

計畫編號：SWCB-109-269

**與地理資訊系統整合之崩塌與土石流運移
行為模組**

**GIS integrated web-based system for
scenario investigation on slope failure and
sediment-related disasters
(成果報告書)**

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

執行期間：109 年 02 月 06 日至 109 年 12 月 31 日

計畫主持人：戴義欽 教授

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 109 年 12 月

(本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考)

與地理資訊系統整合之崩塌與土石流運移行為模組

摘要

本計畫主要規劃透過 Python 語言建立坊間廣泛應用地理資訊開源軟體 QGIS 之相關前處理模組，包含整合輸入資料、QPESUMS 降雨量、土地利用形態等資料，以方便透過數值模式進行情境的探討或是災害過程回溯。為了讓決策者可以更方便實施防災應變決策，建立透過數值模式所演算的結果推估土石流可能溢流點位置之模組。本計畫也針對現有案例檢討應用所發展之方法可能造成誤差之成因，透過分析將選定之區內地形地貌及地表特性列入考量，藉以提昇並確保其與數值模式技術所需參數間之關連性。此外，透過網頁技術發展三維可視化圖形展示平台，以網頁互動的模式進行三維成果呈現。以立體多視角的方式呈現運算成果(土沙運移、崩塌流動路徑、土體深度時間軸變化)，或透過水保局既有的巨量空間資訊系統(BigGIS)在瀏覽器上呈現。

關鍵詞：Python、GIS 處理模組、QPESUMS、溢流點分析、情境探討、三維網頁圖形展示

GIS integrated web-based system for scenario investigation on slope failure and sediment-related disasters

Abstract

In this project two (Pre-processing and Post-processing) Toolboxes by Python are developed, that the algorithm for numerical models such as the rainfall-surface-runoff model or the DFMfGT model can be integrated to the modern open-source GIS , such as the QGIS. The pre-processing modules in the Toolbox include a) pre-processing data from GIS software (DEM and Shapefile data), b) QPESUMS distribute rainfall data, and c) the Shapefile (land-use type) data. The data of the pre-processing is integrated with the numerical model (rainfall-surface runoff) for identifying the overflow location. The post-processing models are for illustrating the data or computed results, where either in a Web-based illustration system with user-interactive animated 3D computer graphics, or in the GIS system. In addition, the results should be transferred into the data format compatible to the BigGIS, developed by the SWCB, or the format for Google Earth.

Keywords: Python, Processing modules for GIS, QPESUMS, Overflow location analysis, Scenario investigation, 3D web-based visualization

目次

摘要.....	I
Abstract.....	II
目次.....	III
表次.....	V
圖次.....	VI
第一章 緒論.....	1-1
第一節 計畫緣起與擬解決問題	1-1
第二節 計畫工作項目	1-4
第二章 工作執行方法與步驟	2-1
第一節 計畫工作架構與流程	2-1
第二節 地理資訊系統 QGIS 模組之整合	2-2
第三節 分佈式參數與數值模式之整合	2-8
第四節 精進判定土石流溢流點位置之方法	2-14
第三章 整合地理資訊系統 QGIS 之模組	3-1
第一節 前處理模組介紹	3-2
第二節 後處理模組介紹	3-16
第四章 分佈式參數與數值模式之技術整合	4-1
第一節 案例介紹	4-1
第二節 成果探討	4-7
第五章 精進判定土石流溢流點位置之方法	5-1
第一節 推估溢流點可能位置	5-1
第二節 溢流點的後續應用	5-9
第六章 結論.....	6-1

第一節 結論	6-1
參考文獻.....	參-1
附錄 一 計畫書審查意見暨回覆辦理情形	附一-1
附錄 二 期初審查意見暨回覆辦理情形	附二-1
附件 三 期中審查意見暨回覆辦理情形	附三-1
附件 四 期末審查意見暨回覆辦理情形	附四-1
附件 五 前後處理程序之 window 界面範本	附五-1
附件 六 情景探討用之 QPESUMS 分佈式降雨量.....	附六-1
附件 七 計畫成果投稿研討會	附七-1

表次

表 2-1 不同土地利用對應地表糙度表	2-12
表 2-2 不同土地利用對應逕流曲線係數表	2-12
表 6-1 本計畫之工作進度與完成度	6-4

圖次

圖 2-1 計畫作業流程圖.....	2-2
圖 2-2 QGIS 之 PYTHON 編輯界面.....	2-4
圖 2-3 其他已開發之 QGIS 附加元件之界面範例	2-4
圖 2-4 其他已開發之 QGIS 附加元件範例	2-4
圖 2-5 以草地地形模式顯示所計算的崩塌量體於 (土體速度分佈狀態).....	2-5
圖 2-6 SENTINEL-2 衛星影像示意圖.....	2-7
圖 2-7 BIGGIS 網頁上傳流程	2-7
圖 2-8 台灣 QPESUMS 分佈累積降雨量	2-9
圖 2-9 網寮橋水位站模擬結果比較	2-10
圖 2-10 2017 年海棠颱風 QPESUMS 雷達降雨資料模擬結果圖	2-10
圖 2-11 整合分佈累積降雨量與地表糙度係數與數值模式流程圖.....	2-13
圖 2-12 變動地形座標系統轉換(示意圖)	2-15
圖 2-13 網頁版 DFMEGT 數值模式參數設定界面	2-15
圖 2-14 由地形條件篩選土石流溢流點位置依據.....	2-17
圖 2-15 模擬結果推估溢流點可能發生位置 (示意圖)	2-17
圖 3-1 前處理模組流程圖	3-1
圖 3-2 前處理程序細部流程圖	3-2
圖 3-3 程序一之界面(紅色方框內為須輸入/選取之項目、綠色方框內為須輸出之項目)	3-4
圖 3-4 程序一輸出檔案	3-4
圖 3-5 選取模擬區域圖層成果	3-4
圖 3-6 程序二的界面	3-6

圖 3-7 程序二輸出檔案	3-6
圖 3-8 程序二輸出研究區域圖層	3-6
圖 3-9 程序二輸出數值地形圖層	3-6
圖 3-10 程序二輸出之分佈式參數基準點	3-6
圖 3-11 程序三步驟一界面	3-8
圖 3-12 程序三步驟一輸出檔案	3-8
圖 3-13 程序三步驟一輸出圖層屬性表(包含分佈式地表糙度係數與 逕流曲線係數)	3-8
圖 3-14 程序三步驟二界面	3-9
圖 3-15 程序三步驟二輸出檔案	3-9
圖 3-16 程序三步驟二輸出之地表糙度係數分佈狀況	3-9
圖 3-17 程序三步驟二輸出之逕流曲線係數分佈狀況	3-9
圖 3-18 程序四(QPESUMS 降雨資料截取及轉換檔案)之頁面	3-11
圖 3-19 程序四所需檔案格式	3-11
圖 3-20 程序四輸出檔案	3-11
圖 3-21 程序四所需資料(QGIS 呈現).....	3-11
圖 3-22 程序四輸出分佈降雨量(QGIS 呈現).....	3-11
圖 3-23 程序四輸出降雨量檔案	3-12
圖 3-24 “降雨-地表逕流模式”最終需要應用之檔案.....	3-12
圖 3-25 程序五界面	3-13
圖 3-26 程序五輸出檔案	3-13
圖 3-27 前處理整合程序操作頁面圖	3-14
圖 3-28 “降雨-地表逕流”模式操作頁面.....	3-15
圖 3-29 後處理模組流程圖	3-16
圖 3-30 後處理程序一之操作圖	3-18

圖 3-31 後處理程序一所需輸入檔案	3-18
圖 3-32 後處理步驟一輸出檔案	3-18
圖 3-33 後處理程序一輸出水深分佈狀況(QGIS 頁面)圖	3-18
圖 3-34 後處理程序二之操作圖	3-20
圖 3-35 後處理程序二溢流點評估範圍圖	3-20
圖 3-36 後處理程序二輸出溢流點圖層成果圖	3-20
圖 3-37 後處理程序二輸出之檔案圖	3-20
圖 3-38 (左)後程序三所輸出檔案圖；(右)匯入 QGIS 呈現之水深分佈狀況圖	3-21
圖 3-39 (左)後程序三所輸出檔案圖；(右)匯入水土保持局開發之 BIGGIS 網頁呈現之水深分佈狀況圖	3-22
圖 3-40 (左)後程序三所輸出檔案圖；(右)匯入 GOOGLE EARTH 呈現之水深分佈狀況圖	3-22
圖 3-41 三維互動式網頁呈現模擬結果圖	3-22
圖 4-1 嘉義縣 DF054 模擬範圍之(左)數值地形分佈狀況，(右)土地利用形態分佈圖	4-2
圖 4-2 嘉義縣 DF054 模擬範圍之土地利用形態對應之(左)逕流曲線係數分佈圖(右)地表糙度係數分佈圖	4-2
圖 4-3 嘉義縣 DF054 模擬範圍之降雨分佈狀況圖(左)模擬開始時間 20160927-1500(右)模擬結束前最後一筆降雨量 20160927-1750	4-3
圖 4-4 花蓮縣 DF136 模擬範圍之(左)數值地形分佈狀況，(右)土地利用形態分佈圖	4-4
圖 4-5 花蓮縣 DF136 模擬範圍之土地利用形態對應之(左)逕流曲線係數分佈圖(右)地表糙度係數分佈圖	4-4

- 圖 4-6 花蓮縣 DF136 模擬範圍之降雨分佈狀況圖(左)模擬開始時間 20171014-1240(右)模擬結束前最後一筆降雨量 20171014-1340
4-4
- 圖 4-7 花蓮縣 DF041 模擬範圍之(左)數值地形分佈狀況，(右)土地利用形態分佈圖..... 4-5
- 圖 4-8 花蓮縣 DF041 模擬範圍之土地利用形態對應之(左)逕流曲線係數分佈圖(右)地表糙度係數分佈圖..... 4-6
- 圖 4-9 花蓮縣 DF041 模擬範圍之降雨分佈狀況圖(左)模擬開始時間 20160914-0830(右)模擬結束前最後一筆降雨量 20160914-1130
4-6
- 圖 4-10 模擬成果水深分佈圖(左上)考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(左下)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數，(右上)忽略地表糙度係數但考慮逕流曲線係數，(右下)忽略地表糙度係數與逕流曲線係數..... 4-8
- 圖 4-11 DF136 模擬成果水深分佈圖(左)考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(右)考慮地表糙度係數與忽略逕流曲線係數..... 4-9
- 圖 4-12 DF041 模擬成果水深分佈圖(左)考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(右)考慮地表糙度係數與忽略逕流曲線係數..... 4-10
- 圖 5-1 嘉義縣 DF054(螢光綠矩形)為 DF054 溢流點評估範圍..... 5-2
- 圖 5-2 模擬成果通量分佈圖(左上)考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(左下)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數，(右上)忽略地表糙度係數但考慮逕流曲線係數，(右下)忽略地表糙度係數與逕流曲線係數..... 5-2
- 圖 5-3 嘉義縣 DF054 溢流點評估成果圖 5-3

圖 5-4 DF136 溢流點分析區域(螢光綠矩形)與“降雨-地表逕流”模擬區域(黑色矩形)之分佈狀況圖	5-4
圖 5-5 DF136 全模擬區域最大通量值分佈狀況圖(左) 考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(右邊)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數.....	5-4
圖 5-6 DF136 模擬成果最大通量分佈圖(左上)考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(左下)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數，(右上)忽略地表糙度係數但考慮逕流曲線係數，(右下)忽略地表糙度係數與逕流曲線係數.....	5-5
圖 5-7 DF136 溢流點分析結果分佈圖(左上)考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(左下)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數，(右上)忽略地表糙度係數但考慮逕流曲線係數，(右下)忽略地表糙度係數與逕流曲線係數.....	5-5
圖 5-8 DF136 溢流點分析區域(螢光綠矩形)與“降雨-地表逕流”模擬區域(黑色矩形)之分佈狀況圖	5-7
圖 5-9 DF041 全模擬區域最大通量值分佈狀況圖(左) 考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(右)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數.....	5-7
圖 5-10 DF041 溢流點分析區域之最大通量值分佈狀況圖(左) 考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(右)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數.....	5-8
圖 5-11 DF041 溢流點分析成果圖(紅色點為同時考慮地表糙度係數與逕流曲線係數及綠色點為考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數之點分佈)	5-8

圖 5-12 (左)後處理程序輸出檔案並 DFMFGT 模式需應用之檔案， (中)時間序列值水深、X 及 Y 方向流速之資料格式，(右)入流點 位資訊.....	5-10
圖 5-13 (左)DFMFGT 模擬範圍(螢光綠矩形)，(右)為黃色圈放大之 影像粉紅色點為判識之入流點位置	5-10
圖 5-14 (左)DFMFGT 模擬成果於 QGIS 呈現圖，(右)將 DFMFGT 模擬成果上傳 BIGGIS 呈現圖	5-10
圖附五-1 前處理程序一(選取模擬範圍)操作頁面圖	附五-1
圖附五-2 (左)前處理程序一所輸出之檔案，(右)前處理程序一輸出 之成果於 QGIS 頁面呈現狀況圖.....	附五-1
圖附五-3 前處理程序二(截取模擬範圍數值地形與模式基準點資料 圖層)操作頁面圖	附五-1
圖附五-4 (左)前處理程序二所輸出之檔案，(右)前處理程序二之截 取數值地形(DEM)於 QGIS 頁面呈現狀況圖.....	附五-2
圖附五-5 (左)前處理程序二所輸出之檔案，(右)前處理程序二之模 式基準點資料於 QGIS 頁面呈現狀況圖.....	附五-2
圖附五-6 (左)前處理程序二所輸出之檔案，(右)前處理程序二之新 模擬範圍圖層於 QGIS 頁面呈現狀況圖.....	附五-2
圖附五-7 前處理程序三步驟一(整合土地利用形態與模式基準點資 料)操作頁面圖	附五-3
圖附五-8 (左)前處理程序三步驟一(所輸出之檔案，(右)前處理程序 二之整合土地利用形態之模式基準點資料圖層於 QGIS 頁面呈 現狀況圖.....	附五-3

圖附五-9 前處理程序三步驟一之整合土地利用形態之模式基準點資料圖層之屬性表，黑色方框內為對應土地利用形態之地表糙度係數(MANNING)與逕流曲線係數(CN).....	附五-4
圖附五-10 前處理程序三步驟二(模式基準點資料轉置成 TIF 格式圖層)操作頁面圖	附五-4
圖附五-11 前處理程序三步驟二輸出成果於 QGIS 呈現狀況(左)地表糙度係數(右) 逕流曲線係數	附五-5
圖附五-12 前處理程序四(資料 TIF 格式轉置成模式可讀取之 ASC 格式)操作頁面圖	附五-5
圖附五-13 前處理程序四之輸出檔案圖	附五-6
圖附五-14 前處理程序五(降雨資料轉置)操作頁面圖	附五-6
圖附五-15 (左)前處理程序五需輸入檔案(ASC 格式)圖，(右)前處理程序五輸出截取模擬區域內之降雨量檔案(TIF 格式)圖.....	附五-7
圖附五-16 (左)前處理程序五需輸入降雨量分佈資料(QPESUMS)於 QGIS 頁面呈現狀況，(右)前處理程序六輸出之模擬區域內之降雨量分佈資料(TIF 格式)於 QGIS 呈現狀況圖	附五-7
圖附五-17 前處理程序所產生之“降雨-地表逕流”模式所需之輸入檔案圖	附五-8
圖附五-18 後處理程序一(模擬成果資料轉置)操作頁面圖	附五-8
圖附五-19 (左)“降雨-地表逕流”模式所輸出之各時間點資料，(右)由後處理程序一所輸出之(ASC 格式)檔案圖	附五-9
圖附五-20 後處理程序一所輸出之最大水深分佈資料(ASC 格式)於 QGIS 頁面呈現狀況圖	附五-9
圖附五-21 後處理程序二(溢流點推估)操作頁面圖	附五-10

圖附五-22 (左)後處理程序二輸入推估溢流點位置之範圍圖層(褐色)， (右)由後處理程序二所推估之溢流點位置圖層	附五-10
圖附五-23 後處理程序二所輸出之檔案	附五-10
圖附五-24 後處理程序三(模擬成果上傳至網頁)操作頁面圖 .	附五-11
圖附五-25 (左)後處理程序三所輸出之檔案，(右)坐標系統 WGS84 之最大水深分佈於 QGIS 頁面呈現狀況圖	附五-11
圖附五-26 (左)後處理程序三所輸出之檔案，(右)最大水深分佈於水 土保持局開發之 BIGGIS 網頁呈現圖	附五-11
圖附五-27 (左)後處理程序三所輸出之檔案，(右)最大水深分佈於 GOOGLE EARTH 呈現圖	附五-12
圖附六-1 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1500(右)20160927- 1510	附六-1
圖附六-2 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1520(右)20160927- 1530	附六-1
圖附六-3 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1540(右)20160927- 1550	附六-1
圖附六-4 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1600(右)20160927- 1610	附六-2
圖附六-5 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1620(右)20160927- 1630	附六-2
圖附六-6 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1640(右)20160927- 1650	附六-2
圖附六-7 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1700(右)20160927- 1710	附六-3

圖 附 六-8 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1720(右)20160927-1730	附 六-3
圖 附 六-9 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1740(右)20160927-1750	附 六-3
圖 附 六-10 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-0830 (右)20160914-0840	附 六-4
圖 附 六-11 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-0850 (右)20160914-0900	附 六-4
圖 附 六-12 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-0910 (右)20160914-0920	附 六-4
圖 附 六-13 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-0930 (右)20160914-0940	附 六-5
圖 附 六-14 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-0950 (右)20160914-1000	附 六-5
圖 附 六-15 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-1010 (右)20160914-1020	附 六-5
圖 附 六-16 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-1030 (右)20160914-1040	附 六-6
圖 附 六-17 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-1050 (右)20160914-1100	附 六-6
圖 附 六-18 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-1120 (右)20160914-1130	附 六-6
圖 附 六-19 DF041 之模擬降雨時間(左)20171014-1240 (右)20171014-1250	附 六-7

圖附六-20 DF041 之模擬降雨時間(左)20171014-1300 (右)20171014-1310 附六-7

圖附六-21 DF041 之模擬降雨時間(左)20171014-1320 (右)20171014-1330 附六-7

第一章 緒論

第一節 計畫緣起與擬解決問題

近年來集中降雨的發生頻率不斷提升，使得許多集水區因地形地質條件，促使大型致災性的崩塌土石流也隨着增加。其中因降雨造成之崩塌土石流有一定的延時與前期徵兆，國內針對土石流發生的預警系統可分為預警模擬與現場即時檢測系統。預警模擬可分為統計法歸納出簡單的關係式或是應用理論模擬模式作為崩塌土石流潛勢評估，前者優點為快速、直觀、使用範圍廣泛，考慮因子包含了降雨延時、降雨強度、平均降雨強度、累積降雨量、累積雨量與年平均降雨量的比值、最大降雨強度等來訂定土石流臨界降雨閾值等，缺點為對於極端氣候（如極端分佈降雨）、地形地貌激烈變化後、或水土保持設施建設後，崩塌土石流的預測存在一定的誤差；後者優點為可描述隨極端分佈降雨、地形地貌變化或在集水區內建設水土保持設施後崩塌土石流發生機制與泥沙運移形態，缺點為非常依賴現場地形地貌測量資料的更新、操作門檻高、計算量龐大及耗時。

若有充分的現場調查資料及監測系統（如地質條件、降雨量、河川水位、地下水水位），解析法可藉由客觀和通用的力學分析進行一定程度的估計崩塌土石流有可能發生的時間及規模。現場即時監測系統（如：雨量計、傾斜儀、GPS、鋼索檢知器、地聲檢知器、地下水水位器），透過無線或有線傳輸方法將現場數據回傳至管理者電腦內作為災害應變時決策者實施相關防救災設施調度之依據。

隨着網路的普及、個人電腦的計算能力及地理資訊處理軟體技術提升發展，許多學術單位發展即時災害情景模式並推廣至學術、

公務或是防災相關單位應用預測相關災害衝擊，如土石流方面包含了日本京都大學 Nakatani 教授所研發之 HyperKANAKO (土石流單相二維模式，Nakatani, et al.,(2014, 2016)，G. Yanagisaki et al.,2016，Horiuchi et al.,2012)、林家興 (2018) 及許登傑 (2017) 應用國立成功大學謝正倫教授研發之土石流沖淤模式 (土石流單相二維模式)、以及本研究團隊所研發之土石流動態模擬數值模式 (Tai et al. (2019), Debris Flow Model for General Topography, DFMfGT) (土石流二相現地地形數值模式) 等，這三種模式都具備快速模擬災害情境的能力，也各具特色。

在資料前處理能力 HyperKANAKO 模式已具備與開源自由地理資訊軟體 QGIS 整合之界面，對於使用者在操作上有一定便利性，然而其模擬成果必須透過科學繪圖軟體 (Grapher) 或是商用數學軟體 (MATrix LABoratory, MatLab) 來進行檢視探討，稍嫌不便。因此本年度規劃進行將數值模式前處理部分結合地理資訊軟體 (如 開源自由軟體 QGIS)，使其可整合地理資訊系統已建制的大量資源，且其模擬成果也可在 GIS 系統上呈現。此外，模擬成果也可透過本團隊研發之使用者互動模式(Web-Based User-Interactive)的網頁系統以三維互動方式呈現，甚或透過由水土保持局研發之 BigGIS 網頁來呈現不同災害情境下的狀況，藉以探討評估各式減災措施的成效。

隨著科技進步及軟體技術的快速發展，無論是學術單位、公務單位、防災專業人員及民衆對於災害發生的關注度及要求預警精確度都已大幅提升。其中被廣泛應用之地理資訊系統 (如 商用 ArcGIS，自由開源軟體 QGIS，或是 GRASS GIS 等)均可處理(提供)絕大部分國內的圖層 (如 數值地形資料 (Digital Elevation Model, DEM)、土地

利用形態資料 (Land-use Type)、結構物分佈 (水土保持設施、房屋、道路)、分佈降雨資料 (Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensor, QPESUMS)、現地檢測系統 (雨量站、水位站)等，因此若能夠在現有的地理資訊系統上(如 QGIS 與 ArcGIS 軟體)，應用 Python 語言整合現有數值模式，建立所需之相關前後處理工具箱 (Toolbox)，達到資料之擷取直接由 GIS 系統提供，並且直接在 GIS 系統上呈現計算的結果。必要時也能在水保局所開發的 BigGIS 系統顯示呈現，一氣呵成而不再局限於特定的(免費或是付費)繪圖分析軟體。如此可大幅提升現有數值模式 (如 土石流動態模擬數值模式，DFMfGT) 之應用性以及災害情境探討的效率。

依審查委員之建議，本計畫在地理資訊系統的部分將先行考量採用開源軟體 QGIS 來建構相關前處理模組；在 Web-Based-GIS 平台的部分將與水保局所現有的 BigGIS 系統進行整合，並讓 BigGIS 可以展示模擬運算之成果。第二章簡要的介紹與說明工作的執行方法與步驟；第三章陳述工作進度與交付項目；第四章至第六章則分別為三個工作項目現階段的成果；第七章為結論彙整現階段已完成之工作與內容。

第二節 計畫工作項目

針對上述議題，本研究計畫於本年度規劃“與地理資訊系統 QGIS 整合之模組”、“分佈式參數整合於降雨-地表逕流數值模式”以及“精進土石流溢流點位置之方法”等三個工作項目，說明如下：

一、與地理資訊系統 QGIS 整合之模組:

以 Python 語言編撰 QGIS 之工具箱 (Toolbox)，結合地理資訊系統龐大的資料庫，提供作為數值模式運算之前處理。並可將模擬運算之成果回傳至 QGIS，進行後處理輸出柵格資料 (Raster File) 以方便結果呈現，並進行各式的情境探討。

二、分佈式參數與數值模式之技術整合:

將分佈累積降雨資料 (QPESUMS) 以及地理資訊系統中的土地利用形態資料 (Land-use type) 等分佈式參數與於本團隊研發之降雨-地表逕流數值模式進行整合，除了可透過 three.js 網頁技術以三維互動模式呈現模擬成果於瀏覽器上，也能夠提供給 BigGIS 資訊網頁系統呈現模擬成果。

三、精進土石流溢流點位置之方法：

探討降雨分佈狀況，應用“降雨-地表逕流數值模式”計算結果之流速分佈計算通量分佈，推估土石流可能溢流點位置。另一方面，也能提供一選擇可能，來重新審視評估現行透過經驗法則由人工選定之溢流點位置的合理性。

第二章 工作執行方法與步驟

承水保局前兩年創研計畫的支持，本團隊已發展建立一簡易迅速描述評估崩塌破壞曲面(理想崩塌破壞曲面)的方法(參閱 Tai et al., 2020)，並應用其估算之結果(如崩塌體積、崩塌面積)與土石流土體動態模擬數值模式 (DFMfGT)進行整合，探討該情景下土石流運移行為。為了提供決策者便利穩定的三維成果展示畫面，本研究也發展使用者互動模式的(Web-Based User-Interactive) 網頁呈現系統，其中包含了土沙運移、崩塌流經痕跡、水體深度時間軸變化，同時此系統也可以結合衛星影像方便判別辨認相關位置。

延續上述之成果，本案之主要工作在於：(a) 與地理資訊系統 QGIS 整合之模組；(b) 分佈式參數與數值模式之技術整合；以及(c) 精進判定土石流溢流點位置之方法。

第一節 計畫工作架構與流程

本計畫工作內容包含三大項目，整體作業流程如圖 2.1 所示：透過計畫需求與目地瞭解，進行計畫工作內容規畫；(1) 以 Python 拓展開發 QGIS 之工具箱 (Toolbox) 模組進行降雨-地表逕流數值模式之前處理；(2) 本計畫提出整合分佈式降雨資料 (QPESUMS) 與土地利用形態資料 (Land-use type) 於“降雨-地表逕流數值模式”；(3) 土石流溢流點確認技術，搭配現地調查與監測資料所提供之歷史災害情景概況進行模式的率定與驗證。換句話說，本計畫可將點輸入條件資料(河道水位站及雨量站) 整合成面的輸入條件資料 (QPESUMS 分佈降雨量、地表糙度係數)，並搭配電腦數值模式模擬，透過不同的情境探討組成動態三維時空資訊呈現，作為相關災害評估管理或是防災

作為啟動之參考。本計畫相關項目與流程如圖 2-1 所示。

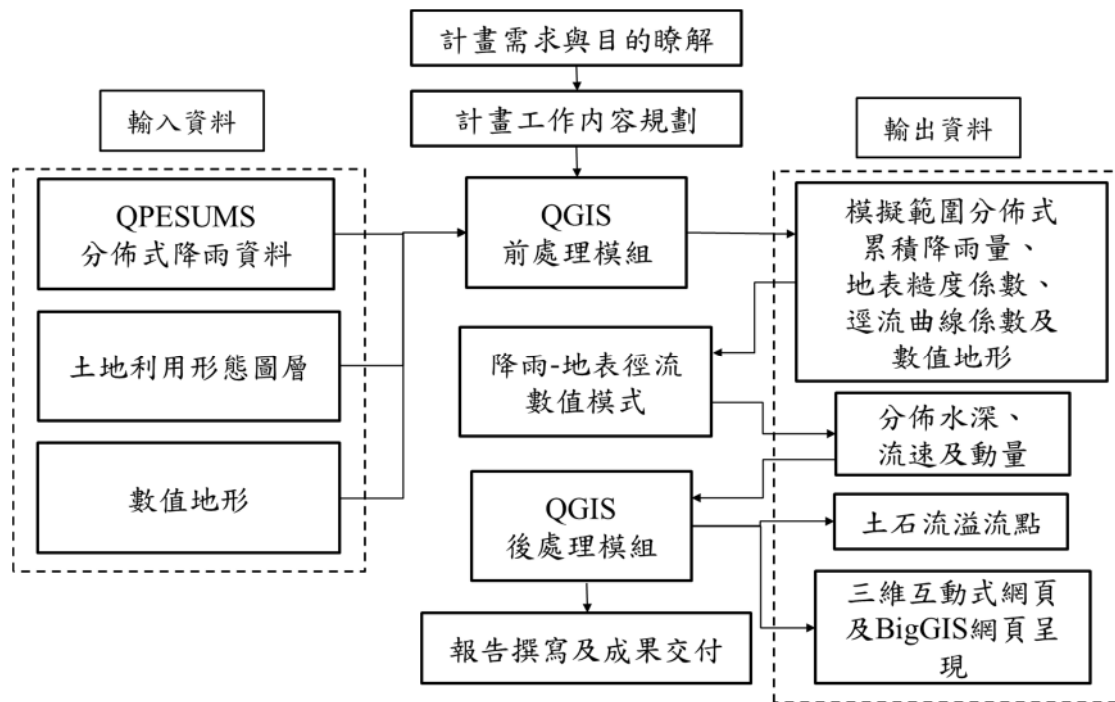


圖 2-1 計畫作業流程圖

第二節 地理資訊系統 QGIS 模組之整合

本案將透過 Python 與地理資訊系統進行整合。Python 是一種廣泛使用的直譯式、進階程式，並且屬於通用型的程式語言 (Window，Linux，Mac，IOS，Android 作業系統都可互通使用)。其由 Guido van Rossum 最早所提出，於 1991 年釋出第一版，目前的版本主要為去年 (Oct. 2019) 所釋出的第三版 (3.8 版)。

Python 可以視之為一種改良 (加入一些其他程式語言的優點，如物件導向 等) 的計算機程式語言 (LISt Processor，LISP)。其特色是 Python 並非將所有的特性和功能都整合到程式庫 (Function)，此設計之主要目的是希望其成為可依需求進行擴充之程式語言。經過將近 18 年的持續發展，Python 已具備了豐富的應用程式介面 (Application

Programming Interface，API) 和程式庫 (Function) 供下載安裝，以方便程式設計師能夠輕鬆地使用 C 語言、C++、Cython (Python 結合 C 語言) 來編寫擴充模組程式庫。目前 Python 已可以與地理資訊軟體 (ArcGIS 及 QGIS)、3D 模型軟體 (Blender)、網頁 (Google 及 Facebook) 整合並廣泛使用。在 2020 年電腦程式語言排行榜 (TIOBE) 中，Python 在普遍性的部分位居第三位，第一為 Java、第二為 C 語言。

Python 內建提供許多套件程式庫，例如 NumPy (Numerical Python) 主要針對科學運算、Matplotlib 則為數據分析之繪圖 (如散點圖、餅狀圖、條形圖等) 套件、TensorFlow 為針對機器學習打所建構的數據流圖像計算開源程式庫。其中也提供地理資訊系統整合之套件，如與 QGIS 整合之套件名稱為 pyqgis，此套件除了是附加元件 (Plugin) 的編輯語言，也可提供使用者編撰發展特殊需求的工具箱進行圖資整理、分析、統計、繪圖等各式不同的多元應用。

本案與地理資訊系統 QGIS 之整合一共包含兩個模組：“前處理模組”與“後處理模組”，以下分別說明。

(一) 前處理模組

針對 Python 的整合套件，不同的 GIS 系統對於 Python 的版本要求會有所差異，例如 QGIS (pyqgis) 只支援 Python 3.5++ (參閱圖 2-2)。因應審查委員之建議以及提升開發之時效，在本計畫將先開發 QGIS 所適用之附加元件 (Plugins)。待一定成效之後，再開發 ArcGIS 所適用之相關工具箱 (Toolbox)。

如圖 2-2 所示，為 QGIS 內提供直接編譯 Python Script 視窗來控制、分析及繪製圖層 (Shapefile 或 Tiff)，此做法一般使用者需有在 QGIS 環境下編輯 Python 的操作門檻才能應用。即本計畫提出將上述的功能編撰成附加元件 (Plugins)，使用者只需按照附加元件的提示，

如圖 2-3 所示。

本計畫以 Build-in 的方式將前後處理程序建立於 QGIS 界面內，現階段先以 QGIS Processing Toolbox 內建立 Script 或 Models 的方式進行測試及優化(參閱圖 2-4)，最終將編制成 Plugins 形態。

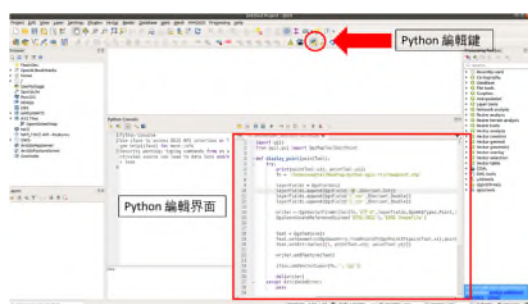


圖 2-2 QGIS 之 Python 編輯界面

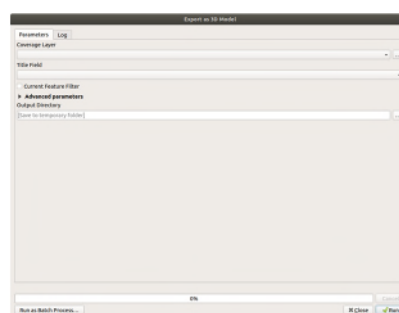


圖 2-3 其他已開發之 QGIS 附加元件之界面範例

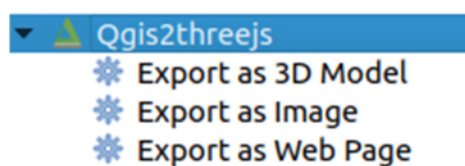


圖 2-4 其他已開發之 QGIS 附加元件範例

(二) 後處理模組

透過 QGIS 後處理模組可將由“降雨-地表逕流數值模式”所模擬之結果(分佈水深及流速)進行格式轉換成 Tiff 檔，並應用此 Tiff 檔推估溢流點可能發生位置。

此外，數值模式運算結果可透過本團隊所發展之網頁技術 三維可視化圖形展示平台，以網頁互動的模式進行三維成果呈現，並透過立體多視角的方式呈現運算成果(土沙運移、崩塌流動路徑、土體深度時間軸變化。如圖 2-5 為以草地地形模式顯示潛勢區域所計算的崩塌量體的速度分佈以及土體分布的狀態。

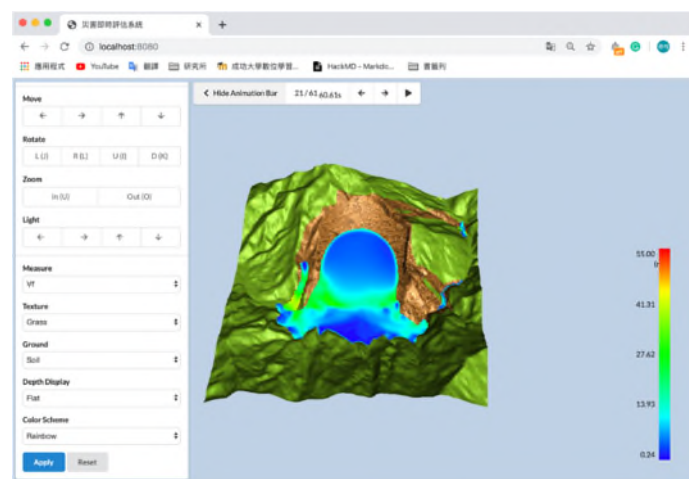


圖 2-5 以草地地形模式顯示所計算的崩塌量體於(土體速度分佈狀態)

除了本團隊開發之三維互動式網頁呈現，也可透過水土保持局既有巨量空間資訊系統(BigGIS)的資料庫呈現在瀏覽器上。因降雨-地表逕流數值模式、DFMfGT 數值模式及 three.js 網頁三維呈現技術均由本團隊自行開發，其相關情景探討的模擬成果可搭配巨量空間資訊系統(BigGIS)資料庫的輸入檔案格式，使得資料可以互通及應用。

由於行政院農業委員會水土保持局長期致力於山坡地防減災工作，已累積大量國內外歷史衛星影像、航空照片及超過 20 萬公頃的 UAV 空拍影像等珍貴圖資。為將這些豐富的資源有效整合應用，水保局乃建置巨量空間資訊系統 (BigGIS)，使民眾可透過 BigGIS 內建之整合式圖資搜尋工具，設定任意時間、空間、或其他屬性，快速搜尋查找包括衛星影像、航空照片、UAV 正射、歷史災害影像等資源。此外，BigGIS 亦整合多個政府單位所提供之底圖，如農航所航照圖、地調所地質圖，以及水保局與中興大學共同研發的三維視覺化地形圖(H.O.S.T.地圖)。

依據陳振宇(2019)，BigGIS 已整合全島多期以及超高解析度衛星影像及圖磚。如圖 2-6 所示，其中衛星影像即可透過動態展示時間軸變化，Sentinel-2 衛星影像更是每 5 日更新一幅影像及提供雲覆率資訊。其中 2020 年 7 月 10 日在臉書“水土保持及防災資訊交流”群組內有人製作了玉區 21 林班崩塌地 2015 年至 2020 年 06 月 14 日延時崩塌地變化動畫。並在 2020 年 7 月 17 日開始也成功整合“全球地表水資訊 (Global surface water) 圖層”。

本計畫預期使用者在完成數值模式模擬後，可在 QGIS 界面透過後處理模組將模擬結果轉換成一般在使用之 TIFF、ASCII 或是 shapefile 格式，以方便在任何相容的地理資訊系統(如 ArcGIS)或是在 BigGIS 網頁上呈現。其上傳 BigGIS 網頁上的流程如圖 2-7 所示：利用 BigGIS 網頁的“輔助工具”→“地圖輔助工具”→“外部向量資料匯入”來匯入模擬計算之成果的 shapefile 圖層。

