
分析就緒資料應用於開源模式整合之探討
**The Analysis-Ready Data for the
Integration of Open Source Model**
成果報告書

執行單位：國立臺北科技大學

執行期間：112 年 02 月 08 日至 112 年 12 月 31 日

計畫主持人：張哲豪 教授

農業部農村發展及水土保持署 編印

中華民國 112 年 12 月

（本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本署施政參考）



分析就緒資料應用於開源模式整合之探討

摘要

環境監測和預警作業流程，需要仰賴大量監測和環境基礎資料。

早期的資料收集和彙整工作，主要針對管轄區域範圍和模式需求進行，但可能面臨資料不完整或缺漏的情況。而隨著衛星遙測技術和物聯網技術的不斷提升，各單位可以獲得更完整的監測和環境基礎資料，但資料來源可能來自不同單位與不同領域，對於資料的描述與定義方式也會有所不同。即使在相同領域中對於資料內容與格式的認知也會隨著經驗與經歷而有所差異。因此以往相關研究人員與工程師在進行資料分析與作業流程，仍需要針對所需資料進行各種不同資料前處理和轉換工作，才能展開所需資料進行資料分析作業流程。

研究中以分析就緒資料概念。將模式資料分析與作業過程所需的資料來源，彙整成共同的資料集目錄。並且使用標準的檔案格式、型態、時間解析度、空間解析度等方式進行建置，並且搭配檔案版本管理概念進行探討。未來進行模式建置可以透過標準化流程與參數設定的進行模式建置工作。

在概念上模式建置和分析資料的前處理程序（例如建立模式專案檔內容和產製所需的輸入檔案格式），可以透過自動化程序完成。使用者可以透過分析就緒資料快速且大量地完成不同區域模式建置

和資料更新工作。

為了落實分析就緒資料應用概念。在計畫工作項目中以 Wflow 開源分布式降雨逕流模式產出之網格化流量分析成果為目標，透過開源軟體 HydroMT 建立分析就緒資料來源（資料目錄），HydroMT 架構提供全臺各流域建置模式所需之完整的資料集內容。並且使用 HydroMT 目前已經包含的模式建置模組 HydroMT-Wflow 模組，根據 Wflow 模式運算分析所需內容進行模式專案檔資料的產製，完成大甲、濁水溪、曾文、高屏流域的專案檔，並與 Delft-FEWS 平台進行模式和資料整合。可定時自動提供分布式降雨逕流模式的結果給 BigGIS 平台進行串接，作為模式整合之應用，資料內容中包含完整的空間和時間流量以及土砂資訊。使專家學者在後續研究中可以更有效地使用分析就緒資料所提供資料，並進一步結合模式分析成果瞭解更完整的土砂環境資訊。

關鍵詞：分析就緒、開源軟體、分布式降雨逕流、流量、輸砂

The Analysis-Ready Data for the Integration of Open Source Model

Abstract

Environmental monitoring and early warning processes rely heavily on a large amount of monitoring and environmental basic data. In the early stages, data collection and compilation were mainly focused on the jurisdictional area and model requirements, which often faced issues of incomplete or missing data. With the continuous improvement of satellite remote sensing technology and the Internet of Things (IoT), organizations can obtain more comprehensive monitoring and environmental basic data. However, the content and format of the data may vary due to different problem-solving approaches or data sources. This often requires researchers to repeatedly preprocess and convert the data before conducting analysis, resulting in wasted human resources.

Therefore, in this study, based on the concept of analysis-ready data, the required data for analysis is consolidated into a common data catalog, using standard file formats, time and spatial resolutions, and version control concepts. This facilitates users in conducting a streamlined process for model construction in specific areas. The preprocessing steps for model construction and analysis data, such as converting them into model project file content and input file formats, can be automated. Users can efficiently complete model construction and data updating tasks for different regions using analysis-ready data.

Corresponding to the project objectives, the study utilizes the value-added approach of analysis-ready data through the HydroMT open-source software framework to establish an analysis-ready data source (data catalog). The goal is to provide comprehensive spatial flow information for all watersheds in Taiwan and build the Wflow open-source distributed rainfall-runoff model. During the project execution, the HydroMT-Wflow module is used to generate model project file data based on the required content for model calculations. Model project files for the Dajia River, Zhuoshui River, Zengwen River, and Gaoping River basins are completed, and integration with the Delft-FEWS platform is achieved for model and data integration. The distributed rainfall-runoff model results are automatically provided to the BigGIS platform at regular intervals, supplying complete spatial and temporal flow and sediment information for subsequent soil and water conservation and model integration tasks. This enables soil and water conservation experts to effectively utilize analysis-ready data in their research and further integrate model tools to provide comprehensive hydrological and meteorological data.

Keywords: Analysis-Ready Data, Opensource, Wflow, Streamflow, Sediment Transport

目次

摘要.....	I
Abstract.....	III
目次.....	V
表次.....	VII
圖次.....	VIII
第一章 緒論.....	1-1
第一節 環境數值模式的建置與應用	1-2
第二節 分析就緒資料	1-3
第二章 工作執行方法與步驟.....	2-1
第一節 工作執行方法	2-1
第二節 分析就緒資料供應流程與方式探討.....	2-2
第三節 應用分析就緒資料進行自動化模式建置與更新 機制.....	2-3
第四節 利用開源分布式降雨逕流模式提供流量與土砂 運移量成果	2-7
第五節 模式成果資料供應與交換機制建立	2-18
第六節 自動化模式建置說明手冊與案例專案成果供應	2-24
第三章 工作進度與交付項目	3-1
第一節 計畫進度時程	3-1
第二節 計畫成果	3-4
第四章 結論及建議	4-1
第一節 結論	4-1
第二節 建議	4-2
參考文獻.....	參-1

附錄.....	附錄-1
附錄一、審查意見暨回覆辦理情形	附錄-1
附錄二、期中審查意見暨回覆辦理情形	附錄-3
附錄三、期末審查意見暨回覆辦理情形	附錄-7



表次

表 2-1 WFLOW 模式 SBM 模組設定檔架構.....	2-17
表 2-2 WFLOW 模式專案檔案內容	2-17
表 2-3 WFLOW 模式泥砂模組設定檔	2-18
表 3-1 計畫執行進度表	3-3
表 3-2 WFLOW 模式流域輸出檔案容量與網格數量	3-38
表 3-3 WFLOW 模式流量成果供應數量	3-38
表 3-4 2018-2023 收集豪雨事件案例資料.....	3-46



圖次

圖 1-1 環境數值模式建置與應用	1-4
圖 1-2 美國地質調查所 LANDSAT 衛星分析就緒資料概念	1-4
圖 1-3 OPEN DATA CUBE 架構與分析就緒資料處理流程.....	1-5
圖 1-4 衛星遙測處理流程示意圖	1-6
圖 1-5 DATA CUBE 資料架構.....	1-6
圖 1-6 DATACUBE 整合氣象資料示意圖	1-7
圖 1-7 多維度網格資料應用於多邊形範圍統計示意圖	1-7
圖 1-8 水文氣象數值模式應用概念與對應水文與地文資料.....	1-8
圖 2-1 整體計畫架構與流程	2-2
圖 2-2 HYDROMT 資料處理流程架構示意圖	2-6
圖 2-3 HYDROMT 處理流程示意圖	2-7
圖 2-4 WFLOW 模式應用國家分布	2-11
圖 2-5 WFLOW 模式 SBM 模組降雨逕流示意圖	2-11
圖 2-6 WFLOW 模式 SBM 模組資料交換概念示意圖	2-12
圖 2-7 大甲溪流域數值高程與土石流潛勢溪流分布示意圖	2-12
圖 2-8 濁水溪流域數值高程與土石流潛勢溪流分布示意圖	2-13
圖 2-9 曾文溪流域數值高程與土石流潛勢溪流分布示意圖	2-13
圖 2-10 高屏溪流域數值高程與土石流潛勢溪流分布示意圖	2-14
圖 2-11 WFLOW SEDIMENT 模組概念示意圖	2-15
圖 2-12 WFLOW SEDIMENT 模組地表網格土砂運移概念示意圖	2-15
圖 2-13 WFLOW SEDIMENT 模組河川網格土砂運移概念示意圖	2-16
圖 2-14 菜茵河地表逕流量與土壤沖蝕量	2-16
圖 2-15 DELFT_FEWS 平台資料串流示意圖	2-20
圖 2-16 DELFT_FEWS 與模式整合資料傳遞示意圖	2-20

圖 2-17 模式在命令提示列啟動的運算畫面	2-21
圖 2-18 流量網格展示程成果示意圖	2-21
圖 2-19 網格點流量模擬成果示意圖	2-22
圖 2-20 WFLOW 模式輸入輸出 NETCDF 檔案屬性示意圖	2-22
圖 2-21 成果資料利用 ARCHIVE 目錄與檔案服務示意圖	2-23
圖 2-22 HYDROMT 專案網頁	2-25
圖 2-23 WFLOW 模式專案網頁	2-25
圖 2-24 指令備忘錄(CHEATSHEETS)示意圖	2-26
圖 2-25 HYDROMT 操作	2-27
圖 2-26 CONDA 指令備忘錄(CHEATSHEETS)示意圖	2-27
圖 3-1 計畫核心技術執行項目	3-2
圖 3-2 分析就緒資料夾目錄與檔案格式內容	3-5
圖 3-3 分析就緒資料集使用 HYDROMT 資料目錄建立之 YML 檔	3-6
圖 3-4 HYDROMT 完整資料集 YML 檔案範例內容	3-6
圖 3-5 地形網格資料 YML 檔內容	3-7
圖 3-6 模式專案檔產製資料關聯性架構	3-10
圖 3-7 模式專案檔案輸出內容	3-11
圖 3-8 大甲溪模式專案檔案輸出圖資	3-12
圖 3-9 濁水溪模式專案檔案輸出內容	3-13
圖 3-10 曾文溪模式專案檔案輸出內容	3-14
圖 3-11 高屏溪模式專案檔案輸出內容	3-15
圖 3-12 執行 SBM 專案批次檔確認模式正常運作畫面	3-15
圖 3-13 WFLOW 模式作業流程設定檔大甲溪為例	3-19
圖 3-14 降雨量樣板檔雨量來源設定	3-19
圖 3-15 降雨量樣板檔雨量轉換設定	3-20

圖 3-16 WFLOW 模式樣板檔資料夾與模式名稱設定	3-20
圖 3-17 WFLOW 模式樣板檔輸出降雨資料	3-21
圖 3-18 WFLOW 模式樣板檔執行模式與專案檔	3-21
圖 3-19 WFLOW 模式樣板檔流量計算成果匯入	3-22
圖 3-20 大甲溪 WFLOW 模式作業流程	3-22
圖 3-21 濁水溪 WFLOW 模式作業流程	3-22
圖 3-22 曾文溪 WFLOW 模式作業流程	3-23
圖 3-23 高屏溪 WFLOW 模式作業流程	3-23
圖 3-24 WFLOW 流域基礎資料更新設定 1	3-24
圖 3-25 WFLOW 流域基礎資料更新設定 2	3-25
圖 3-26 土石流潛勢溪流流量資訊	3-26
圖 3-27 河道流流量資訊	3-26
圖 3-28 大甲溪河道流量模擬成果	3-27
圖 3-29 大甲溪地表漫地流流量模擬成果	3-27
圖 3-30 濁水溪河道流量模擬成果	3-28
圖 3-31 濁水溪地表漫地流流量模擬成果	3-28
圖 3-32 曾文溪河道流量模擬成果	3-29
圖 3-33 曾文溪地表漫地流流量模擬成果	3-29
圖 3-34 高屏溪河道流量模擬成果	3-30
圖 3-35 高屏溪地表漫地流流量模擬成果	3-30
圖 3-36 大甲溪水位站降雨量流量水位資訊整合成果	3-31
圖 3-37 大甲溪土石流潛勢溪流降雨量與流量資訊整合成果	3-31
圖 3-38 濁水溪水位站降雨量流量水位資訊整合成果	3-32
圖 3-39 濁水溪土石流潛勢溪流降雨量與流量資訊整合成果	3-32
圖 3-40 曾文溪水位站降雨量流量水位資訊整合成果	3-33

圖 3-41 曾文溪土石流潛勢溪流降雨量與流量資訊整合成果	3-33
圖 3-42 高屏溪水位站降雨量流量水位資訊整合成果	3-34
圖 3-43 高屏溪土石流潛勢溪流降雨量與流量資訊整合成果	3-34
圖 3-44 盧碧颱風高屏溪支流玉穗溪土壤沖蝕損失量推估成果	3-35
圖 3-45 盧碧颱風高屏溪支流玉穗溪土壤沖蝕損失量推估成果	3-35
圖 3-46 盧碧颱風高屏溪玉穗溪匯流口河川輸砂濃度變化情況	3-36
圖 3-47 2023 卡努颱風高屏溪支流玉穗溪土壤沖蝕損失量推估 成果.....	3-36
圖 3-48 卡努颱風高屏溪玉穗溪匯流口河川輸砂濃度變化情況	3-37
圖 3-49 模式建置流程參考手冊-環境安裝	3-40
圖 3-50 模式建置流程參考手冊-錯誤問題排除說明內容	3-40
圖 3-51 模式建置流程參考手冊資料截圖 1	3-41
圖 3-52 模式建置流程參考手冊資料截圖 2	3-42
圖 3-53 20M DEM 資料處理流程 1	3-43
圖 3-54 20M DEM 資料處理流程 2	3-44
圖 3-55 8 月 18 日上課教材與簡報	3-44
圖 3-56 8 月 18 日教育訓課程情況 1	3-45
圖 3-57 8 月 18 日教育訓課程情況 2	3-45
圖 3-58 8 月 18 日教育訓課程情況 3	3-46



第一章 緒論

近年來，土砂災害監測和環境數值模式在水土保持領域扮演著至關重要的角色。為了進行有效的分析和研判，需要大量的監測和環境基礎資料。然而，在過去的資料收集和彙整過程中，經常面臨資料不完整或缺漏的挑戰。隨著衛星遙測技術和物聯網的快速發展，現在有機會獲得更豐富的土砂災害監測和環境基礎資料。

為了提高資料分析與研判與跨單位資訊整合效益，在資料處理流程中需要考量分析就緒資料的處理流程和供應方式。相關內容包含資料前預處理和轉換，以符合不同模式的使用需求。透過建立共同的資料集目錄，並使用標準的檔案格式、時間解析度、空間解析度和搭配版本管理概念，可以方便提供工程師與研究人員模式建置所需的資料。此外，搭配模式資訊串流整合技術，利用自動化程序進行模式建模工作，可以加快模式維護和建置效率。

在土砂災害的研究與防災整合議題上，研究人員需要有效掌握上游集水區的降雨量、流量和土砂運移量的時間和空間分布資訊。以便快速分析和研判後，作為續作業流程相關預警與應變機制參考。

此外，為了有效掌握流域集水區降雨量、流量和土砂運移量的資料交換與供應，需要建立有效的資料整合機制和串接方式。這包括與不同系統和平台進行模式和資料的整合，以便實現與落實資料的自動化供應和資料更新程序。

綜上所述內容，本研究透過探討分析就緒資料處理流程與供應方式，以及如何有效結合分析就緒資料內容，加快模式維護與建置效

率。並且掌握集水區的降雨量、流量和土砂運移量，以提供未來土砂災害發生時能夠提供完整的水文氣象與地文參考資訊。

最後，探討流域集水區降雨量、流量和土砂運移量的跨系統和平台資料交換與供應方式。這有助於持續累積與提升相關研究資料整合和應用效能，並推動相關領域的發展。

第一節 環境數值模式的建置與應用

在環境數值模式的建置與應用過程中，包含基礎環境資料的調查與蒐集、研究區域數值模式建立、模式邊界條件與架構確認、氣象與水文參數設定。當模式建置完成後，匯入模式所需之上、下游邊界資料、啟動模式進行模擬運算分析。當運算完成之後，將模擬分析後的計算成果提供研究區域進行風險管理或警戒值發布應用，並且持續進行模式檢討與驗證工作，提升模式準確度與正確性。而上述模式建置完成後，定期需要搭配研究區域現況進行定期的維護與更新工作，可以使模式模擬成果維持穩定成果，同時現場之監測數值或資料趨勢可維持一定水準，上述整模式建置與應用流程概念，如圖 1-1 所示。

在模式建置過程中為了有效保持與提升模式正確性與穩定性，最重要的內容是有效進行資料的收集與定期維護更新工作。在環境資料調查與收蒐集與更新維護過程中，不論是透過衛星遙測或感測器或人工監測資料，在取得的資料後就可以直接應用在模式中或不用經過太複雜的轉換程序，就可以提供模式使用或進行相關統計分析程序，將可以大幅度降低資料處理的時間與成本，同時加快模式與資料的應用。但為了達到上述目標，需要能夠有效明確定義資料的空間與時間資訊，同時已標準的資料供應方式提供給使用者進行分析與應用。

