之交集。

表 4-18：TauDEM 擷取出空間解析度 250 公尺與內政部 1/25000 地形圖之淡水河主流段，尚未排除明顯錯誤區域之面積法

淡水河(250m)	所夾流域面積(m^2)、對照組 資料主流長(m)	面積法 $\frac{A}{L}$ (m)
ArcGIS_TauDEM	所夾流域面積=19710169 主流長=157463.83	$\frac{A}{L}=125.173$

表 4-19：TauDEM 擷取出空間解析度 250 公尺與內政部 1/25000 地形圖之淡水河主流段，排除明顯錯誤區域之面積法

淡水河(250m)	所夾流域面積(m^2)、對照組 資料主流長(m)	面積法 $\frac{A}{L}$ (m)
ArcGIS_TauDEM	所夾流域面積=1009542.13 主流長=157463.83	$\frac{A}{L}=6.41$

圖4-19、4-20為空間解析度90公尺及250公尺經r.watershed所擷取出之淡水河主流與對照組資料所組成，其中在下游地區與TauDEM擷取出的情形類似，在下游部分有明顯之錯誤，經面積法的評估，如表4-20、4-22，尚未排除下游明顯錯誤之面積評估；表4-21、4-23，排除下游明顯錯誤之面積評估。



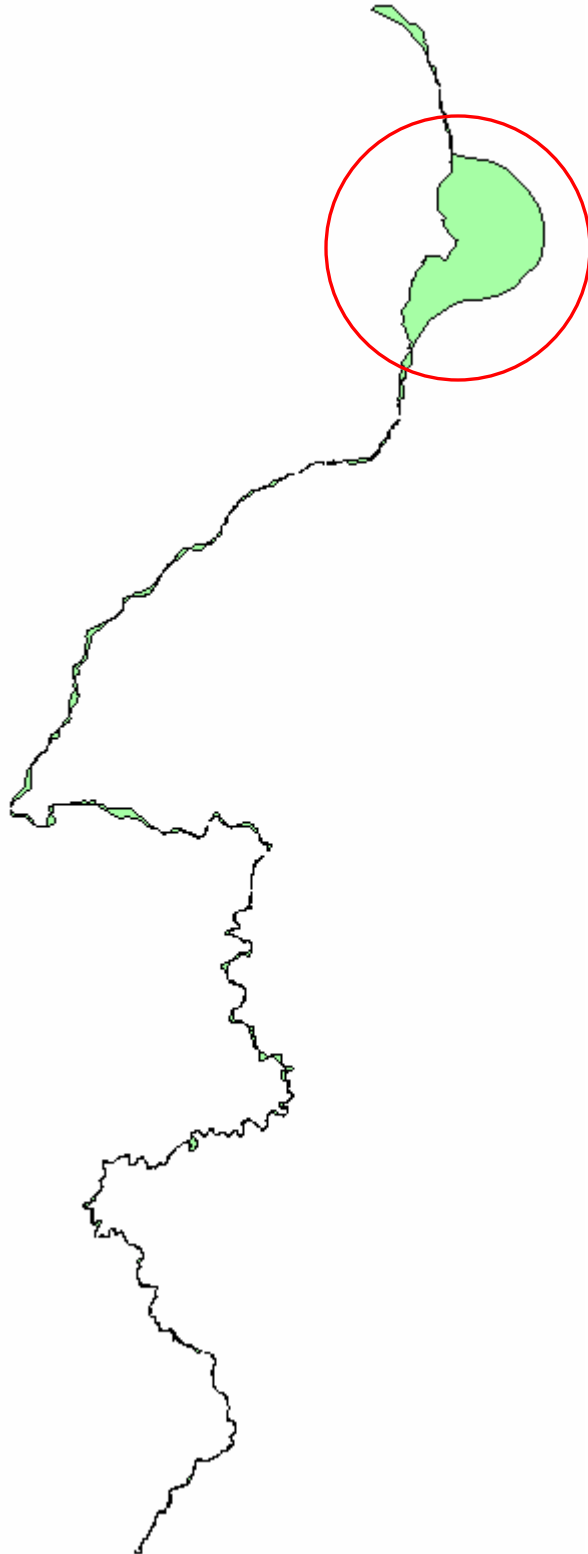


圖4-19：r.watershed所擷取之90公尺解析度淡水河主流與對照組之交集。

表 4-20：r.watershed 擷取出空間解析度 90 公尺與內政部 1/25000 地形圖之淡水河主流段，尚未排除明顯錯誤區域之面積法

淡水河(250m)	所夾流域面積(m^2)、對照組 資料主流長(m)	面積法 $\frac{A}{L}$ (m)
GRASS_r.watershed	所夾流域面積=34267838 主流長=157463.83	$\frac{A}{L}=217.62$

表 4-21：r.watershed 擷取出空間解析度 90 公尺與內政部 1/25000 地形圖之淡水河主流段，排除明顯錯誤區域之面積法

淡水河(250m)	所夾流域面積(m^2)、對照組 資料主流長(m)	面積法 $\frac{A}{L}$ (m)
GRASS_r.watershed	所夾流域面積=732162 主流長=157463.83	$\frac{A}{L}=4.64$