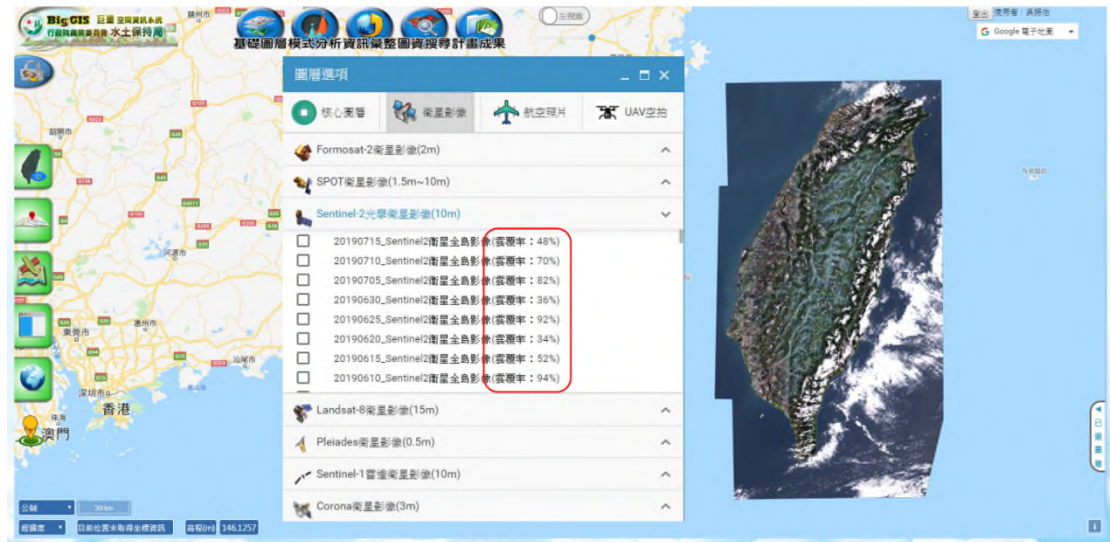


圖 2-6 Sentinel-2 衛星影像示意圖



圖 2-7 BigGIS 網頁上傳流程

第三節 分佈式參數與數值模式之整合

本計畫提出新增兩分佈式輸入條件 (分佈式降雨量) 及地貌形態條件 (分佈式地表糙度係數)，其目的為使理論數值模式可以更貼切模擬實際狀況。本節將針對兩種資料進行介紹：

(一) 交通部中央氣象局為加強災害性天氣的監測與即時預報能力，整合氣象雷達、雨量站等多元觀測資料及地理資訊發展劇烈天氣監測系統 (QPESUMS)，產製關於災害性天氣之即時監測資訊予政府防救災單位及社會大眾參考。其產品包含了雷達回波觀測、1 小時累積雨量分佈、24 小時累積雨量分佈、對流胞即時監測、未來 1 小時雨區預報及雨量觀測。甚至可應用在行動裝置上所開發之第三方應用程式 (Application, APP，例如 手機板的中央氣象局 Q-劇烈天氣監測系統 QPESUMS)，以更為便捷之方式參閱即時氣象資訊。

本計畫將應用歷史 10 分鐘分佈累積降雨量進行模式之率定及驗證。此兩種檔案格式屬於美國資訊交換標準代碼 (American Standard Code for Information Interchange, ASCII)，更新時間為每 10 分鐘，解析度為 1.3 公里×1.3 公里 (參閱圖 2-8)，對於 QGIS 的相容性佳，適合通過 Python 處理成“降雨-地表逕流數值模式”輸入資料。吳書幃 (2007) 及呂玟潔 (2018) 曾提及分佈式降雨資料應用於淹水模擬輸入資料比起地表雨量站資料具有更好的表現；沈志全及張哲豪 (2017) 曾應用累積分佈降雨資料 (QPESUMS) 與地面雨量站資料進行各流域雨逕流模式銜接與運算工作；王福杰及謝正倫 (2018) 則應用 3Di 即時淹水模式搭配 QPESUMS 所發布預測 1 至 3 小時雨量模擬台南市三爺溪流域之淹水狀況，於模式驗證部分 (2017 年海棠颱風) 更是比較了地表雨量站及 QPESUMS 降雨量資料 (河道水位變化參閱圖 2-9，分佈式參數為輸入條件之模擬淹水範圍與實際調查後繪製之淹水圖

層參閱圖 2-10)，結果呈現若是能夠參酌 QPESUMS 之資料則可更佳描述河道水深及淹水範圍。主要因為相較傳統由雨量站內插之分佈降雨量資料無法描述多變化之分佈，還有一個缺點為若此刻時間點降雨量最大值發生不在雨量站周遭，若堅持使用雨量站資料進行空間內插之結果將大幅低估降雨量。

在 QPESUMS 中其降雨量為時空分佈式資料，針對模式模擬空間時間上可以存在變化，其優勢為可以更貼切模擬實際降雨造成之地表逕流，可以改善傳統的合理化公式計算的限制，如計算範圍、不同降雨條件下之流量計算。

本計畫提出由 QGIS 匯整分佈式降雨量 (如 QPESUMS 或自定義降雨量(需編制成 Tiff 類型))，與第二節(前處理模組)整合，最終將降雨量資料匯入“降雨-地表逕流模式”進行模擬後推估溢流點可能發生位置，未來可供 HyperKANAKO 或 DFMfGT 數值模式土石流的入口進行模擬土砂運移行為。

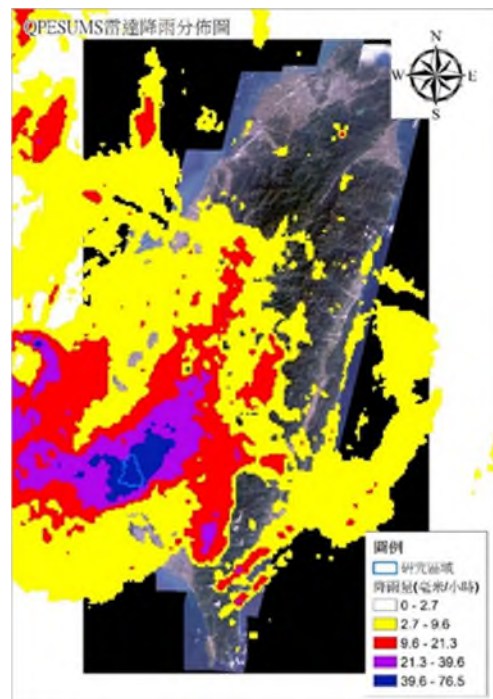


圖 2-8 台灣 QPESUMS 分佈累積降雨量

照片來源：王福杰及謝正倫(2017)：3Di 模式應用於淹水即時預報之研究

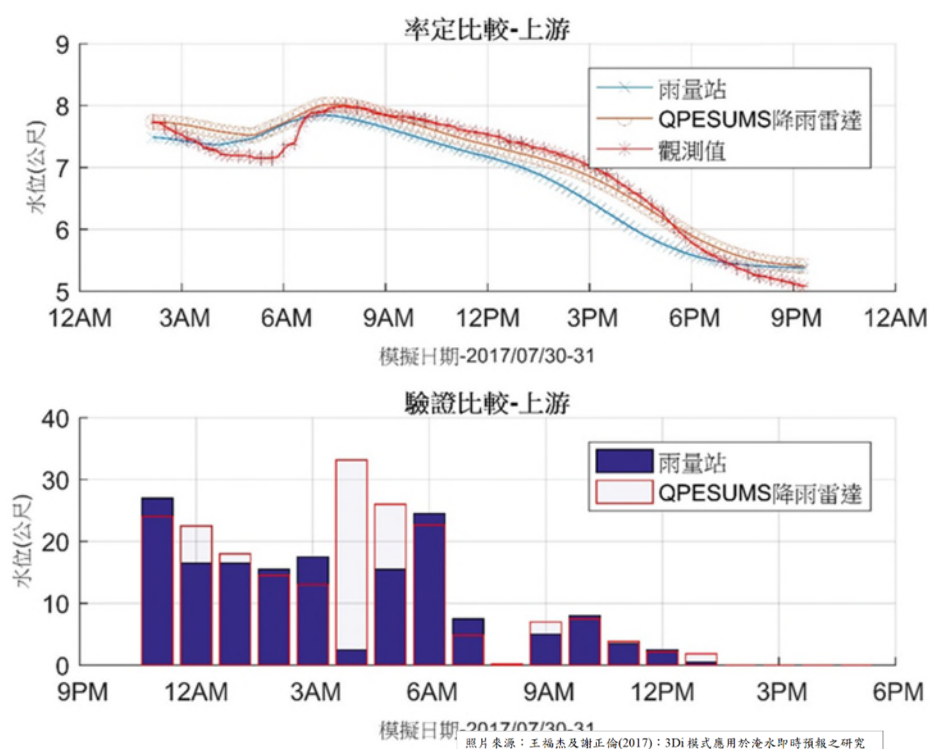


圖 2-9 網寮橋水位站模擬結果比較

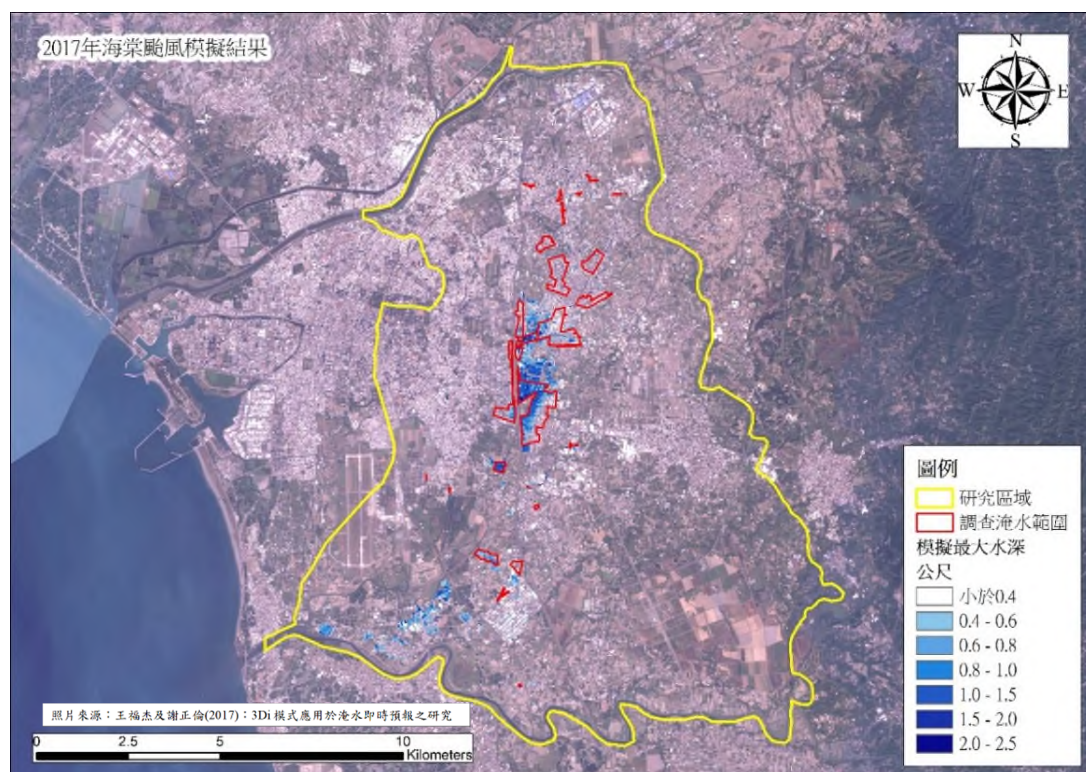


圖 2-10 2017 年海棠颱風 QPESUMS 雷達降雨資料模擬結果圖

(二) 土地利用形態資料，依據該辦「國土利用現況調查辦法」第 3 條規定，「中央主管機關至少每 5 年辦理一次國土利用現況調查，調查實施範圍為全國國土計畫之計畫範圍；必要時，得採分期分區方式辦理。」。計畫將應用土地利用形態資料進行分類，並參考多篇國內外研究陳世楷 (1999)、蔡欣妤 (2009)、蔡政宏 (2009) 及 Canora et al. (2008) 統計土地利用對應之地表糙度係數建議值 (參閱表 2-1)。王福杰及謝正倫 (2018) 應用 3Di 即時淹水模式搭配 QPESUMS 所發布預測 1 至 3 小時雨量模擬三爺溪流域之淹水狀況，其中也應用分佈式地表糙度係數之建議值為分佈式輸入條件進行模擬。

本案提出之“降雨-地表逕流模式”所整合之地表糙度係數為分佈式資料，針對模式模擬空間上可以存在變化，其優勢為可以更貼切模擬實際地表地貌狀況 (如植被、建築物、河道等特性)，可以改善傳統的合理化公式計算及單一地表摩擦係數的限制，如計算範圍、不同土地形態變化下之變化 (參閱圖 2-11)。此檔案類型屬於向量圖層 (Vector Shapefile)，對於地理資訊系統 QGIS 的相容性佳，適合透過 Python 整合處理轉換為模擬數值模式輸入資料，其流程可參閱如圖 2-11。

針對分佈式逕流曲線係數(CN)，由於 GIS 資料庫中未必提供相關資訊，本案參考 1968 年美國農業局制訂之工程手冊(或是李光敦 (2005)之水文學所統整 Soil Conservation Service)中的 SCS 法曲線值。本案應用李光敦(2005)所提供之建議土地利用形態對應之建議值取平均後，詳細建議值與本案採用逕流曲線係數值，請參閱表 2-2。

將本計畫提出之 QGIS 匯整分佈式土地利用形態對應之地表糙度係數與逕流曲線係數，與本章第二節所述之前處理模組整合，並輔

以本團隊所研發之“降雨-地表逕流模式”，可提供協助判定溢流點位置的參考，作為後續數值模式模擬計算的參酌基準。

表 2-1 不同土地利用對應地表糙度表

項目	土地利用類型	地表糙度係數建議值	本案應用之地表糙度係數
1	農業使用土地	0.03-0.07	0.044
2	森林使用土地	0.15-0.6	0.055
3	交通使用土地	0.01-0.03	0.035
4	建築使用土地	0.01-0.03	0.025
5	水利設施土地	0.01-0.03	0.05
6	公共使用土地	0.05-0.08	0.035
7	遊憩使用土地	0.15-0.6	0.035
8	鹽礦使用土地	0.03-0.07	0.04
9	其他使用土地	0.03-0.07	0.04

表 2-2 不同土地利用對應逕流曲線係數表

項目	土地利用類型	李光敦(2005) 逕流曲線係數 對應土地利用形態(建議值)	本案應用之逕流曲線係數
1	農業使用土地	Fallow Row Crops(62-94)	78
2	森林使用土地	Close-seeded legumes or rotation meadow(51-89)	70
3	交通使用土地	Road(72-89)	80.5
4	建築使用土地	Farmsteads(59-86)	72.5
5	水利設施土地	Road(72-89)	80.5
6	公共使用土地	Farmsteads(59-86)	72.5
7	遊憩使用土地	Farmsteads(59-86)	72.5
8	鹽礦使用土地	Small grain(59-88)	73.5
9	其他使用土地	Small grain(59-88)	73.5

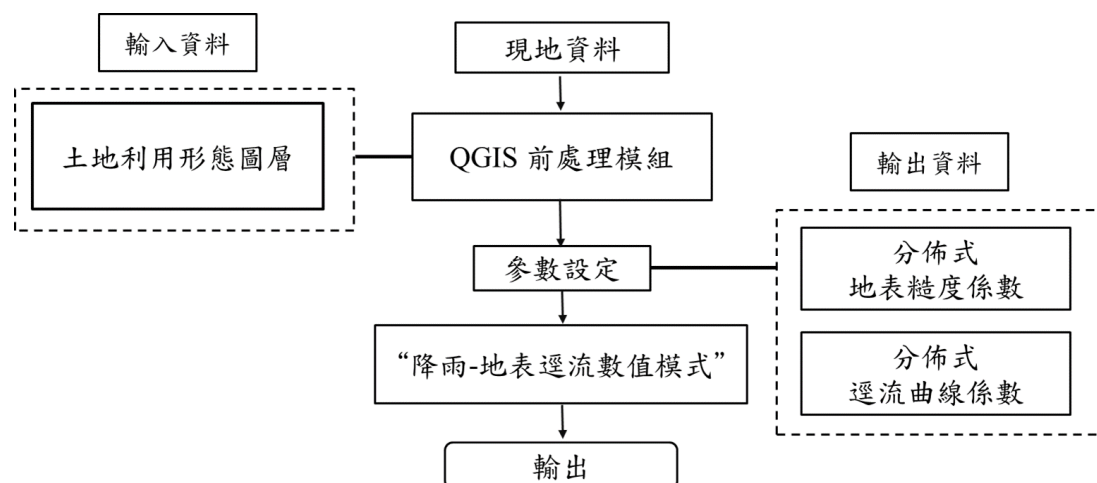


圖 2-11 整合分佈累積降雨量與地表糙度係數與數值模式流程圖

本小節所介紹之技術將結合上一節之 QGIS 前處理模式，最終將前處理結果輸入“降雨-地表逕流模式”模擬分佈水深及流速並推估溢流點可能發生位置之估算，並可在本團隊研發之 three.js 網頁或 Google Earth 以三維方式呈現結果或將運算結果上傳至水土保持局研發之 BigGIS 網頁以二維呈現。同時模擬結果也可於 QGIS 後處理成 Raster 檔案供其它地理資訊軟體編輯相關災害潛在地圖。

綜合上述本計畫提出的規劃，本計畫整合了分佈式參數於淺水方程式為基礎建立之“降雨-地表逕流數值模式”，其模式所整合的分佈式參數包含了時間及空間分佈降雨量、地表地貌糙度係數與逕流曲線係數，透過 QGIS 後處理模組推估溢流點可能發生位置。

第四節 精進判定土石流溢流點位置之方法

以本團隊所發展之“降雨-地表逕流數值模式”作為基礎，描述降雨過程中地表逕流現況，考量溢流點往往為地表逕流匯流所在，本研究以通量(流速)隨空間與時間的變化來推估溢流點可能發生之區塊。此位置未來可應用此推估位置供本團隊所研發之土石流數值模式 (DFMfGT)或是日本京都大學研究團隊 HyperKANAKO 數值模式作為土砂運移行為模擬之入流口位置。以下也將介紹兩種模式的相關設定及特色作進一步的說明。

DFMfGT 數值模式乃依據固體-液體兩相流模式之土石流理論，搭配現地地形座標系統 (圖 2-12) 所整合的土石流土體動態模擬數值模式，相關文獻可參酌 Tai et al. (2012, 2019, 2020)、Luca et al., 2016。雖然 DFMfGT 數值模式與 FLO-2D 同樣為深度積分的理論模型且僅考慮連續方程式與通量方程式，但 DFMfGT 數值模式針對固體相與液體相的守恆方程式分別考慮，所以一共包含六個方程式(FLO-2D 僅有三個方程式)。而 DFMfGT 數值模式採用 Non-Oscillation Central Scheme (NOC) 有限體積演算法 (Kurganov and Tadmor, 2000; Kurganov and Miller, 2014)，因此此數值模式可模擬震波 (Shock Wave) 與水躍 (Hydraulic Jumps) 現象，不像 FLO-2D 或是 HyperKANAKO 數值模式需要額外的 artificial diffusion 項。此外，因為 DFMfGT 數值模式分別考量計算固體相與液體相各自的守恆方程式，可適切描述運動中固液相分離的現象，也可描述不同土砂濃度的土石流匯聚時的現象。

相對應於 FLO-2D 需要 6 個設定參數(FLO-2D ,2009)，DFMfGT 數值模式僅需 5 個參數，在應用上不會造成額外的負擔。相關參數可於網頁版數值模式參數界面即可設定(參閱圖 2-13)。DFMfGT 數值

模式所需的 5 個參數分別如下：

- (a) 土沙比重： $\frac{\rho_s}{\rho_w} = \frac{1}{\gamma}$
- (b) 固體顆粒摩擦角： δ
- (c) 交互作用力係數(與固體液體相對速度成正比)： C_d
- (d) 液相阻尼係數： ϑ
- (e) 液相等效黏滯係數： μ_{eff}

將運算所得之理想化曲面整合於數位地形地圖(DEM)，利用崩塌前 DEM 和理想崩塌 DEM 的高程差可得初始滑動體積，進行模擬運算。針對使用在參數設定上，本團隊已於網頁 DFMfGT 數值模式模擬參數設定界面進行標示，供使用者參考，如圖 2-13 所示。

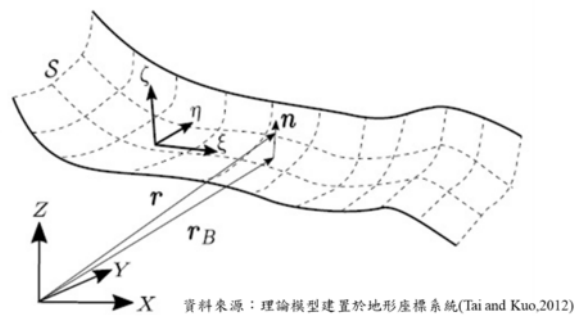


圖 2-12 變動地形座標系統轉換(示意圖)

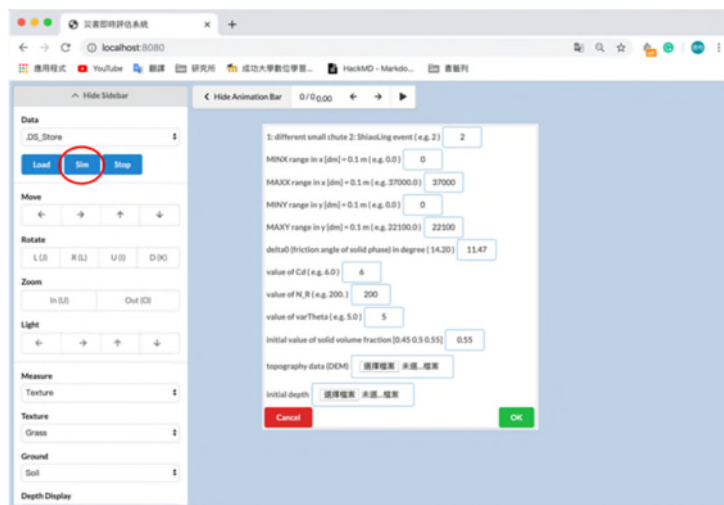


圖 2-13 網頁版 DFMfGT 數值模式參數設定界面

本計畫參考京都大學 Nakatani 教授所發展之 HyperKANAKO (土石流二維模式) 為基礎，其主要模擬流程如下

1. 匯入數值地形資料 (DEM) ；
2. 圈選一維河道及二維谷口模擬範圍；
3. 參數設定 (上游崩塌土體體積、入流量、土體中值土沙粒徑大小及濃度、一維河道可衝刷深度、攔沙壩位置及規模等) ；
4. 透過第三方軟體呈現模擬三維結果。

HyperKANAKO 土石流模式已將相關的前處理應用 Python 結合 QGIS 模組，模擬結果亦可同時以二維方式在 QGIS 呈現或是透過第三方軟體呈現三維模擬結果。然而 HyperKANAKO 模式的使用必趨先以人工選取土石流的溢流點，比較依賴使用者的經驗，不同操作人員對於溢流點的位置判定可能會有差異。

本計畫提出以“降雨-地表逕流數值模式”來精進溢流點判定之方法，其篩選條件分為兩部分，前者透過數值地形資料 (DEM)，依據土石流潛勢溪流劃設作業手冊 (2019 年 1 月) 提出由地形判斷可能溢流位置(如圖 2-14 所示)，後者因考慮降雨分佈條件，並透過本團隊研發之“降雨-地表逕流模式”結合事件分佈式降雨條件下確實溢流點位置。可供未來 DFMfGT 數值模式或 HyperKANAKO 數值模式進行土石流運移之模擬探討土砂堆積狀況(如圖 2-15 所示)。相關之案例探討將於第六章進行解說。

相關篩選條件如下說明：

依據地形狀況篩選條件，如圖 2-14 所示：

- | | |
|-------------|----------|
| 1. 坡度陡變處、 | 4. 障礙物 |
| 2. 地形開闊處起點、 | 5. 河道轉彎處 |
| 3. 谷口、 | |



圖 2-14 由地形條件篩選土石流溢流點位置依據

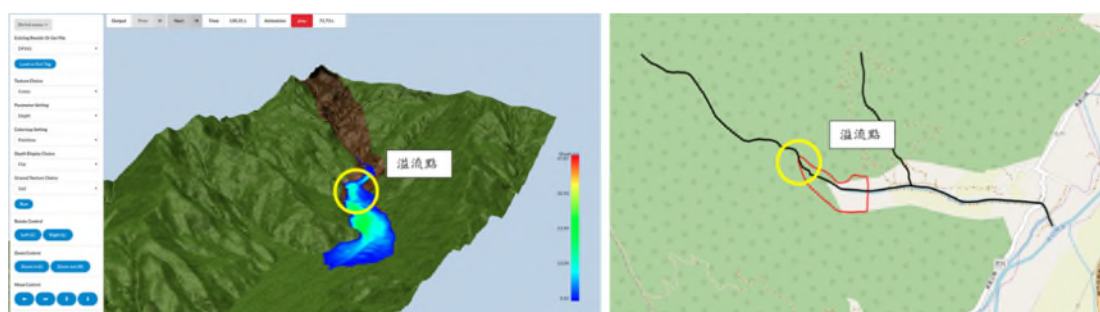


圖 2-15 模擬結果推估溢流點可能發生位置(示意圖)

第三章 整合地理資訊系統 QGIS 之模組

針對本案主要以 Python 3.8 的版本於 QGIS 建立 Plugin 模組，目前已開發前處理模組共包含 5 種程序：(1) 選取模擬區域、(2) 截取模擬區域之數值地形及建立後續分佈式資料基準點、(3) 模擬區域土地利用型態及對應地表糙度係數與逕流曲線係數資料建立、(4) 截取模擬區域之 QPESUMS 降雨量、(5) 最後並將上述的資料進行檔案轉換成“降雨-地表逕流模式”應用之檔案類型。圖 3-1 為 QGIS 前處理模組操作流程圖。

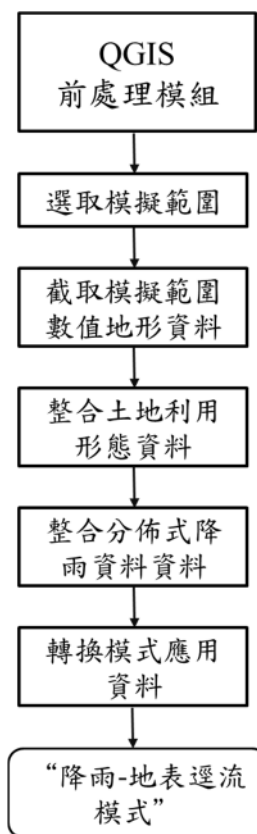


圖 3-1 前處理模組流程圖

第一節 前處理模組介紹

本小節將詳細介紹 QGIS 前處理模組之操作流程及需要應用資料等，其中前處理模組包含了探討範圍區域的選取、截取數值地形資料、地表糙度係數(Manning)、逕流曲線係數(CN)、降雨量資料及最終格式之轉換 等 5 個程序，其細部流程圖如圖 3-2 所示。經過前處理之後將產生兩種格式性質的資料，一為 TIFF 檔案：可供 QGIS 呈現以方便檢視；另一為 ASCII 格式之檔案：供後續數值模式運算使用。本案現階段以小林村為研究區域進行示範說明。

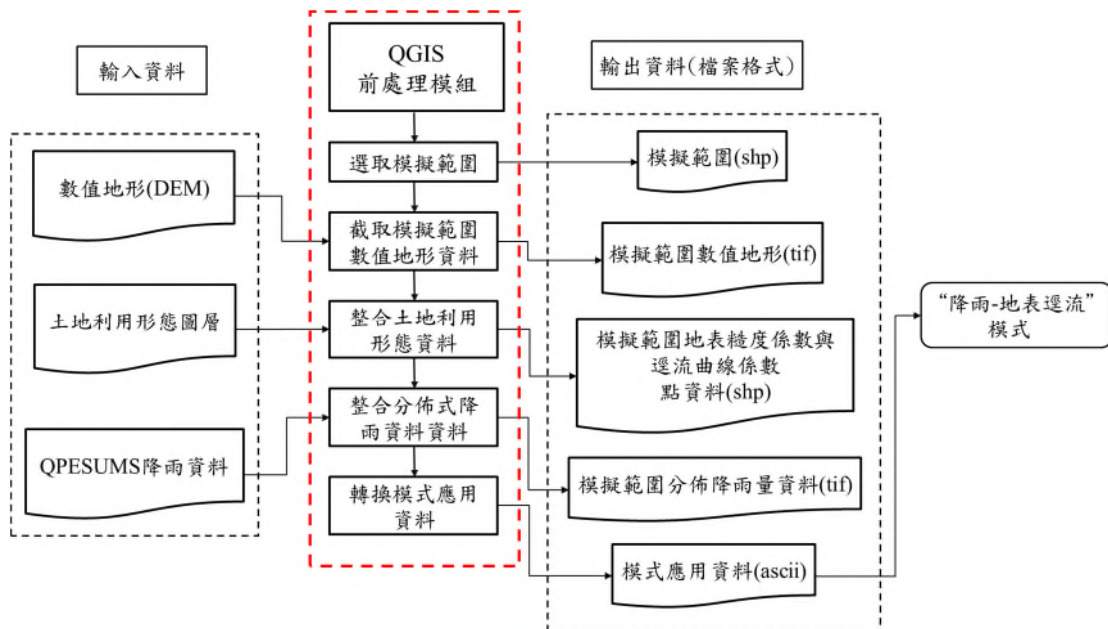


圖 3-2 前處理程序細部流程圖

程序一、探討範圍區域的選取

首先使用者必須先選定 QGIS 坐標系統(TWD_97)並匯入數值地形 (DEM)，過程中也可以搭配 QGIS 內建之 “World Imagery” 衛星影像找尋圈選擬進行模擬之地區。

前處理程序一所匯出之成果為矩形圖層(shapefile)，繪製的方法有三種選項(參閱圖 3-3)：

- (1)以 QGIS 界面滿版為範圍 (Use Canvas Extent)；
- (2)手動選取範圍(Select Extent on Canvas)；以及
- (3)圖層 (Use Layer Extent)。

其中使用選項(3)之圖層並不局限為矩形而是容許任意形狀，但最終的成果將被轉換成矩形。

圖 3-3 為前處理處理程序一操作頁面，只需選用上述其中一種繪製範圍方式，輸出欄位只需選定輸出文件夾位置即可進行前處理程序一。圖 3-4 為 前處理程序一所輸出之成果檔案，其中前處理程序一將固定輸出檔案名稱“01_simulation_area”之 shp 檔案。圖 3-5 為選取之模擬區域之圖層於 QGIS 頁面呈現狀況。

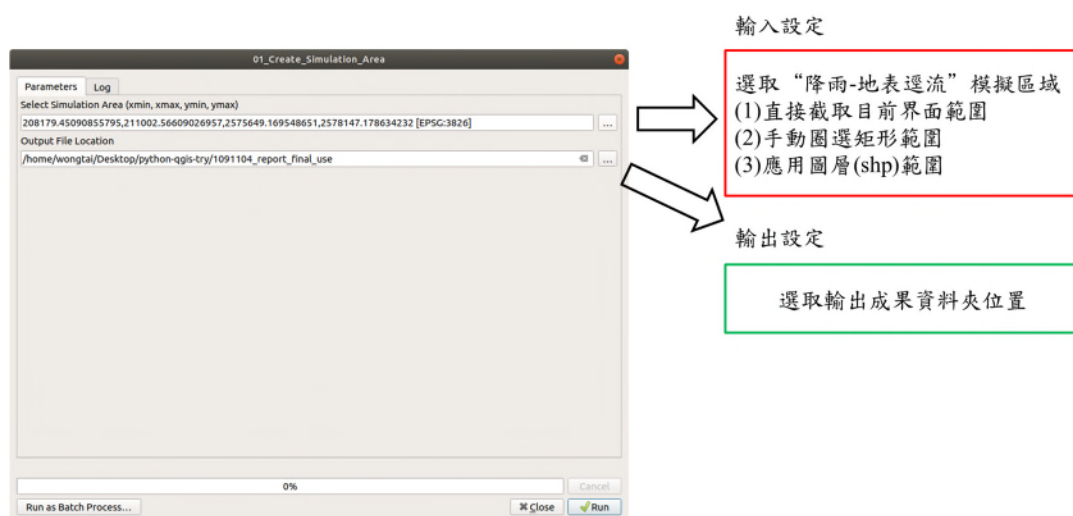


圖 3-3 程序一之界面(紅色方框內為須輸入/選取之項目、綠色方框內為須輸出之項目)

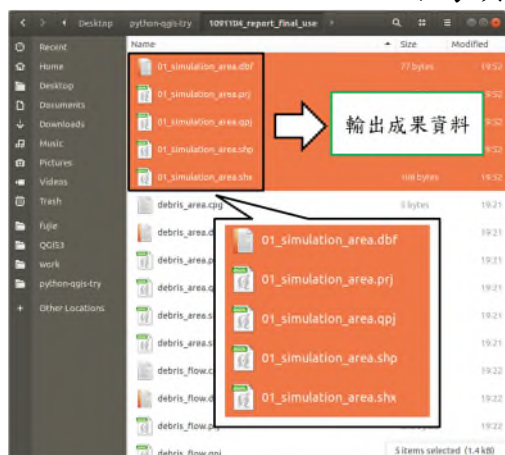


圖 3-4 程序一輸出檔案



圖 3-5 選取模擬區域圖層成果

程序二、截取數值地形(DEM)並製作模式分佈參數的基準點

在選取模擬的範圍之後，本程序將以所建立的範圍圖層作為基準，截取相對位置的數值地形(DEM)並同時產生模式基準點供後續應用。由於數值地形的解析度大小不一，加上使用者所選取模擬範圍不會剛好對齊數值地形外緣，所以本程序可協助使用者自動對齊最大範圍的數值地形網格，此功能亦為本案的特色優點。

完成本程序之後將產生截取後的(a)數值地形(Tiff 檔案)、(b)新模擬範圍圖層(Shapefile 檔)；與(c)分佈式參數基準點(Shapefile 檔)等三個資料檔。

圖 3-6 為前處理程序二之操作頁面，資料輸入部分第一欄位為前處理程序一所輸出之“01_simulation_area”(sh 檔案)，第二欄位為數值地形(tif 檔案)，輸出欄位只需選定輸出文件夾即可。圖 3-7 為前處理程序二所輸出之檔案，其中前處理程序二將固定輸出名稱分別為(1)截取後數值地形“02_simulation_dem.tif”、(2)模式基準點“03_simulation_point.shp”及(3)新模擬範圍圖層“04_simulation_area_new.shp”。圖 3-8 為前處理程序二輸出之輸出之新模擬範圍圖層“04_simulation_area_new.shp”於 QGIS 呈現狀況。圖 3-9 為前處理程序二輸出之輸出之截取後數值地形“02_simulation_dem.tif”於 QGIS 呈現狀況。圖 3-10 為前處理程序二輸出之輸出之模式基準點“03_simulation_point.shp”於 QGIS 呈現狀況。

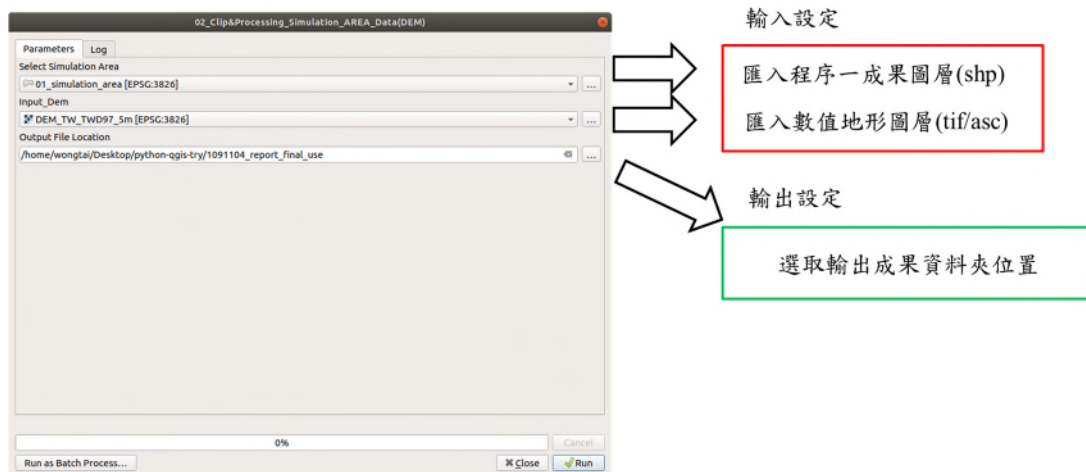


圖 3-6 程序二的界面

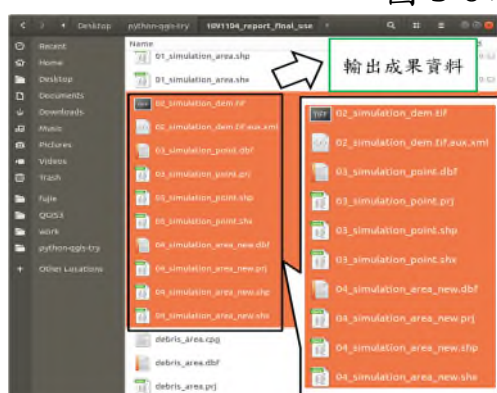


圖 3-7 程序二輸出檔案

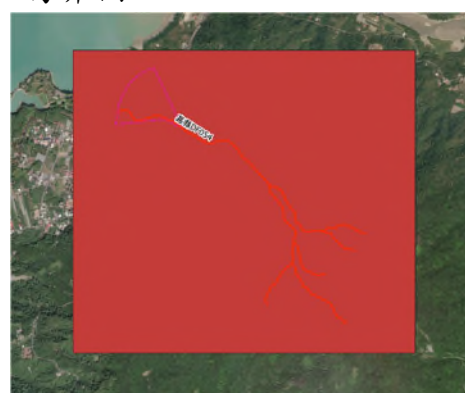


圖 3-8 程序二輸出研究區域圖層

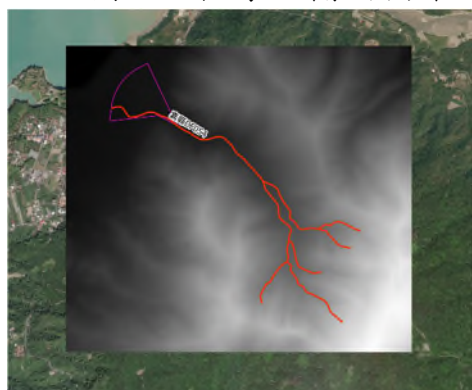


圖 3-9 程序二輸出數值地形圖層



圖 3-10 程序二輸出之分佈式參數基準點

程序三、分佈式地表糙度係數與逕流曲線係數資料製作

應用土地利用形態圖層(Landuse Type shapefile)與程序二產生之分佈式基準點來進行。其操作流程為基準點抓取相對位置之土地利用形態資料，其中土地利用資料以內政部國土測繪中心所繪製的格式為主，將土地利用形態區分為(1)農業使用土地、(2)森林使用土地、(3)交通使用土地、(4)水利使用土地、(5)建築使用土地、(6)公共使用土地、(7)遊憩使用土地、(8)鹽礦使用土地、以及(9)其他使用土地等9種。