第二節 分析就緒資料

分析就緒(Analysis Ready Data, ARD)概念，是美國地質調查所(USGS) 在 2017 年 5 月開始推動。主要目的是希望可以大幅度減少使用者取得衛星遙測資料後，所需的資料前處理流程。使用者可以直接利用檔案或跨資料時間段進行統計分析或匯入模式進行運算，而不需要額外進行空間坐標投影系統轉換、影像校正的內容。

USGS 以 Landsat 衛星影像資料為基礎，透過事先規劃好的圖磚分割架構進行圖資更新，搭配衛星影像空間與時間資料處理程與步驟，提供使用者可以直接進行分析與應用的資料。USGS 在 Landsat 衛星影像資料使用 ARD 進行處理之流程，如圖 1-2。

ARD 資料供應，使得遙測資料分析的應用更為便利，也加速了相關資料更新的頻率。而 ARD 資料供應的觀念與架構，已經成為各國太空中心與遙測資料供應單位的基本需求。將相關技術與成果延伸到遙測影像的運算分析，如 Google Earth Engine 和 Microsoft Planetary Computer 都是透過 ARD 流程，進行衛星遙測資料檢索，搭配雲端主機進行大範圍的衛星遙測與模式運算分析服務。此外利用 ARD 技術所發展的 open data cube 架構與處理流程，如圖 1-3 所示，目前在澳洲、瑞士、巴西等國家研究中心共同推動下，透過資料、索引和軟體的結合，可以有效進行大範圍遙測資料共享、分析與管理。如圖 1-4~圖 1-6 所示，為利用 open data cube 資料處理流程與成果介面。因此在分析就緒資料的供應流程下，可以有效處理空間與時間的資料內容，如圖 1-7。

而目前在水文氣象資料與數值模式整合過程中，所需網格與向量資料若可以透過 ARD 供應，搭配標準與開放的資料處理流程，可以

有效與快速提供模式建置分析成果所需要的資訊內容，圖 1-8 所示。



圖 1-1 環境數值模式建置與應用

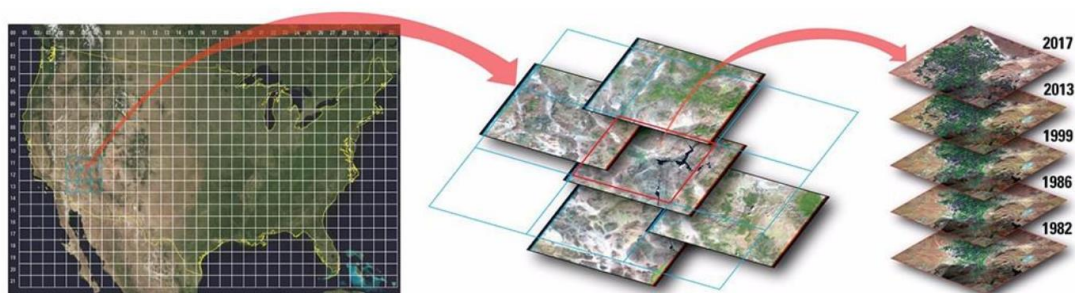


圖 1-2 美國地質調查所 Landsat 衛星分析就緒資料概念

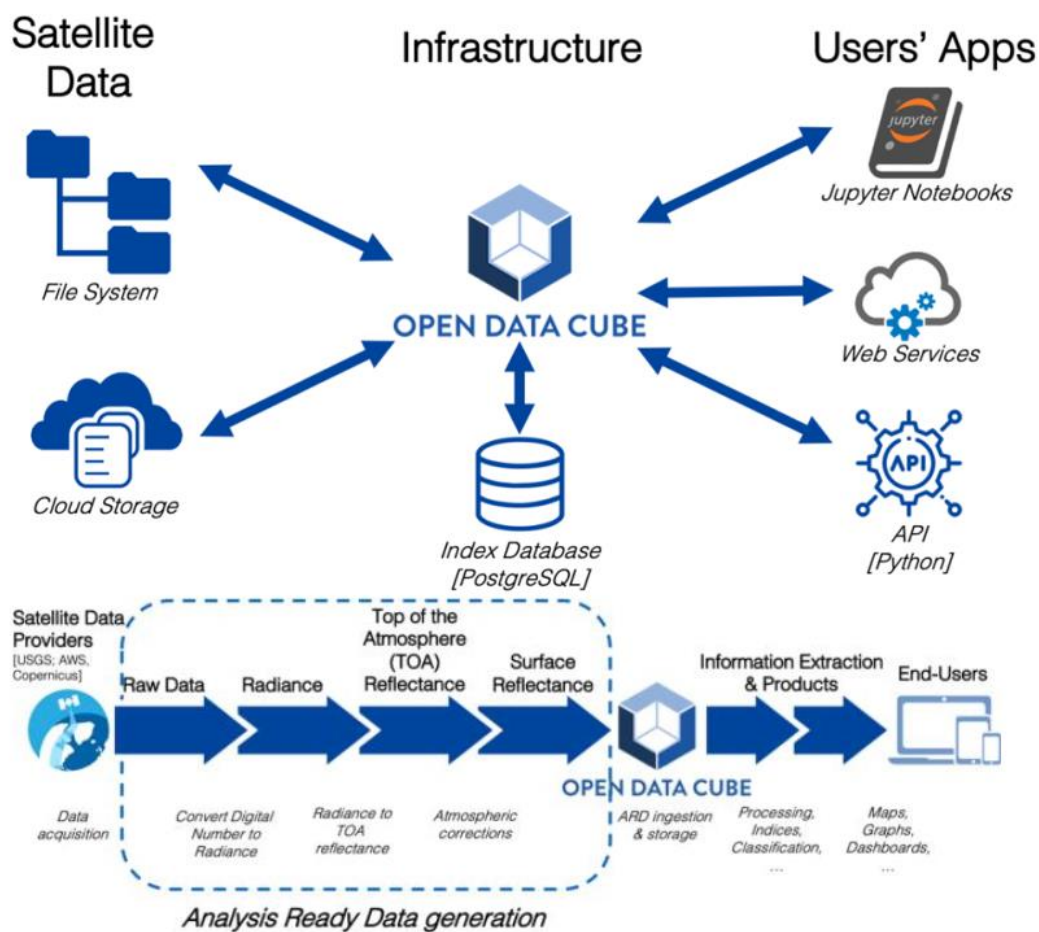


圖 1-3 open data cube 架構與分析就緒資料處理流程

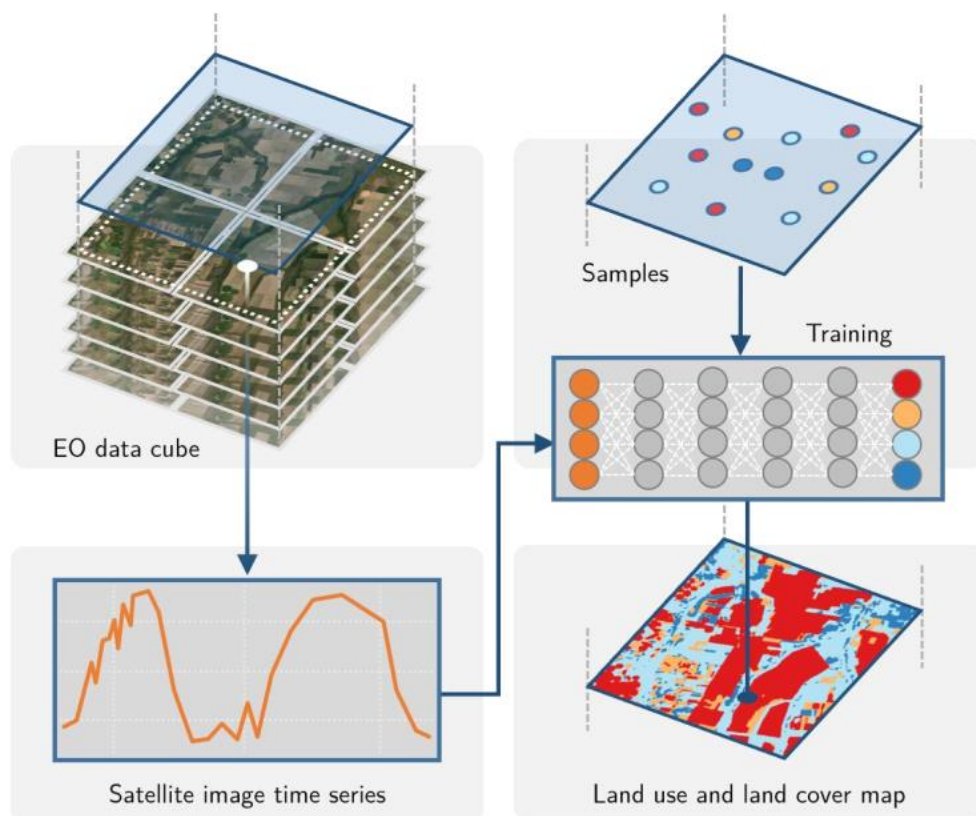


圖 1-4 衛星遙測處理流程示意圖

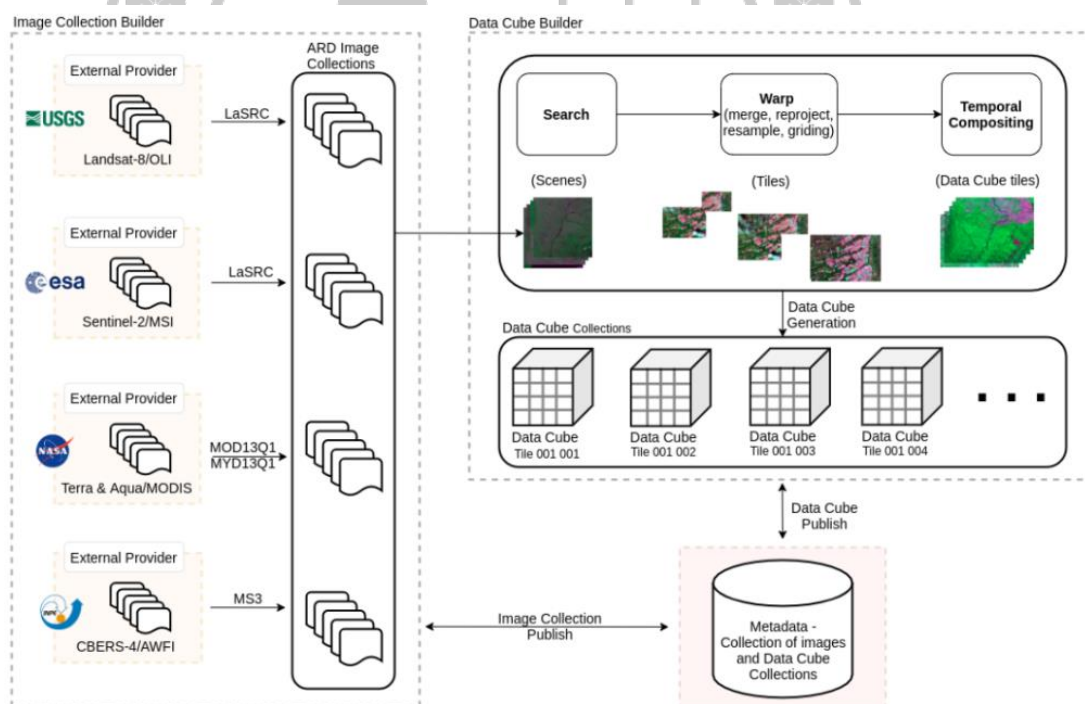


圖 1-5 Data Cube 資料架構

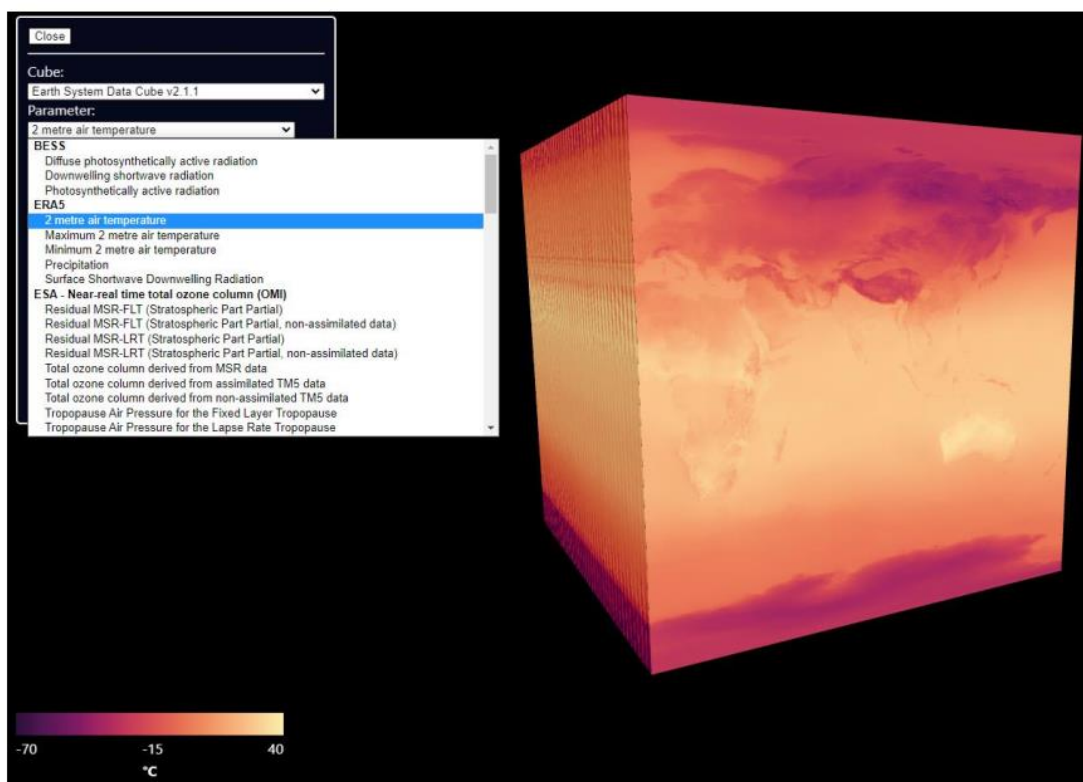


圖 1-6 DataCube 整合氣象資料示意圖

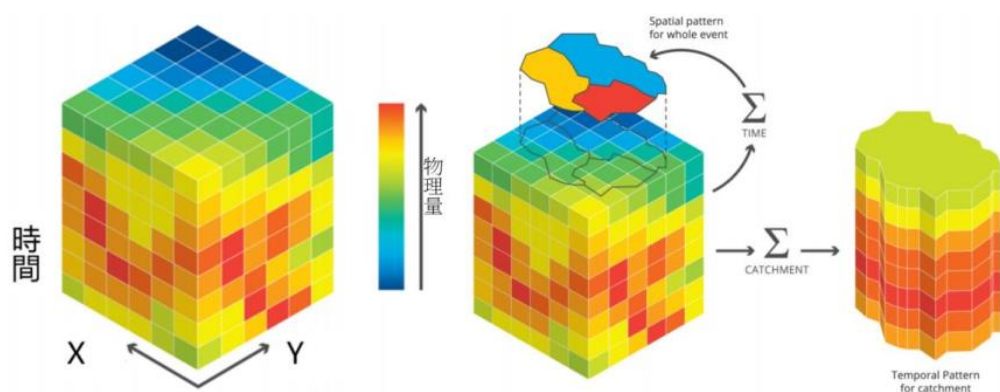


圖 1-7 多維度網格資料應用於多邊形範圍統計示意圖

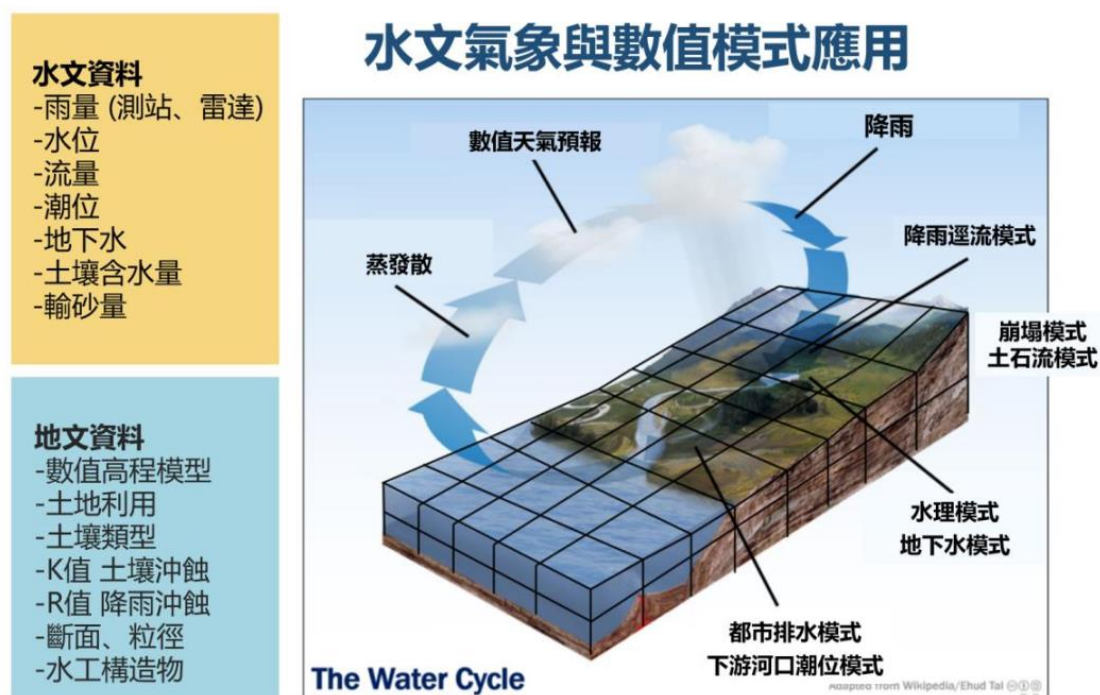


圖 1-8 水文氣象數值模式應用概念與對應水文與地文資料



第二章 工作執行方法與步驟

第一節 工作執行方法

為了有效應用分析就緒資料與搭配自動化模式建置與分析應用的流程，提供上游集水區與土石流潛勢溪流應用。計畫執行流程與方式加以彙整，如圖 2-1 所示。包含分析就緒資料供應流程與方式探討，針對國內外相關案例參考資料收集與目前相關資訊流程與技術架構加以說明，以提供後續研究分析成果資料轉換成為分析就緒資料時可以進行參考與評估。