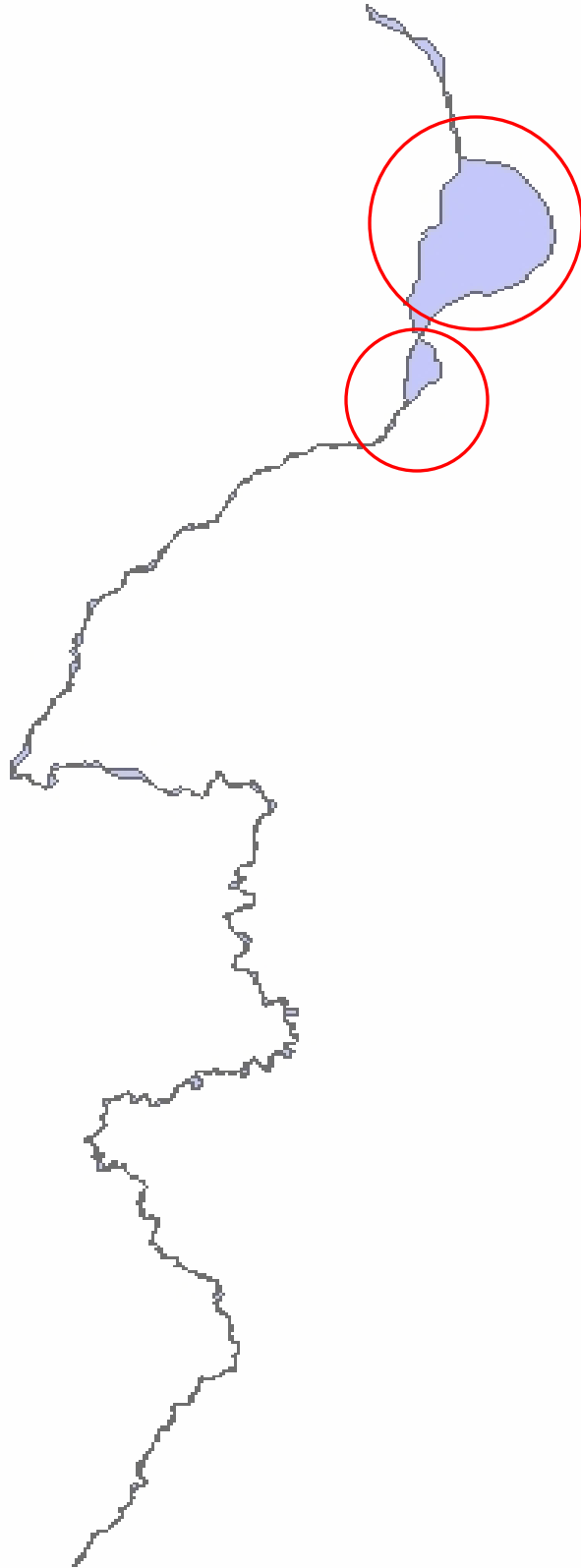


圖 4-20：r.watershed 所擷取之 250 公尺解析度淡水河主流與對照組之交集。

表 4-22：r.watershed 擷取出空間解析度 250 公尺與內政部 1/25000 地形圖之淡水河主流段，尚未排除明顯錯誤區域之面積法

淡水河(250m)	所夾流域面積(m^2)、對照組資料主流長(m)	面積法 $\frac{A}{L}$ (m)
GRASS_r.watershed	所夾流域面積=32859949 主流長=157463.83	$\frac{A}{L}=208.68$

表 4-23：r.watershed 擷取出空間解析度 250 公尺與內政部 1/25000 地形圖之淡水河主流段，排除明顯錯誤區域之面積法

淡水河(250m)	所夾流域面積(m^2)、對照組資料主流長(m)	面積法 $\frac{A}{L}$ (m)
GRASS_r.watershed	所夾流域面積=604126.49 主流長=157463.83	$\frac{A}{L}=3.84$