本案將上述土地利用形態依序從01至09編號，若使用者應用各自建立之圖層必須將土地利用形態資料於屬性名稱(LCODE_C1)內建立，供後續分佈式地表糙度係數之建立。土地利用形態對應之地表糙度係數與逕流曲線係數可參閱表2-1與表2-2中。前處理程序三將分為兩步驟，(一)整合模式基準點圖層與土地利用形態資料、(二)輸出Tiff檔案。

圖3-11為前處理程序三步驟一操作頁面，資料輸入部分第一欄位為程序二所輸出之模式基準點“03_simulation_point.shp”，第二欄位為使用者必須提供之土地利用形態圖層(shp)，輸出部分只需選定文件夾位置即可執行。圖3-12為前處理程序三步驟一所輸出之檔案，前處理程序三步驟一將固定輸出檔案名稱“05_simulation_cnNmanning.shp”。圖3-13為前處理程序三步驟一所輸出之圖層之屬性表，其中黑色框選欄位將應用於後續前處理程序並匯入模式內進行計算。圖3-14前處理程序三步驟二操作頁面，資料輸入部分第一欄位為前處理程序三步驟一所輸出之“05_simulation_cnNmanning.shp”，為了輸出Tiff檔案之範圍大小與模擬區域相同第二欄位必須選定前處理程序二所輸出之

“04_simulation_area_new”作為參考依據，輸出部分只需選定文件夾即可執行。圖 3-15 為前處理程序三步驟二輸出檔案，其中將固定輸出名稱(1)地表糙度係數“06_simulation_area_manning.tif”與(2)逕流曲線係數“07_simulation_area_cn.tif”。圖 3-16 為前處理程序三步驟二輸出地表糙度係數“06_simulation_area_manning.tif”於 QGIS 呈現狀況。圖 3-17 為前處理程序三步驟二輸出逕流曲線係數“07_simulation_area_cn.tif”於 QGIS 呈現狀況。



圖 3-11 程序三步驟一界面

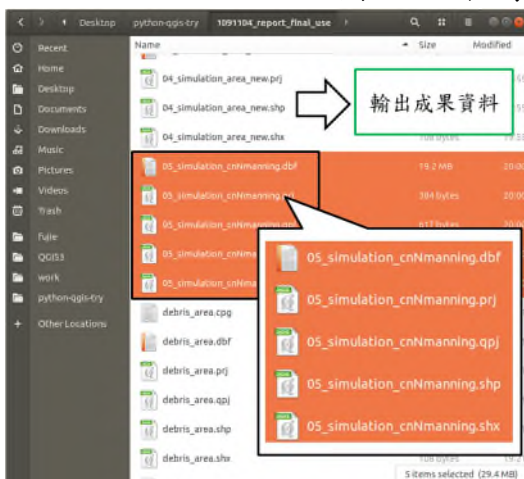


圖 3-12 程序三步驟一輸出檔案

	VALUE	LCODE_C1	LCODE_C2	LCODE_C3	METHOD	manning	cn
1	267.22001...	0 05	0501	050101	1	0.05	80.5
2	267.57000...	0 05	0501	050101	1	0.05	80.5
3	268.05999...	0 05	0501	050101	1	0.05	80.5
4	266.46000...	0 05	0501	050101	1	0.05	80.5
5	266.96999...	0 05	0501	050101	1	0.05	80.5
6	267.36999...	0 05	0501	050101	1	0.05	80.5
7	267.88000...	0 05	0501	050101	1	0.05	80.5
8	266.46001...	0 05	0501	050101	1	0.05	80.5
9						0.05	80.5
10						0.05	80.5
11						0.05	80.5
12						0.05	70.0
13						0.05	70.0
14	264.08999...	0 02	0201	020104	0	0.05	70.0
15	264.17999...	0 02	0201	020104	0	0.05	70.0
16	264.35998...	0 02	0201	020104	0	0.05	70.0
17	264.55999...	0 02	0201	020104	0	0.05	70.0
18	264.75000...	0 02	0201	020104	0	0.05	70.0
19	264.94000...	0 02	0201	020104	0	0.05	70.0
20	265.13000...	0 02	0201	020104	0	0.05	70.0
21	265.32998...	0 02	0201	020104	0	0.05	70.0
22	264.80998...	0 02	0201	020104	0	0.05	70.0

圖 3-13 程序三步驟一輸出圖層屬性表(包含分佈式地表糙度係數與逕流曲線係數)

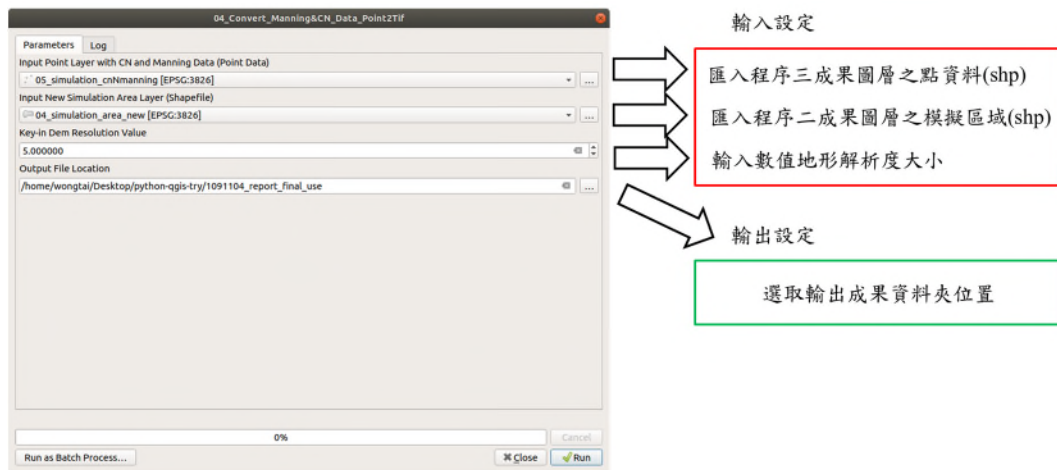


圖 3-14 程序三步驟二界面

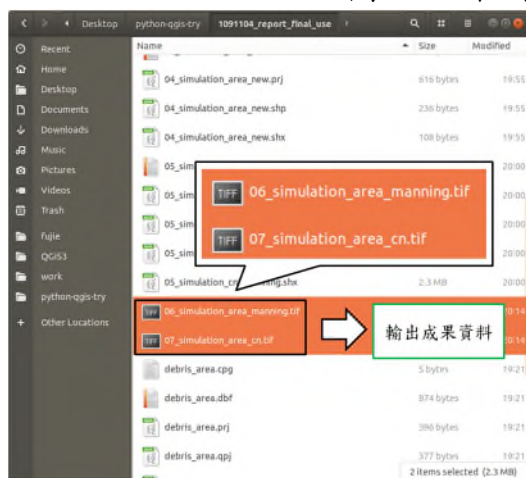


圖 3-15 程序三步驟二輸出檔案

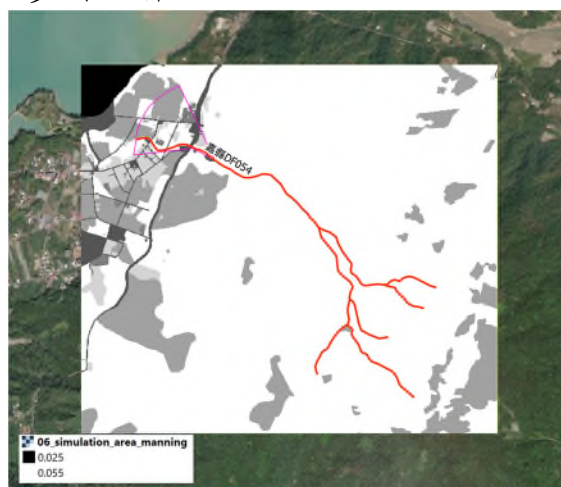


圖 3-16 程序三步驟二輸出之地表糙度係數分佈狀況

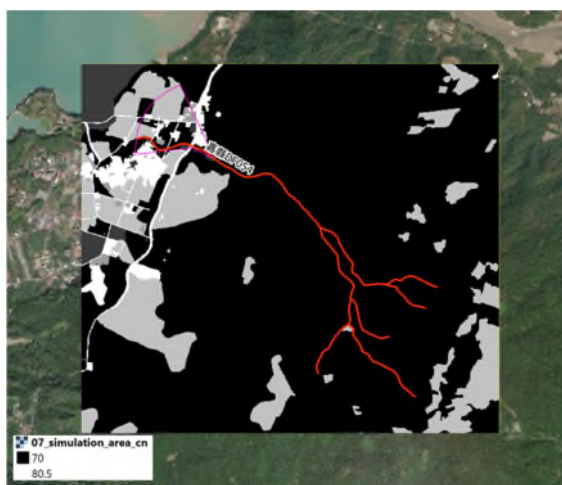


圖 3-17 程序三步驟二輸出之逕流曲線係數分佈狀況

程序四、分佈式降雨量資料製作

使用交通部中央氣象局所繪製之 QPESUMS 時空分佈降雨量資料及程序二產生之分佈式基準點。本程序四必須將要模擬之降雨資料(ASCII 或 TIFF 檔案)複製至一個新文件夾，程序四將自動批次產生與數值地形相同解析度之降雨資料，最終將輸出每一個時間點之 TIFF 檔案及模式應用之整合 ASCII 檔案。

圖 3-18 為前處理程序四操作頁面，資料輸入部分第一欄位為前處理程序二所輸出之模式基準點圖層“03_simulation_point.shp”，第二欄位必須由使用者自行輸入應用之數值地形(DEM)解析度大小(公尺)，第三欄位為選定 QPESUMS 分佈降雨所在之文件夾，輸出部分只需選定輸出文件夾即可執行。圖 3-19 為前處理程序四所需檔案類型(asc)，其中檔案名稱必須具備時間數字，以利程序可以自動判識。圖 3-20 為前處理程序四所輸出之檔案，其中將輸出截取模擬範圍之分佈降雨量將於原本檔案名稱前增加“clip”之 tif 檔案。圖 3-21 為 QPESUMS 原始資料於 QGIS 呈現狀況。圖 3-22 為前處理程序四所輸出之截取模擬範圍降雨量於 QGIS 呈現狀況。圖 3-23 為前處理程序四步驟二所輸出之模式應用降雨量資料(asc 檔案)，其中名稱將固定為“02_rainfall.asc”。圖 3-24 為前處理程序三與四所輸出之模式應用資料四種：(1)數值地形“01_simulation_area_dem.asc”、(2)分佈式降雨資料“02_rainfall.asc”、(3)地表糙度係數“03_manning.asc”與(4)逕流曲線係數“04_cn.asc”。

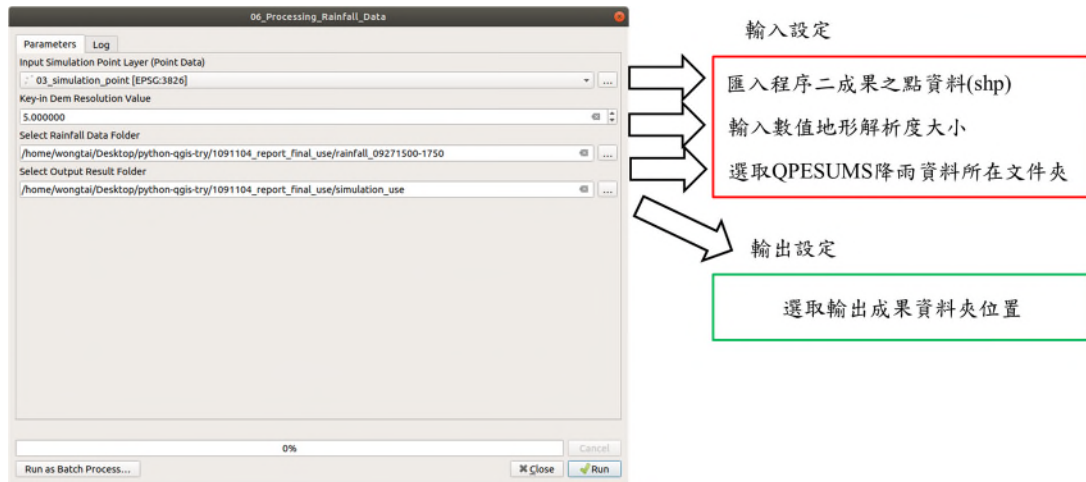


圖 3-18 程序四(QPESUMS 降雨資料截取及轉換檔案)之頁面

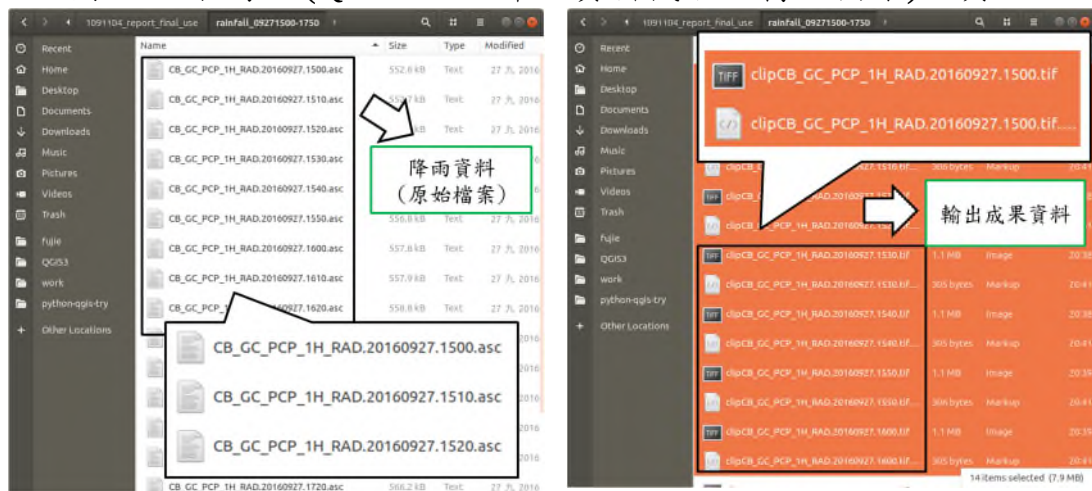


圖 3-19 程序四所需檔案格式

圖 3-20 程序四輸出檔案

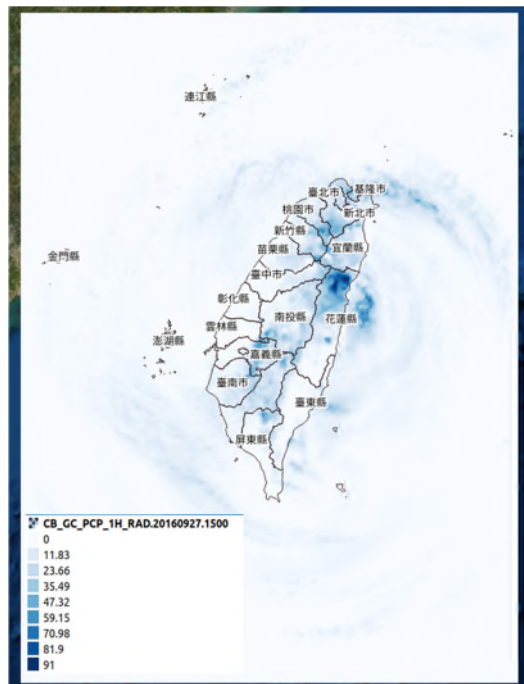


圖 3-21 程序四所需資料(QGIS 呈現)

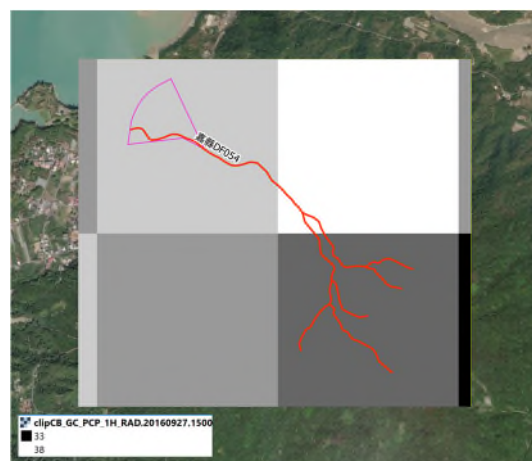


圖 3-22 程序四輸出分佈降雨量 (QGIS 呈現)

第四章 整合地理資訊系統 QGIS 之模組

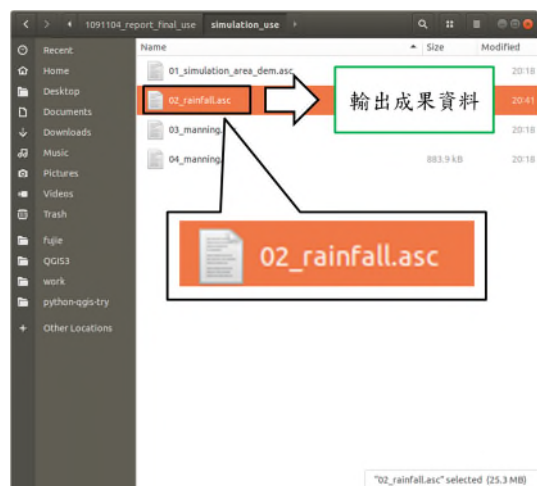


圖 3-23 程序四輸出降雨量檔案

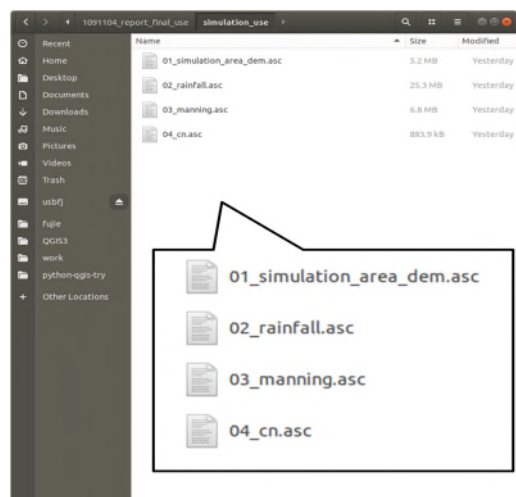


圖 3-24 “降雨-地表逕流模式”最終需要應用之檔案

步驟五、轉換模式應用資料

針對上述前處理程序，此程序主要功能為將 QGIS 常應用之資料格式(如 Vector(shp)及 Raster(tif))轉換成一般模式可讀取之矩陣形態之 ASCII 檔案形式。本程序需輸入檔案包含程序二所輸出之數值地形(DEM)、程序三所輸出之地表糙度係數與逕流曲線係數(tif)，並選取輸出文件夾位置即可執行本程序。

圖 3-25 為程序操作頁面，使用者只需將對應資料選取後即可執行程序，圖 3-26 為程序四所輸出檔案包含數值地形、地表糙度係數與逕流曲線係數。

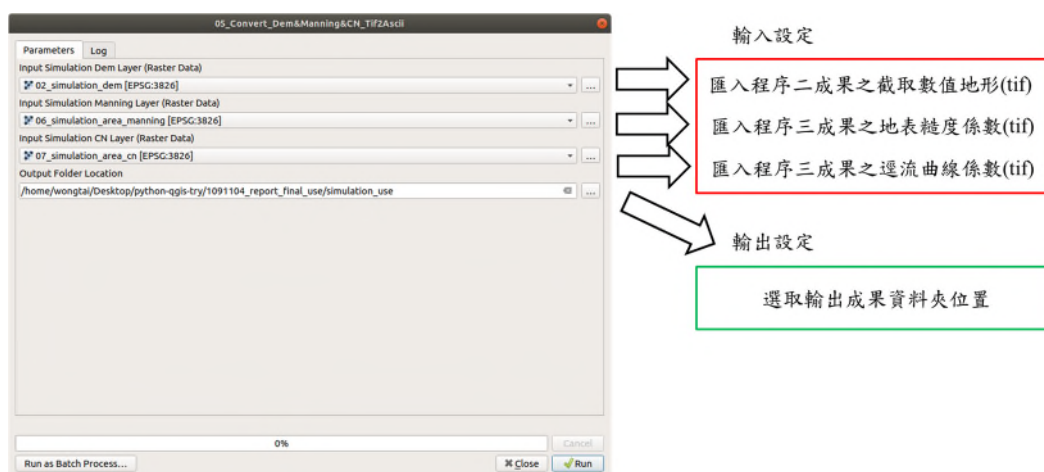


圖 3-25 程序五界面

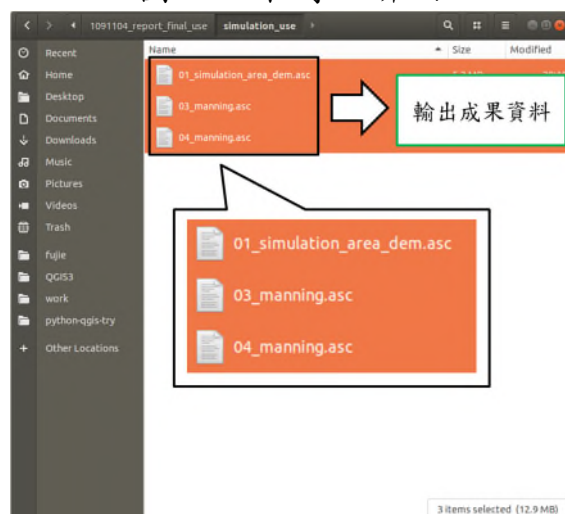


圖 3-26 程序五輸出檔案

前處理整合程序、整合前述 5 個步驟於單一程序

爲了減少前處理程序步驟，本案透過“前處理整合程序”整合了上述全部前處理程序。但使用此前程序的前提條件為必須先確保使用者目前的資料格式必須可以順利完成上述五個前處理程序，確保資料格式全部符合前處理程序才可使用。如圖 3-27 所示，輸入資料部分可分為四部分，第一欄位如程序一(選取模擬範圍)，第二欄位需選定數值地形資料(DEM-可使用 tif 或 asc 格式檔案)進行截取模擬範圍之數值地形用，第三為土地利用形態圖層(shp 格式)，第四欄位如程序四選定 QPESUMS 分佈式降雨量資料所在文件夾，輸出部分只需選定輸出文件夾即可執行本程序。最終輸出之檔案包含了 (1)數值地形“01_simulation_area_dem.asc”、(2)分佈式降雨資料“02_rainfall.asc”、(3)地表糙度係數“03_manning.asc”與(4)逕流曲線係數“04_cn.asc”。

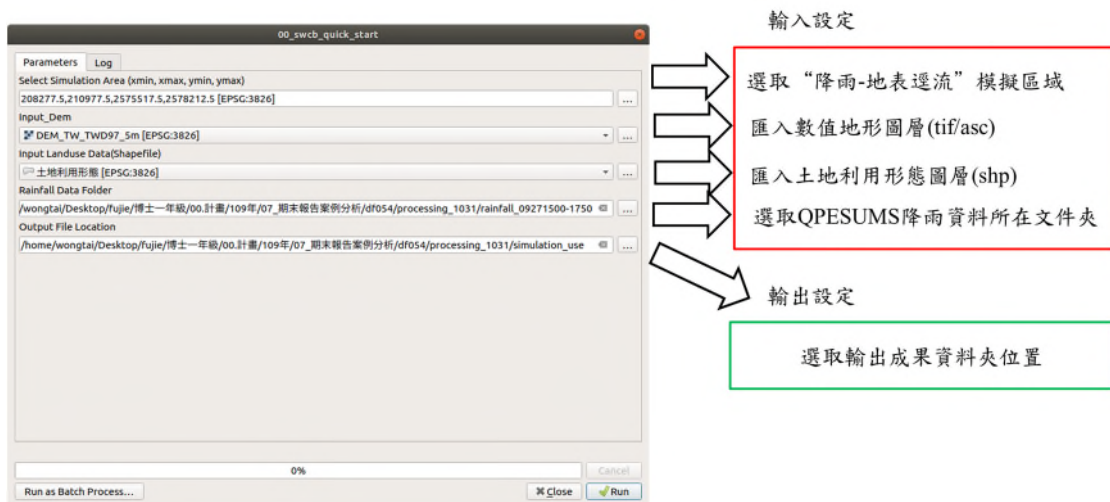


圖 3-27 前處理整合程序操作頁面圖

步驟六、“降雨-地表逕流”模式操作頁面

經過上述前處理程序所產生之模擬區域檔案格式為 ASCII，檔案包含了(1)數值地形(DEM)、(2)分佈降雨量(Rainfall-Volume)、(3)地表糙度係數(Manning)與(4)逕流曲線係數(CN)。

如圖 3-28 所示，使用者只需輸入參數包含(1)本場模擬降雨之筆數(Rain step)、(2)總降雨小時數(Rain total time)、(3)總模擬分鐘數(Total simulation time)、(4)輸出成果分鐘間隔數(Each output time)，即可套用前處理程序所輸出之 ASCII 檔案(5)數值地形(DEM)、(6)降雨量、(7)地表糙度係數及(8)逕流曲線係數(CN)即可進行“降雨-地表逕流”模擬。

“降雨-地表逕流”模式模擬成果將由第二節所提之後處理程序進行資料轉置成 QGIS、BigGIS、Google Earth 及本團隊開發之 three.js 網頁進行呈現。

The screenshot shows a window titled "Rainfall-runoff model". It contains several input fields and buttons:

Parameter	Value	Action Button
Rain step	6	
Rain total time (hr)	1	
Total simulation time (min)	1.5	
Each output time (min)	1	
Topography data (DEM)	01_simulation	load DEM
Rain Data	02_rainfall.as	load Rain Data
Manning Coefficient Data	03_manning.	load Manning Data
CN Number Data	04_cn.asc	load CN Data
		save

圖 3-28 “降雨-地表逕流”模式操作頁面

第二節 後處理模組介紹

針對本計畫提出之後處理本團隊已完成開發降雨-地表逕流模式成果輸出後處理模組(後處理程序一、二)，以及後處理程序三(可將成果輸出上傳至水土保持局研發之 BigGIS 網頁)。本小節主要介紹 QGIS 頁面呈現之後處理三種程序，流程圖如圖 3-29 所示。

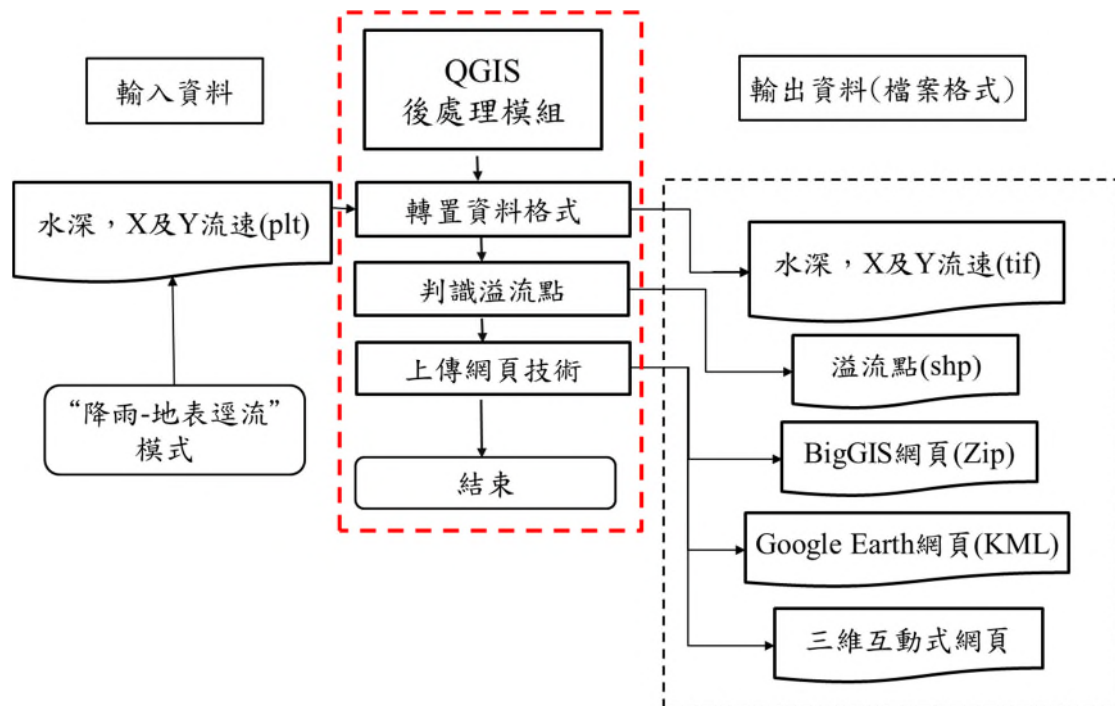


圖 3-29 後處理模組流程圖

本計畫“降雨-地表逕流模式”之輸入條件包含 (1) 模擬區域之數值地形(DEM)；(2) 空間分佈之地表糙度係數與逕流曲線係數；以及 (3) 時間與空間分佈之降雨量(ASCII 檔案)等三項。圖 3-29 顯示經由“降雨-地表逕流模式”模擬計算在不同的時間點之輸出檔案。其中每個檔案 (XXX.plt) 均包含相對位置坐標(x 及 y)、x 及 y 方向之流速分佈(公尺/秒)及水深(公尺)。將此資料將輸入 QGIS 頁面透過本案所建構之後處理模組則可進行出圖。

步驟一、資料類型轉換

本團隊為了提供使用者可於 QGIS 觀察任意時間與模擬全時之最大值之水深、X 及 Y 方向之流速與通量。後處理程序一主要功能為將“降雨-地表逕流”模式所輸出之成果(plt 格式)轉換成 QGIS 可讀取之(asc 格式)。

後處理程序一將同時輸出分佈式水深(公尺)、x 及 y 方向之流速(公尺/秒)及通量(公尺/秒)，其中通量之計算方程式如下：

$$p = h|v| = h\sqrt{v_x^2 + v_y^2} , \quad (3-1)$$

式中 h 為水深、 $v_{x,y}$ 為模式輸出之 x 及 y 方向之流速。

圖 3-30 為後處理程序一操作頁面，輸入資料第一欄位為前處理程序五所輸出之數值地形檔案(asc)，第二欄位為選定“降雨-地表逕流”模式所輸出之成果文件夾，輸出部分只需選定輸出文件夾位置即可執行。圖 3-31 為“降雨-地表逕流”模式所輸出之檔案(plt 格式)。圖 3-32 為後處理程序一所輸出之檔案(asc 格式)可於 QGIS 呈現。圖 3-33 為後處理程序一所輸出之檔案於 QGIS 呈現狀況。

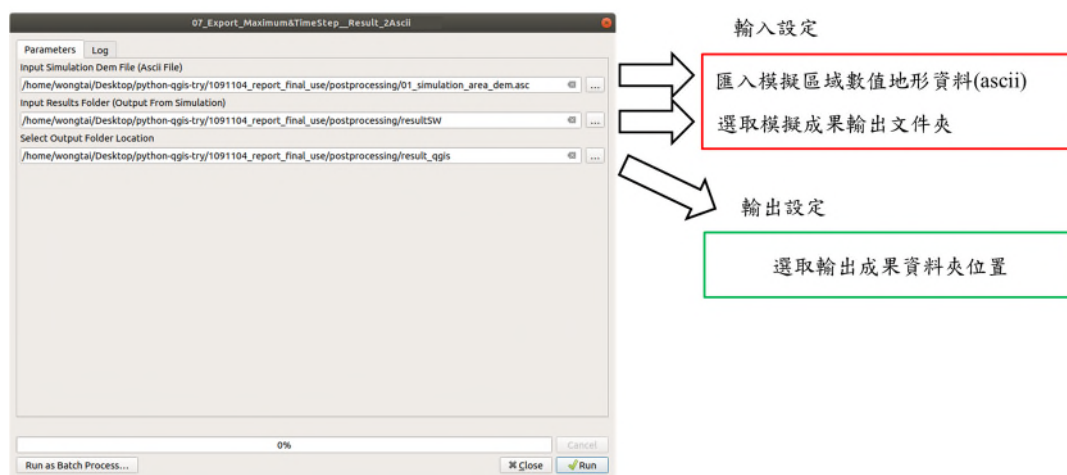


圖 3-30 後處理程序一之操作圖

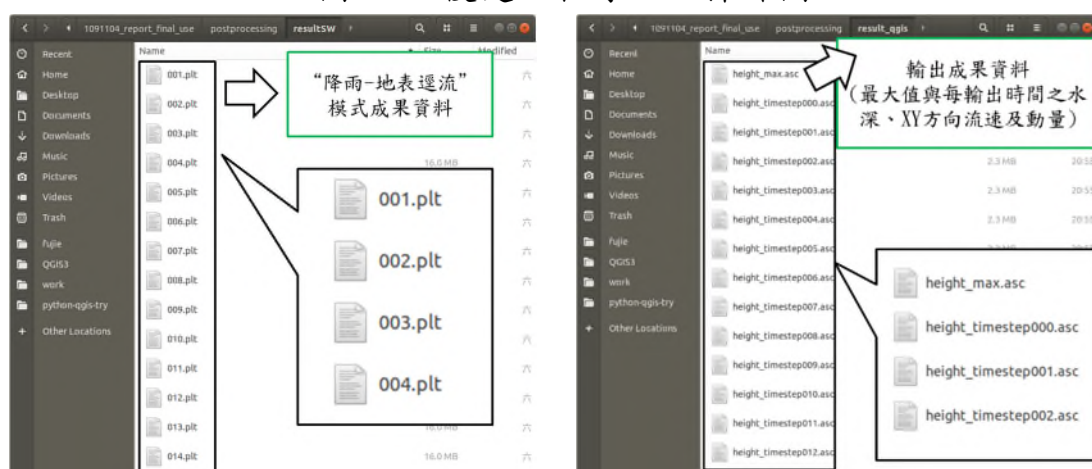


圖 3-31 後處理程序一所需輸入檔案

圖 3-32 後處理步驟一輸出檔案

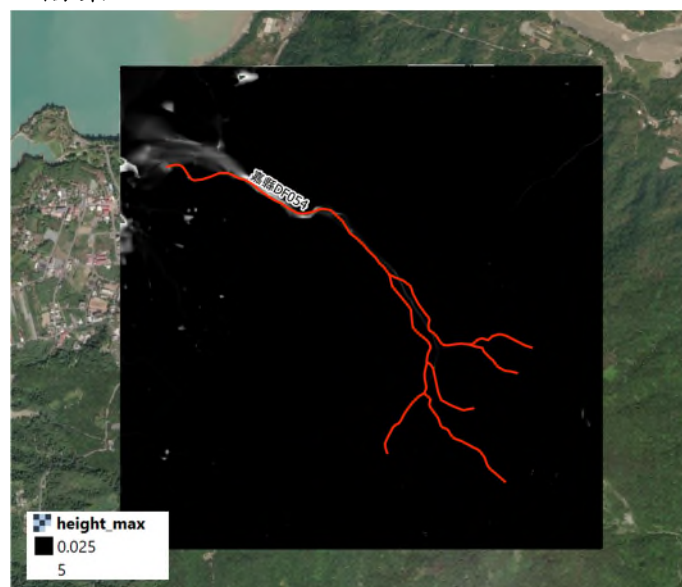


圖 3-33 後處理程序一輸出水深分佈狀況(QGIS 頁面)圖

步驟二、溢流點推估模組

針對自動推估溢流點可能位置之後處理程序二，本團隊開發之程序可任意框選 (限制矩形) 分析區域，如前處理程序一 (建立模擬範圍之選取功能相同)。後處理程序二只需輸入後處理程序一所產生之最大通量(ASCII 檔)作為分析基準，將輸出前五個最大值的位置圖層(shapefile)供使用者參考。

圖 3-34 為後處理程序二(溢流點推估模組)，輸入資料第一欄位為選定後處理程序一所輸出之通量最大值，第二欄位為選取分析溢流點範圍，可由手動選取或應用之前已繪製之圖層範圍進行分析，輸出資料欄位為選取輸出文件夾即可執行。圖 4-35 中褐色矩形為溢流點分析範圍圖層，底層之黑色資料為最大通量 ascii 資料作為溢流點評估之基準資料。圖 3-36 為後處理程序二所評估之溢流點位置(紅色圓形內)。圖 3-37 為後處理程序二所輸出之檔案，其中名稱將被固定為“10_runoff_point.shp”。