針對分析就緒資料進行自動化模式建置與更新機制進行評估與測試。由基礎資料收集、資料集建立、模式建置自動化測試與評估、自動化流程驗證，評估利用模式建置流程自動化可行性與需要注意的內容與細節。搭配開源分布式降雨逕流模式，提供流量與土砂運移量成果。進行流域集水區案例確認、分布式降雨逕流模式專案建置、土砂運移模式專案建置、成果驗證比對，完成前述利用分析就緒資料與自動化建模成果的驗證。

當模式可以進行自動化與作業化模擬後，進行模式成果資料供應與交換機制的建立。討論資料交格式與機制，評估並且進行檔案格式與交換機制測試、物理量時間解析度確認與成果測試。以便後續可以將成果提供給相關系統或模式進行應用，提升資料數位再應用的價值。

而相關的模式建置流程與注意事項，在計畫成果繳交時提供完整的說明文件與檔案內容，供後續同仁參考使用。針對自動化模式建置說明手冊與案例專案成果供應，完成相關手冊文件規劃。在自動化建

模的工具 HydroMT 使用手冊，完成執行過程中產製的模式專案說明文件。並且將案例成果檔案彙整，以便後續使用者可以提估完整的功能測試與驗證。

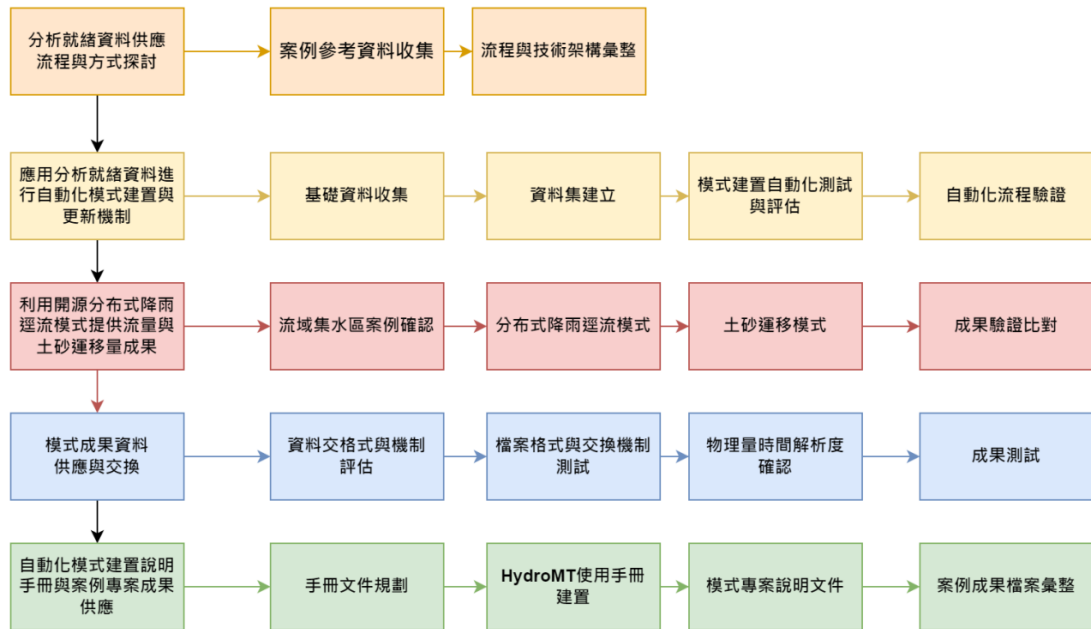


圖 2-1 整體計畫架構與流程

第二節 分析就緒資料供應流程與方式探討

在考量整體資料產製與後續維護供應的架構，針對所需要分析就緒資料供應流程與方式，分別歸納成為分析就緒資料 Analysis Ready Data (ARD)、資料管理維運 DataOps (Data Operations)。

分析就緒資料 Analysis Ready Data (ARD) 原先主要針對遙感探測資料成果進行處理。衛星遙測資料經過一系列的處理和標準化步驟，確保資料能夠進行科學分析，並滿足特定的研究或應用需求。其內容包括數值校正、坐標系統、影像定位、雲霧覆蓋移除等資料處理步驟。使得資料有一致的投影坐標系統、像素大小和檔案格式，並且可以適用於不同時間點和位置點之間的比較分析。

進一步延伸至 Analytics-Ready Data 則泛指各種可提供作為分析

的資料來源。這些資料經過清理、整理、標準化和轉換，以確保資料的品質、一致性和適用性。可以直接應用於各種分析任務，例如統計分析、趨勢分析、機器學習等。這些資料通常具有適當的資料格式、結構、範圍和一致的資訊樣態，以便資料分析師和科學家能夠有效地進行資料分析。

而資料管理維運 DataOps (Data Operations) 是一種資料管理和維運方法，目標是加速資料流程、提高資料品質和增強資料團隊的合作效率。此外 DataOps 強調資料串流的自動化、版本管理、測試和監測，以實現資料的快速、可靠和可持續的交付的目標。促進了資料團隊、資料科學家和應用單位間的合作和交流。

而上述這樣的架構概念目前已經落實在 Open data cube 與 HydroMT 專案中，Open Data Cube 應用於遙測資料與地理空間資料存儲、檢索、分析和共享，可以透過模組化方式提供不同資料來源與分析功能的擴充。而 HydroMT 則是主要針對環境水利與水文模式整合應用的流程上，應用遙測與空間資料成果，透過程式執行資料處理自動化作業流程，提供模式專案所需檔案與格式。

由於 HydroMT 主要針對水利環境模式進行應用，同時可以搭配後續使用的 Wflow 模式，因此在計畫中以 HydroMT 作為計畫中分析就緒資料供應流程與方式探討主軸。

第三節 應用分析就緒資料進行自動化模式建置與更新機制

由於建立應用數值模式的過程中，通常需要許多前處理步驟，來處理模式所需水文地文與參數資料。因在作業過程中可能會花費很多時間，在進行資料收集與檔案內容的轉換等工作與流程。此外模式資料需要定期更新才能穩定維持較佳的模擬分析品質。

但每一個工程師對於模式見解與專注方向略有不同，若不是透過相同工具與步驟，難以重現模式分析與模擬成果。因此如何將收集的資料內容轉換成為分析就緒資料提供給模式進行應用，如何有效將資料轉換成模式專案內容。是本計畫討論與解決的主要核心內容。因此計畫將利用分析就緒資料(ARD)搭配 HydroMT (Hydro Model Tools) 結合 Wflow 模式與 Delft_FEWS 平台架構。有效進行整合模式資料前處理、模式運算、模式成果供應等三個主題，並且進行分析就緒資料成果供應與架構的探討。

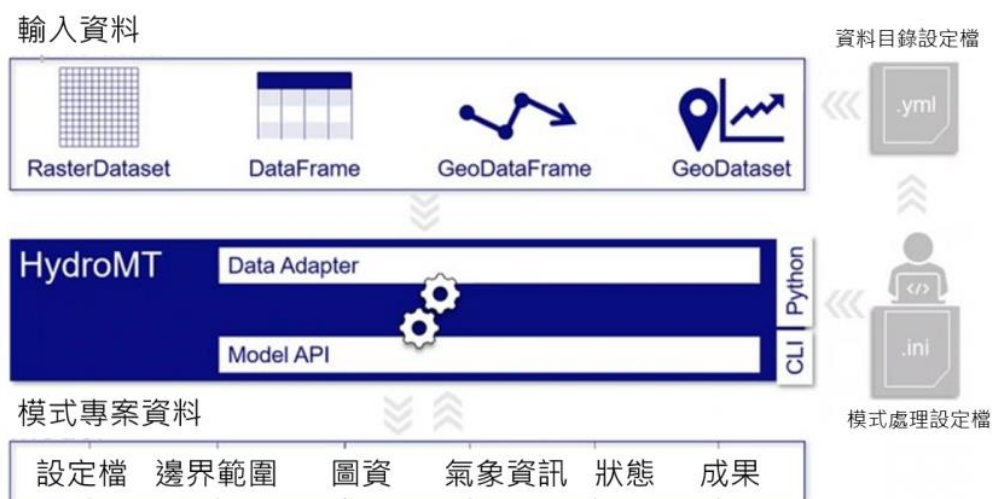
HydroMT 是荷蘭國家水文研究院 (Deltares) 所開發的自動化模式建置與成果分析工具。使用 Python 程式搭配 xarray, geopandas, rio, xarray, pyflwdir, numpy, scipy 和 dask 等程式。可以有效針對各種網格與向量資料集進行空間和時間轉換與處理，同時可以輸出成為模式運算過程中所需資料與檔案格式。相關的圖資來源透過資料目錄，進行資料來源端的彙整與版本管理。資料來源目錄，使用副檔名為 yaml 的檔文字檔案，進行來源詮釋資料與檔案與來源路徑的設定。HydroMT 可以依照模式建置過程所需資料，進行資料供應與轉換，並提供模式專案設定、資料與參數對應、空間關聯性、初始狀態等標準化內容。上述模式設定流程，使用者可以透過工作流程設定文字檔(ini 檔案)描述完整的模式設定內容，讓模式建置的過程可達到可重複使用，快速和模組化的目標。

在使用上除了使用 Python 介面外，HydroMT 同時也提供命令提示列的介面 (Command-Line Interface, CLI) 方便使用者進行模式建置、更新或分析流程，其概念如圖 2-2 所示。工程師利用 HydroMT 進行模式建置流程的步驟如下，分別為準備資料目錄、定義模式邊界

範圍、設定模式專案建置檔案、執行 HydroMT，如圖 2-3 所示。

在 HydroMT 整體處理流程與架構是以資料為中心，提供模式建置過程所需的資料反覆運算所需流程與成果。在資料來源內容，可透過利用開放的全球資料集，可以提供任何位置設定概略的模式，搭配本地端使用較細緻的研究區域資料集更新，匯入新的資料來改善模式成果。可減少使用者反覆運算與資料處理過程，並且能夠快速建立模式並分析其初步結果。後續再進一步針對模式進行改進或所需的資料收集做出對應的評估與判斷與修正。此外，也可以修改模式使用的參數圖資(層)或強制指定特定參數數值，以便進行模式敏感度分析或模式率定與校正。目前，HydroMT 外掛支援模式包括分布式降雨徑流模式(Wflow)、海岸淹水模式(SFINCS)，水質模式(Delwaq)，淹水影響模式(Delft-FIAT)等模式。

進一步以案例方式說明，使用 HydroMT 搭配分析就緒資料進行自動化模式建置與更新機制，進行評估與測試。由基礎資料收集、資料集建立、模式建置自動化測試與評估、自動化流程驗證等項目，評估可行性與需要注意的內容與細節，提供後續分析就緒資料應用與模式自動化建置之參考。



步驟:

- 1.在yaml檔案中設定資料目錄檔中使用對應資料集，或從資料集目錄中選擇可用的資料集。
- 2.確認的模式資料範圍。模式資料範圍可以使用邊界框或幾何圖形，也可以使用水文資料的次集水區或子集水區。
- 3.在ini設定檔中設定模式使用的方式與參數。
- 4.利用命令提示列或 Python介面執行HydroMT進行模式建置。

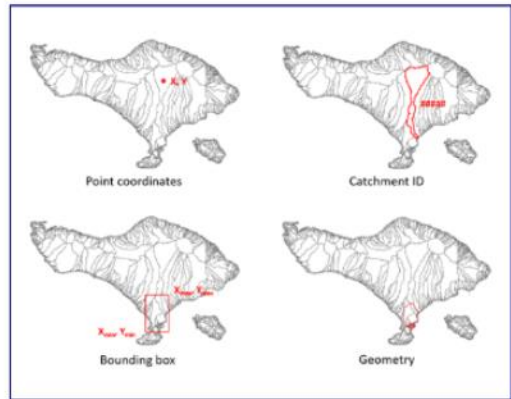
圖 2-2 HydroMT 資料處理流程架構示意圖



1. Prepare data catalog

```
merit_hydro_v1.0:
  crs: 4326
  data_type: RasterDataset
  driver: raster
  kwargs:
    chunks:
      x: 6000
      y: 6000
  meta:
    category: topography
    paper_doi: 10.1029/2019WR024873
    paper_ref: Yamazaki et al. (2019)
    source_license: CC-BY-NC 4.0 or ODbL 1.0
    source_url: http://hydro.iis.u-
    tokyo.ac.jp/~yamada/MERIT_Hydro
    source_version: 1.0
    path: topography/merit_hydro/*.vrt
```

2. Define model region



3. Configure model setup

```
[setup_config]
starttime = 2010-01-01T00:00:00 # options parsed to wflow :
endtime = 2010-03-31T00:00:00
timestepsecs = 86400
input.path_forcing = inmaps-era5-2010.nc

[setup_basemaps]
hydrography_fn = merit_hydro # source hydrography data
basin_index_fn = merit_hydro_index # source of basin index
upscale_method = ihu # upscaling method for flow

[setup_rivers]
hydrography_fn = merit_hydro # source hydrography data
river_geom_fn = rivers_lin2019_v1 # river source data
river_upa = 30 # minimum upstream area
rivdph_method = powlaw # method to estimate depth
min_rivdph = 1 # minimum river depth
min_rivwth = 30 # minimum river width
slope_len = 2000 # length over which to
smooth_len = 5000 # length over which to
```

4. Run HydroMT

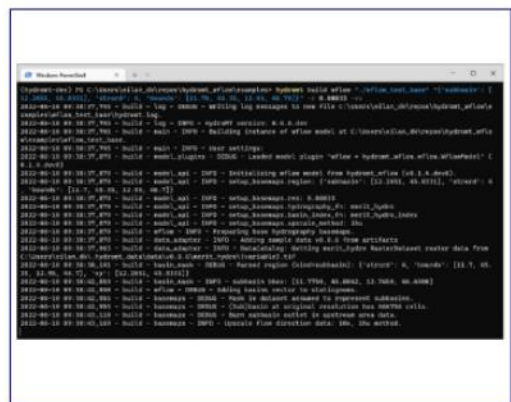


圖 2-3 HydroMT 處理流程示意圖

第四節 利用開源分布式降雨逕流模式提供流量與土砂運移量成果

為了有效了解流域集水區降雨量、流量與土砂運移量的時間與空間分布成果，將使用開源分布式降雨逕流模式 Wflow 建立對應分布式降雨逕流成果，以大甲溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪流集水區範圍為例，提供完整流量資訊，以便有效掌握流域集水區降雨量與流量空間分布成果，同時在本年度進一步針對土砂運移量進行測試與評估，並且選擇高屏流域進行土砂運移模式的測試。

Wflow 模式為荷蘭國家水文研究院 (Deltares)所開發的分布式降

雨逕流模式，原先模式使用 PCRaster 搭配 Python 進行開發，但考量高解析度網格運算需求越來越高。因此在 2021 年將模式將使用的程式語言轉換成為 Julia，同時程式碼也使用 MIT 授權機制的開源軟體。模式考量降水、截流、蒸發散、土壤、地表水和地下水等對於流量之影響。目前 Wflow 模式在已在亞洲、歐洲、美洲、非洲等不同國家使用。並且應用於分析洪水災害，乾旱，氣候變化影響和土地利用變化，截至 2021 年底世界各國應用 Wflow 模式專案位置分布如圖 2-4 所示。