圖4-21、4-22為空間解析度90公尺與250公尺經TauDEM所擷取出之頭前溪主流與對照組資料所組成之交集面積，經面積法的評估，如表4-24、4-25。



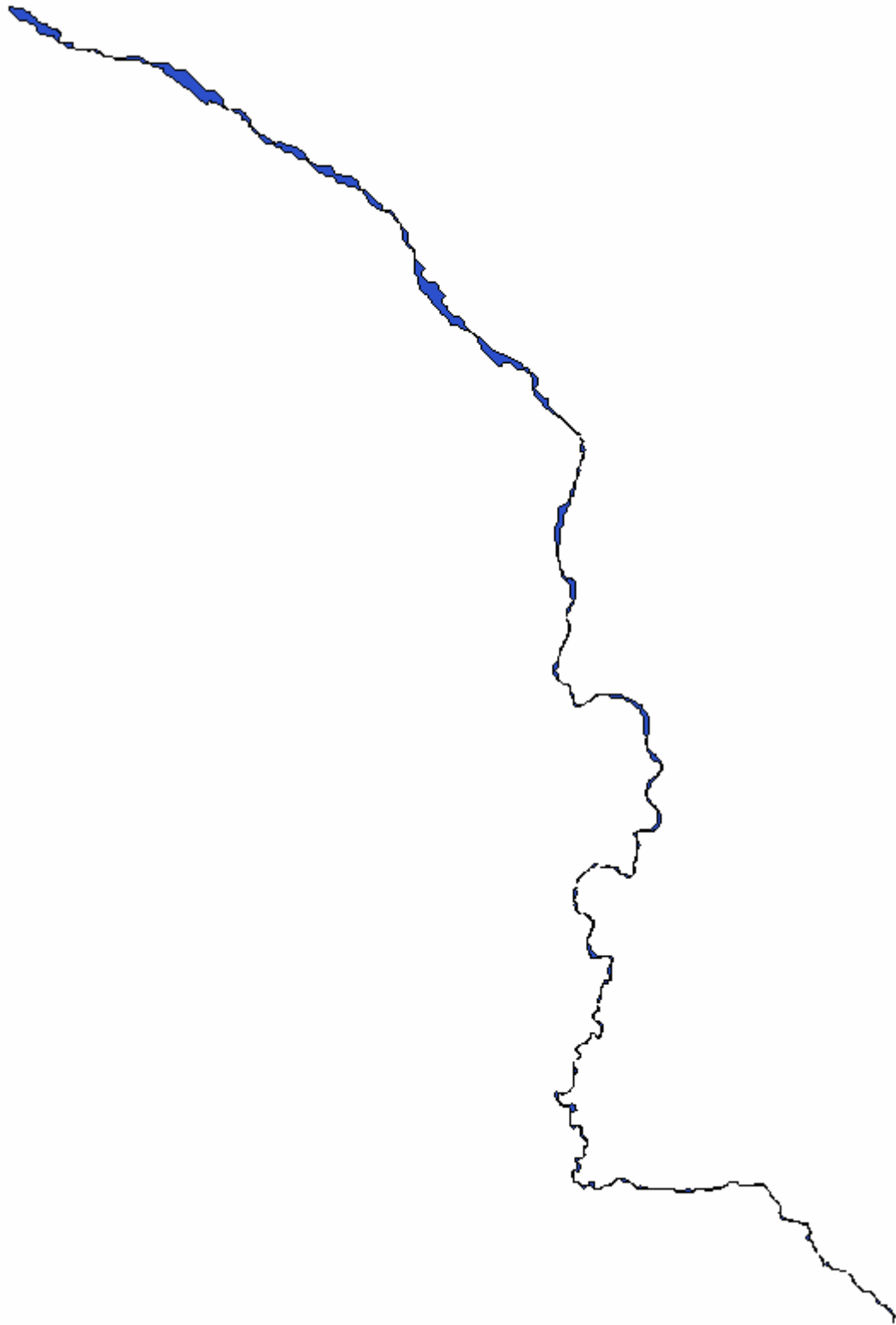


圖4-21：TauDEM所擷取之90公尺解析度頭前溪主流與對照組之交集。

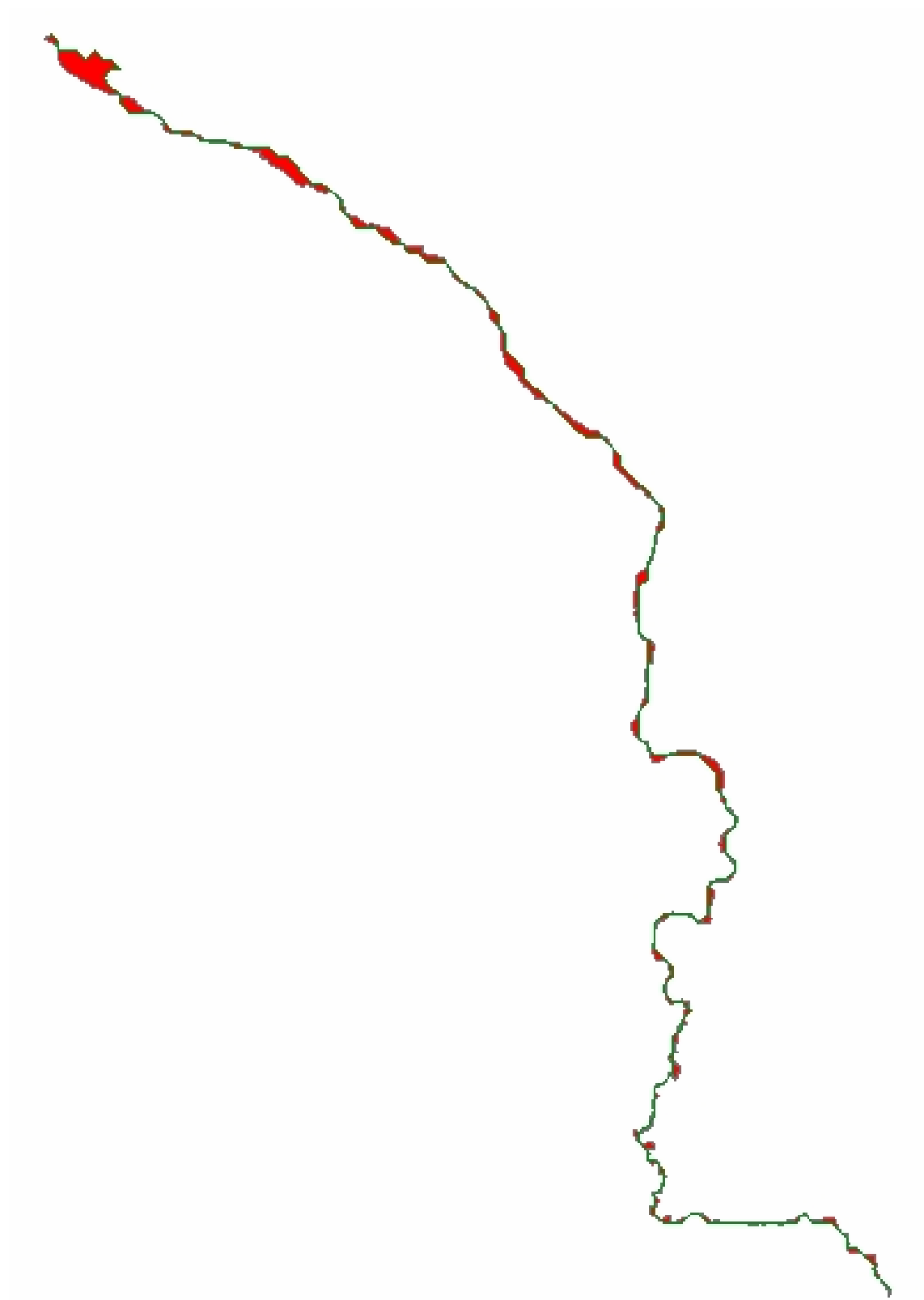


圖 4-22：TauDEM 所擷取之 250 公尺解析度頭前溪主流與對照組之交集。

表 4-24：TauDEM 擷取出空間解析度 90 公尺與內政部 1/25000 地形圖之頭前溪主流段之面積法評估法

頭前溪(250m)	所夾流域面積(m^2)、對照組資料主流長(m)	面積法 $\frac{A}{L}$ (m)
ArcGIS_TauDEM	所夾流域面=237441 主流長=67922.729	$\frac{A}{L}=3.49$

