

國立交通大學

土木工程學系

碩士論文



以 SRTM 數據擷取水系網路及集水區邊界分析探討

研究生：魏世青

指導教授：史天元

中華民國九十三年六月

以 SRTM 數據擷取水系網路及集水區邊界分析探討
On the Drainage Network and Watershed Extraction
with SRTM DEM

研 究 生：魏世青 Student: Shi-Qing Wei

指 導 老 師：史天元 Advisor: Prof. Dr. Tian-Yuan Shih

國立交通大學土木工程學系

碩士論文



Submitted to Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment to the Requirements

For the Degree of Master

In Civil Engineering

June 2005

Hsingchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十四年六月

以 SRTM 數據擷取水系網路及集水區邊界分析探討

學生：魏世青 指導老師：史天元

國立交通大學土木工程學系

摘要

水系網路分析及集水區邊界之求定，為地形分析中之重要項目，可具體提供地形之定量、定性資訊。本研究由數值高程模型中進行水系網路分析及求定集水區邊界為主題，探討在不同解析度時之水系、集水區之變化，亦對不同演算法進行比較分析。本研究所使用之數據為太空梭雷達製圖任務(SRTM)所提供之三秒解析度數值高程模型，探討區域為台灣本島。應用之軟體為 TauDEM 及 GRASS 中之 r.watershed。

本研究針對不同解析度及演算法所得之成果，進行比較分析之評估。並比較不同指標之表現。這些指標包含有

1. 目視法：以目視直覺判斷；
2. 河川之形狀特性：a. 流域的平均寬度 b. 流域的形狀因子；
3. 河川級序：比較水系的級序與數量比；
4. 線形誤差指標：a.面積法 b.點位生成法；

透過上述指標之比較可發現，(1)下游平坦地區部份擷取出的河川水系網路與數化後的對照資料比較有明顯的錯誤發生。(2)在部分 250 公尺解析度中所求得的集水區邊界有錯誤發生。(3)在河川級序的判定上，由 GRASS 中 r.watershed 所得的河川網路有可能造成級序上的誤判。(4)線形誤差指標的評估，在所比較之圖元比例尺相差過大的面積法優於點位生成法。

On the Drainage Network and Watershed Extraction with SRTM DEM

Student: Shi-Qing Wei

Advisor: Tian-Yuan Shih

Department of Civil Engineering
National Chiao Tung University

Abstract

The analysis of drainage network and the delineation of watershed boundary are important for understanding the topography and for extracting useful information for hydrological applications. In this study, digital elevation models (DEM) with various resolutions are used for exploring the properties of drainage networks and watershed boundaries when different extraction algorithms are implemented. The DEM was derived from SRTM-3 of Taiwan Area. The algorithms are with software of TauDEM and r.watershed of GRASS. Results are further assessed by indicators including:

1. Visualization approach: graphical output for visual inspection.
2. Shape features of streams: such as average width and other shape feature.
3. Stream ordering: such as Strahler stream order system and bifurcation ratio.
4. Linear mismatching indicators: such as areal approach and point approach.

On basis of these indicators, findings of this study include: (1) the drainage network in the downstream plain area are in error when compared with drainage network published by Water Administration Agency; (2) Some of the watershed boundaries derived from 250m resolution are in error; (3) The drainage network derived by r.watershed of GRASS may cause mistakes when subsequently used for deriving stream order; (4) Areal approach is generally better than point approach when the scale difference of the map is large.

誌謝

吾師史天元教授兩年來在學業上之悉心指導以及生活上的關照，使得本論文能如期順利完成。組上黃金維教授以及陳春盛教授在課業上的教誨及指導，亦使我受益匪淺。同時感謝口試委員中央大學陳繼藩教授、中興大學蔡榮得教授以及成功大學曾義星教授的熱心指正並提供寶貴意見使本論文更加完善。

研究期間感謝劉進金學長，幫忙提供修改論文的寶貴建議，當論文遭遇瓶頸時依舊不厭其煩的指導。而劉榮寬學長的熱心幫助，讓非本科系的我能夠順利完成學業。另外介嵐哥、郭朗哲、勇者以及 BOSS 這兩年的生活因為有了你們的適時關懷讓枯燥的研究生生活變的那麼有趣而且令人懷念。當然還有我的同伴嘉哥、印淞、貓哥、祐廷…很高興在這邊認識你們。

還有大學四年裡一起生活的皇冠、家華、白目、建人、小炫鋒、魁、大豪、阿佶、大吉、明源…謝謝你們豐富我的大學生活，使得在讀研究所期間遭遇挫折時能有滿滿的快樂回憶能夠越戰越勇、堅持到最後，謝謝你們。