一、分布式降雨逕流模組

在計畫中分布式降雨逕流模式為 Wflow_sbm 模組(Simple bucket model)，此模組是由 Topog_SBM (Vertessy and Elsenbeer 1999)的概念衍生，可應用於不同土地利用特性與不同與集水區水庫操作等應用。Wflow_sbm 模組其運作概念，如所示圖 2-5。整體模式採用網格式(Raster)資料型態方式進行建置。而在整體模式建置資料中會使用到集水區數值高程地形模型、土地利用、土壤種類等資訊，同時搭配向量資料的集水區範圍、河川路網進行模式基礎資料建置，以確保模式資料與成果完整性。模式的輸入資料來源，可包含降雨量或特定位置點的流量資料，而模式輸出檔案為以數值地形高程模型網格解析度為基礎的網格流量資訊，如圖 2-6 所示為模式的輸入輸出概念。表 2-1~表 2-2 為模式相關參數資料設定內容與模式專案資料夾對應資訊。在計畫中以大甲溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪流域為研究測試案例，以國土測繪中心所提供的 20m*20m 數值高程模型為基礎，測試 20m 與 100m

解析度成果後，選用合適的網格解析度進行後續土石流潛勢溪流模擬應用。在資料中搭配行政院農業委員會提供之資料開放平台所提供的土壤類型資料進行建置。完成模式建置後搭配水利署水位站流量資訊進行模式率定驗證。使用颱風豪雨事件進行效率係數與相對誤差進行成果比對。以提供模式成果正確性與合理的評估。並且提供大甲溪 69 條、濁水溪 166 條、曾文溪 49 條、高屏溪 123 條，共 407 條潛勢溪流對應網格點流量資訊，並且優先選擇風險分級評估較高的潛勢溪流進行測試與比對。如圖 2-7~圖 2-10 所示分別為大甲溪、大甲溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪流流域數值高程模型與土石流潛勢溪流分布位置。

二、土砂運移模組

土砂運移模組 Wflow_sediment 是以分布式水文模式 Wflow_sbm 模組為基礎的分散式物理模型。可模擬上游集水區到出海口和河流土砂運移過程，如圖 2-11 所示。在模式資料內容中可使用全球尺度資料集進行模擬，也可以使用較高解析度的本地端資料進行模擬，透過網格資料可以提供參數推估和可以減少模式校正工作量。模式可以模擬水文循環過程中，由陸地到海岸輸出的土砂量，整體模式架構中包含兩個模組內容。

第一部分為集水區土壤損失模組，推估由地表侵蝕造成的河川集水區中土壤損失和泥砂生產量；在資料處理流程中包含垂直土壤侵蝕和水平方向的漫地流的土砂濃度，資料概

念，如圖 2-12 所示。第二部分為河川輸砂模組，是模擬河川系統中土砂運移的過程概念，如圖 2-13 所示。Wflow_sediment 模組，主要參考 SWAT 模式於 2017 年開發的物理模型，可以使用參數方式來推估河床和河岸的沖蝕，並可將推移質與懸浮質分開。由上述兩個部分共同組成 Wflow_sediment 模組，提供土砂運移相關資訊。此外由於土砂的產生和運輸過程與水文和流量有關，因此 Wflow_sediment 模型的輸入來源主要是透過水文模式成果供應。模式所需的動態輸入包括：降雨量、地表逕流、河川逕流、地表水位、河川水位、植被截留等相關資訊。相關設定內容，如表 2-3 所示。在歐洲利用 Wflow 模式所推估的流量與土壤流失量統計成果，如圖 2-14 為萊茵河 Wflow 模式推估之流量與土壤流失量所示。而本年度在土砂運移模組 Wflow_sediment 模組應用，針對高屏溪流域完成土砂運移模組織測試與評估，以確保計畫成果可以有效提供。

利用開源分布式降雨逕流模式提供流量與土砂運移量成果，進行大甲溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪流域集水區案例確認、完成分布式降雨逕流模式專案建置與高屏溪土砂運移模式專案建置，並且進行案例成果驗證比對，並且完成前述利用分析就緒資料與自動化建模成果的驗證。