表 4-25：TauDEM 擷取出空間解析度 250 公尺與內政部 1/25000 地形圖之頭前溪主流段之面積法評估法

頭前溪(250m)	所夾流域面積(m^2)、對照組資料主流長(m)	面積法 $\frac{A}{L}$ (m)
ArcGIS_TauDEM	所夾流域面=1567049.879 主流長=67922.729	$\frac{A}{L}=23.07$

圖 4-23、4-24 為空間解析度 90 公尺與 250 公尺經 r.watershed 所擷取出之頭前溪主流與對照組資料所組成之交集面積，經面積法的評估，如表 4-26、4-27。



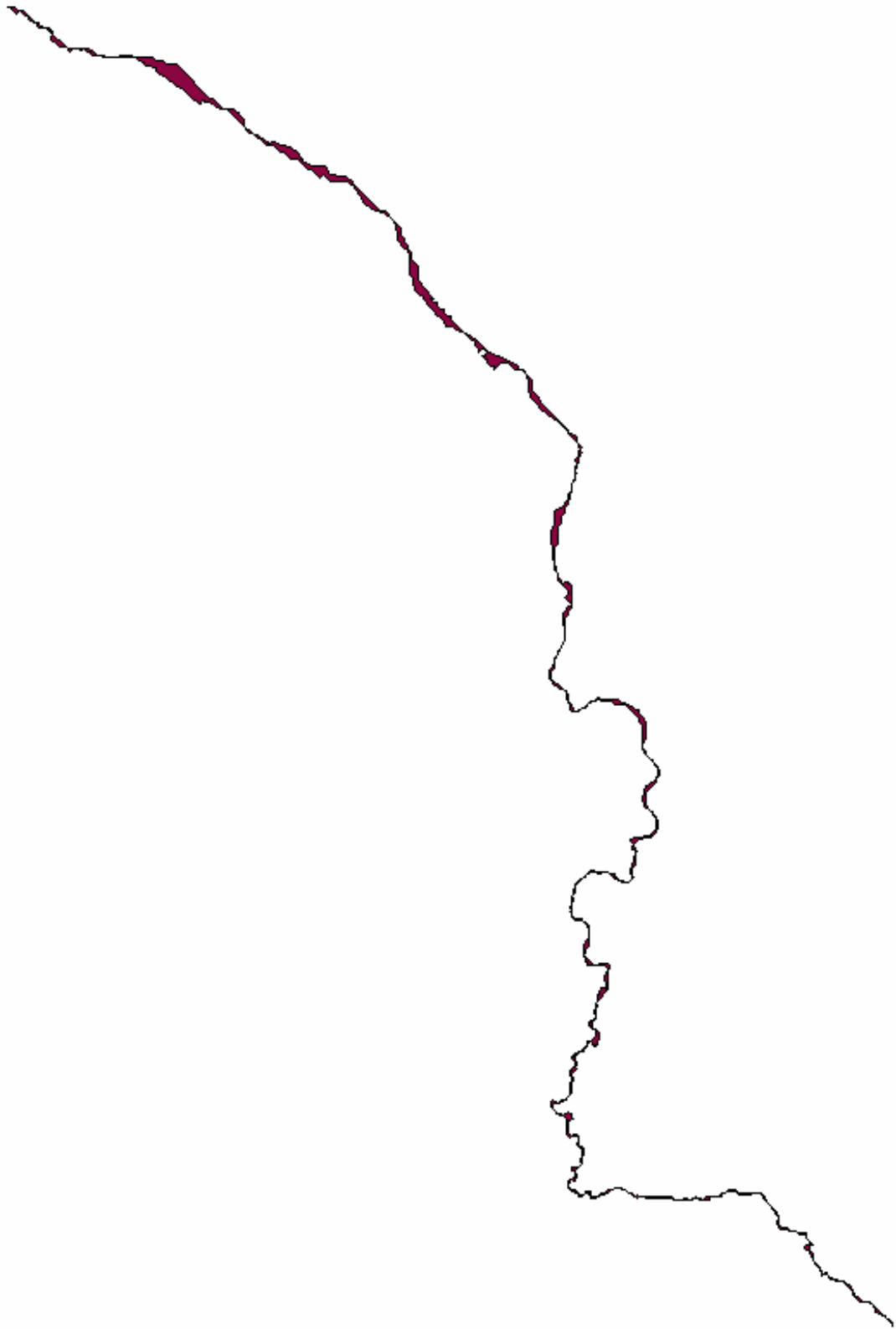


圖 4-23：r.watershed 所擷取之 90 公尺解析度頭前溪主流與對照組之交集。

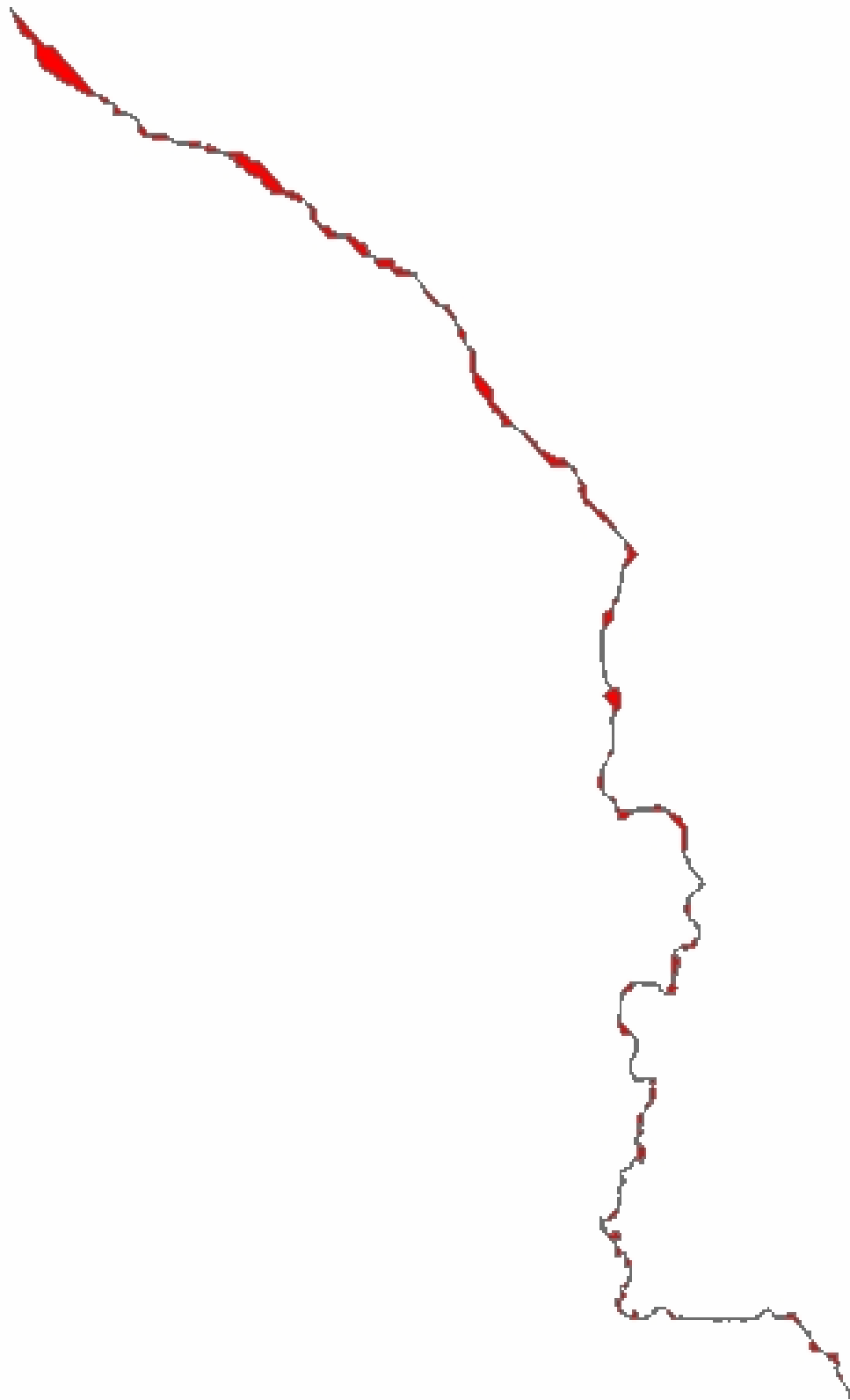


圖 4-24：r.watershed 所擷取之 250 解析度頭前溪主流與對照組之交集。

表 4-26：r.watershed 擷取出空間解析度 90 公尺與內政部 1/25000 地形圖之頭前溪主流段之面積法評估法

頭前溪(250m)	所夾流域面積(m^2)、對照組 資料主流長(m)	面積法 $\frac{A}{L}$ (m)