最後，我要說老爸，你的遺憾我幫你補起來了，我也做到了。感謝我的家人東燕、緞妹、紹彬、振宏、秀英、小凡以及貞瑩對我的支持，你們總是會在我的背後默默的支持鼓勵我，謝謝你們。交大，再見了。

目 錄

| | |
|---|-----|
| 頁次 | |
| 中文摘要..... | I |
| 英文摘要..... | II |
| 目錄..... | III |
| 圖目錄..... | IV |
| 表目錄..... | V |
| 第一章 前言..... | 1 |
| 1.1 研究動機與目的..... | 1 |
| 1.2 研究方法..... | 1 |
| 第二章 由 DEM 擷取河川網路流向之回顧..... | 3 |
| 2.1 單流向法..... | 4 |
| 2.2 多流向法..... | 6 |
| 2.3 最優化驗算法..... | 7 |
| 2.4 TERRAFLOW'S 演算法..... | 8 |
| 第三章 擷取河川網路模型之建立..... | 10 |
| 3.1 資料..... | 10 |
| 3.1.1 SRTM 資料簡介..... | 10 |
| 3.1.2 實驗區域及其它預處理..... | 12 |
| 3.2 實驗步驟..... | 13 |
| 3.2.1 窪陷填平..... | 15 |
| 3.2.1.1 GRASS_r.fill.dir 擷取河川網路模型之窪線填平部分..... | 16 |
| 3.2.1.2 ArcGIS_TauDEM 擷取河川網路模型之窪線填平部分..... | 17 |
| 3.2.2 流向決定與集水區之劃分..... | 18 |
| 3.2.2.1 GRASS_r.watershed 擷取河川網路模型之流向決定..... | 18 |
| 3.2.2.2 ArcGIS_TauDEM 擷取河川網路模型之流向決定..... | 19 |
| 3.2.2.3 r.watershed 與 TauDEM 集水區之劃分..... | 21 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 3.2.3 流徑積累值決定..... | 21 |
| 3.3 對照組資料..... | 21 |
| 3.4 實驗成果..... | 23 |
| 第四章 相似度之評量方式..... | 32 |
| 4.1 視覺疊圖比對..... | 32 |
| 4.2 形狀指標比對..... | 47 |
| 4.3 河川級序比對..... | 51 |
| 4.4 線形誤差指標..... | 61 |
| 4.4.1 面積法..... | 61 |
| 4.4.2 點位生成法..... | 75 |
| 第五章 結論與建議..... | 80 |
| 5-1 結論..... | 81 |
| 5-2 建議..... | 81 |
| 參考文獻..... | 82 |
| 附錄 A GRASS_r.watershed 相關指令..... | 85 |
| 附錄 B 內政部 1/25000 地形圖圖層屬性欄位..... | 89 |
| 附錄 C 國內、外重要河川之相關因數..... | 91 |



圖目錄

| | |
|--|----|
| 圖 2-1：河川水系網路擷取方法。..... | 4 |
| 圖 2-2：D8 演算法之八個流向[Arge et al, 2001]。..... | 5 |
| 圖 2-3：多流向法的流向表示[Arge et al, 2001]。..... | 6 |
| 圖 2-4：廣先搜尋法(breadth-first search)。數字為搜尋的順序[Liang and Mackay, 2000]。..... | 7 |
| 圖 3-1：SRTM 資料庫涵蓋圖 [NASA-JPL, 2003]。..... | 11 |
| 圖 3-2：資料獲取次數圖[NASA-JPL, 2003]。..... | 11 |
| 圖 3-3:台灣地區經 IDW 內插所得網格，由右至左為 90、250、500、1000 公尺解度。..... | 13 |
| 圖 3-4：TauDEM 計算河川網路之流程圖。..... | 14 |
| 圖 3-5：r.watershed 計算河川網路之流程圖。..... | 15 |
| 圖 3-6：於窪陷地形產生窪蓄現象進而決定流向[Arge et al, 2001]。..... | 16 |
| 圖 3-7：r.fill.dir 演算流程。..... | 17 |
| 圖 3-8：TauDEM 窪陷填平(Fill Pits)演算流程。..... | 18 |
| 圖 3-9：左圖為 D8 流向編碼，右圖則為 GRASS 與 TauDEM 內流向編碼。.... | 19 |
| 圖 3-10：(上)Dinf 決定流向方法，(下)Dinf 決定流向方法[Tarboton,1997]。..... | 20 |
| 圖 3-11：實驗區淡水河以及頭前溪。..... | 22 |
| 圖 3-12：TauDEM 所產製 Slope 圖..... | 24 |
| 圖 3-13：TauDEM 所產製 Dinf 流向圖..... | 25 |
| 圖 3-14: TauDEM 所產製 D8 流向圖..... | 26 |
| 圖 3-15：TauDEM 所產製流域面積累積圖..... | 27 |
| 圖 3-16：r.watershed 所產製流域面積累積圖..... | 28 |
| 圖 3-17：r.watershed 所產製 D8 流向圖..... | 29 |
| 圖 3-18：TauDEM 淡水河與頭前溪流流域，th=100，90*90 公尺。..... | 31 |