圖 2-4 Wflow 模式應用國家分布

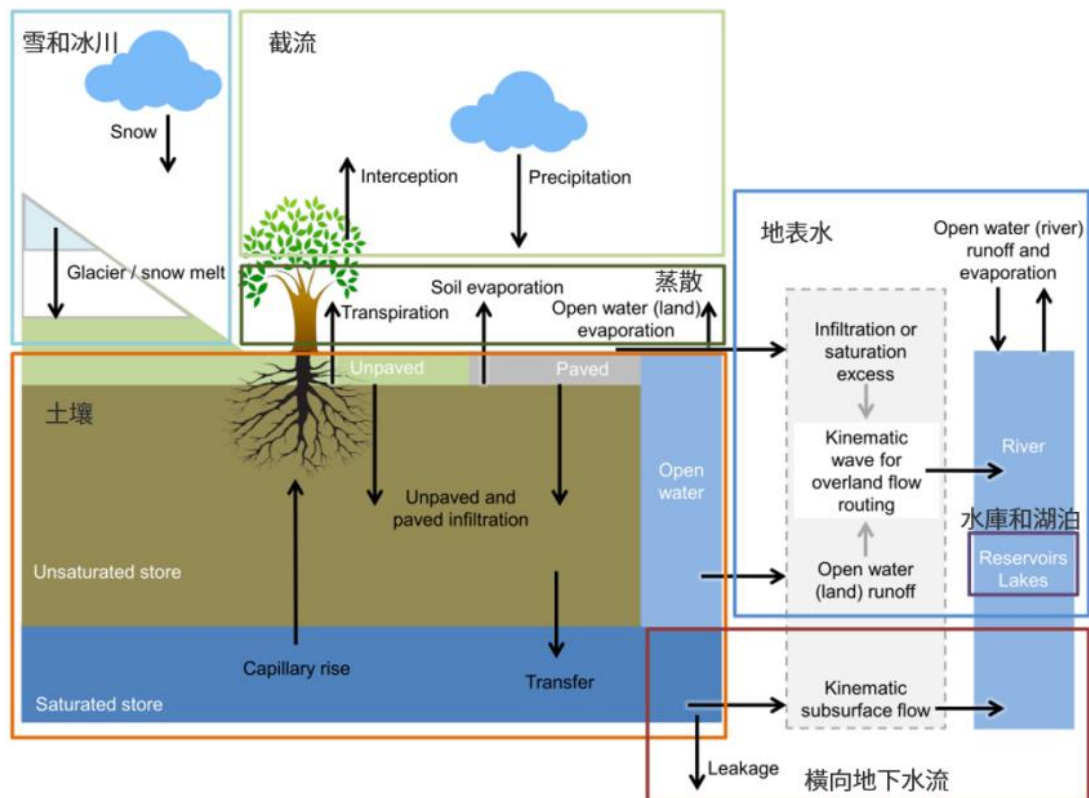


圖 2-5 Wflow 模式 SBM 模組降雨逕流示意圖

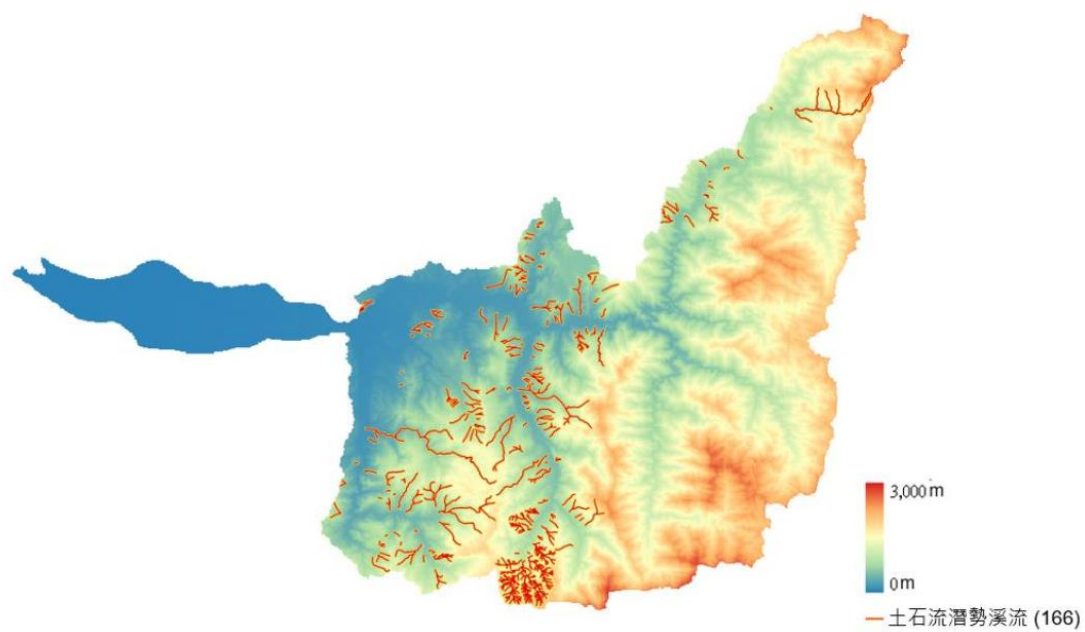


圖 2-8 濁水河流域數值高程與土石流潛勢溪流分布示意圖

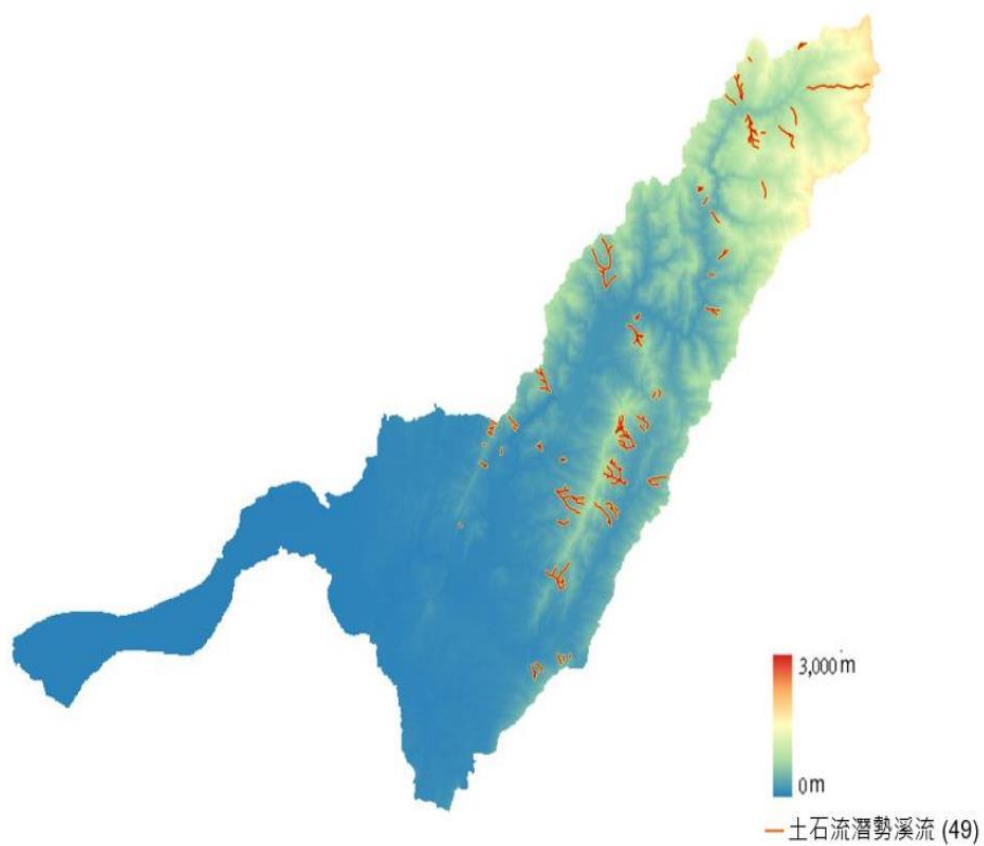


圖 2-9 曾文河流域數值高程與土石流潛勢溪流分布示意圖

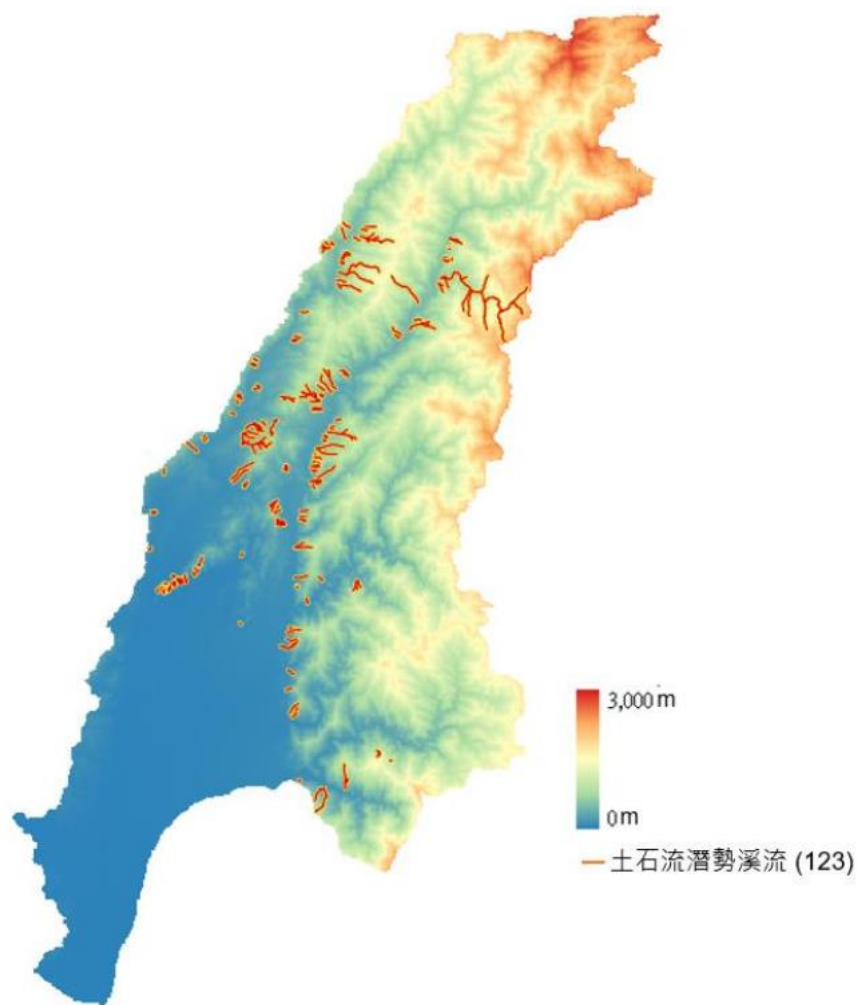


圖 2-10 高屏河流域數值高程與土石流潛勢溪流分布示意圖



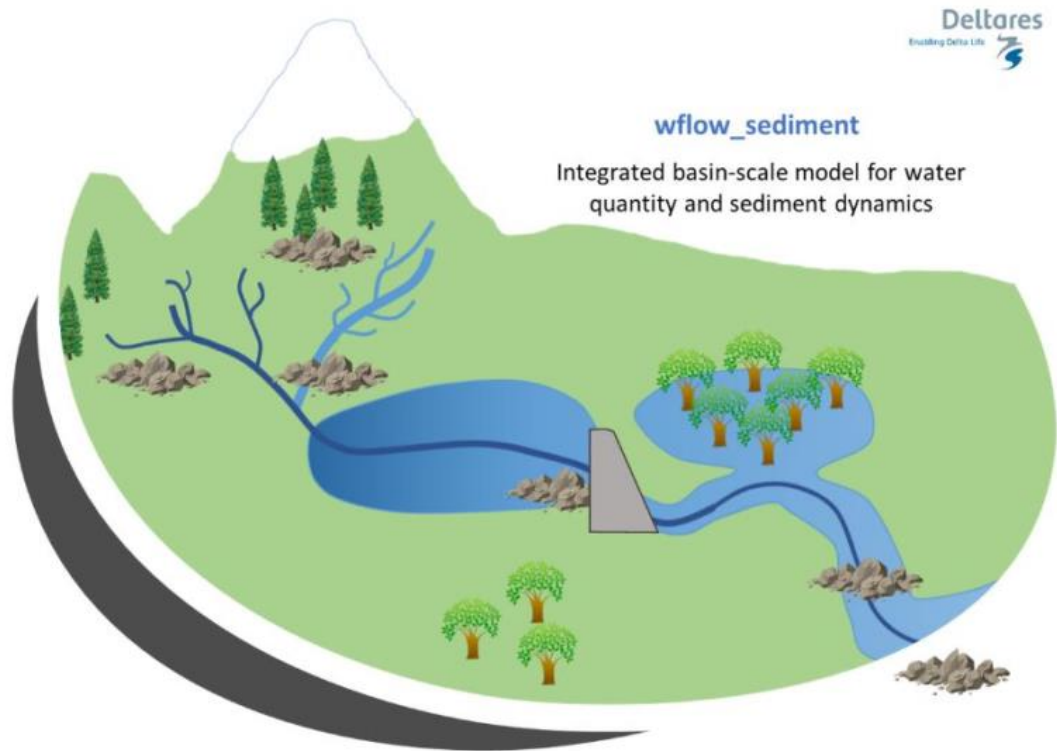


圖 2-11 Wflow Sediment 模組概念示意圖

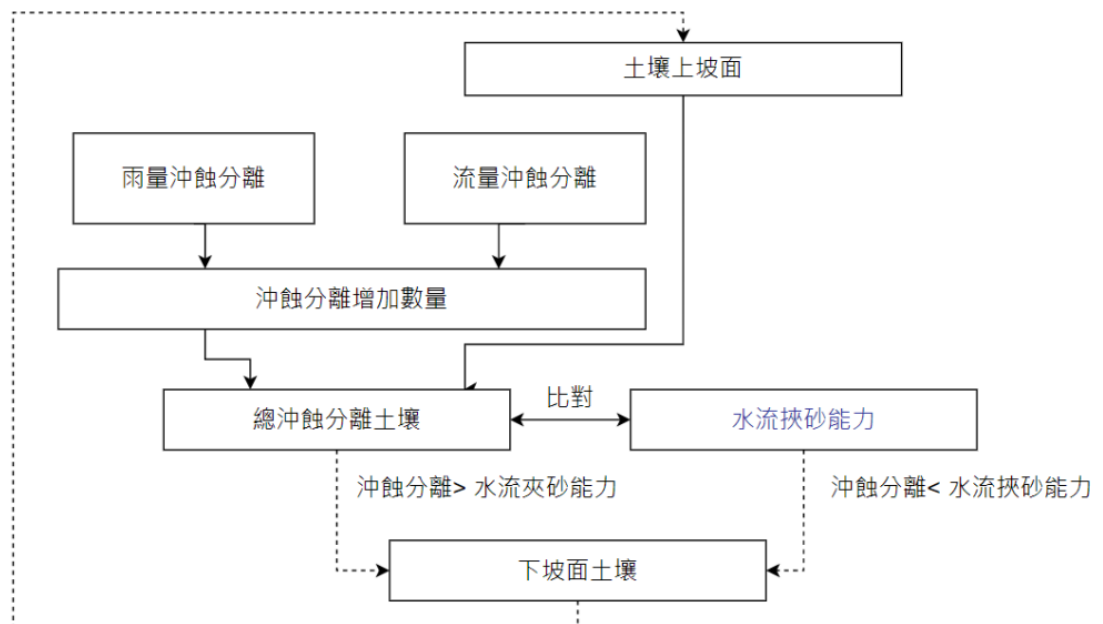


圖 2-12 Wflow Sediment 模組地表網格土砂運移概念示意圖

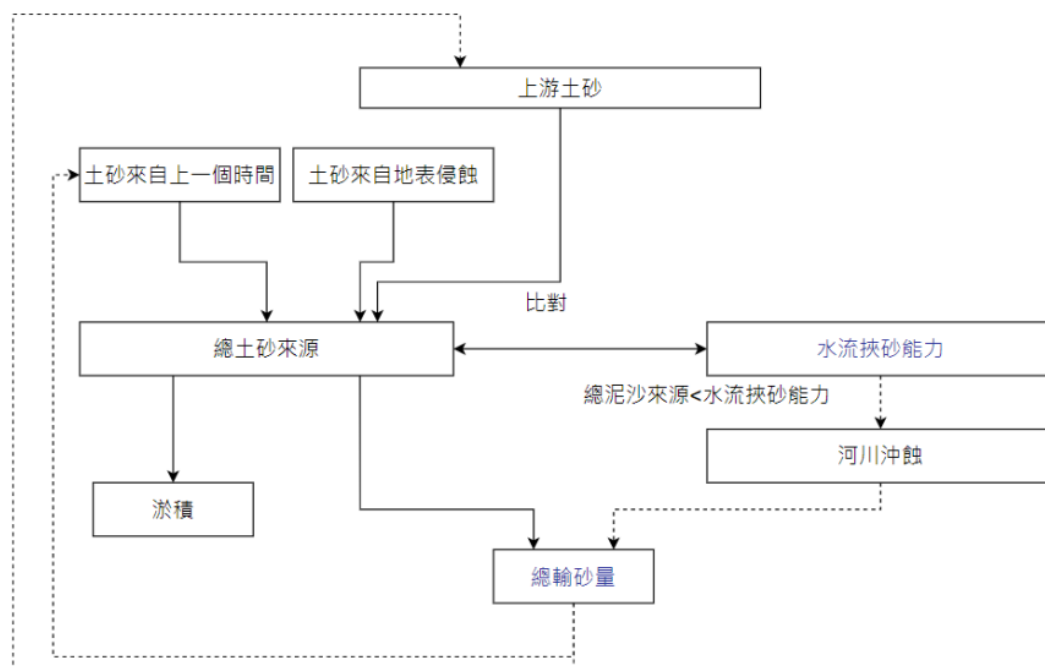


圖 2-13 Wflow Sediment 模組河川網格土砂運移概念示意圖

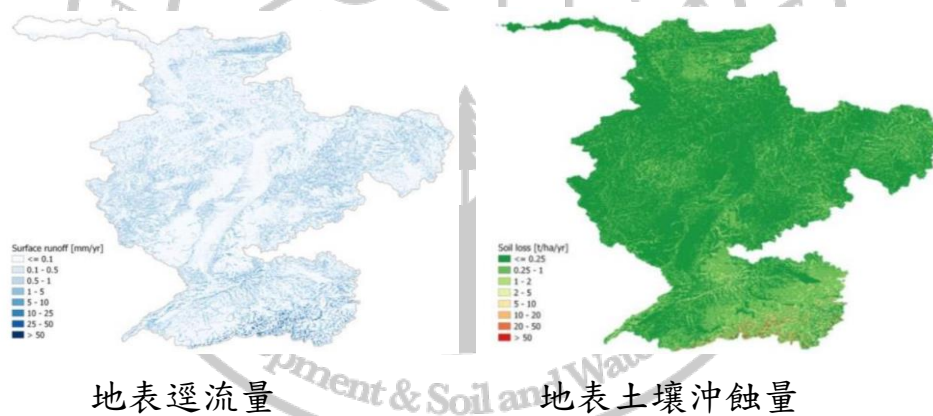


圖 2-14 菜茵河地表逕流量與土壤沖蝕量

表 2-1 Wflow 模式 SBM 模組設定檔架構

方法	說明
setup_config()	更新設定檔
setup_basemaps()	設定研究區域範圍 (單位_度)
setup_rivers()	設定河川參數地圖
setup_lakes()	設定湖泊面積匯留點參數包含面積深度流量
setup_reservoirs()	設定水庫面積與放流點參數，包含面積、需求、最小和最大目標存儲容量和排放容量值的參數
setup_glaciers()	設定冰川面積與體積參數 包含溫度警戒 轉換參數
setup_lulcmaps()	設定土地利用或土地覆蓋圖資
setup_laimaps()	設定每月設葉面積指數 (LAI) 氣候圖資
setup_soilmaps()	設定土壤參數
setup_hydrodem()	設定河流和/或地表水文高程圖資
setup_gauges()	設定測站位置資訊
setup_areamap()	從向量資料設置區域地圖以保存特定區域的 wflow 輸出
setup_precip_forcing()	設定降雨資料
setup_temp_pet_forcing()	設定溫度資料
setup_constant_pars()	設定網格通用參數

表 2-2 Wflow 模式專案檔案內容

模式元件	wflow 檔案描述	
config	wflow_sbm.toml	模式設定檔
staticmaps	staticmaps.nc	靜態圖資
staticgeoms	geometries from the staticgeoms folder (basins.geojson, rivers.geojson etc.)	靜態向量圖資
forcing	inmaps.nc	輸入邊界條件
states	instates.nc	狀態檔
results	output.nc, output_scalar.nc, output.csv	模式輸出檔案

表 2-3 Wflow 模式泥砂模組設定檔

設定內容	說明
setup_config()	更新設定檔
setup_basemaps()	設定研究區域範圍（單位_度）。
setup_rivers()	設定河川參數地圖。
setup_lakes()	設定湖泊面積匯留點參數包含面積深度流量
setup_reservoirs()	設定水庫面積與放流點參數包含面積、需求、最小和最大目標存儲容量和排放容量值的參數。
setup_lulcmmaps()	設定土地利用或土地覆蓋圖資
setup_laimaps()	設定每月設葉面積指數 (LAI) 氣候圖資。
setup_canopymaps()	設定泥沙運移模組的植被冠層高度圖。
setup_soilmaps()	設定泥沙運移模組土壤參數圖。
setup_riverwidth()	依據預測數值的冪次關係，設定河道流寬度參數。
setup_riverbedsed()	設定泥沙運移模河床特性圖。
setup_gauges()	設定出流點位或測站圖資。
setup_areamap()	從向量資料設定特定區域範圍 wflow 輸出成果。
setup_constant_pars()	設定網格通用參數。

第五節 模式成果資料供應與交換機制建立

當分布式降雨逕流模式與土砂運移模式專案建置完成後，為了持續有效結合觀測降雨量成果進行流量成果供應。利用 Delft-FEWS 平台進行整合(Werner et al. 2013)，將模式使用"通用模式銜接技術 (General Adapter)，其概念如圖 2-15-圖 2-16 所示，透過標準化的資料轉換流程，由 Delft-FEWS 匯出模式所需的輸入檔案(雷達降雨量成果)，接著啟動 Wflow 模式進行運算，當確認 Wflow 模式計算完成後，會將 Wflow 模式運算流量成果轉換成為標準格式(NETCDF)回傳給 Delft_FEWS 平台，後續搭配時間序列展示與降雨量與流量空間展示設定，完成模式的串接工作而模式與平台資料交互的格式目前主要可以透過 XML 格式或 NETCDF 檔案方式進行成果交換，目前在

Wflow 模式使用 NETCDF 檔案進行交換。接著針對 Wflow 模式輸出成果進行動態網格資料展示的視覺化的輸出設定與針對土石流潛勢溪流位置進行流量成果的展示。如圖 2-18~圖 2-19 分別為流域集水區整體網格時間序列展示畫面，與單一網格流量對應的時間序列展示介面。

在檔案資料交換機制上，目前在平台與模式成果，主要利用 NETCDF 檔案進行資料輸入與輸出工作，因此優先利用 NETCDF 檔案各式進行交換如圖 2-20 為模式輸入與模式輸出之檔案內容。在作業化過程中可以透過定時將輸入與輸出 NETCDF 檔案上傳到共用資料夾方式，提供給 BigGIS 平台匯入進行視覺化展示或其他，如 RAMMS 模式所需輸入物理量與時間頻率資訊進行供應，或進一步配合模式所需檔案格式進行輸出，如 CSV 或 XML 檔案格式。或利用 NCAR 的 THREDDS 圖資共享服務建立的 Archive 的檔案目錄服務。將檔案定時上傳到檔案目錄服務主機並建立對應之檔案詮釋說明資料。Archive 檔案目錄服務主機提供使用者標準的 NETCDF 資料交換的方式如 OPENDAP, HTTP Server, WCS 等方式，如圖 2-21 所示。配合模式銜接自動化與作業化模擬成果，確認檔案格式與空間解析度、物理量、時間解析度等內容。以便後續可以將成果提供給相關系統或模式進行應用，提升資料數位再應用的價值。考量後續資料應用可行性，於計畫執行期間與 BigGIS 維運團隊優先透過四個流域輸出成果範例檔案交換的方式，進行後續資料交換可行性的評估。

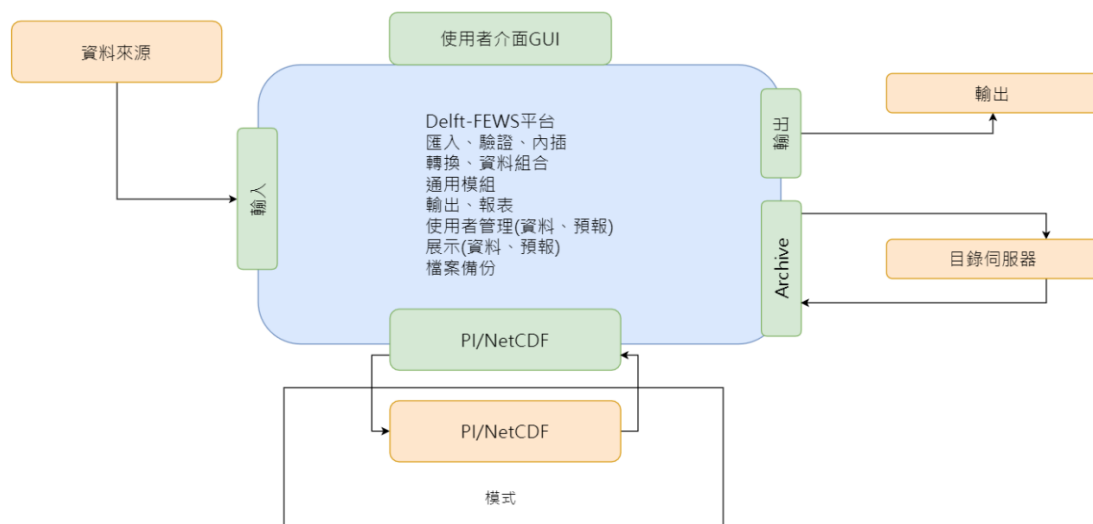


圖 2-15 Delft_FEWS 平台資料串流示意圖

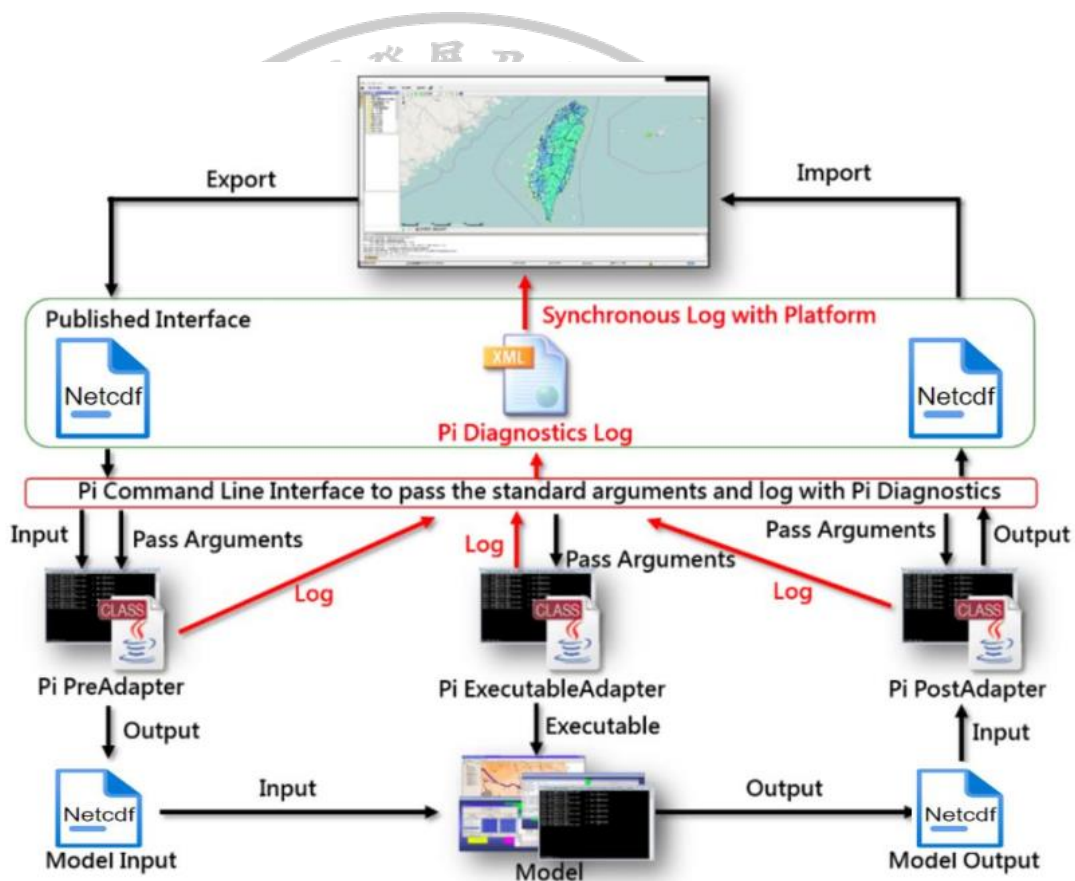


圖 2-16 Delft_FEWS 與模式整合資料傳遞示意圖

```

C:\WINDOWS\system32\cmd. x + v
[ Info: Set lateral.river.rhosed using default value 2650.0.
[ Info: Set lateral.river.dmcly using default value 2.0.
[ Info: Set lateral.river.dmsilt using default value 10.0.
[ Info: Set lateral.river.dmsand using default value 200.0.
[ Info: Set lateral.river.dmsagg using default value 30.0.
[ Info: Set lateral.river.dmlagg using default value 500.0.
[ Info: Set lateral.river.dmgrav using default value 2000.0.
[ Info: Set lateral.river.fclayriv using NetCDF variable ClayF_River.
[ Info: Set lateral.river.fsiltriv using NetCDF variable SiltF_River.
[ Info: Set lateral.river.fsandriv using NetCDF variable SandF_River.
[ Info: Set lateral.river.fgravriv using NetCDF variable GravelF_River.
[ Info: Set lateral.river.d50 using NetCDF variable D50_River.
[ Info: Set lateral.river.d50engelund using NetCDF variable D50_River.
[ Info: Set lateral.river.cbagnold using NetCDF variable c_Bagnold.
[ Info: Set lateral.river.ebagnold using NetCDF variable exp_Bagnold.
[ Info: Create an output NetCDF file run_default/output.nc for grid data, using compression level 0.
[ Info: Create a state output NetCDF file run_default/outstate/outstates.nc.
[ Info: Set initial conditions from default values.
[ Info: Initialized model
[ Info: Run information
      model_type = "sediment"
      starttime = CFTIME.DateTimeProlepticGregorian(2008-09-12T00:00:00)
      dt = 86400 seconds
      endtime = CFTIME.DateTimeProlepticGregorian(2008-09-15T00:00:00)
      nthreads() = 4
Progress: 100% | Time: 0:00:02
[ Info: Write output states to NetCDF file run_default/outstate/outstates.nc.