GRASS_r.watershed	所夾流域面積=1143457 主流長=67922.729	$\frac{A}{L}=16.8$

表 4-27：r.watershed 擷取出空間解析度 250 公尺與內政部 1/25000 地形圖之頭前溪主流段之面積法評估法

頭前溪(250m)	所夾流域面積(m^2)、對照組 資料主流長(m)	面積法 $\frac{A}{L}$ (m)
GRASS_r.watershed	所夾流域面積=2065333.195 主流長=67922.729	$\frac{A}{L}=30.4$

4-4-2 點位生成法

為了評估兩條線形的相似程度，在此以點位生成法作為評估之依據。如圖 4-25、4-26，紅色部分由 TauDEM 擷取出解析度 90 公尺及 250 公尺之淡水河流域主流部分，虛線部份則為銳悌科技所提供之 1/25000 之對照圖，由圖中可以發現比例尺部分並不相當，特別於下游部分 TauDEM 擷取之水系與對照資料有明顯不同，因此可以預估在進行點位生成法時所得到之值會無法相互抵銷，使得所得之值會有高估之情形。如圖 4-27、4-28，紅色線段為 TauDEM 擷取出解析度 90 公尺及 250 公尺之頭前溪流域主流段，虛線則為銳悌科技所提供之 1/25000 之對照圖，與淡水河流域部分相同，由於比例尺無法完全的配合，因此再進行點位評估法評估時也會發生高估的情形。表 4-28、4-29 為淡水河流域與頭前溪流域主流部分進行點位生成法值。