| | |
|--|----|
| 圖 3- 19：TauDEM 淡水河與頭前溪流域，th=100，250*250 公尺。..... | 31 |
| 圖 3- 20：TauDEM 淡水河與頭前溪流域，th=100，500*500 公尺。..... | 32 |
| 圖 3- 21：GRASS 淡水河與頭前溪流域，th=100，90*90 公尺。..... | 32 |
| 圖 3- 22：GRASS 淡水河與頭前溪流域，th=100，250*250 公尺。..... | 33 |
| 圖 3- 23：GRASS 淡水河與頭前溪流域，th=100，500*500 公尺。..... | 33 |
| 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。..... | 37 |
| 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。..... | 38 |
| 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。..... | 39 |
| 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。..... | 41 |
| 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。..... | 42 |
| 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。..... | 44 |
| 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。..... | 45 |
| 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。..... | 46 |
| 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..... | 53 |
| 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..... | 53 |
| 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。..... | 54 |
| 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。..... | 54 |
| 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。..... | 57 |

| | |
|--|----|
| 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..... | 57 |
| 圖 4-15：r.watershed 計算出頭前溪流流域空間解析度 90 公尺之河川網路圖。..... | 58 |
| 圖 4-16：r.watershed 計算出頭前溪流流域空間解析度 250 公尺之河川網路圖。... | 58 |
| 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。..... | 62 |
| 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。..... | 64 |
| 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..... | 66 |
| 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。... | 68 |
| 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。..... | 70 |
| 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。..... | 71 |
| 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。... | 73 |
| 圖 4-24：r.watershed 所擷取之 250 公尺解析度頭前溪主流與對照組之交集。..... | 74 |
| 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。..... | 76 |
| 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。..... | 77 |
| 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。..... | 78 |
| 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。..... | 78 |

表目錄

| | |
|---|----|
| 表 3- 1：臺灣地區 DEM 組成檔案。..... | 12 |
| 表 3- 2：內政部 1/25000 地形圖之研究區域主流長。..... | 23 |
| 表 3- 3：淡水河水系表[經濟部水利署公佈之河川水系表]..... | 23 |
| 表 3- 4：TauDEM 計算所得淡水河流域基本水文資料..... | 34 |
| 表 3- 5：TauDEM 計算所得頭前溪流流域基本水文資料..... | 34 |
| 表 3- 6：GRASS 計算所得淡水河流域基本水文資料..... | 34 |
| 表 3- 7：GRASS 計算所得頭前溪流流域基本水文資料..... | 35 |
| 表 4- 1：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。..... | 47 |
| 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。..... | 48 |
| 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。..... | 48 |
| 表 4- 4：頭前溪流流域解析度 90 公尺之流域平均寬度與形狀因數指標。..... | 49 |
| 表 4- 5：頭前溪流流域解析度 250 公尺之流域平均寬度與形狀因數指標。..... | 49 |
| 表 4- 6：頭前溪流流域解析度 500 公尺之流域平均寬度與形狀因數指標。..... | 50 |
| 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)。..... | 50 |
| 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。..... | 55 |
| 表 4-9: TauDEM 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。..... | 55 |
| 表 4-10：TauDEM 所得淡水河流域 90 公尺解析度之河川分歧比。..... | 56 |
| 表 4-11：TauDEM 所得頭前溪流流域 90 公尺解析度之河川分歧比。..... | 56 |
| 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。..... | 59 |
| 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。..... | 59 |
| 表 4-14：r.watershed 所得淡水河流域 90 公尺解析度之河川分歧比。..... | 60 |

| | |
|--|----|
| 表 4-15：r.watershed 所得頭前溪流域 90 公尺解析度之河川分歧比..... | 60 |
| 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。..... | 63 |
| 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。..... | 63 |
| 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。..... | 65 |
| 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。..... | 65 |
| 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。..... | 67 |
| 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。..... | 67 |
| 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。..... | 69 |
| 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。..... | 69 |
| 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。..... | 72 |
| 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。..... | 72 |
| 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。..... | 75 |
| 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。.....75

表 4- 28：TauDEM 擷取 90 公尺解析度之點位生成法。.....79

表 4- 29：TauDEM 擷取 250 公尺解析度之點位生成法。.....79