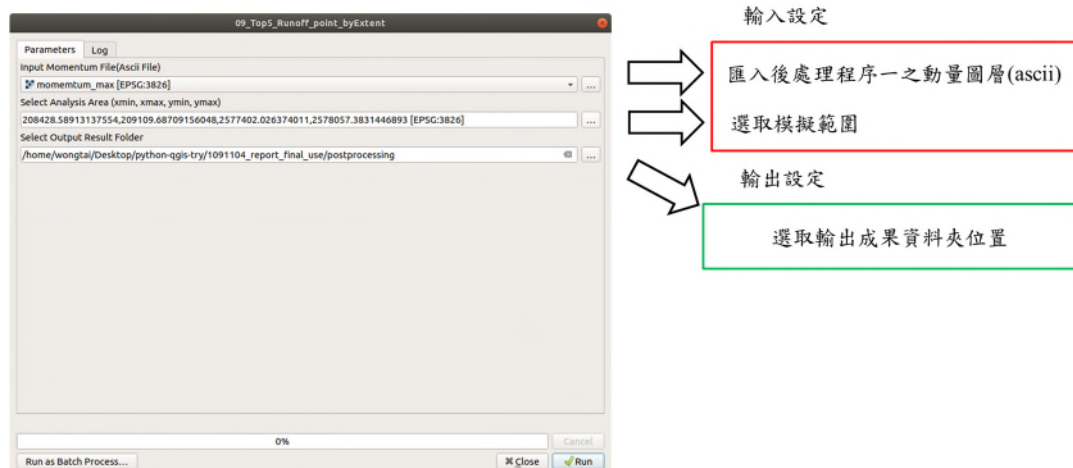


圖 3-34 後處理程序二之操作圖

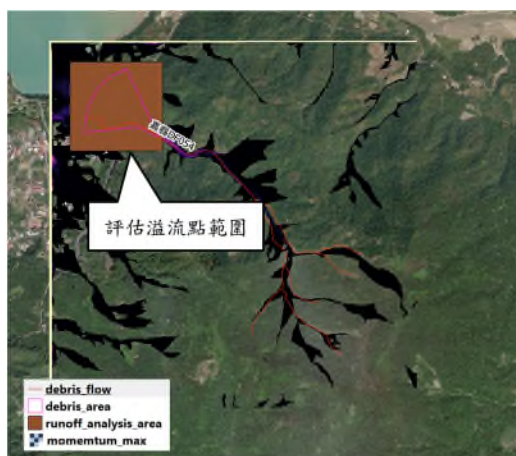


圖 3-35 後處理程序二溢流點評估範圍圖



圖 3-36 後處理程序二輸出溢流點圖層成果圖

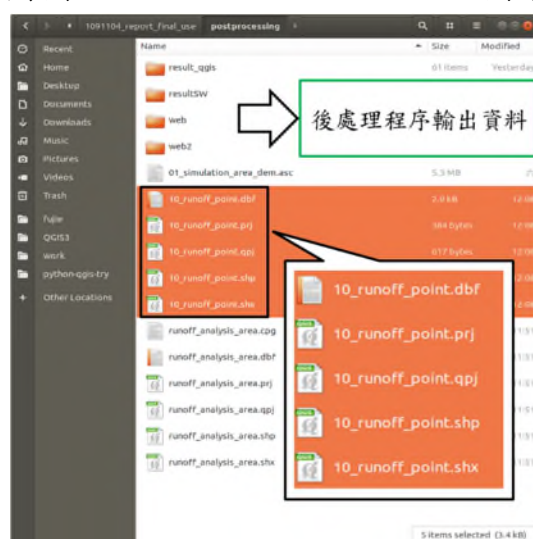


圖 3-37 後處理程序二輸出之檔案圖

步驟三、三維互動式網頁 及 BigGIS 網頁呈現

除了應用本團隊所研發之“降雨-地表逕流”模式進行模擬並透過本團隊開發之互動式網頁以三維的型態呈現成果，也可透過 QGIS 將格式轉換成水土保持局所研發之 BigGIS 網頁或 Google Earth 可呈現之 kml 檔案。

目前已完成將“降雨-地表逕流”模式結果通過 QGIS 將格式轉換(參閱圖 3-38)成 BigGIS 網頁可讀取之 shapefile 格式，使用者可以透過 BigGIS 網頁的“輔助工具-地圖輔助工具-外部向量資料匯入”上傳模擬結果至 BigGIS 進行呈現，如圖 3-39 所示。另直接點選“google_earth.kml”可直接呈現於 Google Earth 頁面，如圖 3-40 所示。圖 3-41 為本團隊開發之 three.js 網頁，可將“降雨-地表逕流”模式所輸出之檔案(plt 格式)直接讀取並上傳至 three.js 網頁供使用者互動觀察。

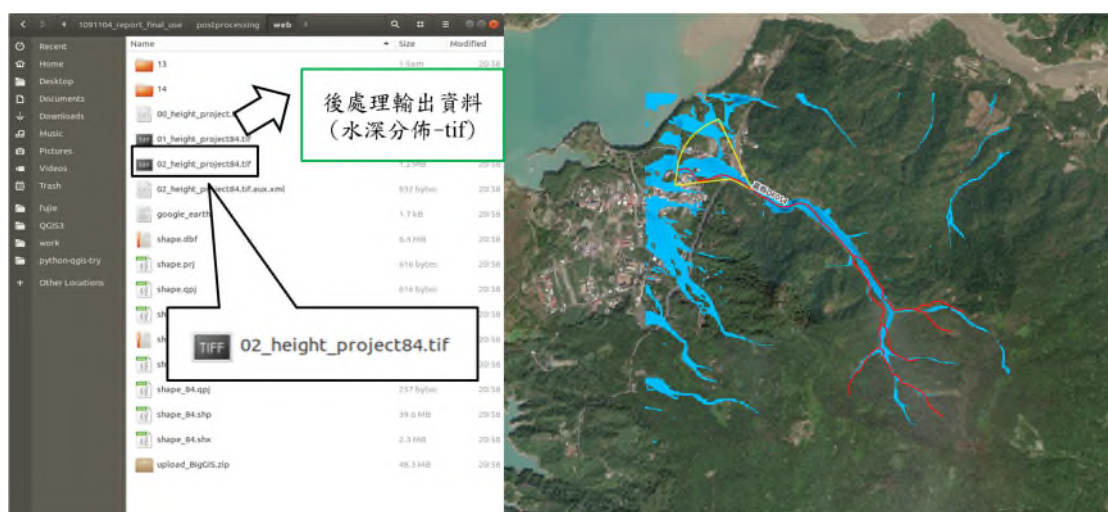


圖 3-38 (左)後程序三所輸出檔案圖；(右)匯入 QGIS 呈現之水深分佈狀況圖

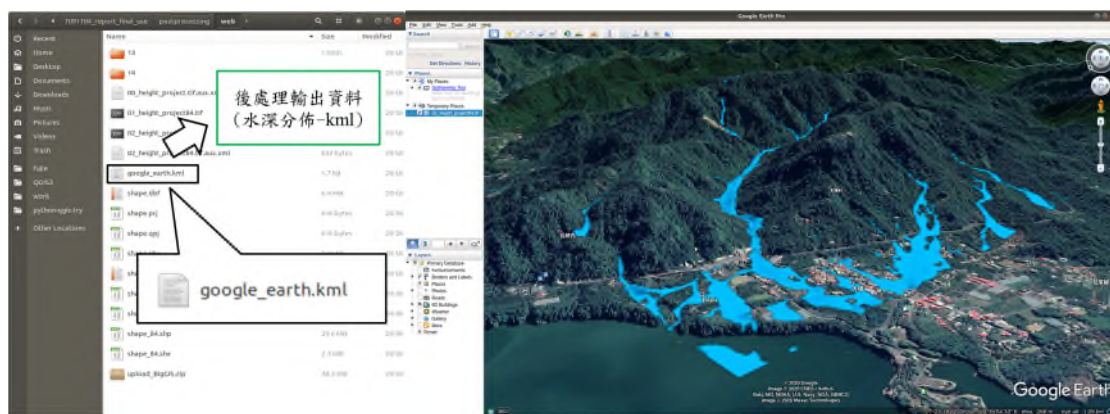


圖 3-39 (左)後程序三所輸出檔案圖；(右)匯入水土保持局開發之 BigGIS 網頁呈現之水深分佈狀況圖



圖 3-40 (左)後程序三所輸出檔案圖；(右)匯入 GoogleEarth 呈現之水深分佈狀況圖

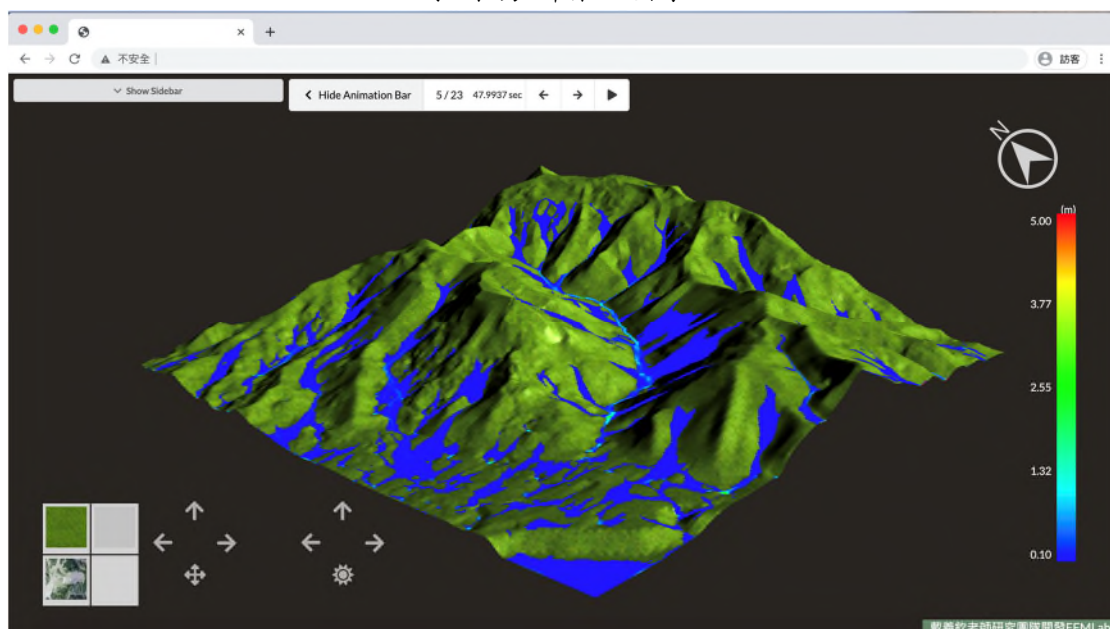


圖 3-41 三維互動式網頁呈現模擬結果圖

第四章 分佈式參數與數值模式之技術整合

針對前處理所產生之分佈式參數，本案已完成“降雨-地表逕流”模式與分佈式參數(如 分佈式降雨量、地表糙度係數與逕流曲線係數)之整合。本案選取嘉義縣 DF054(2016 年 09 月 27 日 1500 至 1750-梅姬颱風)、花蓮縣 DF041(2017 年 10 月 14 日 1250 至 1310-豪雨)與 DF136(2016 年 09 月 14 日 0830-1130-馬勒卡颱風)案例探討採用分佈式參數與忽略分佈式參數在同一降雨條件下所產生之結果的差異。

第一節 案例介紹

爲了探討相同降雨條件下分佈式參數對於模式之成果影響，本案選定三處集水區面積不同尺度(大、中及小)土石流潛勢溪流(嘉義縣 DF054、花蓮縣 DF041 與 DF136)在不同颱風或豪雨事件下情景探討瞭解水深變化差異：

一、嘉義縣 DF054

嘉義縣 DF054 位於嘉義縣大埔鄉，此土石流潛勢溪流長度為 2,963 公尺，土石流影響範圍為 264.85 平方公尺，出口為北曾文水庫東岸。本案選定模擬範圍以 $2,700 \times 2,700$ 公尺，下游邊界為曾文水庫，模擬降雨事件為梅姬颱風(2016 年 09 月 27 日 1500 至 1750)。由圖 4-1 所示，(左)模擬範圍之右下角為本區域之最高處，集水區流向大致由右下往左上方向前進，其中 DF054 周遭嶺線也將包含於模擬區域內確保分佈降雨將全部流入集水區內，(右)土地利用形態部分 DF054 上游出處主要由森林用地為主，而下游 DF054 出口處主要土地利用為農業用地與建築用地，所以下游屬於人口匯集處。圖 4-2 為土地利用形態對應之逕流曲線係數與地

表糙度係數，此參數依據數值大小可參閱表 2-1 及表 2-2。由圖 4-3 所示(左)模擬時間開始之降雨量分佈及(右)模擬結束前最後一筆降雨量分佈狀況，若想瞭解全模擬時間之各時間降雨量分佈狀況，請參閱附件五之一。

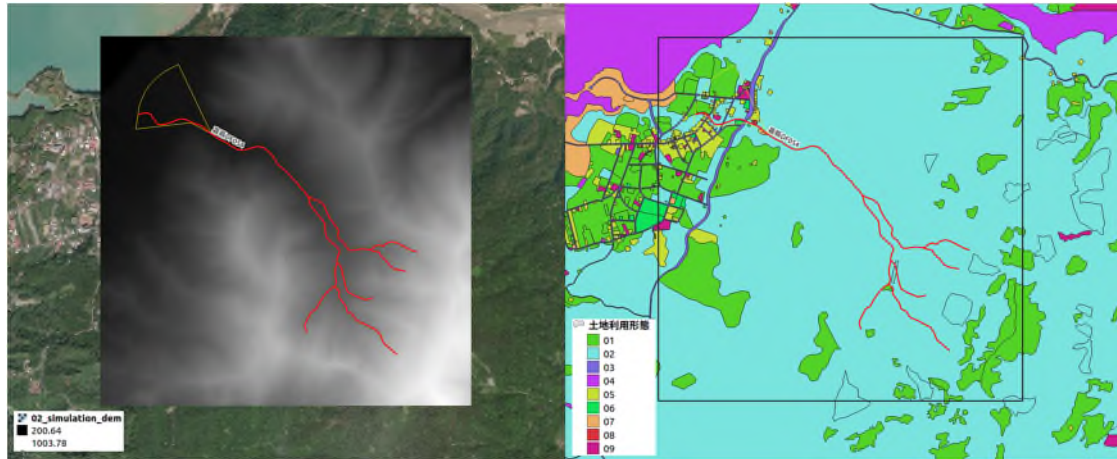


圖 4-1 嘉義縣 DF054 模擬範圍之(左)數值地形分佈狀況，(右)土地利用形態分佈圖

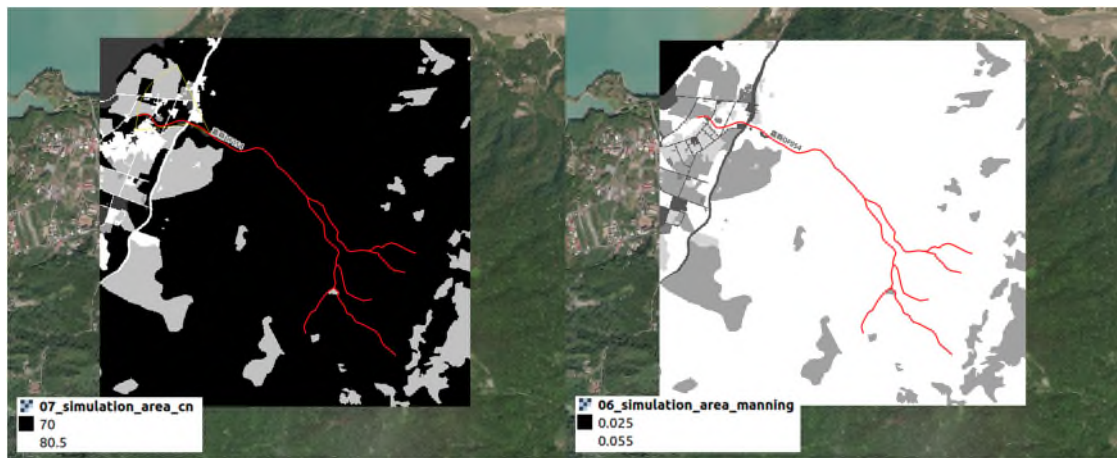


圖 4-2 嘉義縣 DF054 模擬範圍之土地利用形態對應之(左)逕流曲線係數分佈圖(右)地表糙度係數分佈圖

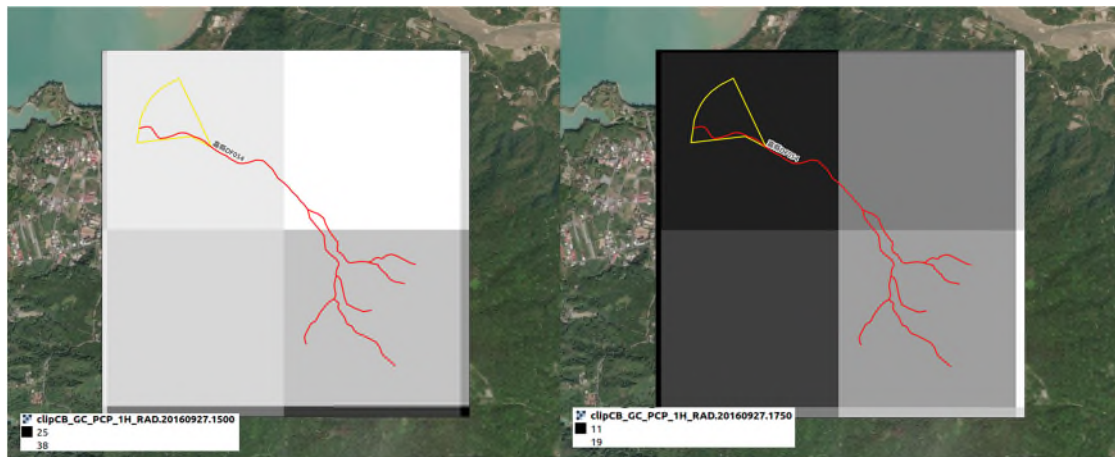


圖 4-3 嘉義縣 DF054 模擬範圍之降雨分佈狀況圖(左)模擬開始時間 20160927-1500(右)模擬結束前最後一筆降雨量 20160927-1750

二、花蓮縣 DF136

花蓮縣 DF136 位於壽豐鄉豐山村，此土石流潛勢溪流長度為 1,440 公尺，土石流影響範圍為 39.64 平方公尺，出口為農田。本案選定模擬範圍以 $1,200 \times 1,000$ 公尺，下游邊界為農田，模擬降雨事件為馬勒卡颱風(2016 年 09 月 14 日 0830-1130)。由圖 4-4 所示，(左)模擬範圍由左往右遞減，其中 DF136 周遭嶺線也將包含於模擬區域內確保分佈降雨將全部流入集水區內，(右)土地利用形態部分模擬區域上游及中游全部屬於森林用地，下游出口處只有零星沿著河道之建築用地。圖 4-5 為土地利用形態對應之逕流曲線係數與地表糙度係數，此參數依據數值大小可參閱表 2-1 及表 2-2。由圖 4-6 所示(左)模擬時間開始之降雨量分佈及(右)模擬結束前最後一筆降雨量分佈狀況，若想瞭解全模擬時間之各時間降雨量分佈狀況，請參閱附件五之二。

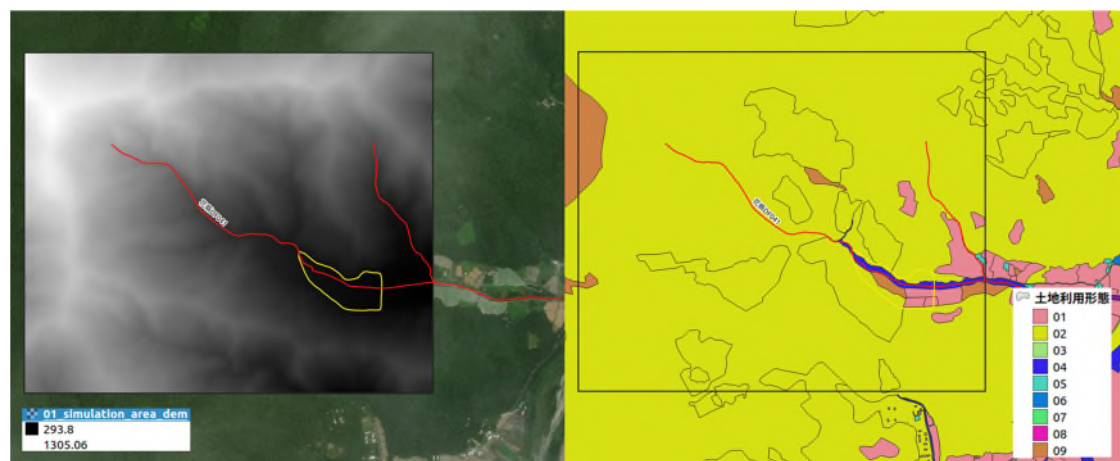


圖 4-4 花蓮縣 DF136 模擬範圍之(左)數值地形分佈狀況，(右)土地利用形態分佈圖

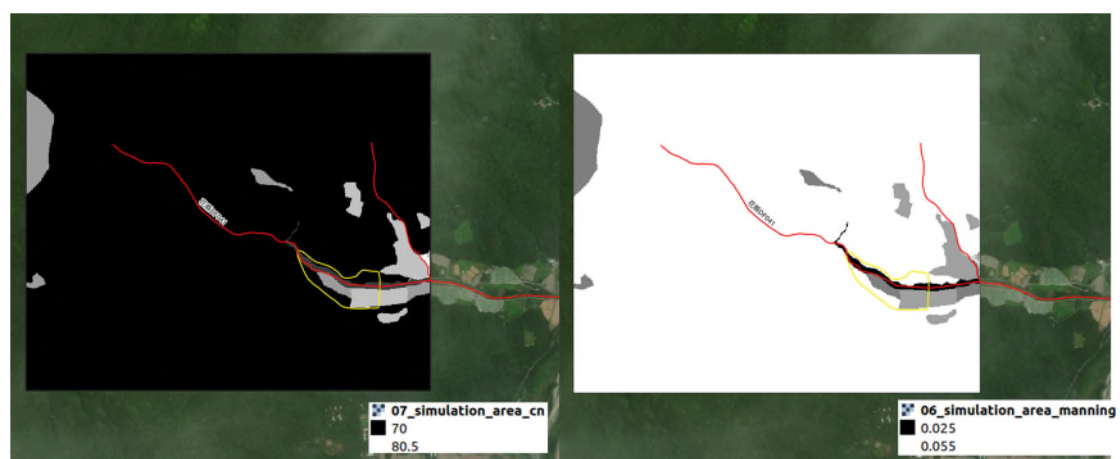


圖 4-5 花蓮縣 DF136 模擬範圍之土地利用形態對應之(左)逕流曲線係數分佈圖(右)地表糙度係數分佈圖

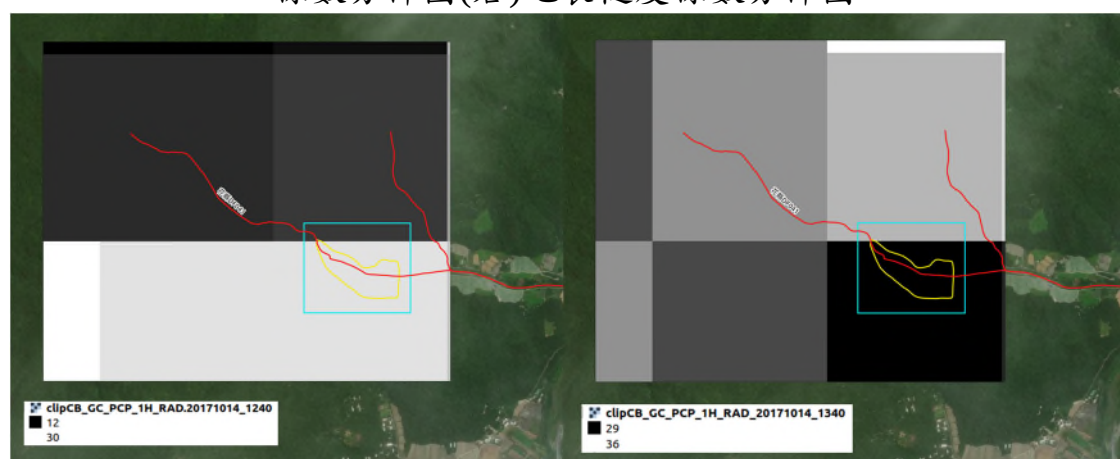


圖 4-6 花蓮縣 DF136 模擬範圍之降雨分佈狀況圖(左)模擬開始時間 20171014-1240(右)模擬結束前最後一筆降雨量 20171014-1340

三、花蓮縣 DF041

花蓮縣 DF041 位於卓溪鄉古風村,此土石流潛勢溪流長度為 4,155 公尺，土石流影響範圍為 560.26 平方公尺，出口為秀姑巒溪上游。本案選定模擬範圍以 $3,000 \times 2,500$ 公尺，下游邊界為秀姑巒溪上游，模擬降雨事件為豪雨(2017 年 10 月 14 日 1250 至 1310)。由圖 4-7 所示，(左)模擬範圍由左上往右下遞減，其中 DF041 周遭嶺線也將包含於模擬區域內確保分佈降雨將全部流入集水區內，因下游出口處為地勢平坦之農田，模擬區域將延長模擬範圍觀察水位變化，(右)土地利用形態部分模擬區域上游及中游屬於森林與農業用地，下游出口處只有零星分佈之建築用地。圖 4-8 為土地利用形態對應之逕流曲線係數與地表糙度係數，此參數依據數值大小可參閱表 2-1 及表 2-2。由圖 4-9 所示(左)模擬時間開始之降雨量分佈及(右)模擬結束前最後一筆降雨量分佈狀況，若想瞭解全模擬時間之各時間降雨量分佈狀況，請參閱附件五之一。

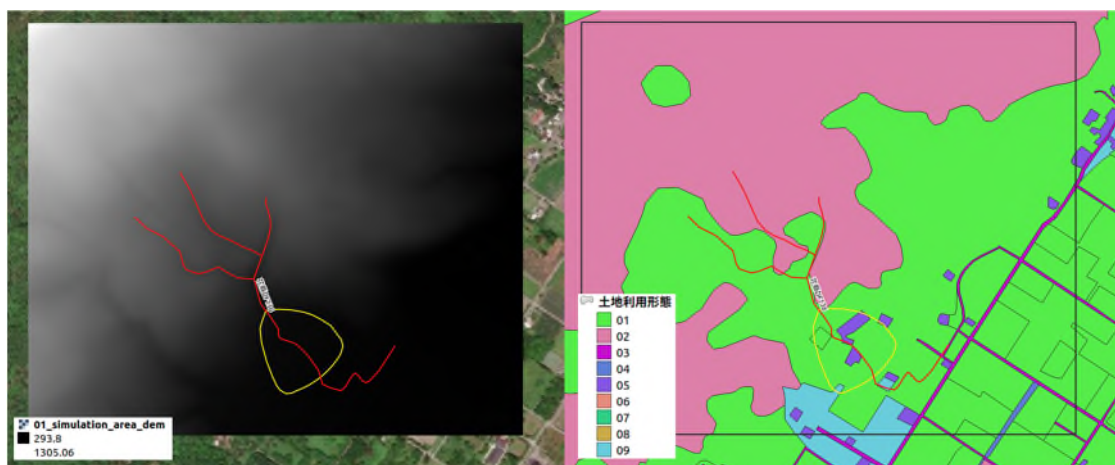


圖 4-7 花蓮縣 DF041 模擬範圍之(左)數值地形分佈狀況，(右)土地利用形態分佈圖

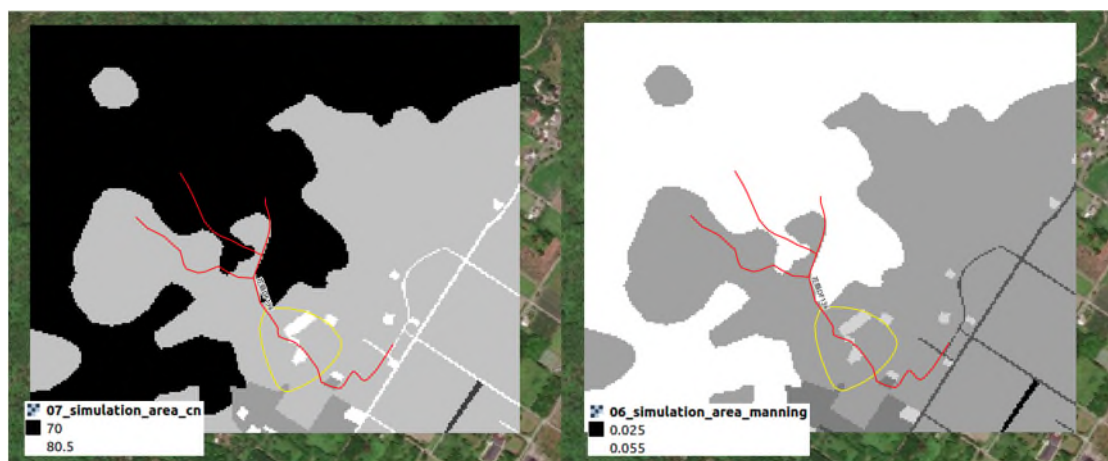


圖 4-8 花蓮縣 DF041 模擬範圍之土地利用形態對應之(左)逕流曲線係數分佈圖(右)地表糙度係數分佈圖

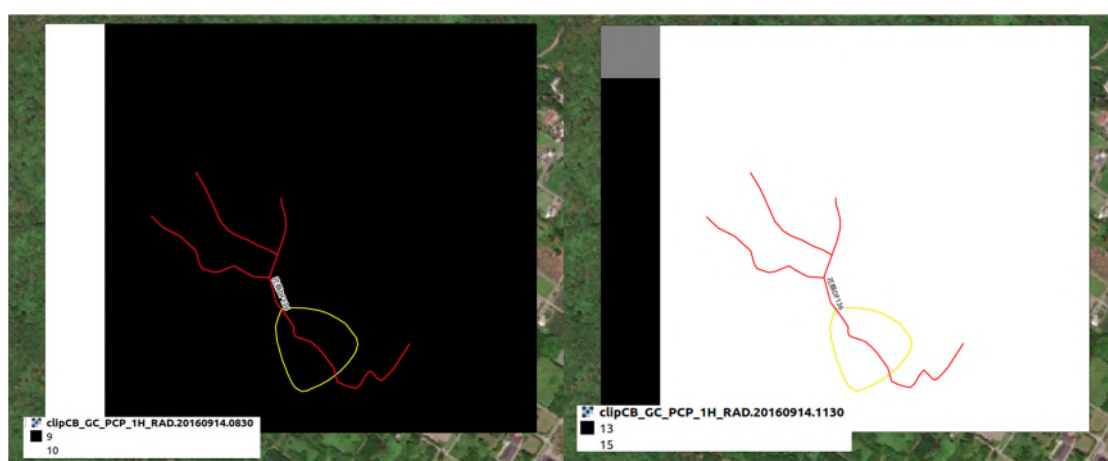


圖 4-9 花蓮縣 DF041 模擬範圍之降雨分佈狀況圖(左)模擬開始時間 20160914-0830(右)模擬結束前最後一筆降雨量 20160914-1130

本小節將上述之分佈降雨量輸入“降雨-地表逕流數值模式”進行計算，並於本章第二節進行各階段水體深度差異之探討。

第二節 成果探討

本次案例探討將應用忽略及考慮分佈式逕流曲線係數與地表糙度係數之間模擬成果之最大水位分佈狀況(面資料)。探討方式以每 30 秒繪製該時間點之水位分佈資料。

一、嘉義縣 DF054

由圖 4-10 所示，模擬梅姬颱風(2016 年 09 月 27 日 1500 至 1750)之降雨條件下。(左上)可發現同時考慮分佈式逕流曲線係數與地表糙度係數之模擬成果對於水深最大值在 DF054 中游河道轉彎處有明顯之水位擡升現象，并可明顯觀察到河道發源處有水位集中狀況，此結果較為符合實際狀況。

(左下)若忽略逕流曲線係數對於本團隊開發之“降雨-地表逕流”模式的輸出成果之最大水深分佈狀況。相較於(左上)同時考慮逕流曲線係數與地表糙度係數之成果，可發現兩大差異處(1)DF054 主河道上水深明顯變深與範圍變大；(2)河道發源處之水位集中狀況變得不明顯；(3)下游出口處呈現筆直沖出去狀況。主要導致此兩種差異的原因為忽略逕流曲線係數意味降雨量將全部轉換成地表逕流，導致河道發源處之流速過大而短時間集中於主河道上，使得主河道水位因宣泄不及而大幅提升。

忽略地表糙度係數之成果(右上及右下)相較於同時考慮兩者(左上)主要差異處為河道發源處之集中現象完全消失，但下中游段及下游段的最大水深分佈與差異卻很小。主要原因為模式對於忽略地表糙度係數意味降雨一接觸之地表後，呈現一種無摩擦阻力之運移行為。也因為摩擦阻力被忽略，主河道上的集中地表逕流也會立刻宣泄，導致不會有(左下)成果之 DF054 中游段有水位擡升的現象。

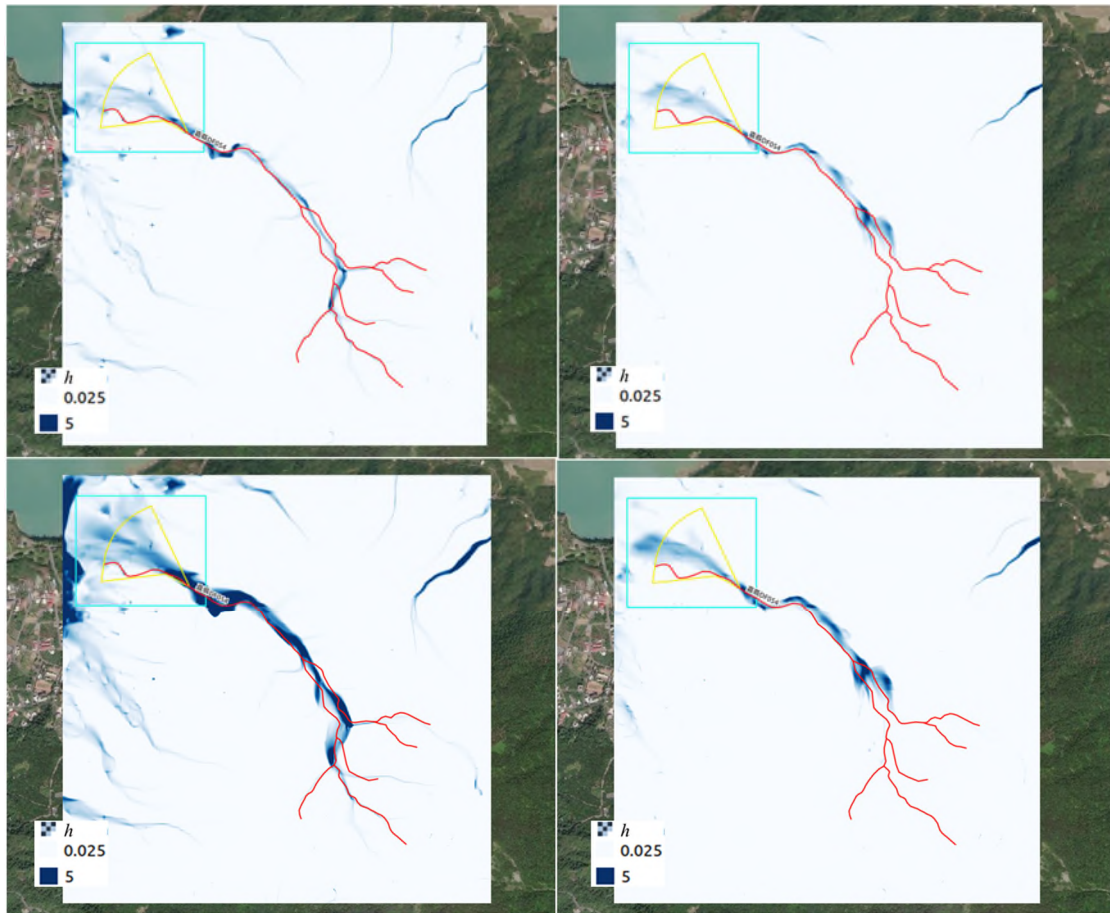


圖 4-10 模擬成果水深分佈圖(左上)考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(左下)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數，(右上)忽略地表糙度係數但考慮逕流曲線係數，(右下)忽略地表糙度係數與逕流曲線係數

二、花蓮縣 DF136

花蓮縣 DF136(本案情景探討之集水區面積最小者)應用馬勒卡颱風(2016 年 09 月 14 日 0830-1130)之降雨條件模擬並探討考慮及忽略分佈式地表糙度係數與逕流曲線係數對於結果之水深分佈差異。因前述(嘉義 DF054)已比較過考慮與忽略地表糙度係數條件下之差異，發現忽略地表糙度係數之模擬成果因水流處於無摩擦力之狀況，造成流速過大而最大水深集中於下游出口處，故本模擬只考慮與忽略逕流曲線係數造成之影響即可。由圖 4-11 所示，

(左) 為同時考慮地表糙度係數與逕流曲線係數之成果最大水深分佈狀況，可發現在本次降雨條件下之最大水深(超過 1 公尺者)都集中於河道內，無溢提狀況發生。(右)為考慮地表糙度係數與忽略逕流曲線係數之模擬最大水深分佈成果，可發現因集水區面積較小受到逕流曲線係數因子的影響比大面積之集水區來的明顯，因無入滲現象造成降雨全部降雨轉換成地表逕流，使得小型集水區的河道在短時間受到大量的地表逕流而水位大量擡升往下游運移。

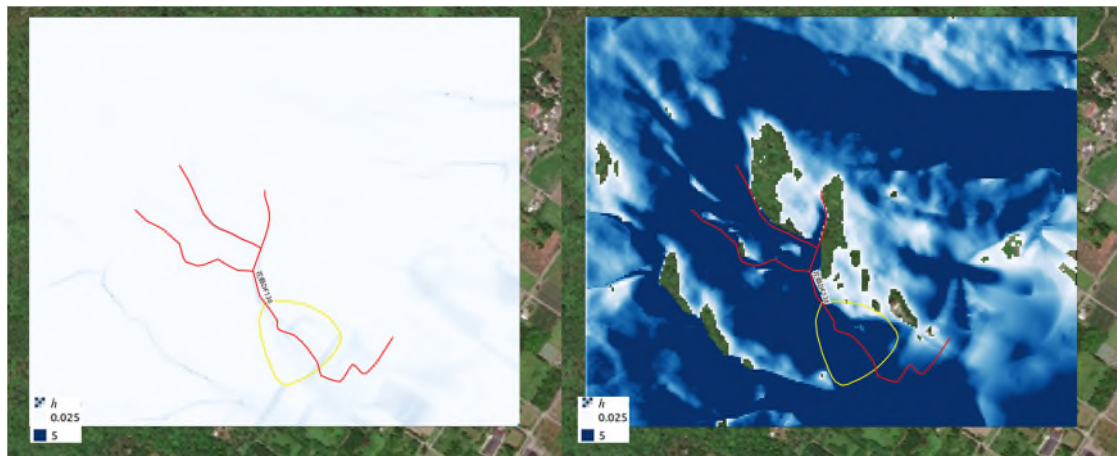


圖 4-11 DF136 模擬成果水深分佈圖(左) 考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(右) 考慮地表糙度係數與忽略逕流曲線係數

三、花蓮縣 DF041

花蓮縣 DF041 應用豪雨(2017 年 10 月 14 日 1250 至 1310)之降雨條件模擬並探討考慮及忽略分佈式逕流曲線係數對於結果之水深分佈差異。因前述(嘉義 DF054)已比較過考慮與忽略地表糙度係數條件下之差異，發現忽略地表糙度係數之模擬成果因水流處於無摩擦力之狀況，造成流速過大而最大水深集中於下游出口處，故本模擬只考慮與忽略逕流曲線係數造成之影響即可。由圖 4-12