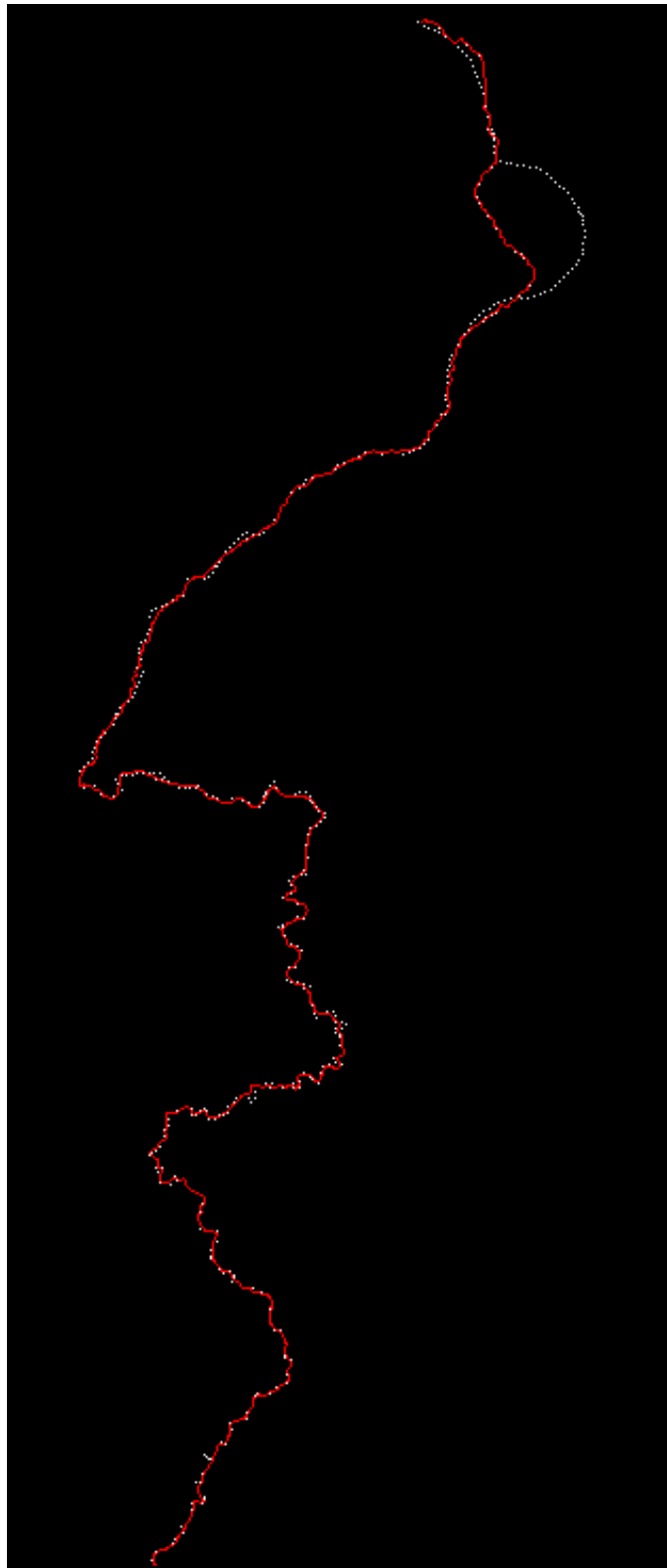


圖 4-25：TauDEM 所擷取之 90 公尺解析度淡水河主流(紅)與淡水河主流之對照組(虛線)資料。

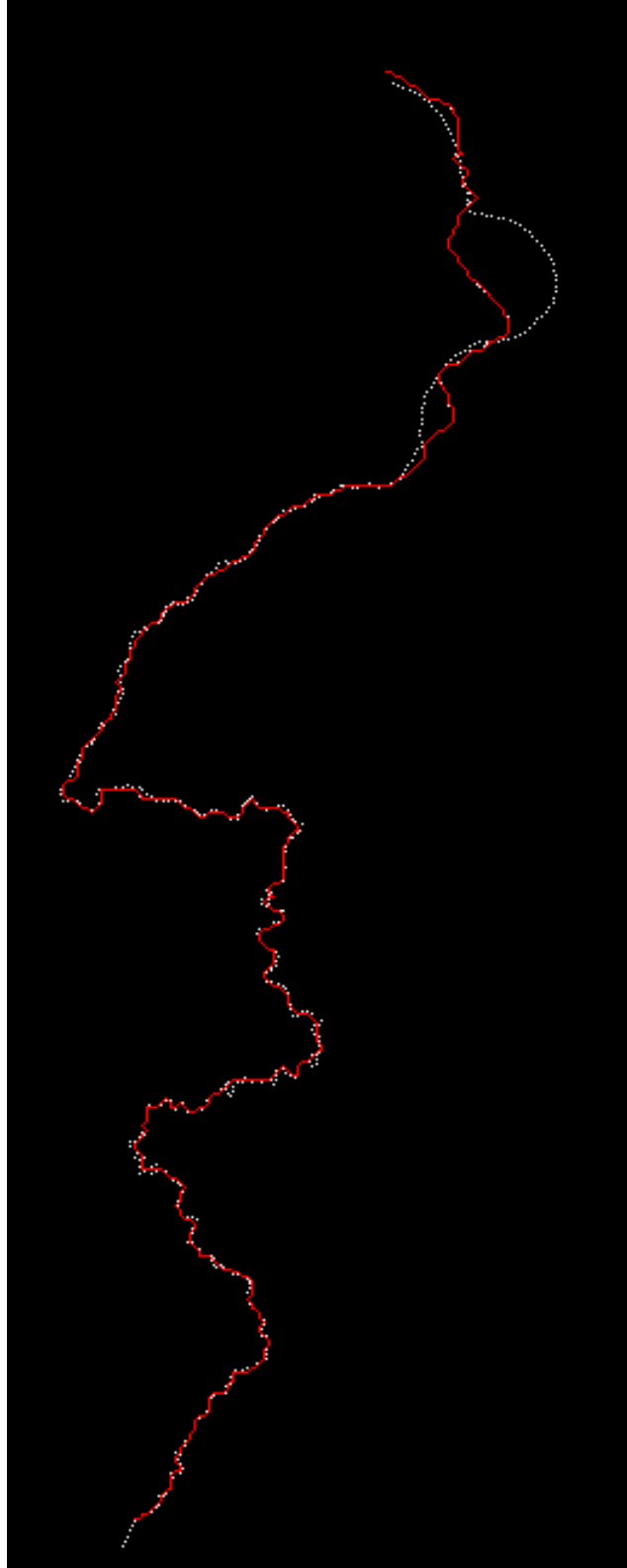


圖 4-26：TauDEM 所擷取之 250 公尺解析度淡水河主流(紅)與淡水河主流之對照組
(虛線)資料。



圖 4-27: TauDEM 所擷取之 90 公尺解析度頭前溪主流(紅)與頭前溪主流之對照組(虛線)資料。

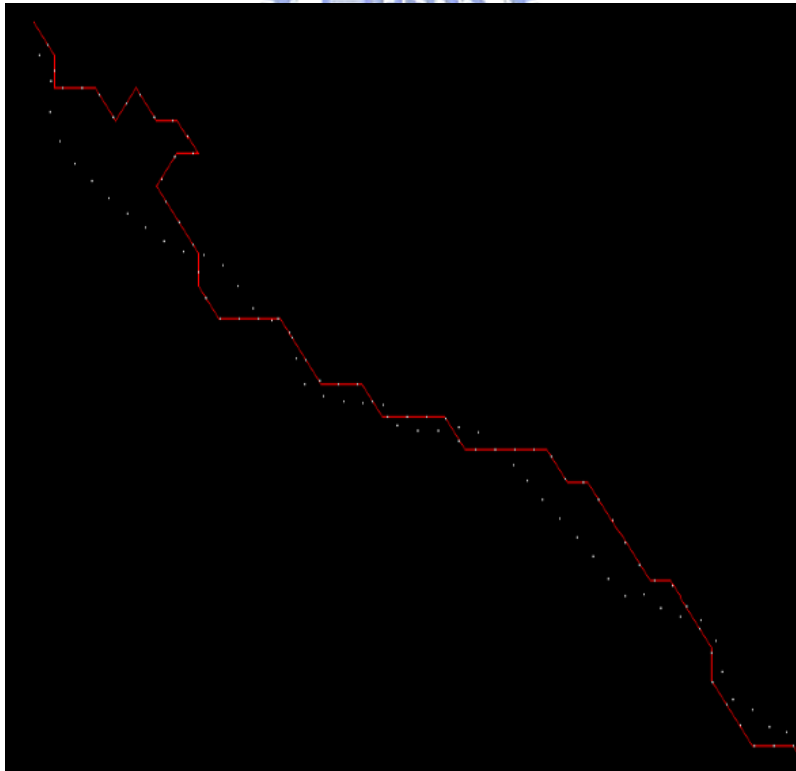


圖 4-28: TauDEM 所擷取之 250 公尺解析度頭前溪主流(紅)與頭前溪主流之對照組(虛線)資料。

表 4- 28：TauDEM 擷取 90 公尺解析度之點位生成法。

分析流域	點位生成法()
淡水河流域之主流	2137450.921 <i>m</i>
頭前溪流域之主流	323881.560 <i>m</i>

表 4- 29：TauDEM 擷取 250 公尺解析度之點位生成法。

分析流域	點位生成法()
淡水河流域之主流	2374790.963 <i>m</i>
頭前溪流域之主流	389200.380 <i>m</i>

比較相同數據以面積法與點位生成法進行之線形評估，可以了解面積法在比例尺相差較大時不具有評估之作用。但若圖形差異過大，則有可能會發生過份悲觀的估計。反之點位生成法若在比例尺與對照之標準資料(內政部 1/25000 地形圖)相差較大，有過度悲觀之估計。



第五章 結論與建議