```

圖 2-17 模式在命令提示列啟動的運算畫面

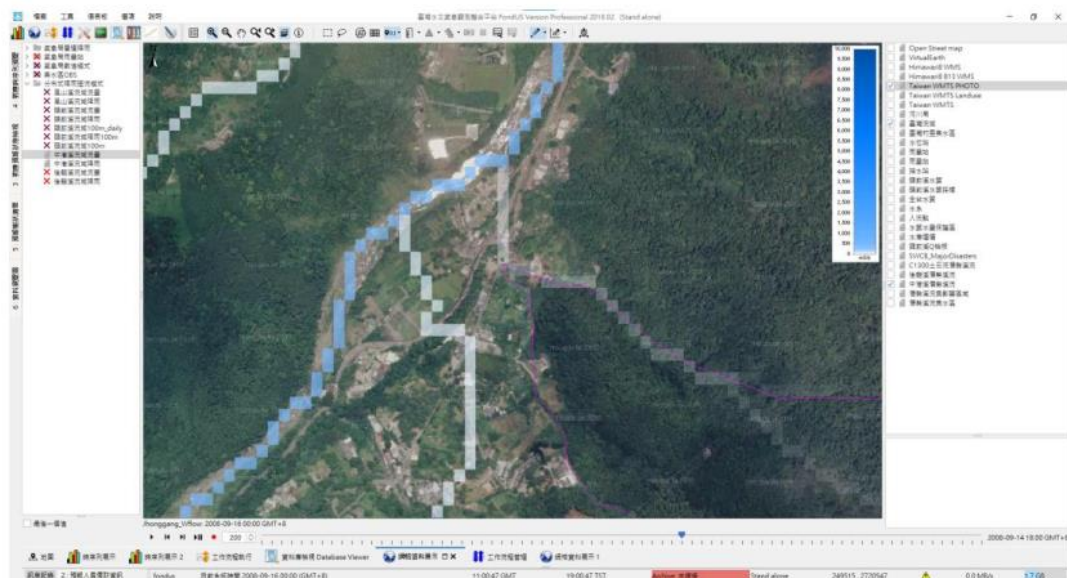


圖 2-18 流量網絡展示程成果示意圖

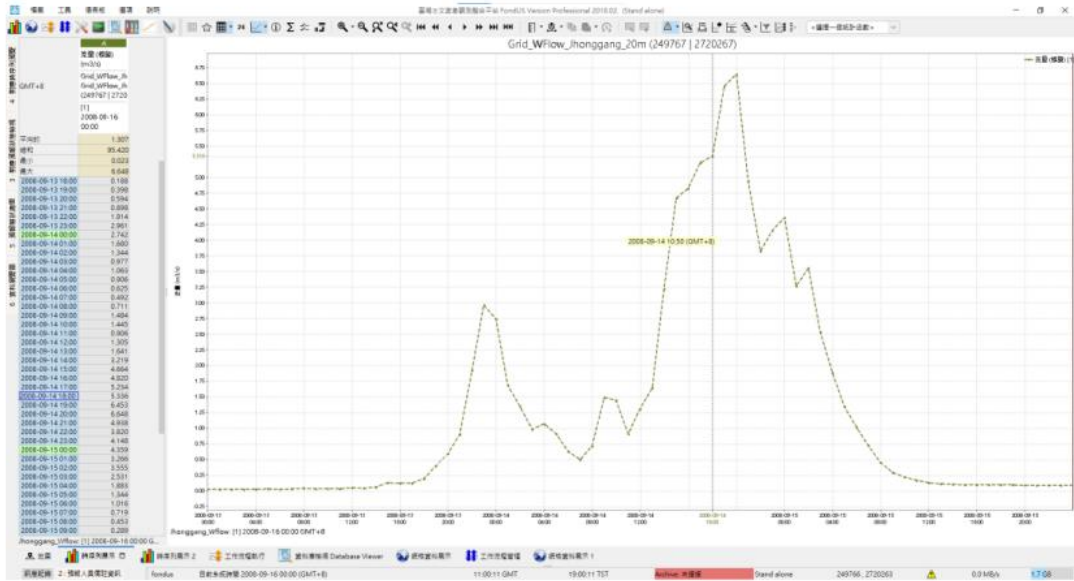
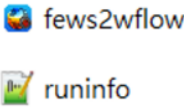
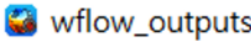


圖 2-19 網格點流量模擬成果示意圖

輸出網格降雨量



輸入網格流量



Name	Long Name	Type
fews2wflow.nc	Data	Local File
analysis_time	forecast reference time	—
crs	coordinate reference system	—
P	P	Geo2D
time	time	1D
x	x coordinate according to WGS 1984	1D
y	y coordinate according to WGS 1984	1D
z	height above mean sea level	Geo2D

Name	Long Name	Type
wflow_outputs.nc	wflow output mapstack	Local File
crs	wgs84	—
lat	latitude	1D
lon	longitude	1D
runL	self.LandRunoff	Geo2D
runR	self.RiverRunoff	Geo2D
time	time	1D

圖 2-20 Wflow 模式輸入輸出 netcdf 檔案屬性示意圖



歷史報別

Combine_202207220700.nc

Combine_202207220600.nc

Combine_202207220500.nc

Combine_202207220400.nc

Combine_202207220300.nc

定時上傳netcdf成果到Archive主機

Dataset: QPESUMS/QPESUMS.nc

- Data format: netCDF
- Data size: 2.141 Mbytes
- Data type: GRID
- Naming Authority: 中央氣象局
- ID: QPESUMS/QPESUMS.nc

每一個netcdf檔案都可以有對應標準與開放的讀取方式

Documentation:

- summary: 中央氣象局雷達降雨資料
- 中央氣象局劇烈天氣監測系統
- summary: 中央氣象局開放資料
- rights: 中央氣象局、國立台北科技大學、GIS 研究室

Access:

1. OPENDAP: /thredds/dodsC/Taiwan/Rainfall/Grids/QPESUMS.nc
2. HTTPServer: /thredds/Server/Taiwan/Rainfall/Grids/QPESUMS.nc
3. WCS: /thredds/wcs/Taiwan/Rainfall/Grids/QPESUMS.nc
4. WMS: /thredds/wms/Taiwan/Rainfall/Grids/QPESUMS.nc
5. NetcdfSubset: /thredds/ncss/Taiwan/Rainfall/Grids/QPESUMS.nc
6. NCML: /thredds/ncml/Taiwan/Rainfall/Grids/QPESUMS.nc

Keywords:

- 中央氣象局
- Open-Data
- Delft-FEWS (Taiwan)

圖 2-21 成果資料利用 Archive 目錄與檔案服務示意圖



第六節 自動化模式建置說明手冊與案例專案成果供應

為了方便後續可以更有效應用工具與資料進行模式更新與維護工作，因以在計畫成果中針對相關工具與程式建立對應使用手冊，方便未來在使用與應用上可以更快進入狀況，同時可以有效減少資料準備與處理所需要時間。手冊內容以開源自動化建置與更新工具 (HydroMT) 與開源分布式降雨逕流模式 (Wflow)，在資料前置準備、注意事項、作業流程、模式操作步驟、成果輸出設定等項目為主要內容，讓使用者可以透過手冊與參考文件的建立，搭配案例與圖資，可以有效進行模式建置與更新工作。由於作業過程中仍需要針對相關圖資與檔案進行利用 Python 或 CLI 介面進行資料的操作，為了方便使用者快速查詢經常使用的語法或指令，透過建立 HydroMT 與 Wflow 模式流程指令備忘錄 (Cheatsheets)，方便使用者在進行模式或資料的建置與維護更新過程中可以快速查詢相關指令與步驟。目前 Deltares 針對 HydroMT 與 Wflow 提供的線上參考說明文件，如圖 2-22~圖 2-23 所示。而指令備忘錄 (Cheatsheets) 參考範例，如圖 2-24~圖 2-26 所示。上述相關的模式建置流程與注意事項，在計畫成果繳交時提供完整的說明文件與檔案內容，供後續同仁參考使用，因此針對自動化模式建置說明手冊與案例專案成果供應，完成相關手冊文件規劃、針對自動化建模的工具 HydroMT 使用手冊建置，並且針對計畫執行過程中產製的模式專案說明文件進行建立。並且將案例成果檔案彙整，以便後續使用者可以提供完整的功能測試與驗證。

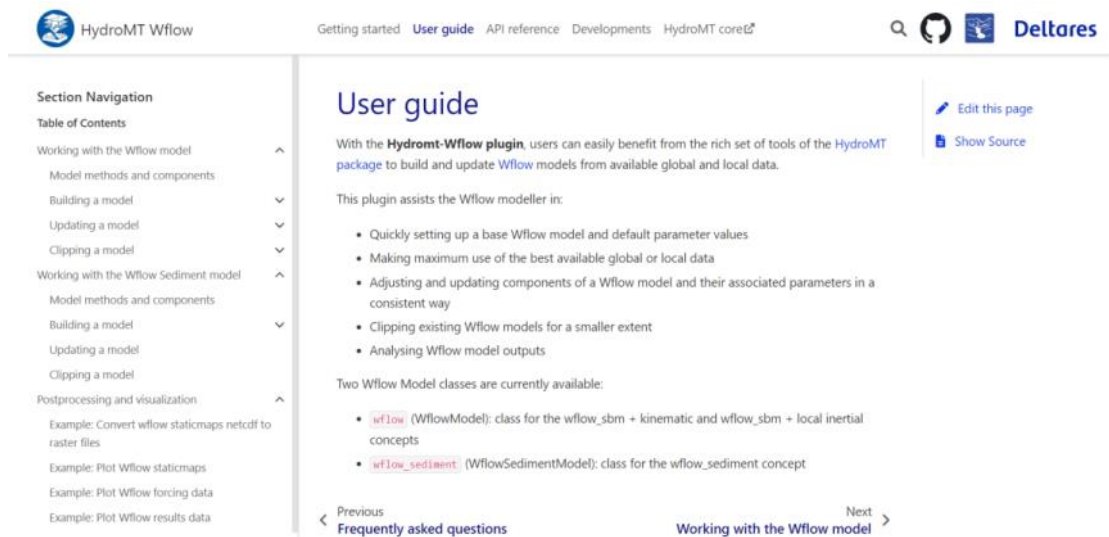


圖 2-22 HydroMT 專案網頁

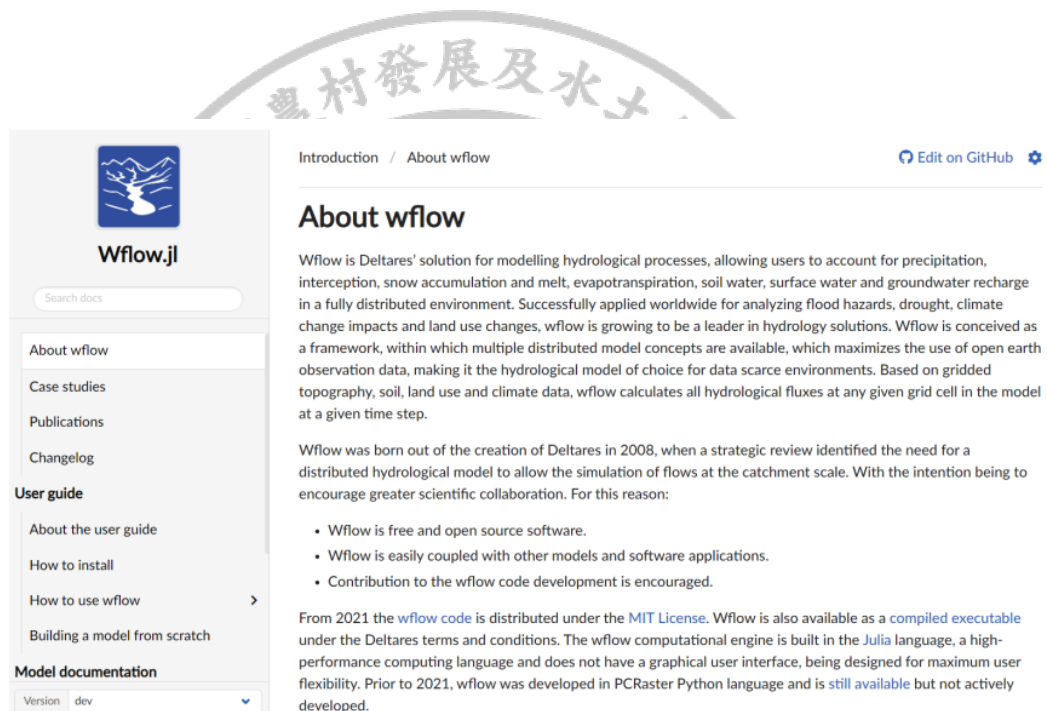


圖 2-23 Wflow 模式專案網頁

Data visualization with ggplot2 : : CHEAT SHEET



Basics

ggplot2 is based on the **grammar of graphics**, the idea that you can build every graph from the same components: a **data** set, a **coordinate system**, and **geoms**—visual marks that represent data points.

data

geom

coordinate system

=

plot

To display values, map variables in the data to visual properties of the geom (**aesthetics**): line **size**, **color**, and **x** and **y** locations.

data

geom

coordinate system

=

plot

Complete the template below to build a graph.

```

ggplot(data = DATA) +
  GEOM FUNCTION + MAPPING = MAP
stat = STAT, position = POSITION
COORDINATE FUNCTION
SCALE FUNCTION
THEME FUNCTION
  
```

ggplot(data = mpg, aes(x = cty, y = hwy)) Begins a plot that you finish by adding layers to. Add one geom function per layer.

last_plot() Returns the last plot.

ggsave("plot.png", width = 5, height = 5) Saves last plot as 5 x 5 file named "plot.png" in working directory. Matches file type to file extension.

Aes

Common aesthetic values.

color and fill - string ("red", "RRGGBB")

linetype - integer or string (0 = "blank", 1 = "solid", 2 = "dashed", 3 = "dotted", 4 = "longdash", 5 = "twodash")

linewidth - string ("round", "butt", or "square")

size - integer (line width in mm)

shape - integer/shape name or a single character ("a")

Geoms

Use a geom function to represent data points, use the geom's aesthetic properties to represent variables. Each function returns a layer.