所示，(左)為同時考慮地表糙度係數與逕流曲線係數之成果最大水深分佈狀況，可發現在模擬本次降雨條件下主河道與左岸一條支流匯流後，主河道受到推擠反而往右岸的低窪處沖出來。(右)因忽略逕流曲線係數造成降雨量全部都轉換成地表逕流量，使得主河道被推擠的狀況更加明顯。但因下游河道已建置提防，在模擬本次降雨條件造成之地表逕流到下游處都被限制於河道內，沒有發生溢堤造成損失之狀況。

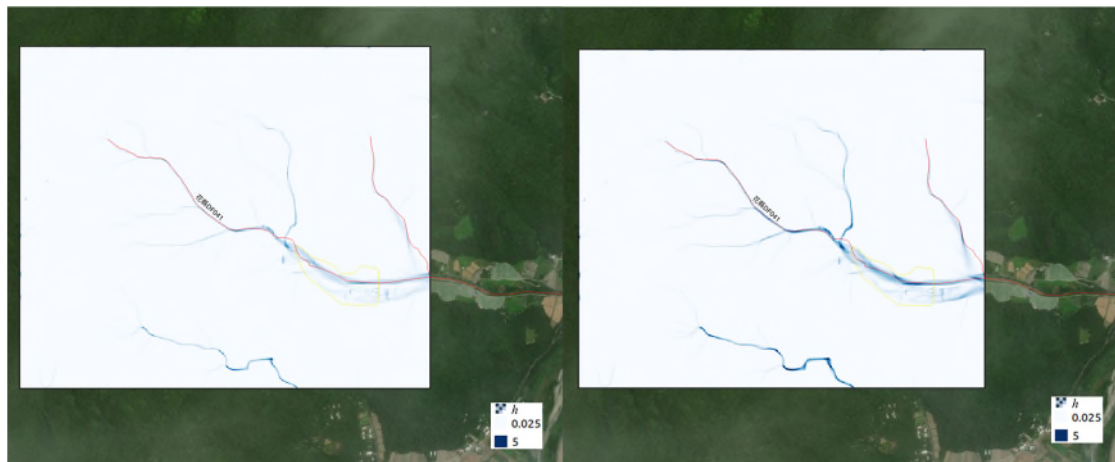


圖 4-12 DF041 模擬成果水深分佈圖(左) 考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(右) 考慮地表糙度係數與忽略逕流曲線係數

本案現階段以“降雨-地表逕流數值模式”進行探討最大水深分佈狀況之差異，下一階段將應用本章節所輸出時間點及全模擬時間最大值之水深、X 及 Y 之流速將被應用於下一章節作為辨識溢流點之基準。

第五章 精進判定土石流溢流點位置之方法

第一節 推估溢流點可能位置

對於推估溢流點可能位置，本計畫已開發 QGIS 後處理程序二，其分析基準為後處理程序一所產生之通量資料，使用者可由後處理程序一輸出之成果選擇應用單一時間點或整體最大通量作為分析基準。並應用後處理程序二進行推估溢流點可能位置，本節主要應用最大通量 ($h \times v$) 作為溢流點評估。

一、嘉義縣 DF054

針對溢流點評估範圍(參閱圖 5-1)螢光綠矩形為溢流點評估範圍，其中包含由水土保持局畫設之土石流影響範圍(黃色扇形圖層)及土石流潛勢溪流 DF054(紅色線圖層)。

由圖 5-2 可明顯發現考慮與忽略分佈式逕流曲線係數與地表糙度係數之最大通量差異處，(左上)為同時考慮逕流曲線係數與地表糙度係數，通量最大值集中於涵洞前至攔砂壩之間，(左下)因忽略逕流曲線係數造成河道流量提升而最大通量值出現在攔砂壩上游，(右上與右下)因忽略地表糙度係數造成 DF054 下游處轉彎處來不及擡高水深而往靠河岸的農田與道路集中，使得溢流點判識結果都集中於河岸處而不是在 DF054 主河道上。由圖 5-3 可見同時考慮分佈式逕流曲線係數與地表糙度係數之模擬成果評估之溢流點(紅點)與忽略逕流曲線係數評估之溢流點(黃點)之位置較為靠進誰水土保持局所設定之溢流點位置，但忽略地表糙度係數之模擬成果所評估之溢流點位置(藍點與綠點)都偏下游處。

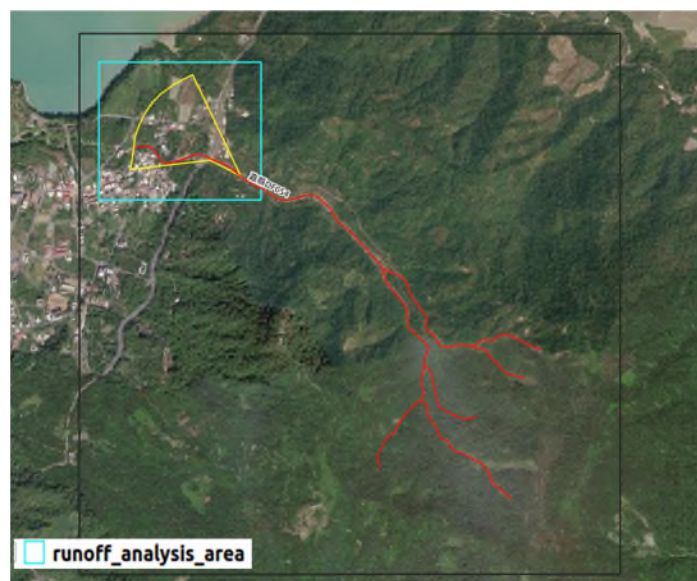


圖 5-1 嘉義縣 DF054(螢光綠矩形)為 DF054 溢流點評估範圍

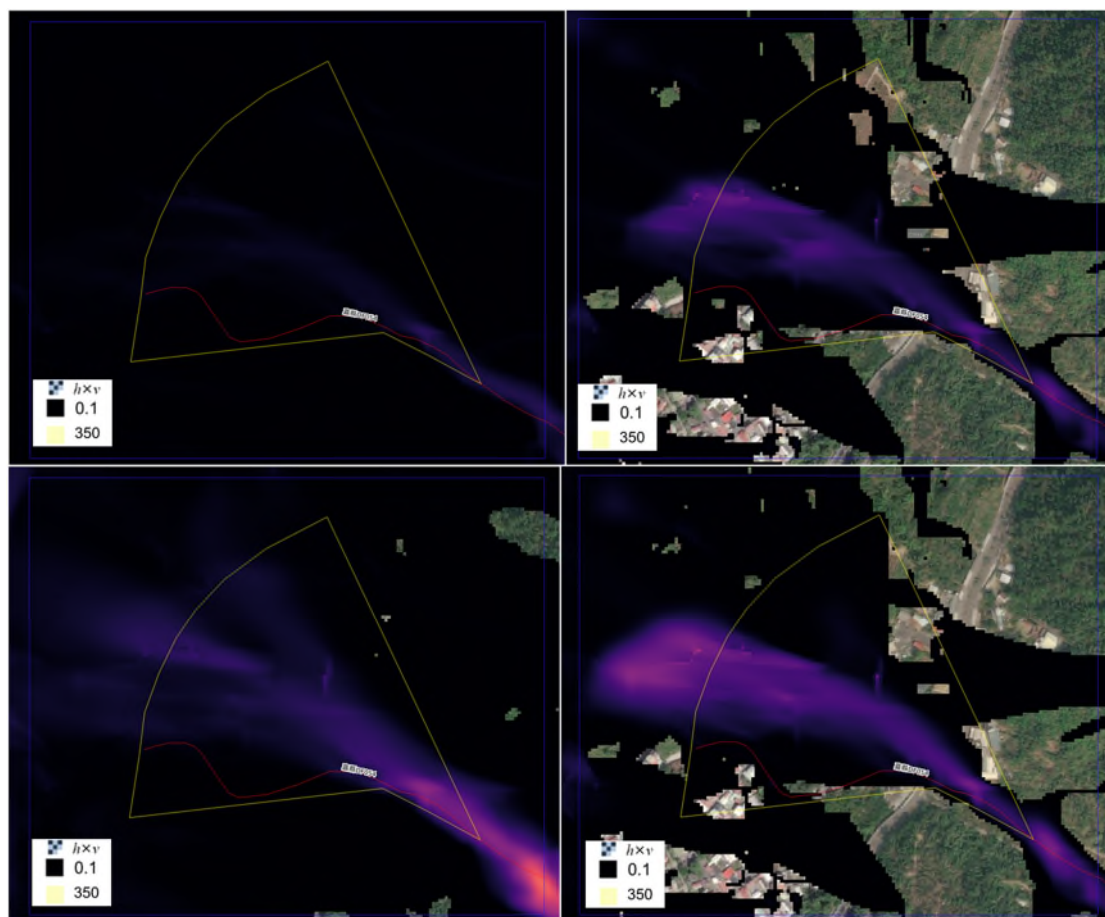


圖 5-2 模擬成果通量分佈圖(左上)考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(左下)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數，(右上)忽略地表糙度係數但考慮逕流曲線係數，(右下)忽略地表糙度係數與逕流曲線係數



圖 5-3 嘉義縣 DF054 溢流點評估成果圖

三、花蓮縣 DF136

針對溢流點評估範圍(參閱圖 5-4)螢光綠矩形為溢流點評估範圍，其中包含由水土保持局畫設之土石流影響範圍(黃色扇形圖層)及土石流潛勢溪流 DF136 (紅色線圖層)。

由圖 5-5 可發現因集水區面積較小，(右)忽略逕流曲線係數與(左)同時考慮地表糙度係數與逕流曲線係數之最大通量分佈差異處為中游段主河道及下游處平坦處有明顯大於之狀況，其主要原因為地表逕流量差異造成。由圖 5-6 所示，為溢流點分析區域放大圖與最大通量分佈套疊成果(左上)為考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(左下)為考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數，(右上)為忽略地表糙度係數但考慮逕流曲線係數，(右下)為忽略地表糙度係數與逕流曲線係數，整體可發現有忽略地表糙度係數者河道上因流速過大，造成全部水體都快速運移至下游平坦處而主河道反而只在有建築物阻擋處有稍微滯留現象，對於溢流點分析上會有明顯之誤判可能性。由圖 5-7 為依據最大通量分佈狀況所推估之可能溢流點位置，大致可分為兩部分(1)考慮地表糙度係數及

(2)忽略地表糙度係數者。雖然兩者都有推估到至少一點坐落於水土保持局所畫設之溢流點位置，但明顯考慮地表糙度係數者全部都推估在原本溢流點之河道上游處。故評估在本“降雨-地表逕流”模式必須加以考慮地表糙度係數作為模擬依據。

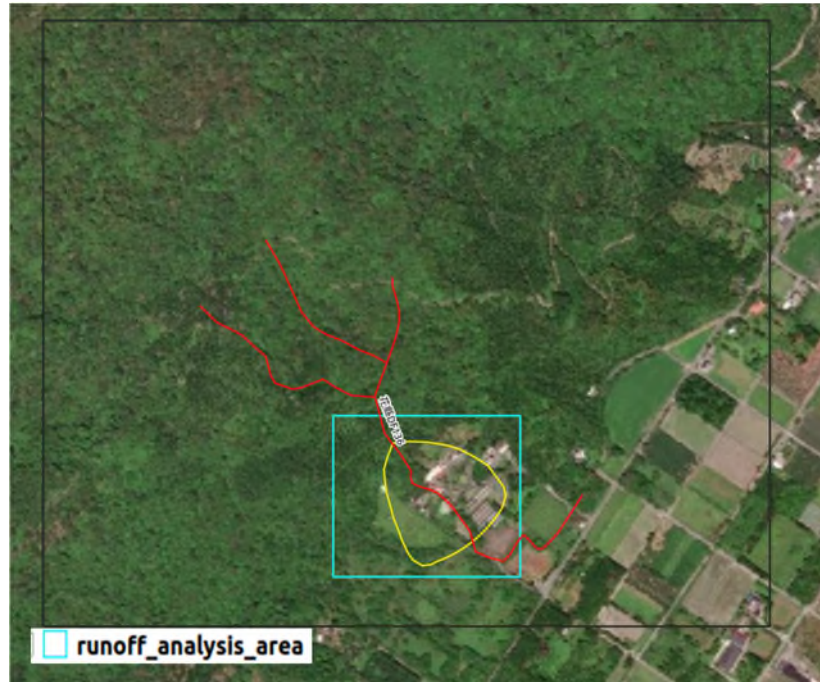


圖 5-4 DF136 溢流點分析區域(螢光綠矩形)與“降雨-地表逕流”模擬區域(黑色矩形)之分佈狀況圖

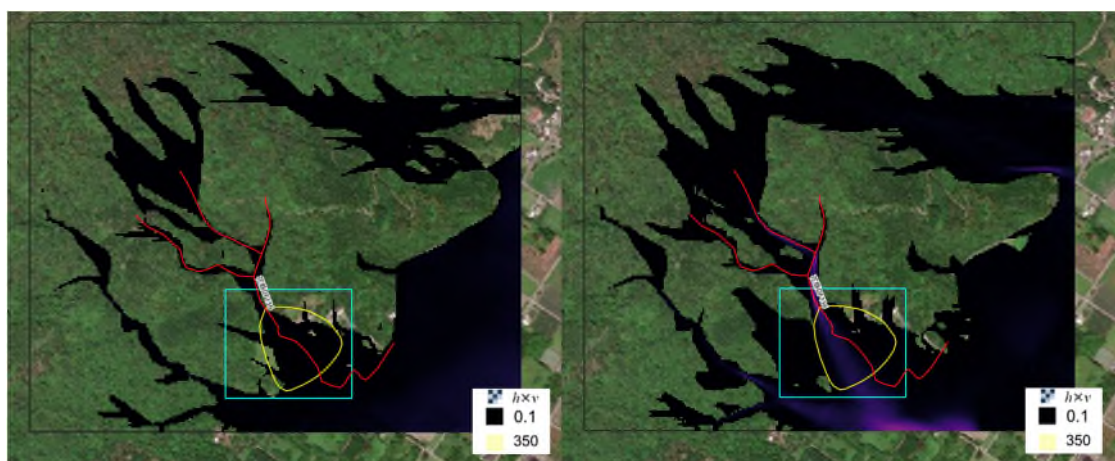


圖 5-5 DF136 全模擬區域最大通量值分佈狀況圖(左)考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(右邊)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數

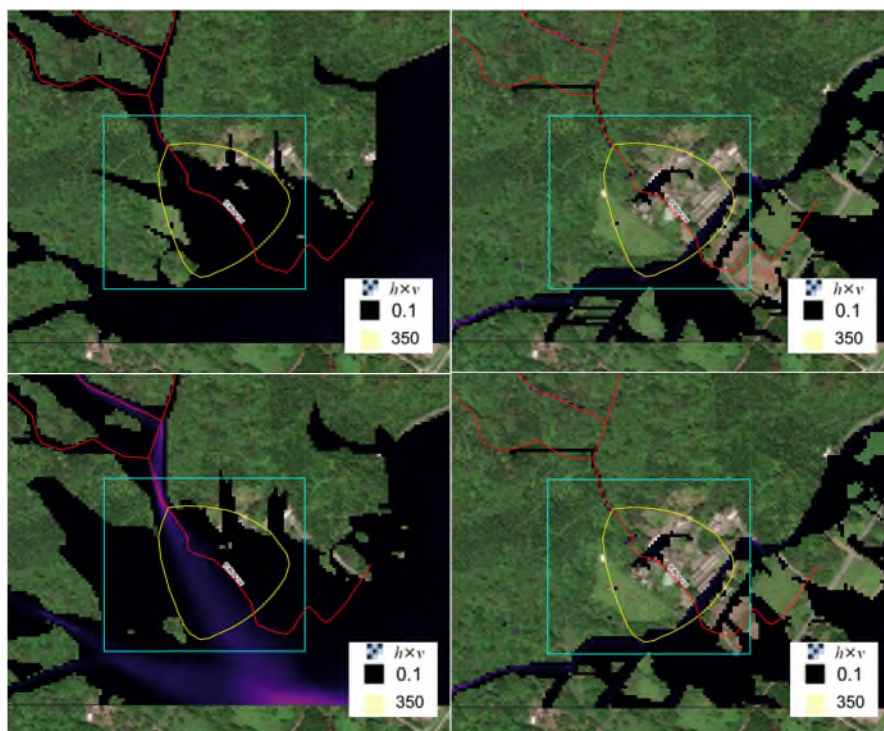


圖 5-6 DF136 模擬成果最大通量分佈圖(左上)考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(左下)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數，(右上)忽略地表糙度係數但考慮逕流曲線係數，(右下)忽略地表糙度係數與逕流曲線係數

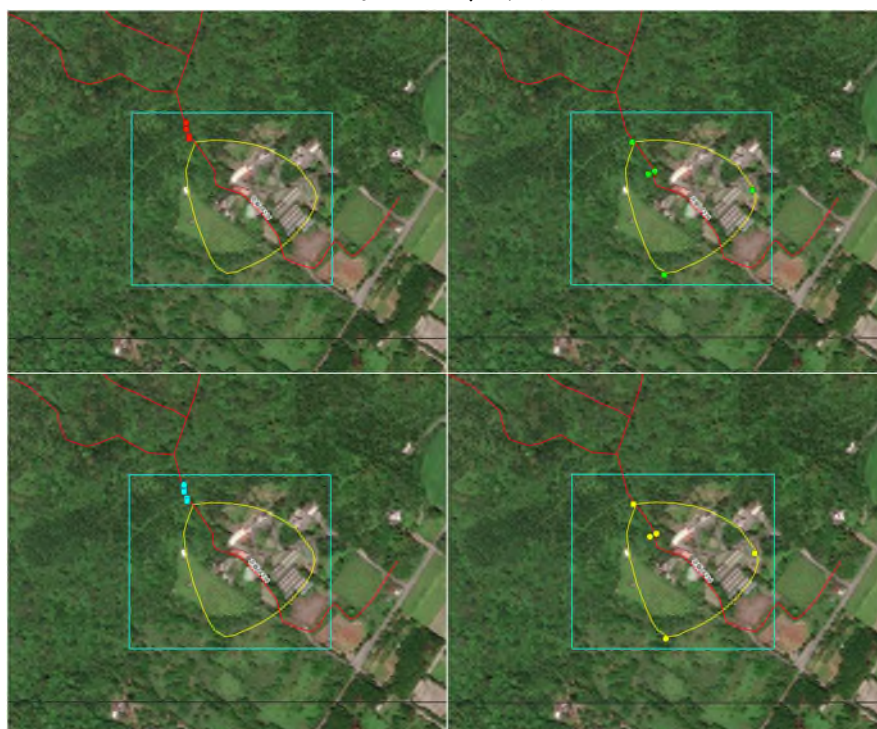


圖 5-7 DF136 溢流點分析結果分佈圖(左上)考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(左下)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數，(右上)忽略地表糙度係數但考慮逕流曲線係數，(右下)忽略地表糙度係數與逕流曲線係數

二、花蓮縣 DF041

針對溢流點評估範圍(參閱圖 5-8)螢光綠矩形為溢流點評估範圍，其中包含由水土保持局畫設之土石流影響範圍(黃色扇形圖層)及土石流潛勢溪流 DF041 (紅色線圖層)。

由圖 5-9 可明顯發現(右)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數之最大通量分佈狀況與(左)同時考慮地表糙度係數與逕流曲線係數之最大通量分佈狀況之最大差異處為中游段主河道之最大值大小及上游段之最大值分佈面積，因忽略逕流曲線係數造成降雨全部轉換成地表逕流使得上游河道發源處之集中現象及中游主河道及支流匯流處之最大通量較大。由圖 5-10 溢流點分析區域放大圖所示，(右)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數與(左)同時考慮地表糙度係數與逕流曲線係數在溢流點分析區域(螢光綠矩形)左上角處前者因地表逕流量大造成計算最大通量時將擡升其數值大小。由 5-11 所示，為評估溢流點位置成果圖，其中同時考慮地表糙度係數與逕流曲線係數之溢流點位置(紅色點)與考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數(青色點)都有推估到原本水土保持局劃設之溢流點周遭。本次降雨條件造成主河道受到支流河道的推擠造成評估之溢流點往右岸低窪地區靠，其他溢流點則被推估在下游河道轉彎處。對於未來需要進一步針對土石流運移行為進行情景探討，建議使用者使用最上游之推估溢流點，避免因為誤選模擬區域而忽略中游河道土石流可能造成之損失。

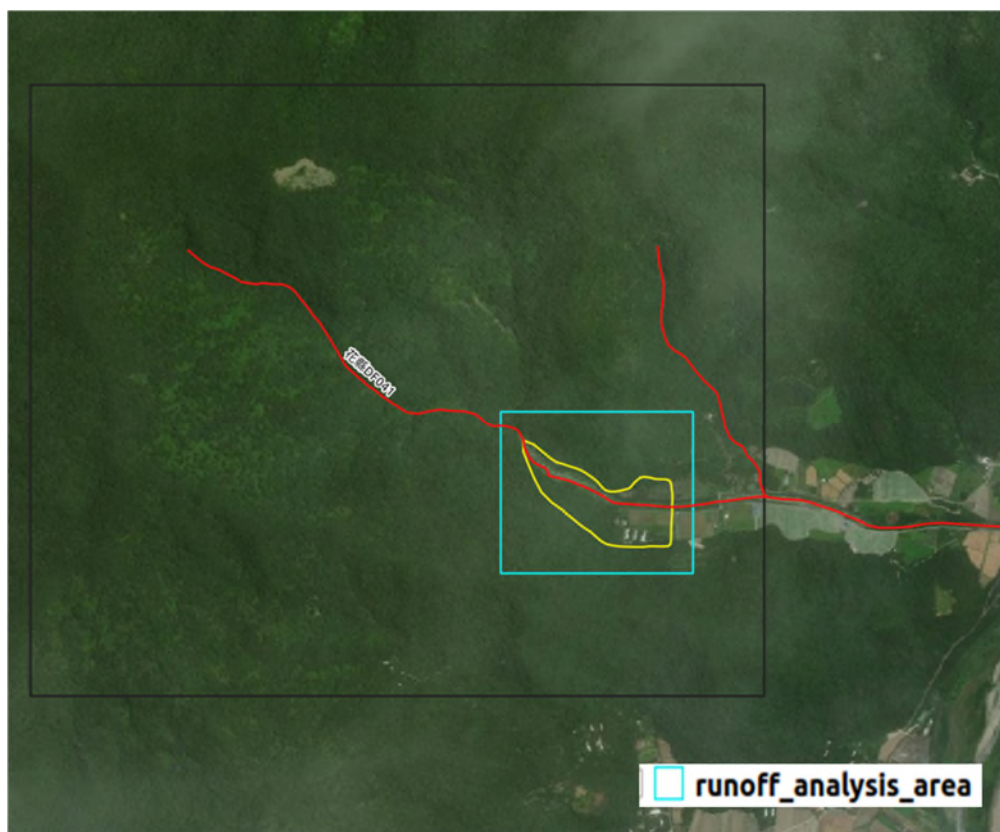


圖 5-8 DF136 溢流點分析區域(螢光綠矩形)與“降雨-地表逕流”模擬區域(黑色矩形)之分佈狀況圖



圖 5-9 DF041 全模擬區域最大通量值分佈狀況圖(左)考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(右)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數

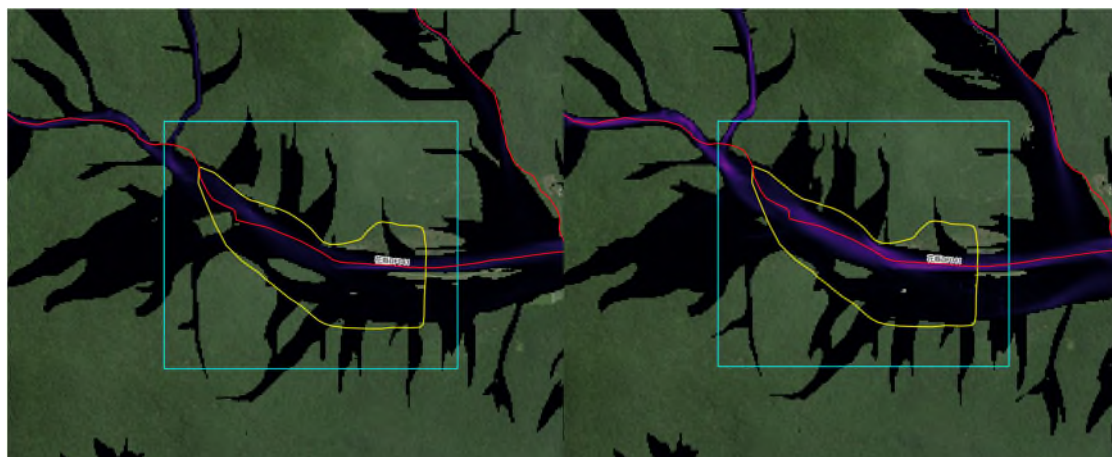


圖 5-10 DF041 溢流點分析區域之最大通量值分佈狀況圖(左) 考慮地表糙度係數與逕流曲線係數，(右)考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數

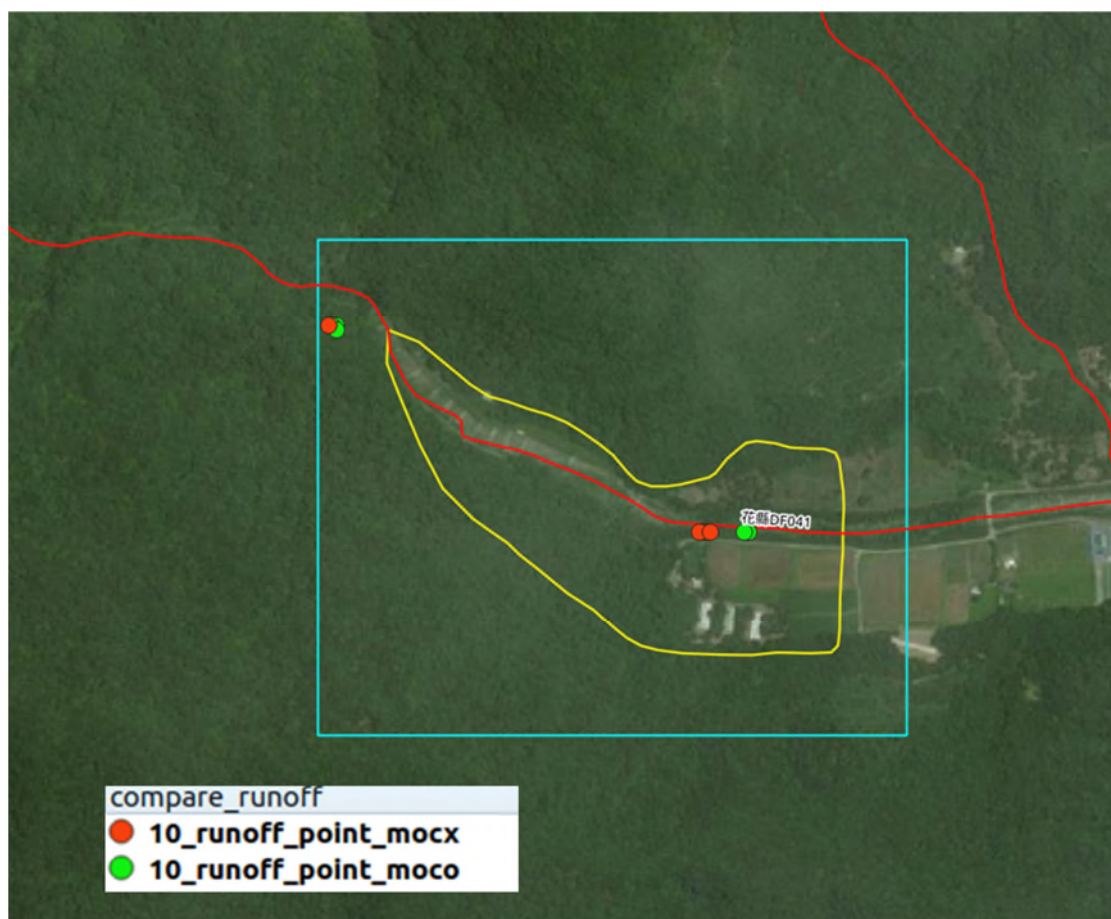


圖 5-11 DF041 溢流點分析成果圖(紅色點為同時考慮地表糙度係數與逕流曲線係數及綠色點為考慮地表糙度係數但忽略逕流曲線係數之點分佈)

第二節 溢流點的後續應用

爲了延續應用後處理程序三所輸出之溢流點，本團隊也已整合溢流點與“降雨-地表逕流”輸出之時間序列水深、X 及 Y 方向流速。本處理程序只需選定要模擬本團隊開發之“土石流土體動態模擬數值模式(DFMfGT)”範圍與經過後處理程序一所轉換之“降雨-地表逕流”模式成果(asc 格式)檔案。

將自動找尋模擬範圍邊界之入流位置，並將“降雨-地表逕流”模式所輸出之時間序列水深、X 及 Y 方向流速轉置成 DFMfGT 所使用之檔案格式。

如圖 5-12 所示，(左)為本後處理程序輸出之檔案供本團隊開發之 DFMfGT 模式應用，(中)針對每一個入流點位都會提供由“降雨-地表逕流”模式模擬成果於該點位之時間序列水深、X 及 Y 方向流速，(右)為每一個輸入點位置資訊(X 及 Y 坐標)。如圖 5-13 所示，(左)螢光綠矩形為 DFMfGT 模擬範圍，其中青色點為後處理程序三所辨識之溢流點位置，(右)為黃色圈所放大之圖，其中可發現粉紅色點為輸入 DFMfGT 模式之入流點位置。圖 5-14 所示，(左)為 DFMfGT 模式經過資料轉置成 QGIS 可直接讀取之(asc 格式)檔案，並再透過後處理程序二(整合上傳網頁技術)可將任意時間點之成果上傳至水土保持局開發之 BigGIS 網頁(右)、Google Earth 及本團隊開發之三維互動式網頁進行呈現。



圖 5-12 (左)後處理程序輸出檔案並 DFMfGT 模式需應用之檔案，(中)時間序列值水深、X 及 Y 方向流速之資料格式，(右)入流點位資訊



圖 5-13 (左)DFMfGT 模擬範圍(螢光綠矩形)，(右)為黃色圈放大之影像粉紅色點為辨識之入流點位置



圖 5-14 (左)DFMfGT 模擬成果於 QGIS 呈現圖，(右)將 DFMfGT 模擬成果上傳 BigGIS 呈現圖

第六章 結論

已依計畫工作執行計畫書初擬之工作預定期程確實執行，現階段已完成工作及內容，簡述如下：

第一節 結論

一、 整合地理資訊系統 QGIS 模組：

- (一) 針對期初審查會委員提出後續應以 QGIS 為主要模組之開發對象，現階段本團隊已完成開發前處理 5 種步驟及後處理模組 3 個步驟。為了快速可製作“降雨-逕流”模式所需之資料，本團隊也整合上述 5 種步驟成一個程序，方便使用操作。總結本案共開發 6 種前處理步驟及程序與 3 種後處理步驟。
- (二) 前處理模組之 5 種步驟包含：(1) 選取研究區域；(2) 截取模擬區域之數值地形及製作分佈式參數基準點；(3) 整合分佈式土地利用形態屬性繪製地表糙度係數與逕流曲線係數；(4)數值地形、地表糙度係數與逕流曲線係數轉換成 TIFF 檔案；(6) 分佈式參數基準點截取 QPESUMS 相對位置之降雨量並繪製成 TIFF 及 ASCII 檔案；(7) 轉換數值地形、地表糙度係數與逕流曲線係數之 TIFF 檔案至模式應用之 ASCII 檔案。
- (三) 後處理模組之 3 個步驟包含：(1)資料類型轉換模組：由“降雨-地表逕流”模式輸出之成果(plt 格式)轉置成 QGIS 可讀取之 ASCII 格式，輸出成果包含了模式每輸出時間及全模擬時間之最大值水深、X 及 Y 流速與通量；(2) 推估溢流點後處理：使用者只需選取分析範圍即可執行推估 5 個溢流點可

能位置，並輸出成 shapefile 格式，可互通於 QGIS 或 ArcGIS 等地理資訊軟體；以及 (3) 上傳網頁模組：使用者只需任意選擇後處理程序一所輸出之 ASCII 格式檔案，執行本程序後將輸出兩種網頁可讀取之檔案。其中 (1) 可透過上傳“upload_BigGIS”檔案至水土保持局開發之 BigGIS 進行呈現，或 (2) 點選“google_earth.kml”即可直接開啓 Google Earth 進行三維呈現，(3) 本團隊開發之 three.js 網頁可直接讀取“降雨-地表逕流”模式輸出之 plt 格式檔案。

(四) 目前本案開發之前後處理程序可直接透過 QGIS 之 Processing Toolbox 新增路徑方式即可使用。

二、 整合分佈降雨資料與土地利用形態資料:

- (一) 本案現階段已完成在數值模式控制方程式內增加地表糙度係數與逕流曲線係數可隨土地利用形態變化，並可透過前處理產生之分佈式參數匯入模式進行運算。
- (二) 爲了探討分佈式參數(地表糙度係數與逕流曲線係數)對於本團隊開發之“降雨-地表逕流”模式之敏感度，本案已針對嘉義縣 DF054、花蓮縣 DF136 與 DF041 情景探討。
- (三) 地表糙度係數對於“降雨-地表逕流”模式之敏感度分析得知，因流體處於無摩擦力運移行爲，使得降雨造成之地表逕流速過大往下游集中並流出模擬區域。
- (四) 逕流曲線係數對於“降雨-地表逕流”模式之敏感度分析得知，無論任何模擬區域面積大小都有顯著影響，因降雨全部都轉換成地表逕流量，造成中下游河道有水位明顯被擡升而呈現直線運移現象。

三、 精進判定土石流溢流點位置之方法：

- (一) 現行土石流溢流點經由人工手動判識決定，雖然有些準則可依循，但易受人為因素所影響，不同的判識人員可能會有不同的看法。以本團隊所研發之“降雨-地表逕流”模式進行模擬，可將降雨(時空)分佈條件納入考量，透過量化的物理量(如局部水深、通量 等)來協助判識溢流點可能位置。
- (二) 考慮因素包含了地形變化、降雨分佈狀況、通量分佈變化，以客觀的方式評估可能溢流點所在。
- (三) 對於後處理程序二(推估溢流點)，使用者只需選定分析範圍即可套入後處理程序一所輸出之最大通量(asc 檔案)執行推估溢流點。本程序將輸出 5 個溢流點可能發生位置圖層(shp 格式)。
- (四) 本案也針對嘉義縣 DF054、花蓮縣 DF136 與 DF041 進行情景探討，應用颱風及豪雨事件(105 年梅姬颱風、105 年馬勒卡颱風與 106 年 1014 豪雨)所記錄之 QPESUMS 分佈式降雨量資料(asc 格式)透過“降雨-地表逕流”模式結合溢流點推估後處理程序，發現三者所推估之溢流點可能發生位置都在水土保持局劃設之溢流點周遭。
- (五) 針對模擬成果上傳網頁技術方面，已整合兩種網頁包含可上傳至水土保持局開發之 BigGIS 網頁呈現之“upload_BigGIS.zip”及可直接應用 Google Earth 開啓之“google_earth.kml”檔案。

表 6-1 本計畫之工作進度與完成度

工作項目	時間	109年										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
以Python整合QGIS進行模式前處理												
整合分佈降雨資料與土地利用形態資料												
提出有效的土石流溢流點確認方法												
期初報告提交												
期中報告提交												
期末報告提交												
成果報告提交												
預定進度累計(%)		5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100
計畫執行期限：自109年02月06日至109年12月31日止												
> 期初簡報時須完成工作：(一)提出Python編撰QGIS模組構想；(二)提出地表逕流、地表糙度與土石流溢流點位置確認功能於降雨-地表逕流數值模式之構想。 > 期中簡報時須完成工作：(一)確認QGIS前後處理模組編輯架構；(二)案例探討地表逕流、地表糙度與溢流點推估位置確認功能；(三)確認BigGIS網頁呈現格式。 > 期末簡報時須完成所有工作。□(期末報告至契約完成期間，如委託機關發現問題稱需協助修正)												

參考文獻

參考文獻

1. 大規模崩塌災害防治行動綱領，行政法人國家災害防救科技中心，2015。
2. 李光敦，水務學，五南圖書出版公司，2005。
3. 王福杰，3Di 應用於淹水即時預報之研究，國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文，2018。
4. 行政院農業委員會水土保持局 計畫結案報告(編號：SWCB-102-073)，102 年高屏溪山坡地大規模崩塌致災潛勢調查評估，2013。
5. 行政院農業委員會水土保持局 計畫結案報告(編號：SWCB-1060407015B)，歷史圖資活化與變遷分析研究，2018。
6. 行政院農業委員會水土保持局 創新研究計畫結案報告(編號：SWCB-107- 267)，智慧式合理估算坡面崩塌量體及其運移行為，2018。
7. 行政院農業委員會水土保持局 創新研究計畫結案報告(編號：SWCB-108- 01-06-001(41))，智慧式合理估算坡面崩塌量體及其運移行為之精進研究，2019。
8. 行政院農業委員會水土保持局，土石流潛勢溪流劃設作業手冊，2019 年 1 月 31 日。
9. 呂玟潔，雷達降雨應用於農業災害預警之可行性研究，淡江大學水資源及環境工程學系碩士論文，2018。
10. 李坤錠，以理想曲面評估滑動崩塌破壞曲面之研究，國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文，2019。
11. 沈志全，資料可靠度對颱風時期 QPESUMS 及洪水預報影響之研究，國立臺北科技大學工程學院工程科技博士班，2017。
12. 林家興，河道隘口對於重大土砂災害後河道輸砂影響之研究，國立成功大學水利及海洋工程學系博士論文，2018。
13. 科技部災害管理資訊研發應用平台(<http://dmip.tw/Lone//index>).