本研究主要利用 TauDEM 與 GRASS 內的 r.fill.dir 與 r.watershed 指令，分別探討使用 SRTM 數據進行水系網路及集水區之擷取，利用擷取出之成果配合銳悌科技所生產之 1/25000 地形圖以及經濟部水利署公佈之台灣重要河川之水系表作參考資料，藉由不同的評估方式進行比較，分析得到以下幾項結論：

- (1) 台灣地區 SRTM 資料經由分析後顯示資料空缺率為 3.564%，多為地形影響的陰影效應造成，少部分則是水體造成。水體部分的資料缺失較常發生於河川下游部分，因此在進行水系及集水區擷取時，常常造成與實際地形情況不符的情形發生。利用不同評估方式，可以比較不同演算法擷取出的流域特性。
- (2) TauDEM 所擷取的水系及集水區經過評估，與內政部 1/25000 地形圖較符合 r.watershed 擷取出的水系及集水區經過評估，除了集水區邊界劃分的誤判外，整個流域面積皆有高估的情形。
- (3) r.watershed 由於 D8 流向法，上游格網流量無法依照比例分配至下游，因此於淡水河流域上游的部分，在定義一級河川的決定方面會有高估的情形發生。
- (4) 在形狀指標的評估中，r.watershed 使用由 250 公尺解析度之主流長度，500 公尺解析度之流域面積，進行形狀指標評估，可以推論若解決集水區於邊界劃分錯誤的情形，r.watershed 所擷取出之水系及集水區也具有參考的價值。
- (5) 線形評估法中，當使用的資料與參考資料比例尺不相同時，面積法為一個相當不錯的評估方法，點位生成法則必須在比例尺相同且配合適當的取樣下使用。