GRAPHICAL PRIMITIVES

```

a <- geom_blank() and a <- expand_limits()
b <- geom_curve(aes(yend = lat + 1,
  wend = long + 1), curvature = 1)
c <- geom_line(aes(x = long, y = yend,
  alpha, angle, color, curvature, linetype, size))
d <- geom_path(linetype = "beet",
  linetype = "round", linetype = 1)
e <- geom_polygon(aes(alpha = 50))
f <- geom_rect(aes(xmin = long, ymin = lat,
  xmax = long + 1, ymax = lat + 1))
g <- geom_ribbon(aes(ymin = unemployment - 900,
  ymax = unemployment + 900))
h <- geom_rug(aes(x = long, y = yend,
  alpha, color, fill, group, linetype, size))
  
```

LINE SEGMENTS

```

common aesthetics: x, y, alpha, color, linetype, size
b <- geom_abline(aes(intercept = 0, slope = 1))
c <- geom_hline(aes(intercept = lat))
d <- geom_vline(aes(intercept = long))
e <- geom_segment(aes(xend = lat + 1, yend = long + 1))
f <- geom_spoke(aes(angle = 1.1355, radius = 1))
  
```

ONE VARIABLE continuous

```

c <- ggplot(mpg, aes(hwy))
d <- ggplot(mpg)
e <- geom_area(aes(x = "bin"))
f <- geom_density(aes(x = "bin"))
g <- geom_dotplot(aes(x = "bin"))
h <- geom_freqpoly(aes(x = "bin"))
i <- geom_histogram(aes(x = "bin"))
j <- geom_qq(aes(x = "bin"))
k <- geom_rug(aes(x = "bin"))
l <- geom_violin(aes(x = "bin"))
  
```

discrete

```

d <- ggplot(mpg, aes(hwy))
e <- geom_bar()
f <- geom_bar(aes(x = hwy))
  
```

TWO VARIABLES both continuous

```

e <- geom_label(aes(label = cty, nudge_x = 1,
  nudge_y = 1))
f <- geom_point(aes(x = long, y = yend,
  family, fontface, hjust, linewidth, size, vjust))
g <- geom_quantile(aes(x = long, y = yend,
  x, y, alpha, color, fill, shape, size, stroke))
h <- geom_rug(sides = "bt")
i <- geom_smooth(method = lm)
j <- geom_text(aes(label = cty, nudge_x = 1,
  nudge_y = 1))
k <- geom_violin(aes(x = long, y = yend,
  family, fontface, hjust, linewidth, size, vjust))
  
```

one discrete, one continuous

```

f <- geom_col()
g <- geom_boxplot()
h <- geom_dotplot(binaxis = "y", stackdir = "center")
i <- geom_violin(scale = "area")
  
```

both discrete

```

g <- ggplot(diamonds, aes(carat, color))
h <- geom_count()
i <- geom_jitter(height = 2, width = 2)
j <- geom_violin(aes(x = carat, y = price))
  
```

THREE VARIABLES

```

seals2 <- with(seals, sqrt(delta_long^2 + delta_lat^2))
i <- ggplot(seals2, aes(long, lat))
j <- geom_contour(aes(z = z))
k <- geom_contour_filled(aes(z = z))
l <- geom_raster(aes(fill = z))
m <- geom_tile(aes(fill = z))
  
```

continuous bivariate distribution

```

h <- ggplot(diamonds, aes(carat, price))
i <- geom_bin2d(binwidth = c(0.25, 500))
j <- geom_density_2d()
k <- geom_hex()
l <- geom_hex2d()
  
```

continuous function

```

i <- ggplot(economics, aes(date, unemployment))
j <- geom_area()
k <- geom_line()
l <- geom_step(direction = "hv")
  
```

visualizing error

```

d <- data.frame(g = c("A", "B"), fit = 4.5, se = 1.2)
j <- ggplot(d, aes(g, fit, ymin = fit - se, ymax = fit + se))
k <- geom_crossbar(aes(x = g, y = fit, ymin = fit - se, ymax = fit + se))
l <- geom_errorbar(aes(x = g, y = fit, ymin = fit - se, ymax = fit + se))
m <- geom_errorbarh(aes(x = g, y = fit, xmin = fit - se, xmax = fit + se))
n <- geom_linerange(aes(x = g, y = fit, ymin = fit - se, ymax = fit + se))
o <- geom_pointrange(aes(x = g, y = fit, ymin = fit - se, ymax = fit + se))
  
```

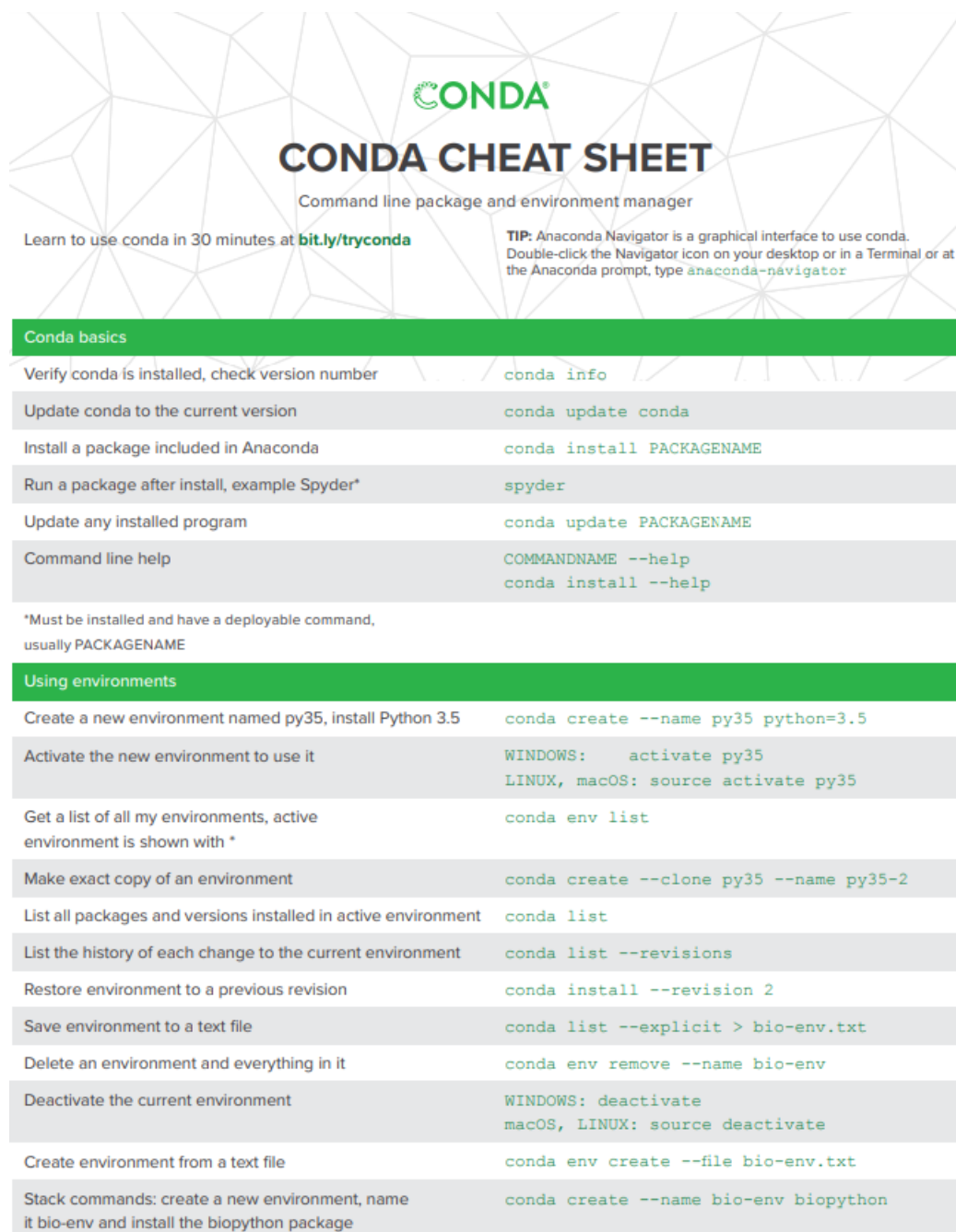
maps

```

data <- data.frame(murder = USArrests$Murder,
  state = tolower(row.names(USArrests)))
map <- map_data("state")
k <- ggplot(data, aes(fill = murder))
l <- geom_map(aes(map_id = state), map = map)
m <- expand_limits(map_id = map$state)
n <- map_stat(aes(fill = murder))
  
```

圖 2-24 指令備忘錄(Cheatsheets)示意圖

圖 2-25 hydromt 操作



Conda basics	
Verify conda is installed, check version number	<code>conda info</code>
Update conda to the current version	<code>conda update conda</code>
Install a package included in Anaconda	<code>conda install PACKAGENAME</code>
Run a package after install, example Spyder*	<code>spyder</code>
Update any installed program	<code>conda update PACKAGENAME</code>
Command line help	<code>COMMANDNAME --help</code> <code>conda install --help</code>
*Must be installed and have a deployable command, usually PACKAGENAME	
Using environments	
Create a new environment named py35, install Python 3.5	<code>conda create --name py35 python=3.5</code>
Activate the new environment to use it	WINDOWS: <code>activate py35</code> LINUX, macOS: <code>source activate py35</code>
Get a list of all my environments, active environment is shown with *	<code>conda env list</code>
Make exact copy of an environment	<code>conda create --clone py35 --name py35-2</code>
List all packages and versions installed in active environment	<code>conda list</code>
List the history of each change to the current environment	<code>conda list --revisions</code>
Restore environment to a previous revision	<code>conda install --revision 2</code>
Save environment to a text file	<code>conda list --explicit > bio-env.txt</code>
Delete an environment and everything in it	<code>conda env remove --name bio-env</code>
Deactivate the current environment	WINDOWS: <code>deactivate</code> macOS, LINUX: <code>source deactivate</code>
Create environment from a text file	<code>conda env create --file bio-env.txt</code>
Stack commands: create a new environment, name it bio-env and install the biopython package	<code>conda create --name bio-env biopython</code>

圖 2-26 conda 指令備忘錄(Cheatsheets)示意圖



第三章 工作進度與交付項目

第一節 計畫進度時程

在分析就緒資料供應流程與方式探討案例參考資料收集、流程與技術架構彙整。應用分析就緒資料進行自動化模式建置與更新機制工作項目中完成基礎資料收集、資料集建立、模式建置自動化測試與評估工作項目。利用開源分布式降雨逕流模式提供流量與土砂運移量成果工作項目中，完成流域集水區案例確認、水文模式建置、土砂運移模式建置工作。在模式成果資料供應與交換機制建立工作項目中，完成資料交格式與機制評估、檔案格式與交換機制測試，彙整物理量時間解析度文件，提供後續資料交換參考。在自動化模式建置說明手冊與案例專案成果供應工作項目中，完成手冊文件規劃、HydroMT 使用手冊建置，完成模式專案說明文件。計畫執行進度彙整，如表 3-1 計畫執行進度表。並且將主要三個核心技術工作項目分析資料就緒、Wflow 模式建置、作業化流量成果供應內容與進度彙整，如圖 3-1。

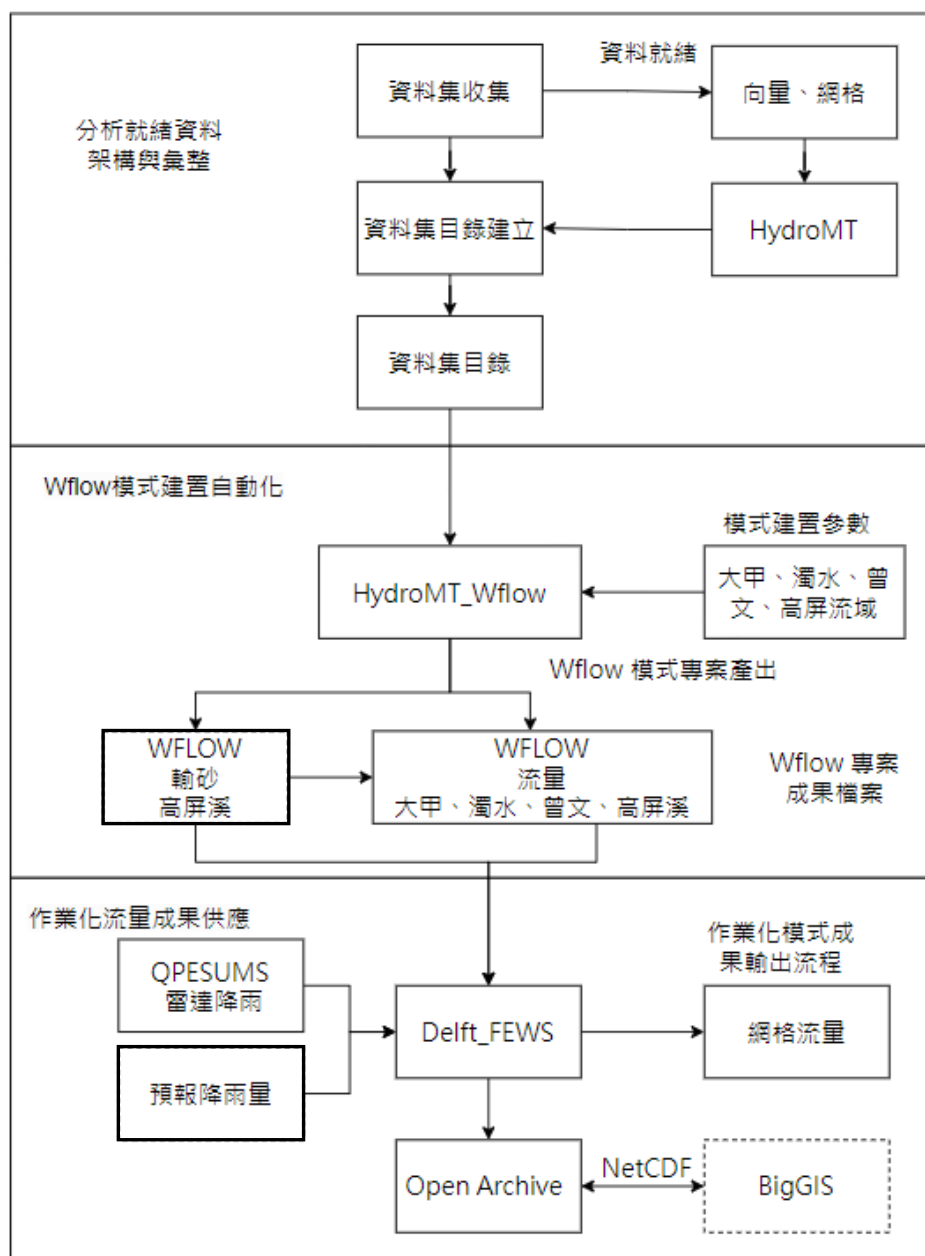


圖 3-1 計畫核心技術執行項目

表 3-1 計畫執行進度表

工作項目	規劃時間	1-3 月	4-6 月	7-9 月	10-12 月
分析就緒資料供應 流程與方式探討	內容	案例參考資料收集	流程與技術架構彙整	-	-
	預定進度	70	100	100	100
	目前進度	70	100	100	100
應用分析就緒資料 進行自動化模式建置 與更新機制	內容	基礎資料收集	資料集建立	模式建置自動化 測試與評估	自動化流程驗證
	預定進度	20	55	90	100
	目前進度	20	55	90	100
利用開源分布式降雨逕流模式提供流量 與土砂運移量成果	內容	流域集水區案例確認	水文模式	土砂運移模式	成果驗證比對
	預定進度	10	50	90	100
	目前進度	10	50	70	100
模式成果資料供應 與交換機制建立	內容	資料交格式與機制評估	檔案格式與交換 機制測試	物理量時間解析度	成果測試
	預定進度	15	55	85	100
	目前進度	15	55	70	100
自動化模式建置說明 手冊與案例專案 成果供應	內容	手冊文件規劃	HydroMT 使用手冊建置	模式專案說明文件	案例成果檔案彙整
	預定進度	10	40	80	100
	目前進度	10	40	60	100

第二節 計畫成果

將工作項目分析就緒資料供應流程與方式探討、應用分析就緒資料進行自動化模式建置與更新機制、利用開源分布式降雨逕流模式提供流量與土砂運移量成果、模式成果資料供應與交換機制建立、自動化模式建置說明手冊與案例專案成果供應等成果，利用 HydroMT 與 Wflow 與 Delft_FEWS 等開源與自由軟體進行整合成果說明彙整如下：

(一)分析就緒資料彙整

為了建立完整的資料集除了使用全球尺度的衛星遙測資料及外，同時可以利用 HydroMT 資料處功能將使用者端的高解析度或較細緻空間資料轉換成模式所需的資料內容，計畫中利用 HydroMT 完成分析就緒資料集建立，如圖 3-2 所示，目前 HydroMT 支援的資料類型包含靜態與動態網格資料、靜態向量資料、動態點位資料、表格型態資料。並且搭配地理、水文、氣象、海洋、社會經濟、地形、其他等資料型態內容進行彙整。在資料來源存取 HydroMT 的資料夾路徑除了使用本地端資料也可使 Google Cloud 或 Amazon Web Services 及網路端資料目錄。HydroMT 的資料目錄索引是利用 *.yaml 檔案方式進行建立，如圖 3-3 所示，其內容包含目錄、版本、資料集名稱、坐標系統、類型、格式、路徑、主要數值、檔案系統、詮釋資料、空值定義、讀取檔案名稱、單位轉換(加減)、單位轉換(乘)、不同解析度

資料來源於 yml 檔案中，如圖 3-4 為上述完整描述之檔案內容示意圖。而圖 3-5 為可以使用的資料來源地形資料網格之 yml 設定內容。在完成模式所需要資料集與目錄建置後，即可以提供後續模式或資料分析使用。