- aspx)
14. 陳世楷，水稻田入滲試驗與數值模擬，國立台灣大學農業工程研究所，博士論文，1999。
 15. 陳振宇，“重現資料全方位價值 BigGIS 加值與開放服務”，國發會公共治理協調會簡報資料，2019。
 16. 許登傑，大規模崩塌災害風險之研究，國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文，2017。
 17. 蔡政宏，雲林灌區水田灌溉迴歸水之推估研究，國立嘉義大學土木與誰資源工程學系研究所碩士論文，2006。
 18. 蔡欣妤，以系統動力模型評估農業灌溉系統之研究，國立中央大學土木工程研究所碩士論文，2009。
 19. 羅佳明，馮正一，鍾言鑫 & 董雅婷，“數值模擬與危害評估應用於潛在崩塌影響範圍之劃設。”中華水土保持學報, 47(1), 13-23, 2016。
 20. F. Canora, M.D. Fidelibus, A. Sciortino and G. Spilotro, “Variation of infiltration rate through karstic surfaces due to land use changes: A case study in Murgia (SE-Italy)”, Engineering Geology, 99.3-4: 210-227, 2008.
 21. FLO-2D Reference Manual, 2009.
 22. S. Horiuchi, E. Iwanami, K. Nakatani, Y. Satofuka and T. Mizuyama. “Development of" Hyper KANAKO", a debris flow simulation system using with laser profiler data.” Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering, 64(6), 25-31, 2012.
 23. I. Luca, Y.C. Tai and C.Y. Kuo, “Shallow Geophysical Mass Flows down Arbitrary Topography.” Springer Verlag, ISBN: 978-3-319-02626-8, 2016.
 24. A. Kurganov and E. Tadmor. "New high-resolution central schemes for nonlinear conservation laws and convection–diffusion equations." Journal of Computational Physics 160.1 (2000): 241-282, 2000.
 25. A. Kurganov and J. Miller, “Central-upwind scheme for Savage–

- Hutter type model of submarine landslides and generated tsunami waves.” Computational Methods in Applied Mathematics, 14(2), 177-201, 2014.
26. K. Nakatani, E. Iwanami, S. Horiuchi, Y. Satofuka and T. Mizuyama, “Application of HyperKANAKO” , a debris flow simulation system using laser profiler data.”, Proceedings of INTERPRAEVENT, p. 9, 2014 .
 27. K. Nakatani, S. Hayami, Y. Satofuka and T. Mizuyama, “Case study of debris flow disaster scenario caused by torrential rain on Kiyomizudera, Kyoto, Japan-using Hyper KANAKO system.”, Journal of Mountain Science, 13.2: 193-202, 2016.
 28. Soil Conservation Service, “Hydrology” Suppl. A to Sec 4, Engineering Handbook, U.S Department of Agriculture, 1968.
 29. Y.C. Tai, C.Y. Kuo and W.H. Hui, “An alternative depth- integrated formulation for granular avalanches over temporally varying topography with small curvature.” Geophys. Astrophys. Fluid Dyn., 106(6), 596–629, 2012.
 30. Y.C. Tai, J. Heß and Y. Wang, “Two-Phase Debris Flow over Rugged Topography: Modeling and Numerical Simulation.” Journal of Geophysical Research -- Earth Surface, 124, 305-333, 2019.
 31. Y.C. Tai, C.J. Ko, K.D. Li, Y.C. Wu, C.Y. Kuo, R.F. Chen and C.W. Lin (2020). An Idealized Landslide Failure Surface and its Impacts on the Traveling Paths. Frontiers in Earth Sciences, 8:313, 2020.
 32. G. Yanagisaki, M. Aono, H. Takenaka, M. Tamamura, K. Nakatani, E. Iwanami, S. Horiuchi, S. Yoshifumi and T. Mizuyama. “Debris Flow Simulation by Applying the Hyper KANAKO System for Water and Sediment Runoff from Overtopping Erosion of a Landslide Dam.” International Journal of Erosion Control Engineering, 9(2), 43-57, 2016.

附錄 一 計畫書審查意見暨回覆辦理情形

審查意見	回覆辦理情形
1. 本計畫選用 GIS 是 QGIS 和 ArcGIS，對於 3D 展示並不是特別理想，不方便讓使用者在網路上操作，也不方便疊圖其他圖層，建議評估改用在其他 Web-Base-GIS 可行性。	感謝委員建議。本計畫此工項的主要目的在於與現行的 GIS 系統能夠整合，輸出與輸入的資料均能夠相容，以方便其他 GIS 系統的使用者也能有效利用本計畫之成果，而非利用 QGIS 或是 ArcGIS 的 3D 展示。除了本研究團隊所自行發展之 Web-Based 3D 展示系統，也非常樂見可在其他 Web-Base-GIS 上展現運算成果的可行性。
2. 建議評估將 DFMfGT 模式，與現有局內的 Web-Base-GIS 平台整合。例如:BigGIS，開發可以設定各種參數的介面，直接從網頁上執行 DFMfGT 模式，並讓 BigGIS 可以展示成果，就解決了前述的問題。	感謝委員建議。本團隊非常樂意與水土保持局所研發之 BigGIS 進行整合，因本團隊未接觸 BigGIS 之開發，承辦單位已洽詢該開發團隊，並取得相關檔案格式。

附錄 二 期初審查意見暨回覆辦理情形

報告格式

審查意見	回覆辦理情形
1.P2-19：標題應為無因次“液相”通量方程式，請修正	感謝委員提醒，已於 2-19 頁修改。
2.歷次計畫(含核定本)審查之意見及回復情形，請增列於各期報告書之附錄	感謝委員提醒，已補充於附錄。

報告工項及內容

審查意見	回覆辦理情形
1.本研究之工作包括(1)整合 QGIS 與 ArcGIS 模組、(2)分布式參數整合於 DFMfGT 數值模式、(3)探討土石流溢流點位置確認方法。工作明確、可行性高。	感謝委員肯定！
2.摘要說明宜將系統輸入及產出界定清楚，崩塌流動與土石流運移行為宜有切割或綜整之描述。	感謝委員提醒！本案以自行開發之”降雨-地表逕流數值模式”來估算溢流點位置，並作為後續進行土石流數值模式模擬計算之參考基準。
3.工作項目二，分布式參數整合於 DFMfGT 模式，宜將參數導入精進模式之具體效益有所說明。	感謝委員提醒！有鑑於現有的相關數值模擬模式均未能將 GIS 內已具備之地表糙度或是土地利用型態列入考量，本案預期之成果將能夠實質探討該分布式參數對影響範圍的影響。
4.工作項目三，精進土石流溢流點位置之研究與傳統水保局方法不同，本計畫土石流主要是崩塌之土砂運移行為，在論述上宜有界定說明。	感謝委員提醒！本案能提供另一可能的選擇方案，來重新審視評估現行透過經驗法則由人工選定之溢流點位置的合理性，避免人為因素的差異性。

審查意見	回覆辦理情形
5.本案為資訊整合展示計畫，有關精進災害情景模擬探討之評估，宜有量化值精進說明。	感謝委員提醒！本案規劃之成果得以整合地理資訊系統上之龐大資料庫資源，情景模擬探討成果可回傳並呈現顯示於 (a)所採用的地理資訊系統(QGIS)上、(b)本團隊開發之 3D 互動網頁、或是(c)水保局開發的 BigGIS 網頁上等三種選項。
6.各類重要模式之參數文獻缺漏。	感謝委員提醒，已補充相關參數文獻。
7.資料庫與本研究研發之程式如何連結？資料架構應事先規劃，如與 BigGIS 的資料存取關係及權限應說明。	感謝委員提醒！針對與 BigGIS 連結部分，本團隊現階段做法為將格式轉換成 BigGIS 網頁可讀取之 shapefile 格式，並於 BigGIS 網頁下”輔助工具”欄上傳計算之成果進行呈現 (亦可參閱期中報告書第二章二節或是第六章二節)。
8.欲引用 Tai et al.(2019)提出之兩項理論模型找出土石流之溢流點，此模型如何與以上資料庫、QGIS、ArcGIS 連接欠缺說明。是以 Build-in 或 Build-with 的方式處理？如何以自動化產生溢流點之三維模型也須說明。	感謝委員提醒！補充說明事項：一、QGIS 及 ArcGIS 工具箱作為 DFMfGT 模式輸入地形及分布式參數之前處理，其主要以 Build-in 的方式建置於 QGIS，使用者只須將前處理後之資料上傳至網頁 DFMfGT 模式進行土石流運移情景探討；二、自動化產生溢流點之三維模型主要透過本團隊研發之”降雨-地表逕流模式”計算協助判斷可能溢流點位置。
9.P1-3 與 P3-1：計畫工作項目一部分「整合 QGIS 與 ArcGIS 模組」，因為 ArcGIS 為付費之商業軟體，故不建議進行 ArcGIS 工具箱之開發，建議改以 QGIS 為主進行開發，後續開發之	感謝委員意見！本團隊後續將以 QGIS 作為主要開發 plugin 工具箱並增加使用者操作提示頁面。

審查意見	回覆辦理情形
Plugin 工具箱，建議於使用頁面提示相關輸入資料之說明。	
10. P2-25：在網頁版 DFMfGT 參數設定頁面，建議提示為參數預設範圍值，後續使用者比較不會因設定錯誤參數值而無法使用。	感謝委員提醒！本團隊已在網頁網頁版 DFMfGT 參數設定頁面增加建議設定範圍值供使用者參考(可參閱期中報告書圖 2-32 補充說明)。
11. P2-26：在模式模擬流程設置中，於 HyperKANAKO 模式上，其可變動設定之參數多達十項，建議團隊於參數設定上，先以地形變化影響參數、粒徑大小、邊界條件、流量、輸砂濃度等因子為必須輸入參數，其中因子則不顯示，或是提示使用者以預設值並不建議不更動參數數值。	感謝委員提醒！本團隊於網頁網頁版 DFMfGT 參數設定之頁面將提示使用者相關的參數設定範圍值，若有不建議更動之參數值則不顯示，以避免誤植造成誤解。

附件三 期中審查意見暨回覆辦理情形

報告工項及內容

審查意見	回覆辦理情形
1. “降雨-地表逕流”，全文之逕流宜修正為[逕流]。	感謝委員提醒！本團隊於期末報告書中已修正。
2. 第三節分佈式參數與數值模式之整合，圖 2-9 及圖 2-10 宜清楚說明 QPESUMS 資料可更加描述河道水深及淹水範圍。	感謝委員提醒！本團隊已於期末報告書 2-9 提出說明。主要造成此成果差異為由雨量站檢測之降雨量經過空間內插之降雨量將無法評估區域最大最小值。
3. 表 2-1 不同土地利用對應地表糙度之分類依據，不宜以前人建議表單加以操作，且各類型之分類及採單一係數之至呈現方式是否合理，宜有探討說明。	感謝委員提醒！本團隊已修改表 2-1 之內容，增加了前人說提出之建議值範圍，並且與本團隊開發之“降雨-地表逕流”模式進行參數率定後提出適合本模式應用之地表糙度係數大小。
4. 降雨-地表逕流模式，宜考量 SCS-CN 之最大保水量、土壤質地及土地利用分類所推算之 CN 值是傳統常用指標，其所推薦之 S(最大保水量)空間分佈可反映超滲透降雨之分佈，建議加以比較。	感謝委員提醒！本團隊已完成增加逕流曲線係數(CN 值)作為模式考量因子之一，其土地利用對應之 CN 值可參閱表 2-2。
5. 精進判定土石流溢流點位置，宜考量土石流規模，尤其在轉彎處，不同規模有差異之溢流點，通常規模越大越不受 DEM 約束，呈直進性。	感謝委員提醒！本團隊已於期末報告之第六章第一節推估溢流點進行三處土石流潛勢溪流進行情景探討，發現有直進性之案例。
6. 小林村 2009 年莫拉克颱風崩塌事件，仍需考量地表糙度係數，進行溢流點位置評估之必要性說明，顯示模式模擬與實際不符，因大規模崩塌地表糙	感謝委員提醒！本案之案例探討因小林村案例之特殊性，需另行考量，已將其排除。

審查意見	回覆辦理情形
度係數對土砂運移之速率影響不大。	
7. P2-1 已確認以 QGIS 模組為主要進行 plugin 開發，建議將文中 ArcGIS 去掉，避免誤解。	感謝委員提醒！本團隊於期末報告書中已修正。
8. 團隊於第 4 章 整合地理資訊系統 QGIS 模組中，其操作介面功能相當完善，於報告書內是使用 Mac 系統作為展示，建議團隊於附錄補充 Windows 操作介面。	感謝委員提醒！本團隊於期末報告書中之附件四進行呈現 Windows 操作介面圖。
9. P4-13 中，圖 4-31 及圖 4-32 為指定輸出 Tiff 檔範圍之 X 及 Y 網格之數量，並非解析度大小，請團隊修正。	感謝委員提醒！為了避免使用者輸入過多的資訊，本團隊在期末已精進前後處理程序。使用者未來只需輸入解析度大小，其他參數將由前後處理程序自行判識輸入。
10. P5-4 及 P5-5，有無地表糙度係數之模擬成果相近，建議團隊補充使用之參數差異性，將忽略地表糙度模擬所用之參數與考慮使用之模擬差異度調整，以利探討地表糙度係數對水深影響。	感謝委員提醒！如期末報告書所述，第五章之成果同時考慮分佈式逕流曲線係數與地表糙度係數，並進行模擬結果差異性之比較。

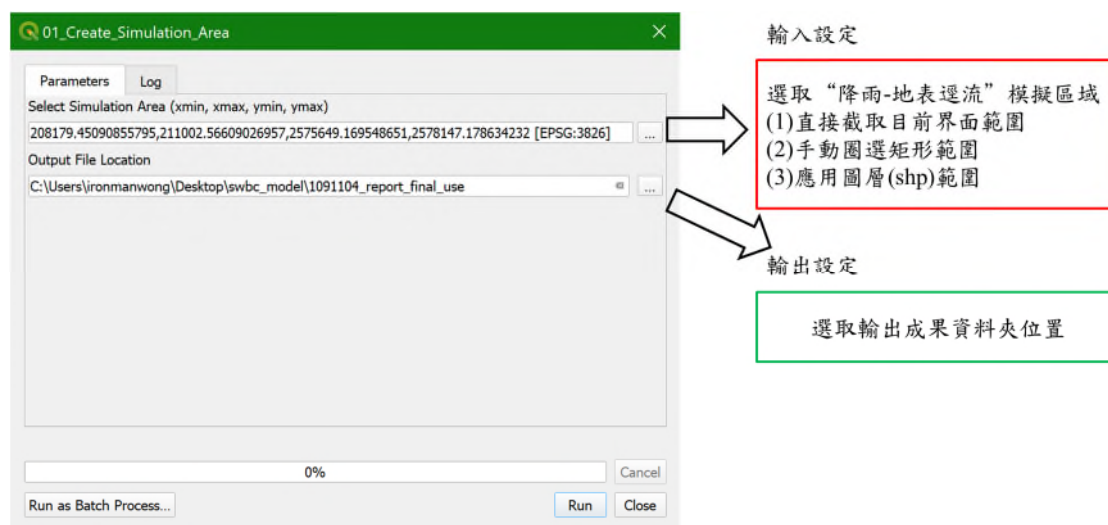
附件 四 期末審查意見暨回覆辦理情形

報告工項及內容

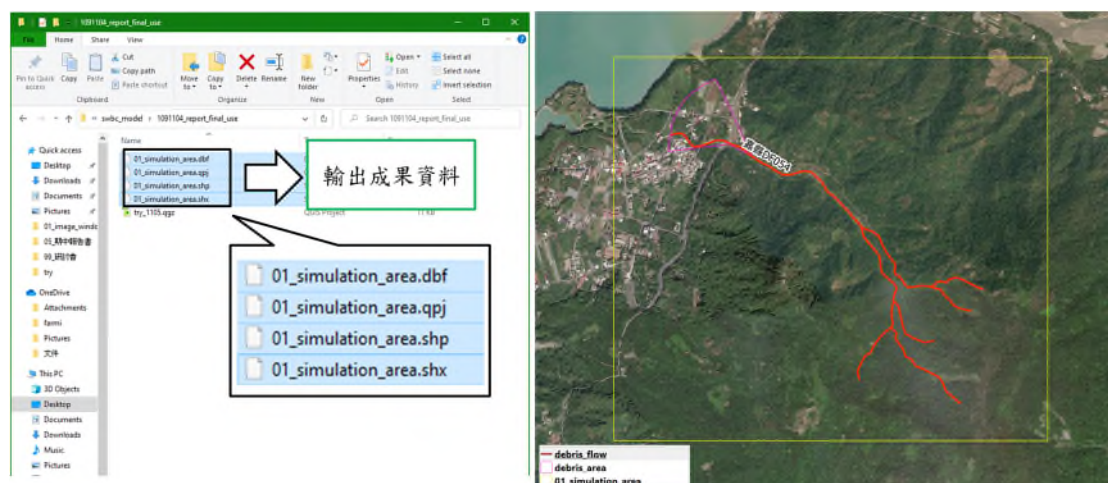
審查意見	回覆辦理情形
1.如未來國土測繪中心開始釋出 HydroDEM，格式若同現行 dem(TIF)是否有機會增加預測準確性？(流動段與堆積段)以及目前模擬來說，是否為定床(地形與地表逕流)，未來 HydroDEM 上的建物是否模擬方式來說設定為不可沖毀(定床)，未來是否可設定動床或其他方式模擬？	1. a) 相較於 DEM，HydroDEM 另提供房屋與水工構造物之分佈狀況資料，現階段之模式均可使用。未來降雨-地表逕流模式或二相流土石流模式若能夠應用 HydroDEM，可更精準描述水體或土砂之運移行為。 b) 現階段所呈現之模擬結果均以定床模式來進行，由於該模式為本團隊所自行開發，可設定沖毀時間點進行情境探討。 c) 可增加動床模式（侵蝕／堆積）但仍有許多參數待率定。
2. 地表逕流有包含在模組內，換言之是否採用河道與 HydroDEM，把土石流土改成純水體後，設定通洪斷面後可做簡單淹水模擬？(河道水體視為地表逕流，計算是否破堤或回水)	2. a) 所採用之降雨-地表逕流模式並不包含在 QGIS 模組內，但可以連結使用。 b) 現階段的二相流土石流模式或是降雨-地表逕流模式均可適用於 HydroDEM，但是有關通洪斷面流量之計算，其精確度會受到 DEM 的精度影響。 c) 所採用之數值方法均具備震波擷取(shock-capturing)的特性，可適切描述水躍或是回水等現象。
3. 承上述，或者簡化成模擬河道型土石流，計算河道土砂遞移情況？	3. 有關河道流量之計算，河道之幾何形狀須要高精度的 DEM，河道型土石流還是以 1D 河道計算方式最有效率。

審查意見	回覆辦理情形
4. 未來本局相關研究可否引用本案之軟體模組？軟體模組開源程度，目前如何規劃？Gitlab？GPA 授權或是以固定模組公局內與相關業務單位使用？	4. 本案所開發之 QGIS 模組為開源軟體，數值模式為本團隊自行開發之成果，所以版權問題較單純。數值模式目前撰寫期刊論文中，屆時將提供可執行檔相關套件供使用者下載，若貴局相關單位有意願使用，可以可執行檔的方式進行使用。
5. 模組是否可分析建物或結構物對土石流運移之影響？	5. 現階段仍須額外將結構物設定於數值地形上(如 DEM 或是 HydroDEM)，即可透過二相流土石流模式瞭解結構物對於土體運移行為之影響。

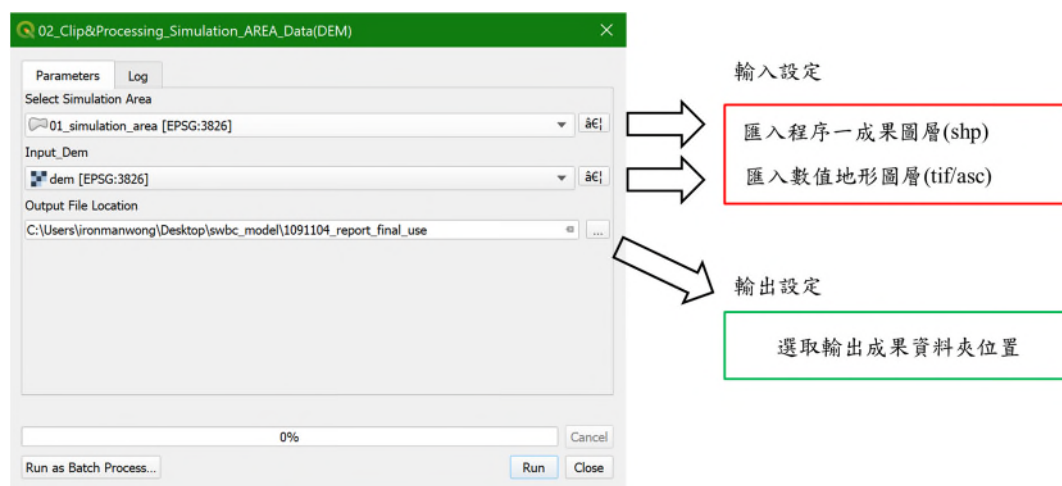
附件 五 前後處理程序之 window 界面範本



圖附五-1 前處理程序一(選取模擬範圍)操作頁面圖

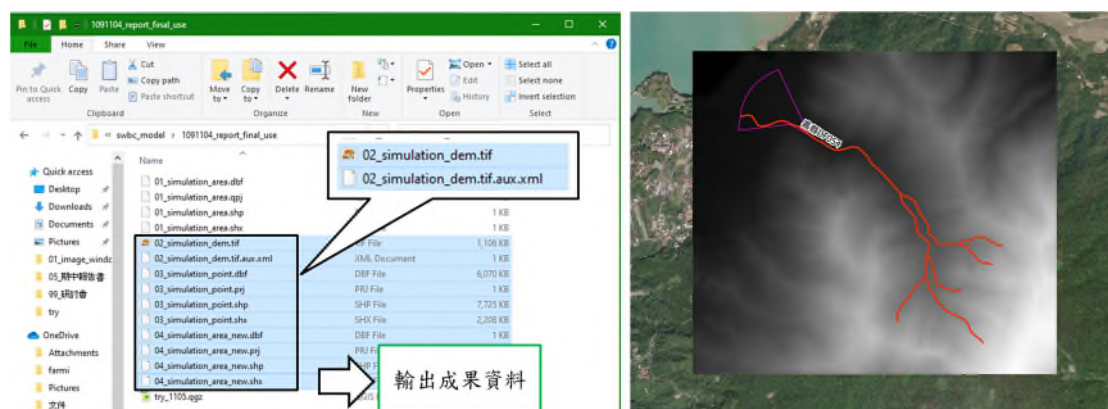


圖附五-2 (左)前處理程序一所輸出之檔案，(右)前處理程序一輸出之成果於 QGIS 頁面呈現狀況圖

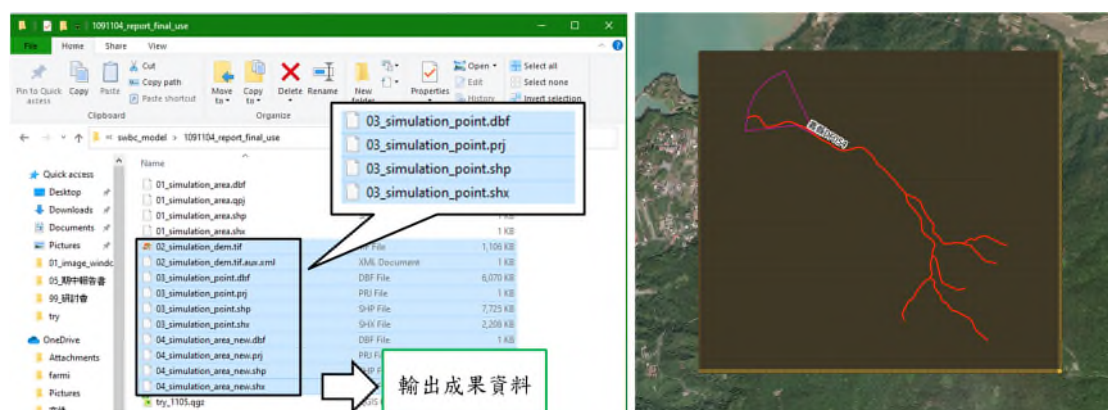


圖附五-3 前處理程序二(截取模擬範圍數值地形與模式基準點資料圖

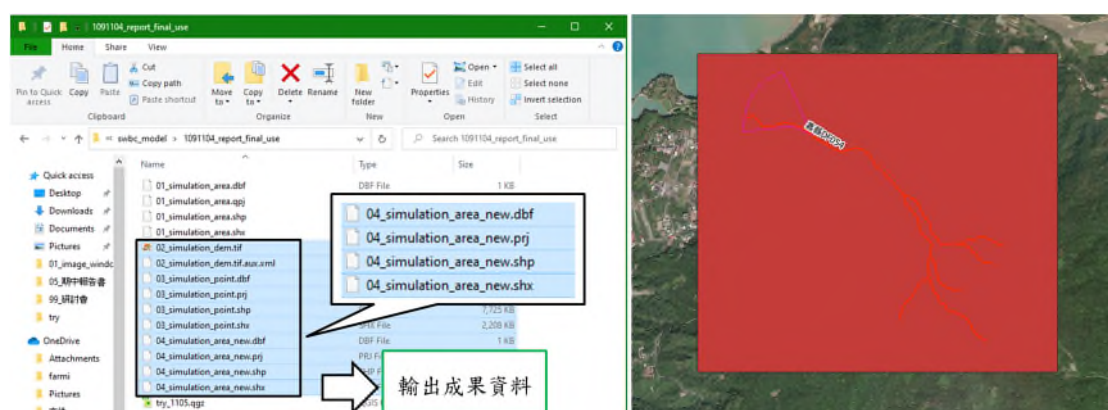
層)操作頁面圖



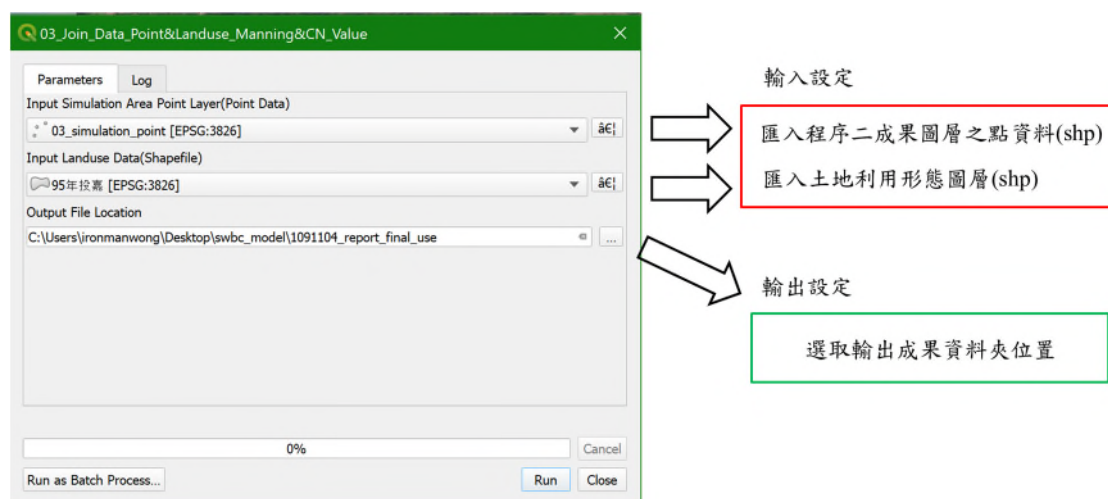
圖附五-4 (左)前處理程序二所輸出之檔案，(右)前處理程序二之截取數值地形(DEM)於 QGIS 頁面呈現狀況圖



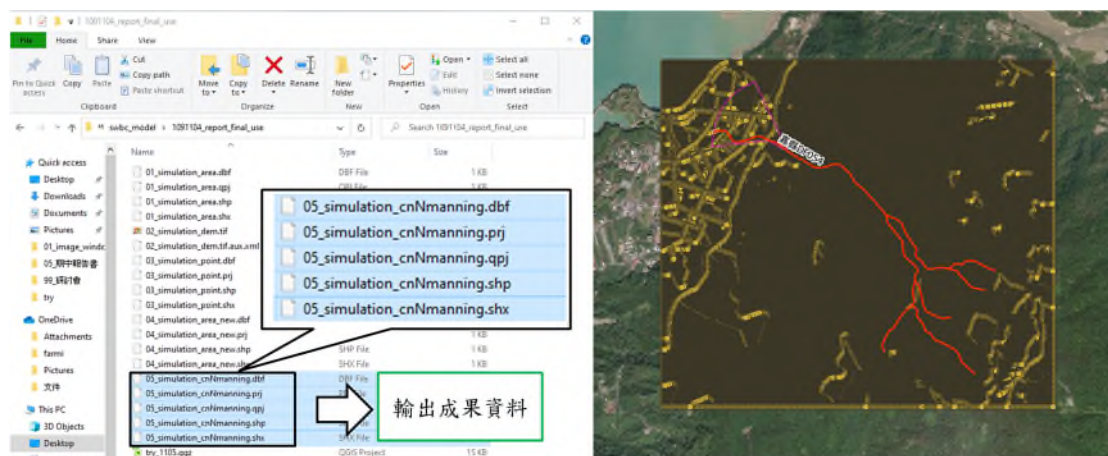
圖附五-5 (左)前處理程序二所輸出之檔案，(右)前處理程序二之模式基準點資料於 QGIS 頁面呈現狀況圖



圖附五-6 (左)前處理程序二所輸出之檔案，(右)前處理程序二之新模擬範圍圖層於 QGIS 頁面呈現狀況圖



圖附五-7 前處理程序三步驟一(整合土地利用形態與模式基準點資料)操作頁面圖

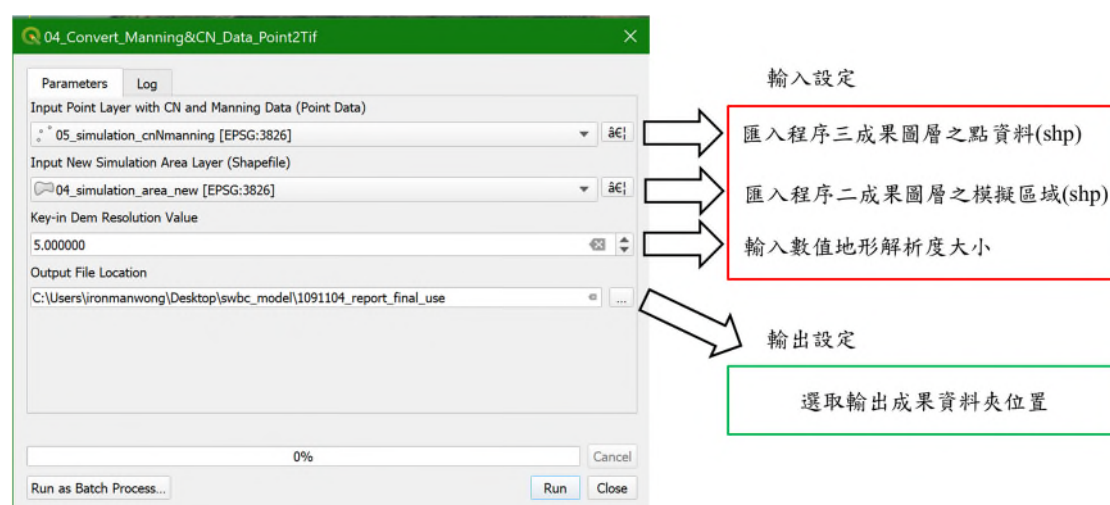


圖附五-8 (左)前處理程序三步驟一(所輸出之檔案，(右)前處理程序二之整合土地利用形態之模式基準點資料圖層於 QGIS 頁面呈現狀況圖



	VALUE	ID	LCODE_C1	LCODE_C2	LCODE_C3	METHOD	manning	cn
1	267.20001221	0 05	0501	050101	050101	1	0.050	80.5
2	267.57000732	0 05	0501	050101	050101	1	0.050	80.5
3	268.05999756	0 05	0501	050101	050101	1	0.050	80.5
4	266.66000366	0 05	0501	050101	050101	1	0.050	80.5
5	266.98999023					1	0.050	80.5
6	267.36999512						0.050	80.5
7	267.88000488						0.050	80.5
8	266.45001221	0 05	0501	050101	050101	1	0.050	80.5
9	266.77999878	0 05	0501	050101	050101	1	0.050	80.5
10	267.16000366	0 05	0501	050101	050101	1	0.050	80.5
11	267.70001221	0 05	0501	050101	050101	1	0.050	80.5
12	264.27999878	0 02	0201	020104	020104	0	0.055	70.0
13	264.75000000	0 02	0201	020104	020104	0	0.055	70.0
14	264.08999634	0 02	0201	020104	020104	0	0.055	70.0

圖附五-9 前處理程序三步驟一之整合土地利用形態之模式基準點資料圖層之屬性表，黑色方框內為對應土地利用形態之地表糙度係數(manning)與逕流曲線係數(cn)



Parameters Log

Input Point Layer with CN and Manning Data (Point Data)
05_simulation_cnManning [EPSG:3826]

Input New Simulation Area Layer (Shapefile)
04_simulation_area_new [EPSG:3826]

Key-in Dem Resolution Value
5.000000

Output File Location
C:\Users\ironmanwong\Desktop\swbc_model\1091104_report_final_use

0%

Run as Batch Process... Run Close

輸入設定

匯入程序三成果圖層之點資料(shp)

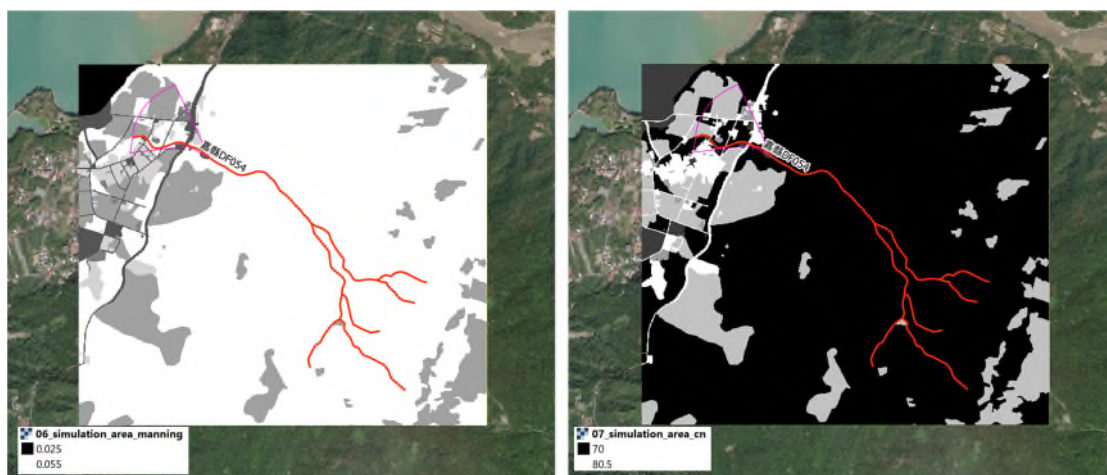
匯入程序二成果圖層之模擬區域(shp)