建議

- (1) 線形評估法部分之點位生成法，可以嘗試在比例尺不相當的情況下，是否可以找出較合理的劃分發法進行評估。

(2)進一步了解由 r.watershed 所擷取出解析度 250 公尺與 500 公尺的集水區圖，探討為何會有錯誤的情形發生。

(3)r.watershed 再計算的時間上會優於 TauDEM，因此若需要擷取水系及集水區，r.watershed 可以作為初步評估水文因子的一個不錯的工具。



參考文獻

- 李志林及朱慶，1999，數字高程模型，武漢大學出版社。
- 呂秀慧及史天元，2000，影像圖向量化中約化方法探討，中華地理資訊學會學術研討會論文集(CD版)，論文編號18。
- 徐義人，1995。應用水文學，大中國圖書公司。
- 高銘佐，2001。河川網路之簡化研究及其於降雨-逕流歷程上之解析，國立台灣大學農業工程學研究所碩士論文。
- 水規所，2003。流域整理規劃河川集水區數值地形資訊系統建立(四)，經濟部隸屬水利規劃試驗所計畫，國立海洋大學河海工程系執行。
- 鄭璟生，2001。應用數值高程資料建立全流域河川網路，國立台灣海洋大學河海工程學系碩士論文。
- 賴子銘，2004。SRTM/TopSAR 高程數據比對與多尺度分析，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
- 賴進貴及王慧勳，1996。數值等高線內插比較之研究，地理學報，第二十一期，83—94頁。
- Arge, L., L. Toma, and J. S. Vitter, 2002. I/O-Efficient Algorithms for Problems on Grid-based Terrains. URL:<http://www.cs.duke.edu/~jsv/Papers/ATV00.drainage.pdf>
- Arge, L., J. S. Chase, P. Halpin, L. Toma, J. S. Vitter, D. Urban, and R. Wickremesingh, 2001. Flow Computation on Massive Grid Terrains. URL:http://www.cs.duke.edu/geo*/terraflow/papers/journal_terraflow.pdf
- Curkendall, D. W., E. J. Fielding, F. Cheng, and J. M. Pohl, 2003. A Computational-Grid Based System for Continental Drainage Network Extraction Using SRTM Digital Elevation Models. International Conference on Parallel Processing Workshops, 1530-2016/03.
- Fairfield, J. and Leymarie, P., 1991. Drainage Networks from Grid Elevation Models. Water Resources Research, 27(5): 709-717.
- Jenson, S. K., and J. O. Domingue, 1988. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. TGS Technology, Inc., EROS Data Center, Sioux Falls, SD 57198.

- Jones, P. L., W. M. Khairy, T. L. Coleman, and A. P. Hannoura, 2002. Advances in Watersheds Modeling Using Remote Sensing and Geographical Information Systems Technologies. IEEE 2002 International Geosciences and Remote Sensing Symposium. 24-28 June 2002, Toronto, Canada. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Piscataway, NJ.
- JPL, 2003. Shuttle Radar Topography Mission. National Aeronautics and Space Administration (URL:<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>).
- LEA, N. J., 1992. An Aspect-Driven Kinematic Routing Algorithm. in Overland flow: Hydraulic and Erosion Mechanics, edited by A. J. Parsons and A. D. Abranham, Chapman & Hill, New York.
- Liang, C., and D. S. Mackay, 2000. A General Model of Watershed Extraction and Representation Using Globally Optimal Flow Paths and Up-slope Contributing Areas. *geographical information science*, vol. 14, no. 4, 337- 358
- Mackay, D. S., and Band, L. E., 1998. Extraction and Representation of Nested Catchment Areas from Digital Elevation Models in Lake-Dominated Topography. *Water Resources Research*, 34, 897-902.
- Marsy, S. E., J. R. R. Gauthier and Y. C. Lee, 1980. Accuracy and Time Comparisons of Digital Maps - An International Test. 14th Congress of the International Society for Photogrammetry, Hamburg, Commission IV, Working Group I Invited Paper.
- Martz, L. W. and Garbrecht, J., 1993. Automated Extraction of Drainage Network and Watershed Data from Digital Elevation Models. *Water Resources Bulletin*, 29(6), 901-908.
- Martz L W. and Garbrecht J., 1998. The Treatment of Flat Areas and Depressions in Automated Drainage Analysis of Raster Digital Elevation Models [J] .*Hydrological processes*, 12:843-855.
- O'Callaghan, J., and Mark, D. M. 1984. The Extravtion of Drainage Network from Digital Elevation Data. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 28,328-344.
- Quinn, P. F., Beven, K., Chevallier, P., and Planchon, O., 1991. The Prediction

- of Hillslope Flow Paths for Distributed Hydrological Modelling Using Digital Terrain Models. In Beven, K. J. and Moore, I. D. eds, Terrain analysis and Distributed Modelling in Hydrology, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 63-83.
- Rabus, Bernhard, Michael Eineder, Achim Roth, Richard Bamler, 2003. The Shuttle Radar Topography Mission—a New Class of Digital Elevation Models Acquired by Spaceborne Radar. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, issue 57, 241-262.
- Tarboton, D.G., 1997. A New Method for the Determination of Flow Directions and Upslope Areas in Grid Digital Elevation Models. Water Resources Research, 33(2):309-319.
- Tarboton, D.G., 2002. Terrain Analysis Using Digital Elevation Models (TauDEM). URL: <http://hydrology.neng.usu.edu/taudem/>.
- Toma, L., R. Wickremesinghe, L. Arge, J. S. Chase, J. S. Vitter, P. N. Halpin, and D. Urban, 2001. Flow Computation on Massive Grids. In Proc. ACM Symposium on Advances in Geographic Information Systems,
- Zhou, Q., and Liu, X., 2002. Error Assessment of Grid-Based Flow Routing Algorithms Used in Hydrological Models. *int. j. geographical information science*, 2002 vol. 16, no. 8, 819–842