輸入數值地形解析度大小

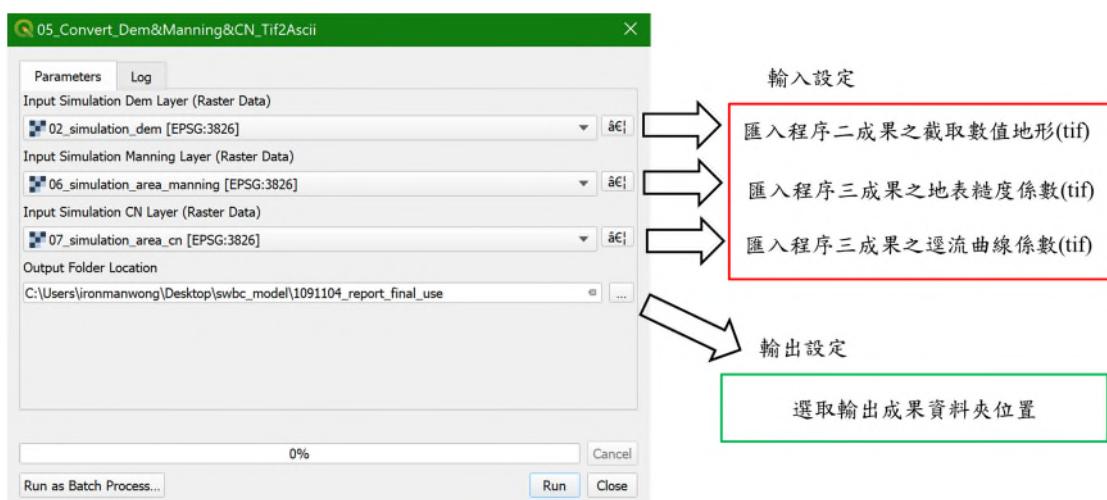
輸出設定

選取輸出成果資料夾位置

圖附五-10 前處理程序三步驟二(模式基準點資料轉置成 tif 格式圖層)操作頁面圖

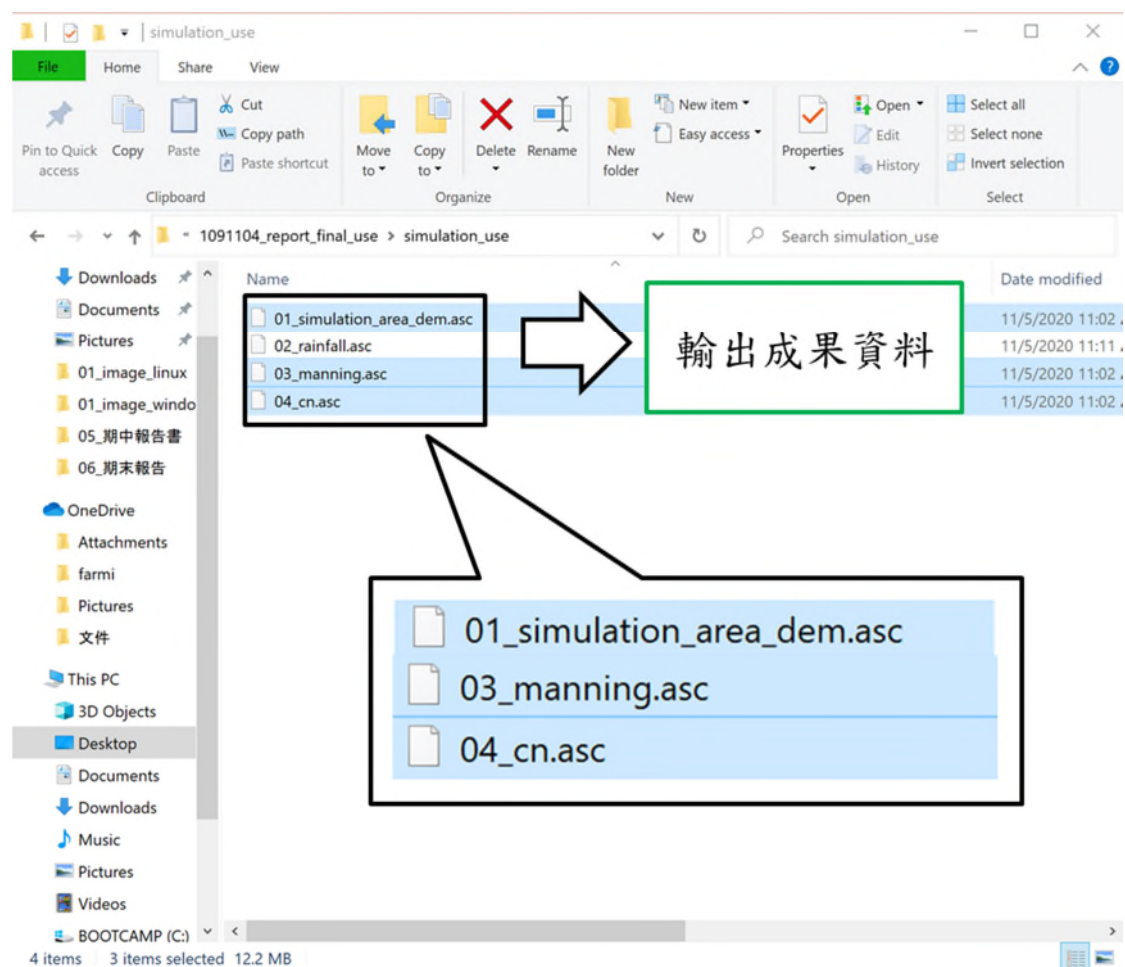


圖附五-11 前處理程序三步驟二輸出成果於 QGIS 呈現狀況(左)地表糙度係數(右)逕流曲線係數

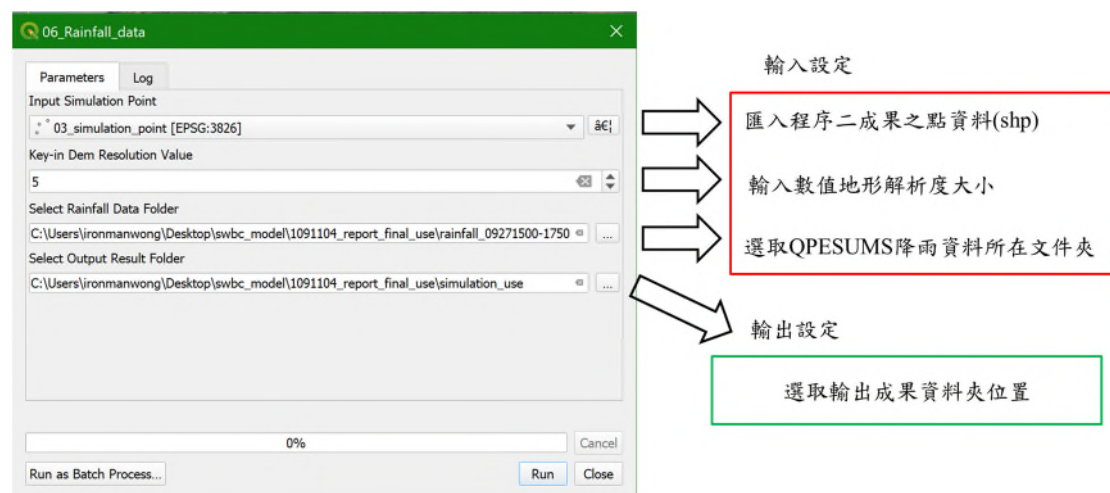


圖附五-12 前處理程序四(資料 tif 格式轉置成模式可讀取之 asc 格式)操作頁面圖

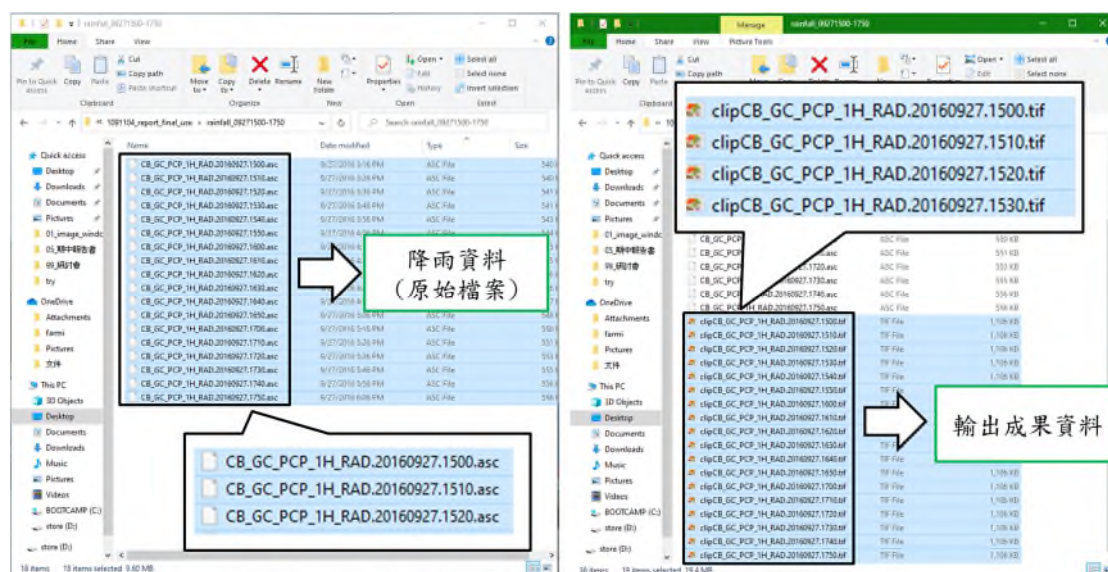
附件五 前後處理程序之 window 界面範本



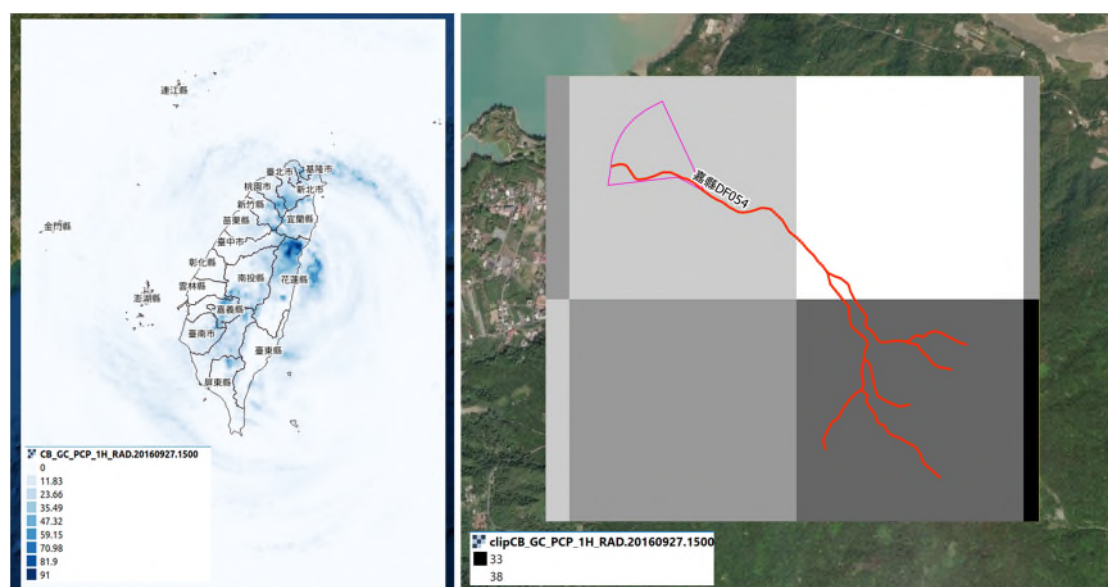
圖附五-13 前處理程序四之輸出檔案圖



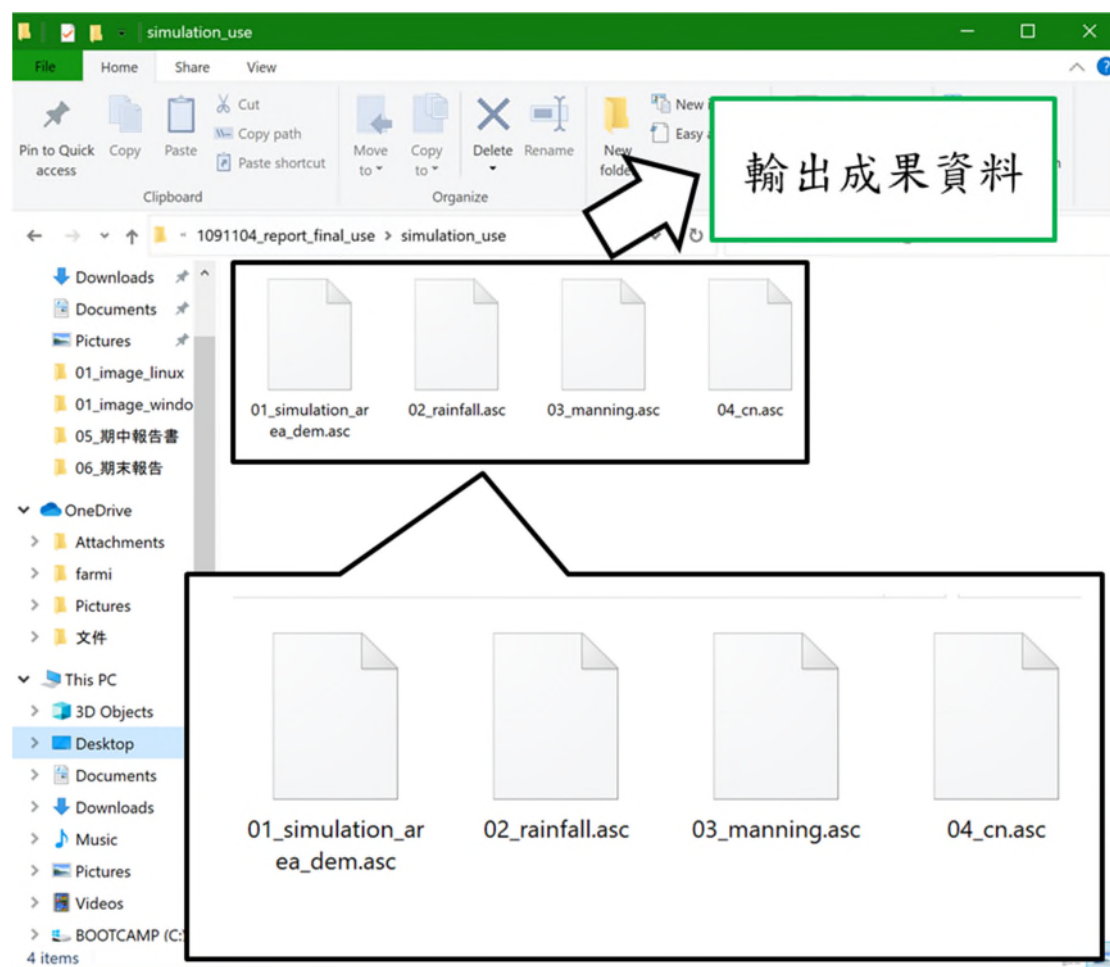
圖附五-14 前處理程序五(降雨資料轉置)操作頁面圖



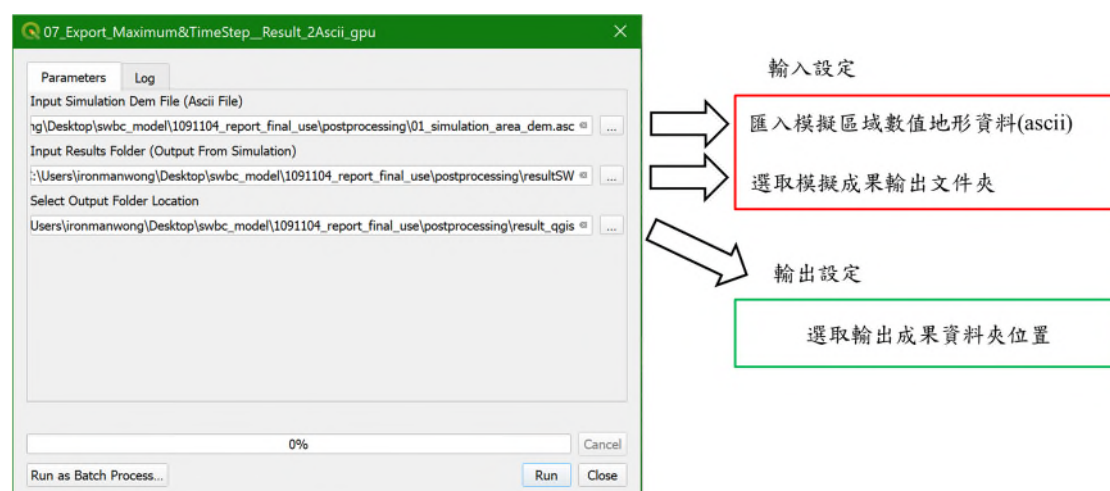
圖附五-15 (左)前處理程序五需輸入檔案(asc 格式)圖，(右)前處理程序五輸出截取模擬區域內之降雨量檔案(tif 格式)圖



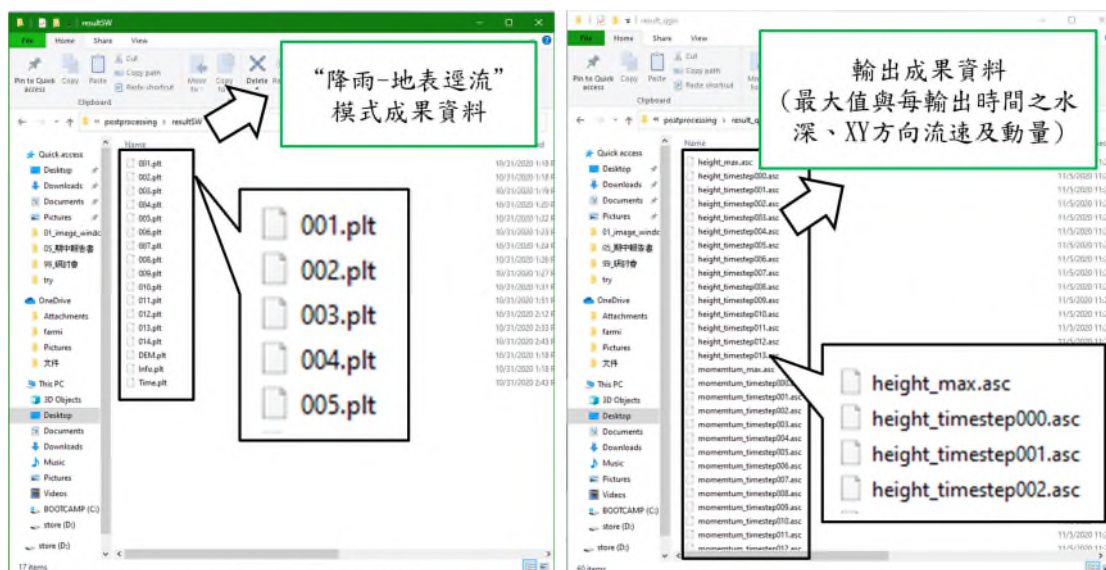
圖附五-16 (左)前處理程序五需輸入降雨量分佈資料(QPESUMS)於 QGIS 頁面呈現狀況，(右)前處理程序六輸出之模擬區域內之降雨量分佈資料(tif 格式)於 QGIS 呈現狀況圖



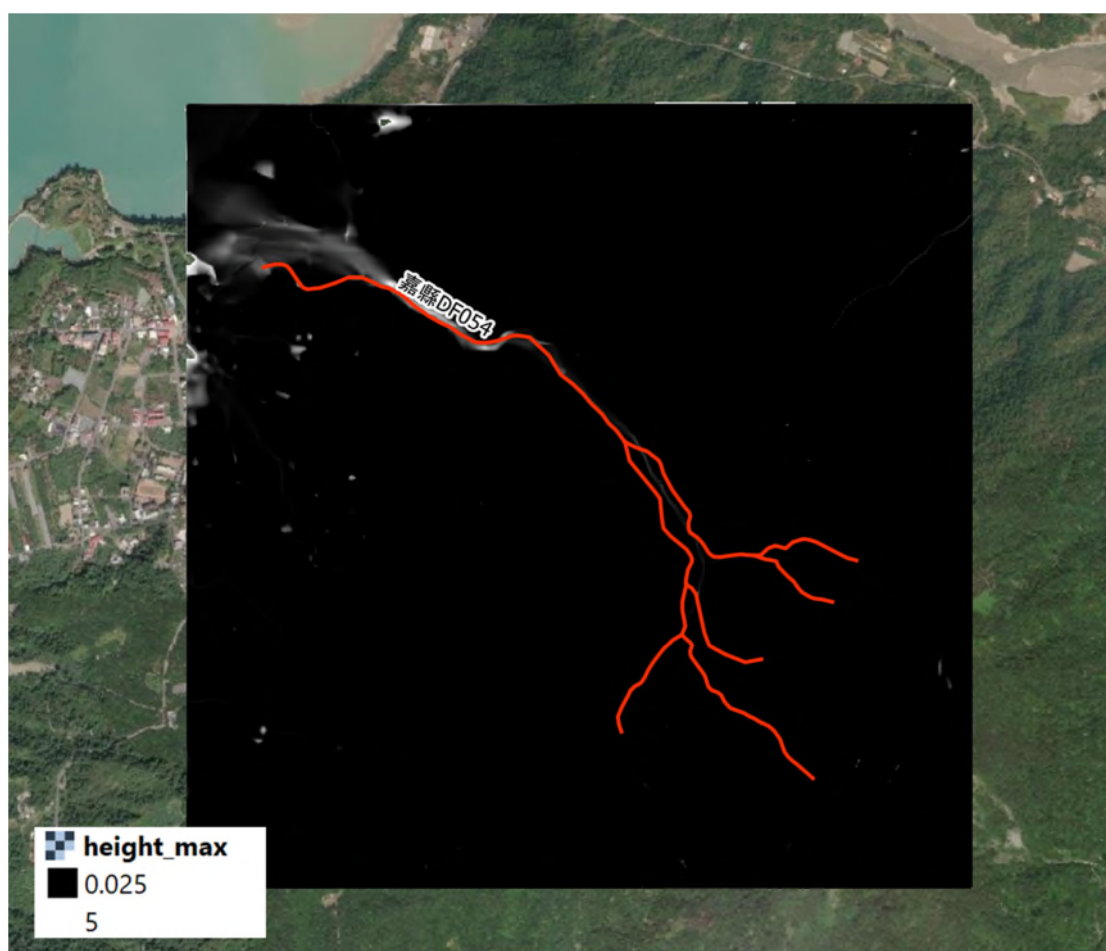
圖附五-17 前處理程序所產生之“降雨-地表逕流”模式所需之輸入檔案圖



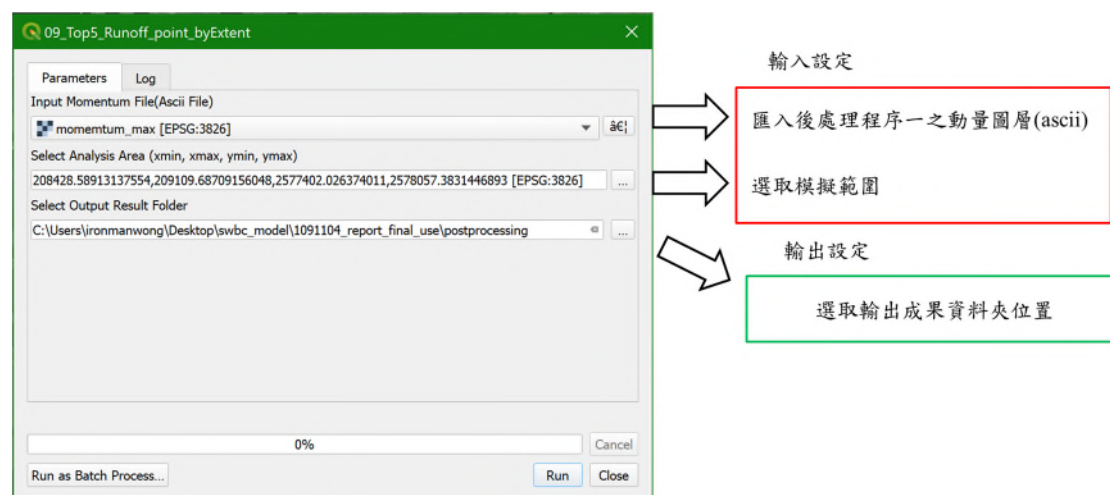
圖附五-18 後處理程序一(模擬成果資料轉置)操作頁面圖



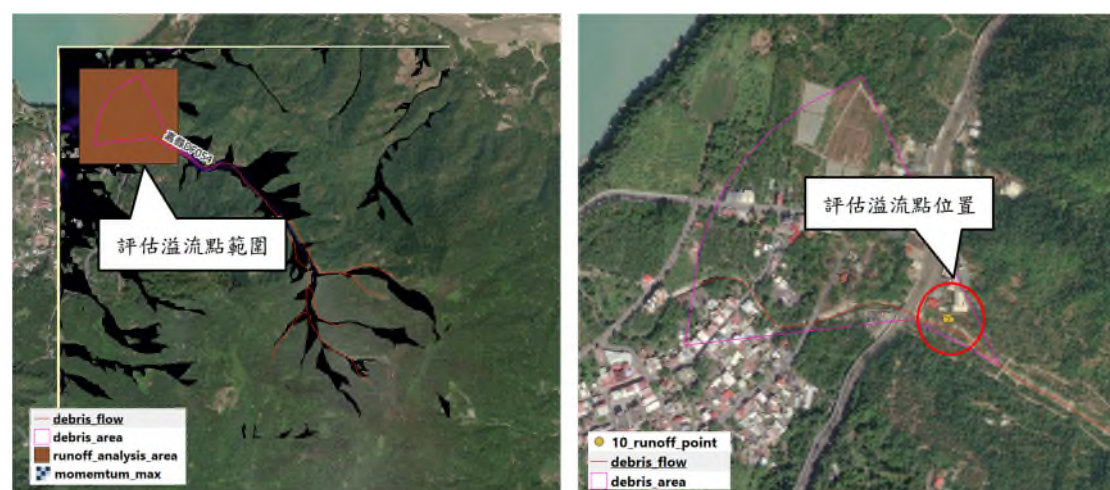
圖附五-19 (左)“降雨-地表逕流”模式所輸出之各時間點資料，(右)由後處理程序一所輸出之(asc 格式)檔案圖



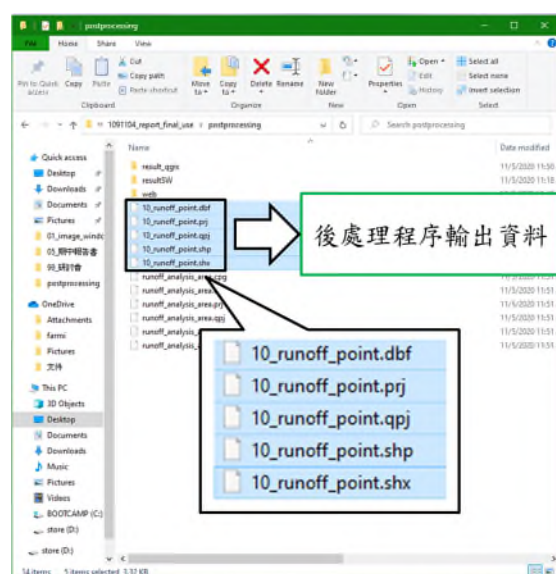
圖附五-20 後處理程序一所輸出之最大水深分佈資料(asc 格式)於 QGIS 頁面呈現狀況圖



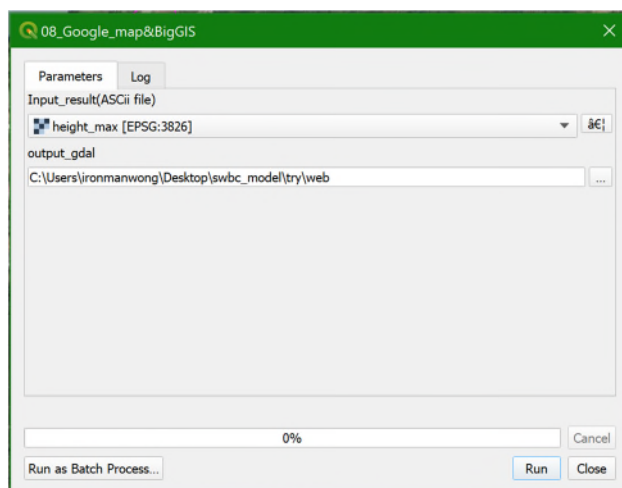
圖附五-21 後處理程序二(溢流點推估)操作頁面圖



圖附五-22 (左)後處理程序二輸入推估溢流點位置之範圍圖層(褐色)，(右)由後處理程序二所推估之溢流點位置圖層



圖附五-23 後處理程序二所輸出之檔案



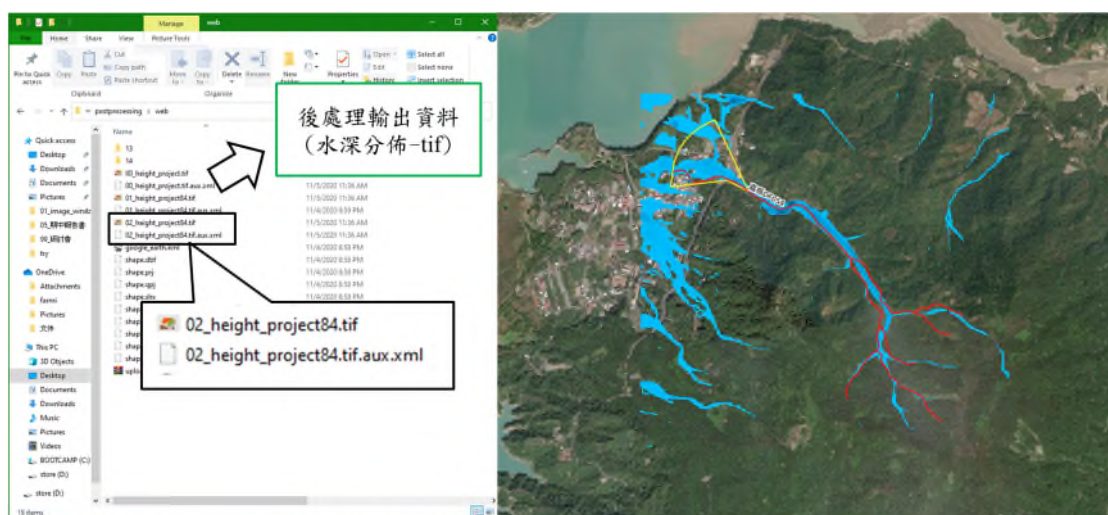
輸入設定

匯入後處理程序一之任意圖層(ascii)

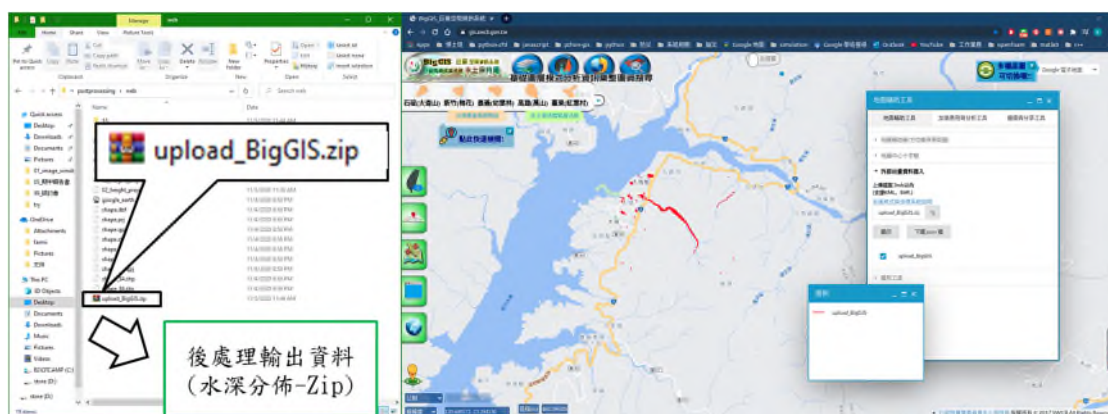
輸出設定

選取輸出成果資料夾位置

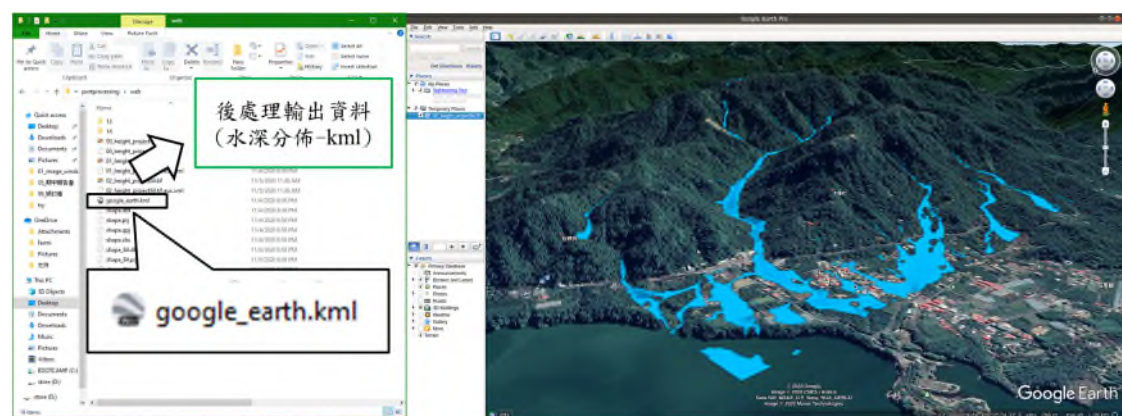
圖附五-24 後處理程序三(模擬成果上傳至網頁)操作頁面圖



圖附五-25 (左)後處理程序三所輸出之檔案，(右)坐標系統 WGS84 之最大水深分佈於 QGIS 頁面呈現狀況圖



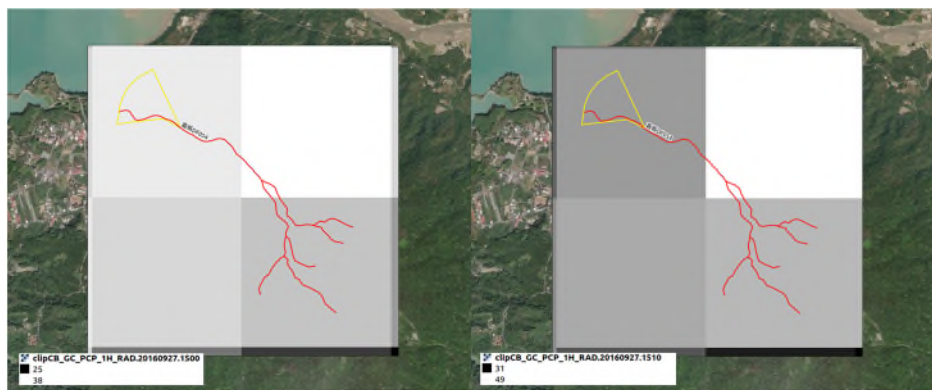
圖附五-26 (左)後處理程序三所輸出之檔案，(右)最大水深分佈於水土保持局開發之 BigGIS 網頁呈現圖



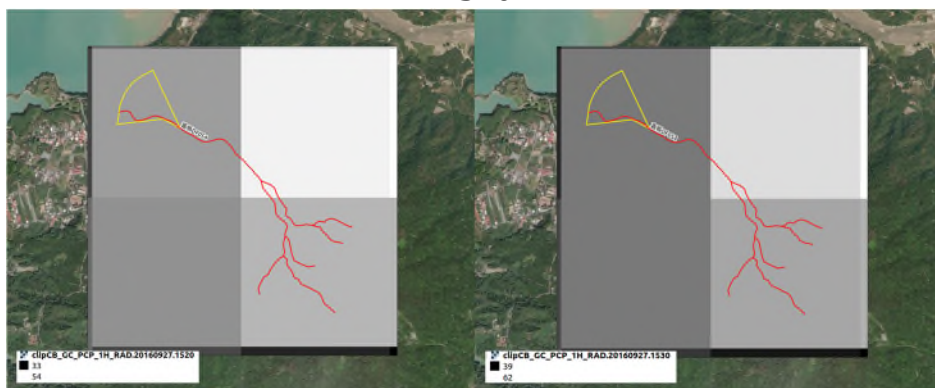
圖附五-27 (左)後處理程序三所輸出之檔案，(右)最大水深分佈於 Google Earth 呈現圖

附件 六 情景探討用之 QPESUMS 分佈式降雨量

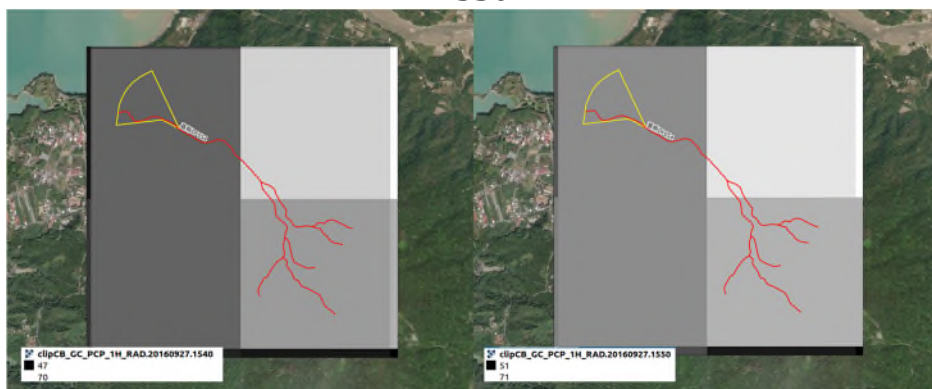
一、嘉義縣 DF054 之全模擬時間 QPESUMS 降雨資料
(20160927-1500 至 20160927-1750，每十分鐘一筆，總共十八筆)



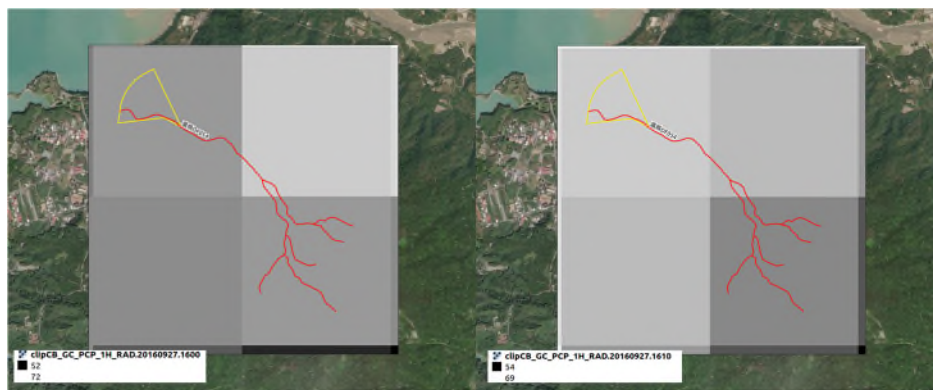
圖附六-1 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1500(右)20160927-1510



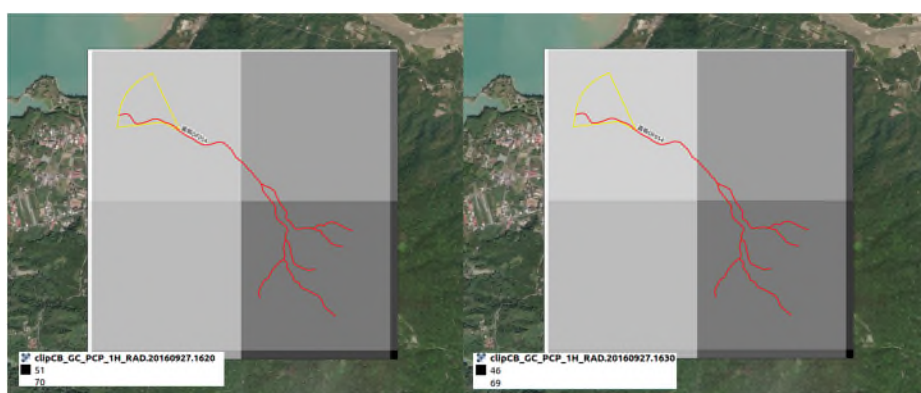
圖附六-2 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1520(右)20160927-1530



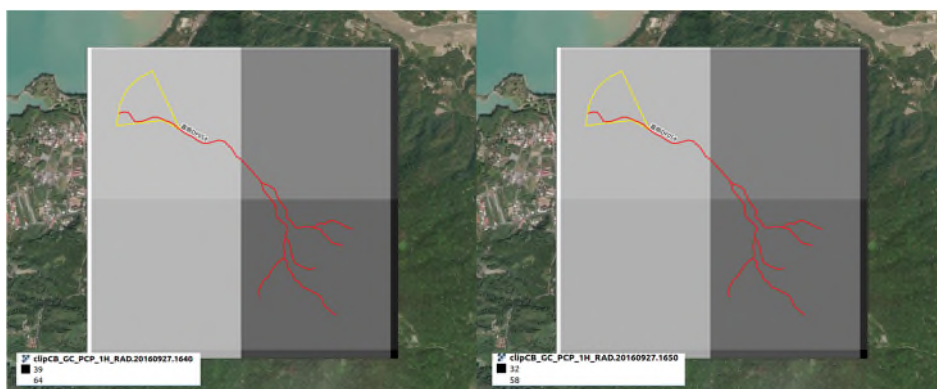
圖附六-3 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1540(右)20160927-1550



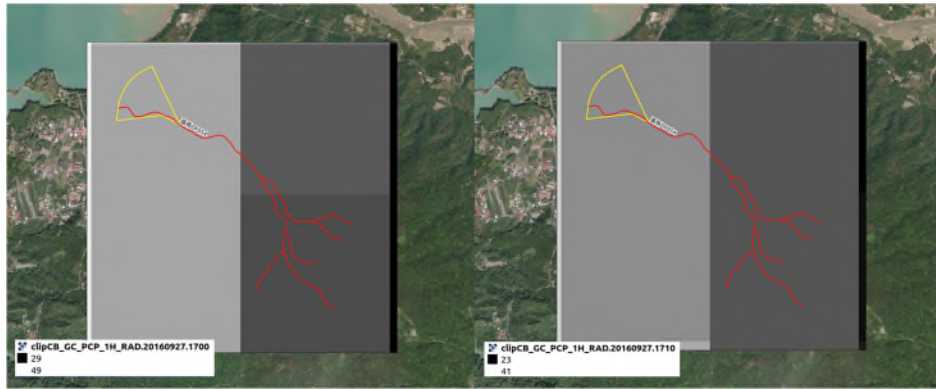
圖附六-4 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1600(右)20160927-1610



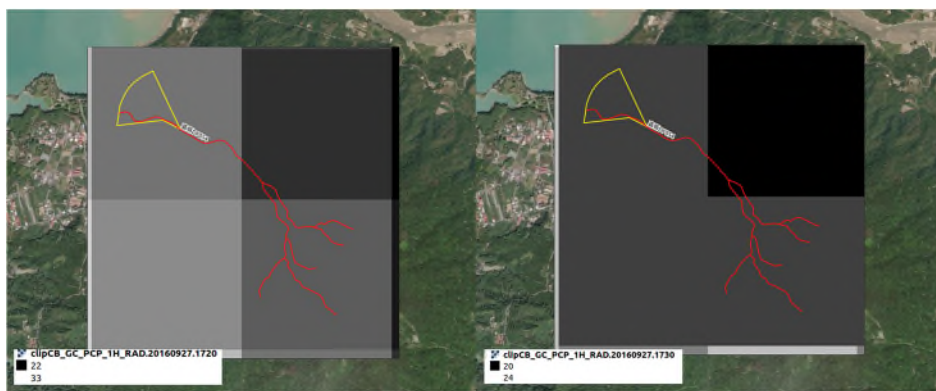
圖附六-5 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1620(右)20160927-1630



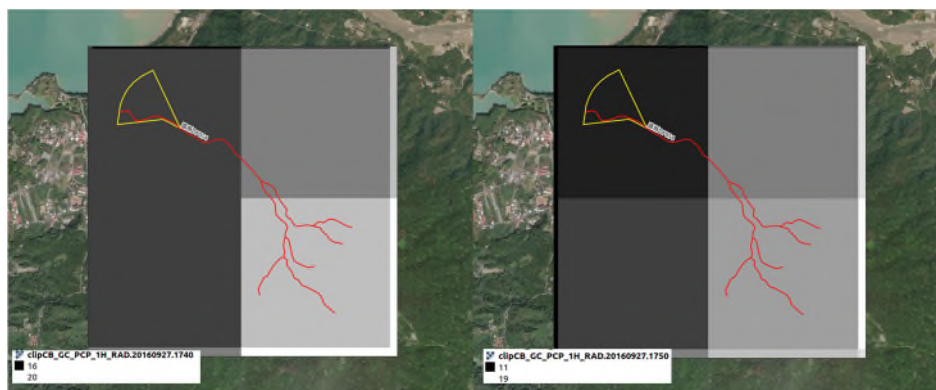
圖附六-6 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1640(右)20160927-1650



圖附六-7 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1700(右)20160927-1710



圖附六-8 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1720(右)20160927-1730

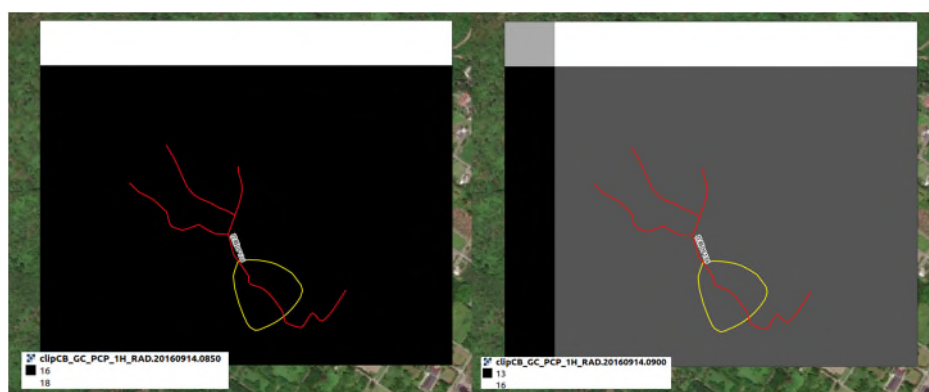


圖附六-9 DF054 之模擬降雨時間(左)20160927-1740(右)20160927-1750

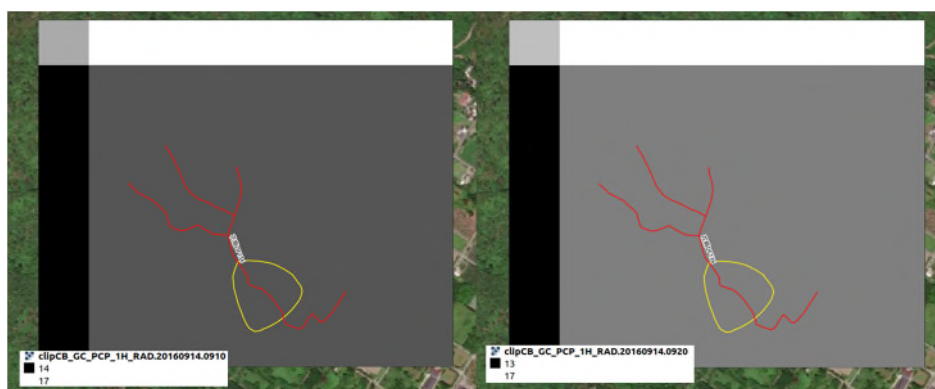
二、花蓮縣 DF136 之全模擬時間 QPESUMS 降雨資料 (20160914-0830 至 20160914-1120，每十分鐘一筆，總共十八筆)



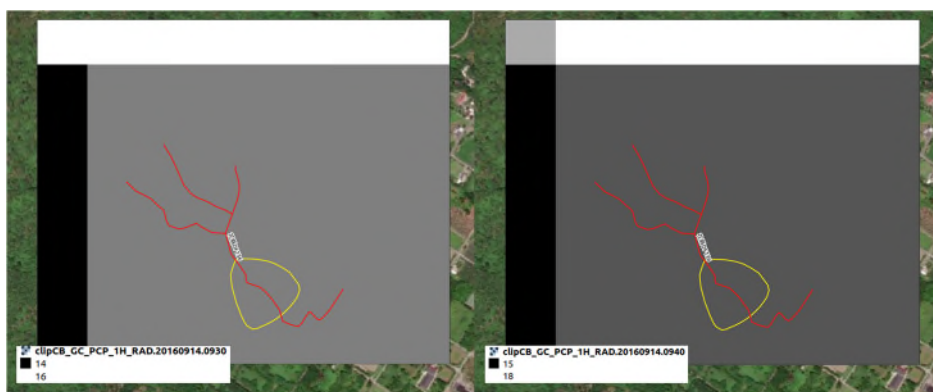
圖附六-10 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-0830 (右)20160914-0840



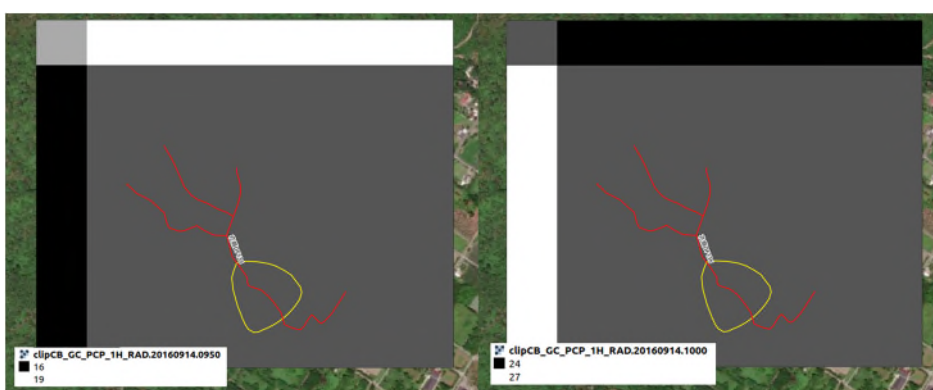
圖附六-11 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-0850 (右)20160914-0900



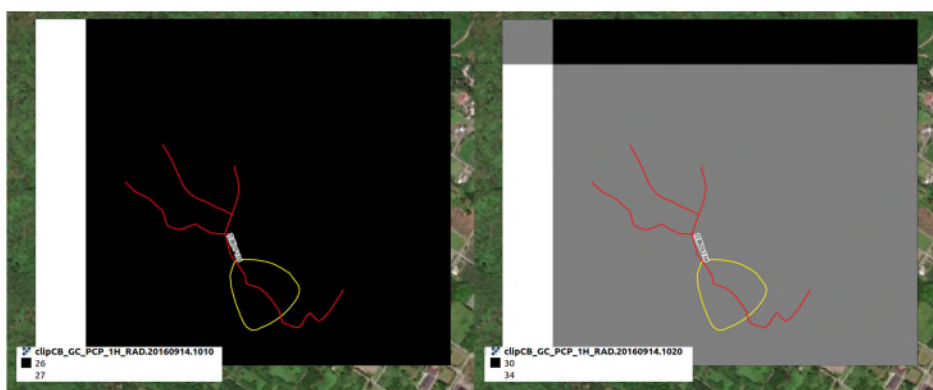
圖附六-12 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-0910 (右)20160914-0920



圖附六-13 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-0930 (右)20160914-0940



圖附六-14 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-0950 (右)20160914-1000



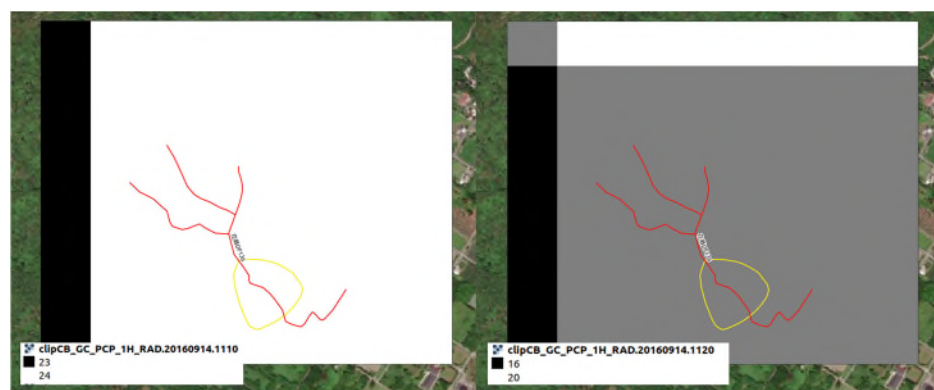
圖附六-15 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-1010 (右)20160914-1020



圖附六-16 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-1030 (右)20160914-1040

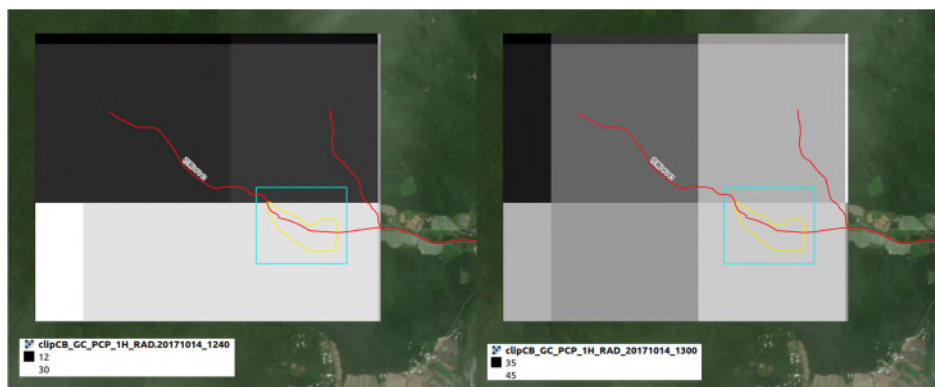


圖附六-17 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-1050 (右)20160914-1100

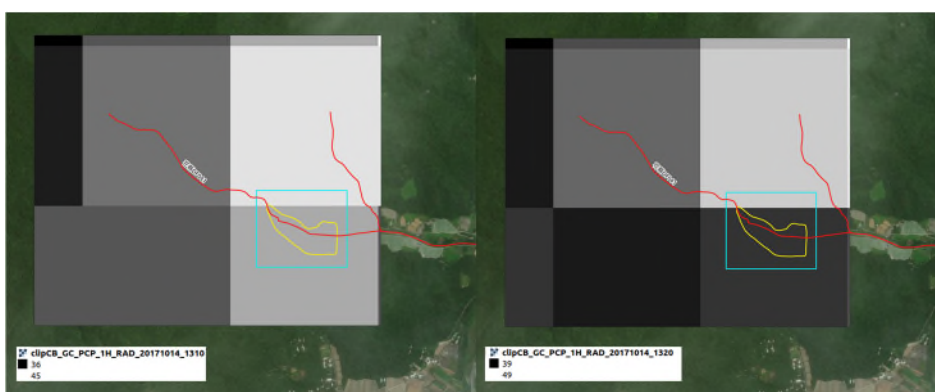


圖附六-18 DF136 之模擬降雨時間(左)20160914-1120 (右)20160914-1130

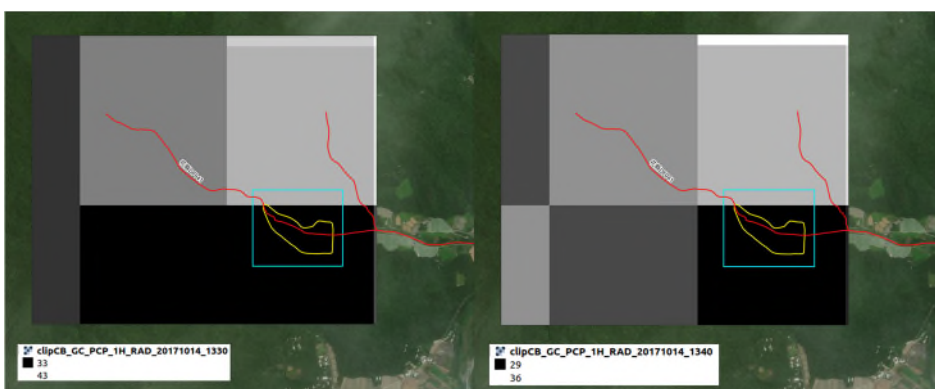
三、花蓮縣 DF041 之全模擬時間 QPESUMS 降雨資料
(20171014-1240 至 20171014-1340，每十分鐘一筆，總共
六筆)



圖附六-19 DF041 之模擬降雨時間(左)20171014-1240 (右)20171014-1300



圖附六-20 DF041 之模擬降雨時間(左)20171014-1300 (右)20171014-1310



圖附六-21 DF041 之模擬降雨時間(左)20171014-1320 (右)20171014-1330

附件 七 計畫成果投稿研討會

會議名稱：中華民國力學學年會暨第四十四屆全國力學會議
(Conference on Theoretical and Applied Mechanics, CTAM 2020)

會議時間：11/26(四)～11/27(五)

會議地點：國立宜蘭大學

會議介紹：

中華民國力學全國力學會議以促進力學之學術研究及應用為宗旨，自民國 66 年成立開始，至今已將是第 44 屆。109 年力學會議主題包含節能與綠能、電機、數值模式開發與應用、奈米技術、自動化工業、風力發電、聲學及創新教育等，並辦理力學專題講座、論壇、學生論文競賽、口頭論文報告、晚宴等活動，期望能提供全國力學之交流平台，藉此分享研究成果，相互切磋觀摩，以達相輔相成之效。

本計畫之成果屬於此會議之創新科技與教育論壇(ES11)主題，透過會議中分享本計畫對於開發與地理資訊系統整合技術相互參考。了解各方專家的建議以精進本計畫提出之整合技術，因本論壇屬於創新科技與教育屬於多方面專長學者或教授都會出席，期望可以了解不同領域對於與地理資訊系統整合技術之要求與應用，或可以應用其他公開資料豐富模式考慮因子等，對於本計畫將有非常大的助益。

本計畫工投稿論文兩篇，第一篇標題為“與地理資訊系統整合之數值模式與網頁呈現模組”，第二篇標題則為“降雨逕流模式與地理資訊系統之介面化計算架構”，兩篇都屬於口頭論文報告。以下分別為該兩篇論文全文與摘要。

與地理資訊系統整合之數值模式與網頁呈現模組

王福杰^{*}、柯奇均、戴義欽

國立成功大學水利及海洋學系，臺南，台灣

E-mail: n88085010@mail.ncku.edu.tw (通訊作者^{*})

計畫編號: 109 保發-11.1-保-01-06-001(42)

摘要: 隨著個人電腦的計算能力、地理資訊處理 (Geographic Information System, GIS) 軟體技術及網路的普及提升發展, 許多學術單位發展即時災害情景模式並推廣至公務或是防災相關單位應用預測及評估災害衝擊。水土保持局除了長期致力於山坡地防減災工作之外, 近年同時也搜集了大量的衛星影像、土石流及崩塌災害相關圖層等。若能將數值模式與此資料系統進行整合, 將有利於自然災害情景探討之應用。雖然許多針對自然災害模擬的數值模式已研發且日趨成熟, 目前國內許多數值模式的使用者介面 (Graphical user interface, GUI) 則尚屬缺乏, 本研究主要應用 Python 語言於開源地理資訊軟體 (QGIS) 建立前後處理模組, 促使資料可以從現場蒐集 (數值地形、土地利用、QPESUMS 分佈降雨量)、數值模式及雲端展示 (如 水土保持局巨量空間資訊系統 BigGIS, 或是本研究團隊所開發之 three.js 三維互動式網頁) 相互應用。使用者只需在個人電腦上安裝開源 QGIS 即可透過許多已公告的公開圖層資料進行模式前處理, 之後上傳數值模式結果至網頁進行呈現, 能夠大幅降低數值模式操作門檻並提升數值模式運算顯示結果之品質, 並得以與實際影像整合進行情境探討。

關鍵詞: Python, GIS 前後處理模組, 巨量空間資訊系統 (BigGIS), 雲端展示

1. 前言

近年高強度短延時降雨事件發生頻率不斷提升, 加上山區地形地質脆弱性質, 促使大型致災性崩塌土石流發生頻率隨著增加。其中因降雨造成之崩塌土石流具有一定的延時及前兆, 針對土石流發生之預警系統可預警模擬及現場即時檢測預警系統。國內外許多學術單位針對土石流預警模擬已有相關之開發包含了日本京都大學 Nakatani 教授研發之 HyperKANAKO (土石流單項二維模式) [1、2、3、4]、國立成功大學謝正倫教授研發之土石流沖淤模式 [5、6] 及本團隊所研發之土石流動態模擬數值模式 (Debris Flow Model for General Topography, DFMfGT) [7、8、9] 等。

對於模式使用者介面之開發, HyperKANAKO 已於 QGIS 2.8 開發相關前後處理程序 [10], 但國內許多預警模擬模式仍未開發相關前後處理程序, 對於模式之推廣應用稍顯不便。國內被廣泛應用之地理資訊系統 (如商用軟體 ArcGIS、自由開源軟體 QGIS、或是 GRASS GIS 等) 進行防災相關圖層之製作與應用。

此外許多公務單位 (如水土保持局、水利署、中央地質調查所等) 為了整合現場檢測資料及衛星影像已陸續開發使用者互動模式 (Web-Based User-Interactive) 的網頁系統 (如 水保局之 BigGIS [11]、水利署之水利資料整合雲平台、中央地質調查所之地質雲加值應用平台及本團隊所研發之 three.js 三維互動式網頁 [12] 等) 供大眾觀察環境狀況。

為了結合現場檢測資料、數值模式與雲端展示, 本研究主要應用 Python 3.8 語言以 Build-in 之形式將數值模式之前後處理程序建立與 QGIS 3.10 長期穩定版 (LTR) 界面內 [13]。使得現場資料 (如 DEM 數值地形、土地利用形態及 QPESUMS 分佈降雨資料) 可以透過前處理程序進行數值模式輸入參數之製作, 並將數值模式運算結果經後處理程序產生圖層 (Raster 形式), 於 QGIS 上進行套疊可與衛星影像進行比較。另後處理程序也可將數值模式運算結果上傳至本團隊研發之 Three.js 網頁進行三維呈現或是水保局開發之 BigGIS 網頁進行二維呈現。

2. 研究方法

Python 內建提供許多套件程式庫, 如 Numpy (Numerical Python) 主要針對科學運算、Matplotlib 則為數據分析圖視化等, 其中也提供地理資訊系統之套件。與 QGIS 整合至套件名稱稱為 pyqgis, 此套件可供使用者發展特殊需求的工具項箱 (Toolbox) 如圖層之空間分析、統計、繪圖及整理等。本研究應用 Python 進行 QGIS 前後處理程序之開發。

本章節將描述如何應用 Python 進行 QGIS 前後處理程序之開發及流程。

2.1. QGIS 模組程序開發

應用 Python 開發 QGIS 之 Build-in 模組必須遵守以下 5 個條件: (1) 宣告應用之套件名稱; (2) 定義程序之名稱; (3) 定義程序之輸入界面需要格式內容; (4) 編撰程序主程式; (5) 定義程序之顯示名稱。如圖 1 所示, 紅色方框內數值為條件之編號。

2020 中華民國力學學會第四十四屆全國力學會議 (CTAM 2020)
2020 44th National Conference on Theoretical and Applied Mechanics, Yilan, Taiwan, Nov. 26-27, 2020

國立宜蘭大學, 宜蘭市, 2020 年 11 月 26-27 日
創新科技與教育論壇-論文編號: 1086



圖 1、QGIS 模組程序開發條件

其中本研究應用之 QGIS 輸入界面格式包含了 Extent (坐標系統格式)、FeatureSink (Shapefile 格式)、RasterLayer (Raster 格式)、Field (Shapefile 圖層內屬性資料)、File (檔案位置格式) 等, 針對需要處理之資料格式進行調整。

2.2. 前處理程序

本研究前處理程序將把數值地形(Raster 形式)、土地利用形態(Shapefile 形式)及 QPESUMS 分佈降雨資料(ASCII 格式)製作成本團隊研發之“降雨-地表逕流數值模式”輸入檔案格式(ASCII 格式)。前處理程序之流程如圖 2 所示, (左)現場收集資料, (中)QGIS 前處理程序, (右)前處理程序輸出之結果。

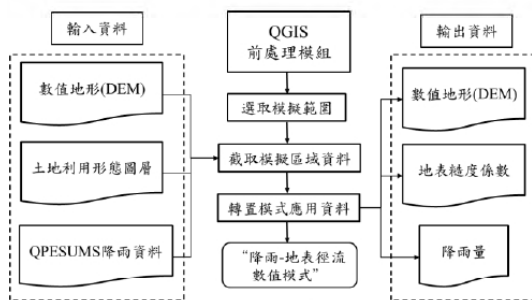


圖 2、前處理程序流程

前處理程序流程

- 模擬區域選取: 可手動繪製(矩形)或用已繪製圖層(任意形狀), 最終將繪製成矩形模擬範圍。
- 分佈式資料製作: 應用數值地形之解析度建立分佈參數基準點並截取該位置之土地利用形態及 QPESUMS 降雨量。
- 地表糙度係數製作: 依據該點位置之土地利用形態對應之地表糙度係數大小產生圖層(Raster 格式)。
- 轉置資料格式: 將上述資料(數值地形、地表糙度係數及 QPESUMS 分佈降雨量)轉換成模式應用之檔案(ASCII 格式)。

其中土地利用形態圖層轉換成數值模式應用之地表糙度係數參考國內研究[14、15]統計不同土地利用形態對應之建議值, 相關數值大小如表 1 所示。

表 1、不同土地利用對應地表糙度表

項目	土地利用類型	地表糙度係數
1	農業使用土地	0.044
2	森林使用土地	0.055
3	交通使用土地	0.035
4	建築使用土地	0.025
5	水利設施土地	0.05
6	公共使用土地	0.035
7	遊憩使用土地	0.035
8	鹽礦使用土地	0.04
9	其他使用土地	0.04

2.3. 後處理程序

本研究後處理程序將把“降雨-地表逕流數值模式”所運算之各時間點流速及水深結果(XYZ 格式)分別轉換成流速及水深圖層(Raster 格式)及水保局 BigGIS 所需之圖層(Shapefile 格式)。後處理程序如圖 3 所示, (左)“降雨-地表逕流數值模式”之輸入檔案; (右)“降雨-地表逕流數值模式”之輸出檔案及後處理程序輸出之圖層。

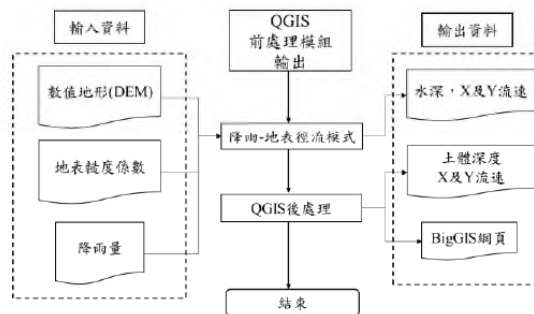


圖 3、後處理程序流程

後處理程序流程

- 模擬成果轉置格式: 將模式輸出之各時間點檔案(XYZ 格式)繪製成圖層(Raster 格式), 其中可供使用者選擇輸出各時間點(Time Step)或該位置最大值(Max Value)。
- 轉置 BigGIS 網頁呈現格式: 將前述後處理程序轉置成水保局開發之 BigGIS 網頁支援之檔案(Shapefile 格式)。

3. 結果與討論

針對前處理程序將產生兩種 Raster 檔案 (TIFF 及 ASCII 格式) 與後處理程序將產生 Raster 檔案 (TIFF 格式) 及 Shapefile 檔案 (供上傳水保局 BigGIS 網頁用), 其全部檔案格式都可應用於地理資訊系統 (如 ArcGIS、QGIS 等) 上進行呈現與套疊實際案例圖層進行比較, 充分達到資料互通應用之成果。

本章節將稍微介紹前後處理程序及 BigGIS 網頁呈現之特色與結果。

3.1. 前處理程序

針對前處理程序, 本研究所開發之程序特色處可分為(1)產生自動對齊模擬範圍圖層; (2)批次處理 QPESUMS 分佈降雨量資料。

- 產生自動對齊模擬範圍：其功能被編撰於前處理程序(1)內。因應數值地形解析度差異，加上使用者在圈選模擬範圍不會剛好對齊數值地形資料之邊緣，即建立此功能協助使用者對齊最大範圍的數值地形網格。如圖 4 所示，藍色區塊為手動選取的研究區域圖層；黑色區塊則為自動對齊的所產生額外的數值地形範圍。



圖 4、自動對齊最大範圍的數值地形網格

- 批次處理 QPESUMS 分佈降雨量資料：因 QPESUMS 分佈降雨量為每十分鐘資料，在轉置格式若無批次處理將稍顯不便，本研究所開發之前處理程序只需將需要模擬之時間點分佈降雨量資料複製至文件夾。並在前處理程序指定文件夾位置即可批次輸出各時間點分佈降雨量 TIFF 檔案(方便 QGIS 進行疊圖)及 ASCII 檔案(數值模式模擬應用)。如圖 5 所示，為 QGIS 前處理程序界面操作，紅色方框為輸入條件及綠色方框為輸出文件夾位置設定。如圖 6 所示，為前處理程序最終輸出檔案。

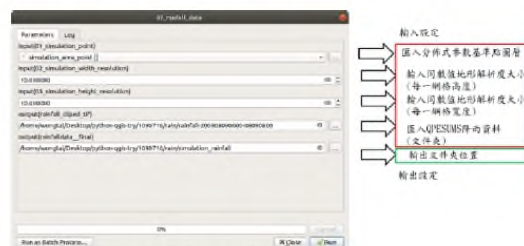


圖 5、QGIS 前處理程序界面

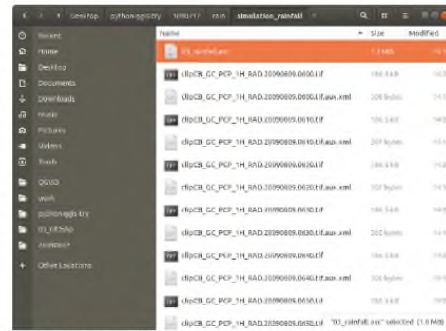


圖 6、批次處理 QPESUMS 分佈降雨量前處理程序之最終輸出檔案成果

3.2. 後處理程序

針對後處理程序, 本研究所研發之程序特點處可分為(1)批次整理全模擬輸出之最大值; (2)網頁呈現。

- 批次整理全模擬輸出之最大值：本後處理程序可依據使用者需求輸出特定時間成果(流速及水深)及全模擬時間之最大值(流速及水深)。後者，使用者只需在 QGIS 後處理程序界面指定文件夾位置，即可批次讀取製作全時間點之成果最大值，並同時繪製動量值圖層(Raster)，可供使用者做後續相關分析判斷。
- 網頁呈現：除了應用本團隊所研發之 Three.js 網頁進行三維呈現。如圖 7 所示，數值地形以草皮覆蓋形式呈現，螢光色系列為土石流深度分佈，褐色為土石流於模擬期間流動經過位置。本研究也可依據使用者需求調整大小(流速及水深)並將成果圖層(Shapefile 格式)上傳至水保局所開發之 BigGIS 網頁進行二維呈現。如圖 8 所示，紅色矩形網格代表最終模擬時間之土石流深度大於 5 公分之分佈狀況。

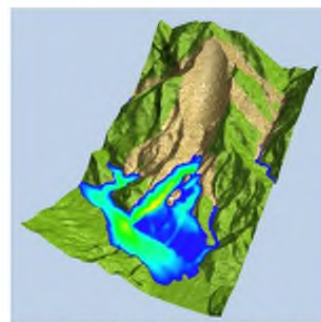


圖 7、Three.js 網頁三維呈現

2020 中華民國力學學會第四十四屆全國力學會議 (CTAM 2020)
2020 44th National Conference on Theoretical and Applied Mechanics, Yilan, Taiwan, Nov. 26-27, 2020

國立宜蘭大學, 宜蘭市, 2020 年 11 月 26-27 日
創新科技與教育論壇-論文編號: 1086



圖 8、BigGIS 網頁二維呈現

4. 結論

本研究應用 Python 在 QGIS 開源自由地理資訊軟體開發前後處理程序,除了可大幅提升現場檢測資料、數值模式模擬及最終之網頁呈現之互通性,另外也降低了數值模式之輸入資料前處理及模擬成果視覺化後處理的門檻。

針對傳統數值模式,許多輸入條件(如降雨量)或參數(如地表糙度係數)往往只能假設為單一數值或是需要繁瑣的手動人工設定,經過本研究所研發之前處理程序搭配 QGIS 可將單一數值轉換成分佈式形式匯入模式進行運算,是數值模式運算情景更貼切於實際地貌狀況。除此之外,本研究開發之前後處理程序產生之資料都可應用於其他地理資訊系統軟體並可依使用者需求進行調整,具備高彈性調整之功能。

研究經費:本研究經費主要由行政院農業委員會水土保持局創新研究計畫提供,計畫編號 109 保發-11.1-保-01-06-001(042)。

致謝:本研究感謝國立成功大學水利及海洋工程學系戴義欽教授指導及戴義欽教授研究室柯奇均、王子睿、王織綾及馬晴元碩士生協助。

參考文獻

- [1] S. Horiuchi, E. Iwanami, K. Nakatani, Y. Satofuka and T. Mizuyama. "Development of" Hyper KANAKO", a debris flow simulation system using with laser profiler data." *Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering*, 64(6), 25-31, 2012.
- [2] K. Nakatani, E. Iwanami, S. Horiuchi, Y. Satofuka and T. Mizuyama, "Application of HyperKANAKO", a debris flow simulation system using laser profiler data.", *Proceedings of INTERPRAEVENT*, p. 9, 2014.

- [3] K. Nakatani, S. Hayami, Y. Satofuka and T. Mizuyama, "Case study of debris flow disaster scenario caused by torrential rain on Kiyomizu-dera, Kyoto, Japan-using Hyper KANAKO system.", *Journal of Mountain Science*, 13.2: 193-202, 2016.
- [4] G. Yanagisaki, M. Aono, H. Takenaka, M. Tamamura, K. Nakatani, E. Iwanami, S. Horiuchi, S. Yoshifumi and T. Mizuyama, "Debris Flow Simulation by Applying the Hyper KANAKO System for Water and Sediment Runoff from Overtopping Erosion of a Landslide Dam." *International Journal of Erosion Control Engineering*, 9(2), 43-57, 2016.
- [5] 林家興,河道隘口對於重大土砂災害後河道輸砂影響之研究,國立成功大學水利及海洋工程學系博士論文,2018。
- [6] 許登傑,大規模崩塌災害風險之研究,國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文,2017。
- [7] Y.C. Tai, C.Y. Kuo and W.H. Hui, "An alternative depth-integrated formulation for granular avalanches over temporally varying topography with small curvature," *Geophys. Astrophys. Fluid Dyn.*, 106(6), 596-629, 2012.
- [8] Y.C. Tai, J. Heß and Y. Wang, "Two-Phase Debris Flow over Rugged Topography: Modeling and Numerical Simulation." *Journal of Geophysical Research -- Earth Surface*, 124, 305-333, 2019.
- [9] Y.C. Tai, C.J. Ko, K.D. Li, Y.C. Wu, C.Y. Kuo, R.F. Chen and C.W. Lin. An Idealized Landslide Failure Surface and its Impacts on the Traveling Paths. *Frontiers in Earth Sciences*, 8:313, 2020.
- [10] K. Nakatani, T. Wada, Y. Satofuka and T. Mizuyama. Development of "KanakO 2D (Ver. 2.00)," a user-friendly one-and two-dimensional debris flow simulator equipped with a graphical user interface. *International Journal of Erosion Control Engineering*, 1(2), 62-72, 2008.
- [11] 陳振宇, "重現資料全方位價值 BigGIS加值與開放服務",國發會公共治理協調會-簡報資料,2019。
- [12] Y.C. Tai, C.T. Ni, S.H. Tan and T.H. Chang, "A Web-based Hazard-mapping Demonstrating System." 9th International Workshop on Multimodal Sediment Disaster, Mie Japan, 17-19 Oct 2019.
- [13] 水土保持局, "與地理資訊系統整合之崩塌與土石流運移行為模組", 109保發-11.1-保-01-06-001(42), 2020。
- [14] 蔡政宏,雲林灌區水田灌溉迴歸水之推估研究,國立嘉義大學土木與資源工程學系研究所碩士論文,2006。
- [15] 蔡欣妤,以系統動力模型評估農業灌溉系統之研究,國立中央大學土木工程研究所碩士論文,2009。

降雨逕流模式與地理資訊系統之介面化計算架構

柯奇均^{1*}、王福杰¹、陳柏志²、戴義欽¹

¹國立成功大學水利及海洋工程學系, 台南, 台灣

²國立成功大學資訊工程學系, 台南, 台灣

E-mail: ws612531@gmail.com (通訊作者*)

計畫編號: 109 保發-11.1-保-01-06-001(42)

摘要

在工程應用或是教學研究上, 程式的介面化可以讓使用者更便利的操作。本研究開發介面化之降雨逕流模式, 此模式之控制方程式為淺水波方程式進行二維模式運算, 使用時可搭配 QGIS 地理資訊系統進行資料處理, 模式中所需輸入的資料為模擬區域的地形資料、曼寧係數並輸入降雨條件, 運用模式進行計算即可得到研究區域之流速及水深資料, 並可以將計算結果使用相對應繪圖工具或是 QGIS 進行呈現。在災害防治工程應用的角度, 本研究於 QGIS 軟體中, 建構相關的應用工具能夠自動尋找溢流點, 輔助使用者進行溢流點之判斷。此模式同時開發為多核心計算版本, 使用 MPI (Message Passing Interface) 進行多核心訊息傳遞接口, 提升模式之計算效率, 且使用 MPI 之特色為模式可使用電腦叢集進行計算, 而不侷限於單一個人電腦, 在未來可將此模式應用於更多的實際案例進行模式驗證, 提升此模式的精準度。

關鍵詞: 降雨逕流模式; QGIS; 介面化; MPI; 溢流點

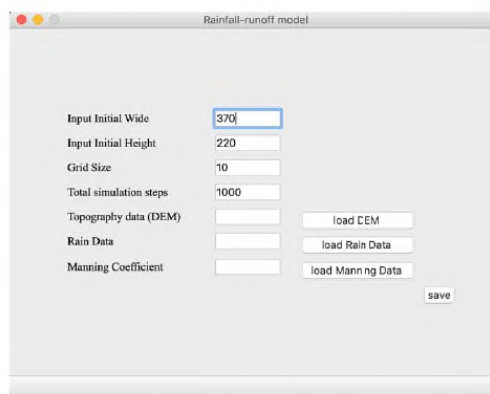


圖 1 降雨逕流模式之參數輸入

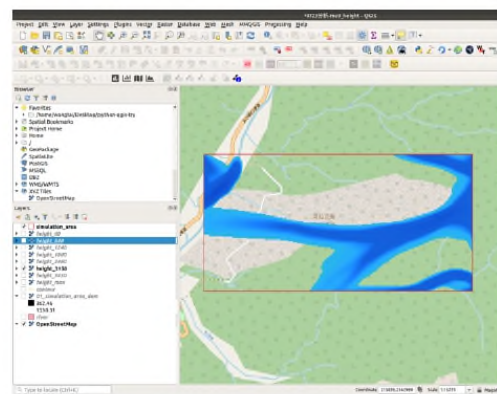


圖 2 QGIS 呈現計算結果