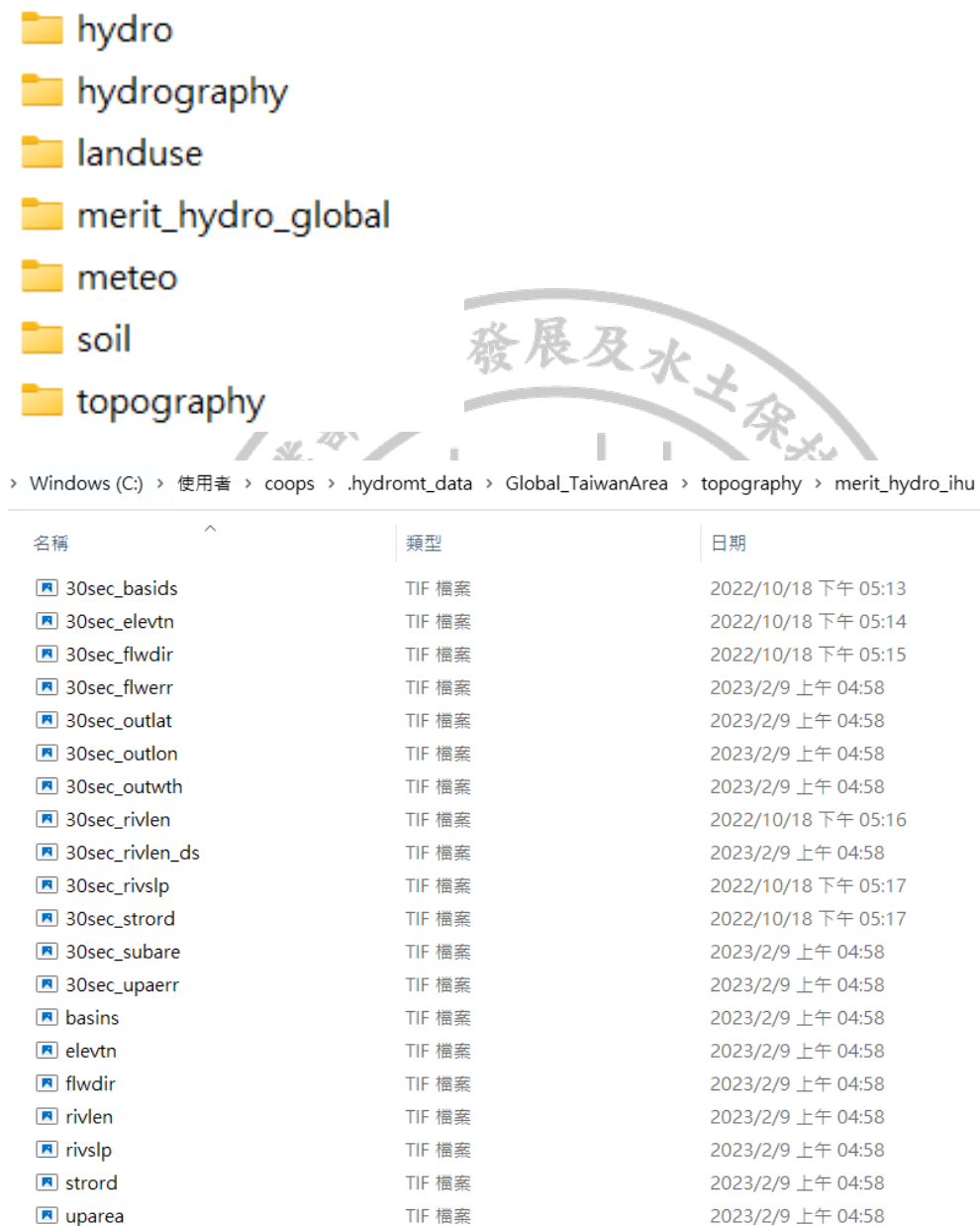


圖 3-2 分析就緒資料夾目錄與檔案格式內容

```
root: C:/Users/coops/.hydromt_data/Global_TaiwanArea/
chelsa:
chelsa_v1.2:
grdc:
era5:
era5_orography:
merit_hydro:
merit_hydro_index:
merit_hydro_index_v1.0:
rivers_lin2019_v1:
merit_hydro_ihu:
merit_hydro_ihu_30sec_v1.0:
soilgrids:
soilgrids_v1.0:
vito:
vito_2015_v2.0.2:
modis_lai:
modis_mcd15a3h_v006:
```

圖 3-3 分析就緒資料集使用 HydroMT 資料目錄建立之 yml 檔

```
meta:
  root: /path/to/data_root/
  version: version
my_dataset:
  crs: EPSG/WKT
  data_type: RasterDataset/GeoDataset/GeoDataFrame/DataFrame
  driver: raster/raster_tindex/netcdf/zarr/vector/vector_table/csv/xlsx/xls
  driver_kwargs:
    key: value
  filesystem: local/gcs/s3
  meta:
    source_url: zenodo.org/my_dataset
    source_license: CC-BY-3.0
    source_version: vX.X
    paper_ref: Author et al. (year)
    paper_doi: doi
    category: category
  nodata:
    new_variable_name: value
  path: /absolut_path/to/my_dataset.extension OR relative_path/to_my_dataset.extension
  placeholders:
    [placeholder_key: [placeholder_values]]
  rename:
    old_variable_name: new_variable_name
  unit_add:
    new_variable_name: value
  unit_mult:
    new_variable_name: value
  zoom_levels:
    [zoom_level: zoom_resolution]
```

圖 3-4 HydroMT 完整資料集 yml 檔案範例內容

```

merit_hydro_ihu:
  alias: merit_hydro_ihu_30sec_v1.0
merit_hydro_ihu_30sec_v1.0:
  crs: 4326
  data_type: RasterDataset
  driver: raster
  kwargs:
    chunks:
      x: 6000
      y: 6000
  meta:
    category: topography
    paper_doi: 10.5281/zenodo.5166932
    paper_ref: Eilander et al. (2020)
    source_license: ODC-By 1.0
    source_url: https://zenodo.org/record/5166932#.YVbxJ5pByUk
    source_version: 1.0
  path: topography/merit_hydro_ihu/30sec/*.tif
  rename:
    30sec_basids: basins
    30sec_flwdir: flwdir
    30sec_elevtn: elevtn
    30sec_storord: storord
    30sec_uparea: uparea
    30sec_rivlen: rivlen
    30sec_rivslp: rivslp

```

圖 3-5 地形網格資料 yml 檔內容

二、Wflow模式建置自動化

完成上述 HydroMT 資料集建立後，利用 HydroMT_Wflow 模式外掛，進行模式自動化建置與更新工作。在整個模式建置過程中含三個設定檔，第一個為前述分析就緒資料集設定檔 taiwan_data.yml，另外一個設定檔為模式專案建立之設定檔 wflow_build.ini，第三個為產出之 Wflow 模式 Julia 程式語言之執行之設定檔 wflow_sbm.toml。而模式專案檔自動化產製流程如下。

- (一) 準備資料集，在 taiwan_data.yml 資料目錄檔中定義輸入資料，或從預先定義的資料目錄中選擇可用的資料集。
- (二) 定義特定區模型區域範圍之邊界。模型區域可以使用矩形邊框或幾何圖形，也可以依據集水區的屬性進行設定。
- (三) 在 wflow_build.ini 設定檔中設定模型專案內容。
- (四) 利用命令提示列輸出執行程式檔案與參數進行 HydroMT 模式專產製。

使用 HydroMT_Wflow 依照上述流程執行流程，如圖 3-6 所示，而產出的專案資料夾內容如圖 3-7 所示。在命令提示列輸入的語法如下：

```
hydromt build wflow "./Wflow_C1730" -r '{"subbasin':  
[120.42375,22.47791667], 'strord': 4, 'bounds':  
[120.3941667,22.475,121.0583333,23.49416667]}'" -i ./wflow_build.ini  
-d ./taiwan_data.yml -v
```

其中

"./Wflow_C1730"為專案資料夾名稱

subbasin': [120.42375,22.47791667] 為下游控制點坐標

'strord': 4 為河川級序 1-8 由小到大

'bounds': [120.3941667,22.475,121.0583333,23.49416667]為集水區邊界

wflow_build.ini 為專案檔設定內容

taiwan_data.yml 為分析就緒資料集內容。

依照上述流程依序完成大甲溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪模式專案成果產製。如圖 3-8 至圖 3-11 分別為模式資料的數值高程模型、河川級序、土地利用資料成果。而專案完成後可以透過批次檔方式，執行 Wflow julia 程式專案設定檔 wflow_sbm.toml，如圖 3-12 確認模式可以正常運作。後續將持續針對流域輸砂模模式完成專案檔建置工作，並優先完成高屏溪流域輸砂模式的建置與測試。



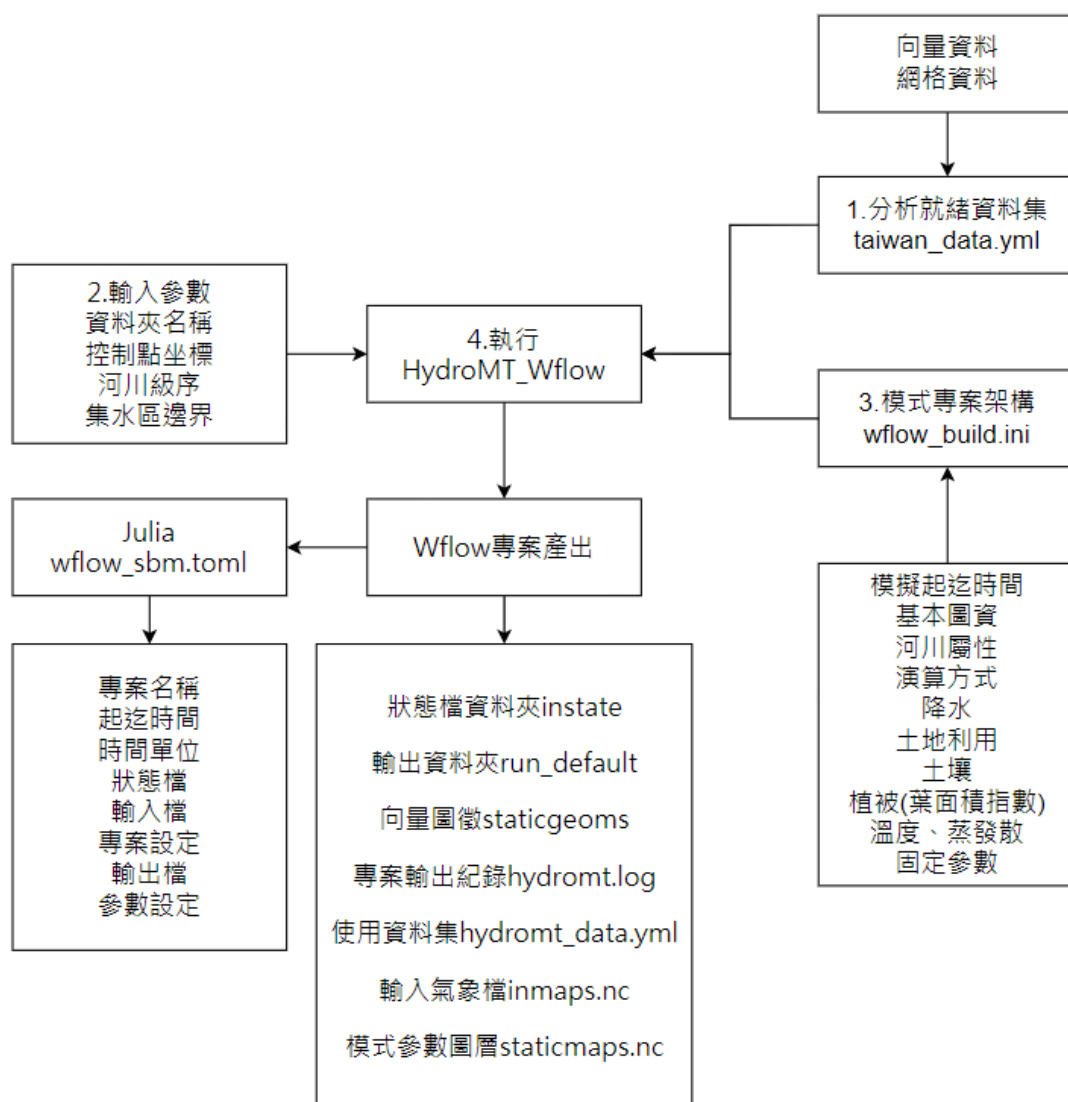


圖 3-6 模式專案檔產製資料關聯性架構

專案資料夾	專案資料夾內容	對應產出向量圖徵
 [Wflow_C1420]	 [instate]	 basins geojson
 [Wflow_C1510]	 [run_default]	 region geojson
 [Wflow_C1630]	 [staticgeoms]	 rivers geojson
 [Wflow_C1730]	 hydromt	
	 hydromt_data	
	 inmaps	
	 staticmaps	
	 wflow_sbm	

圖 3-7 模式專案檔案輸出內容



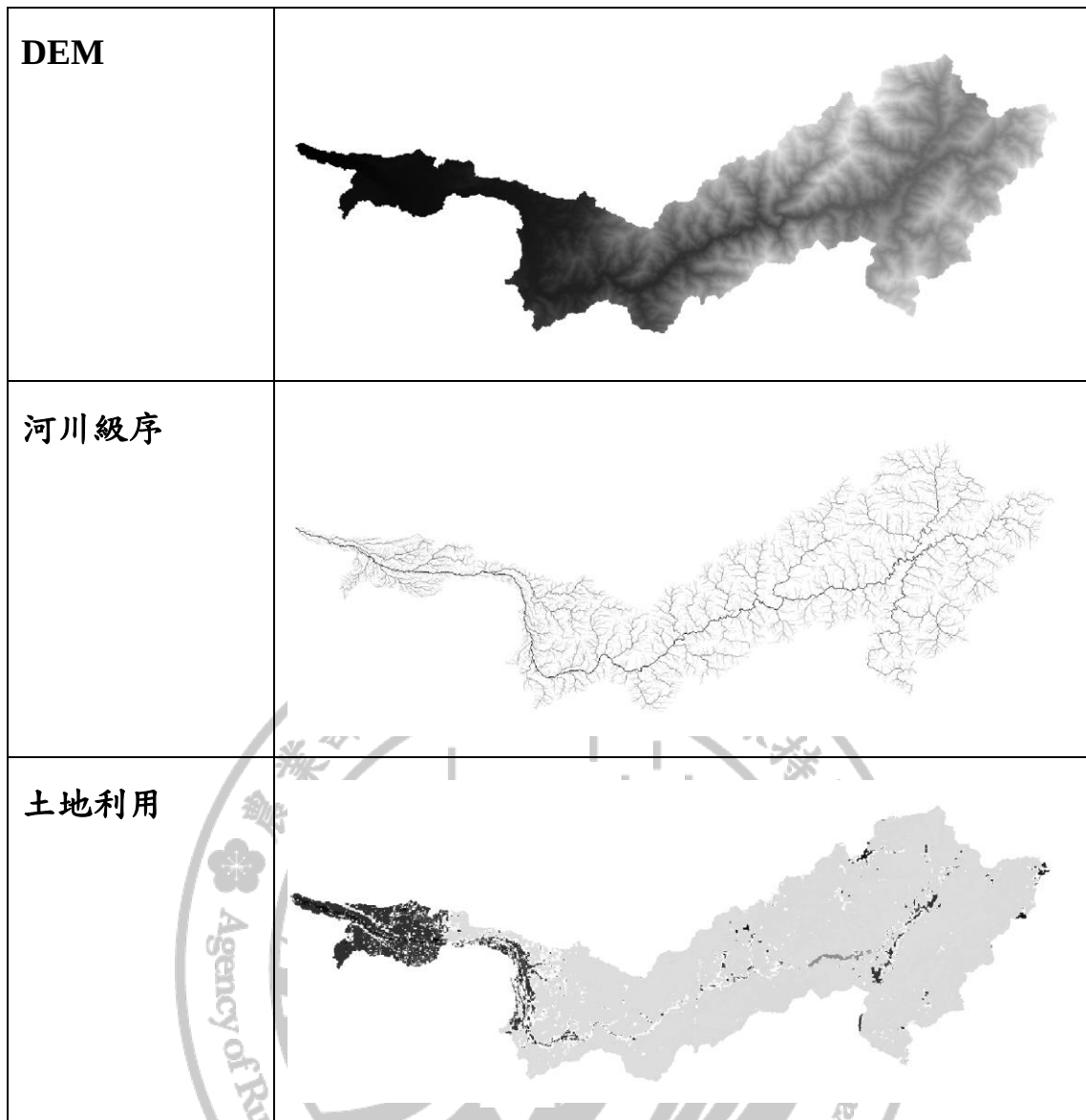


圖 3-8 大甲溪模式專案檔案輸出圖資

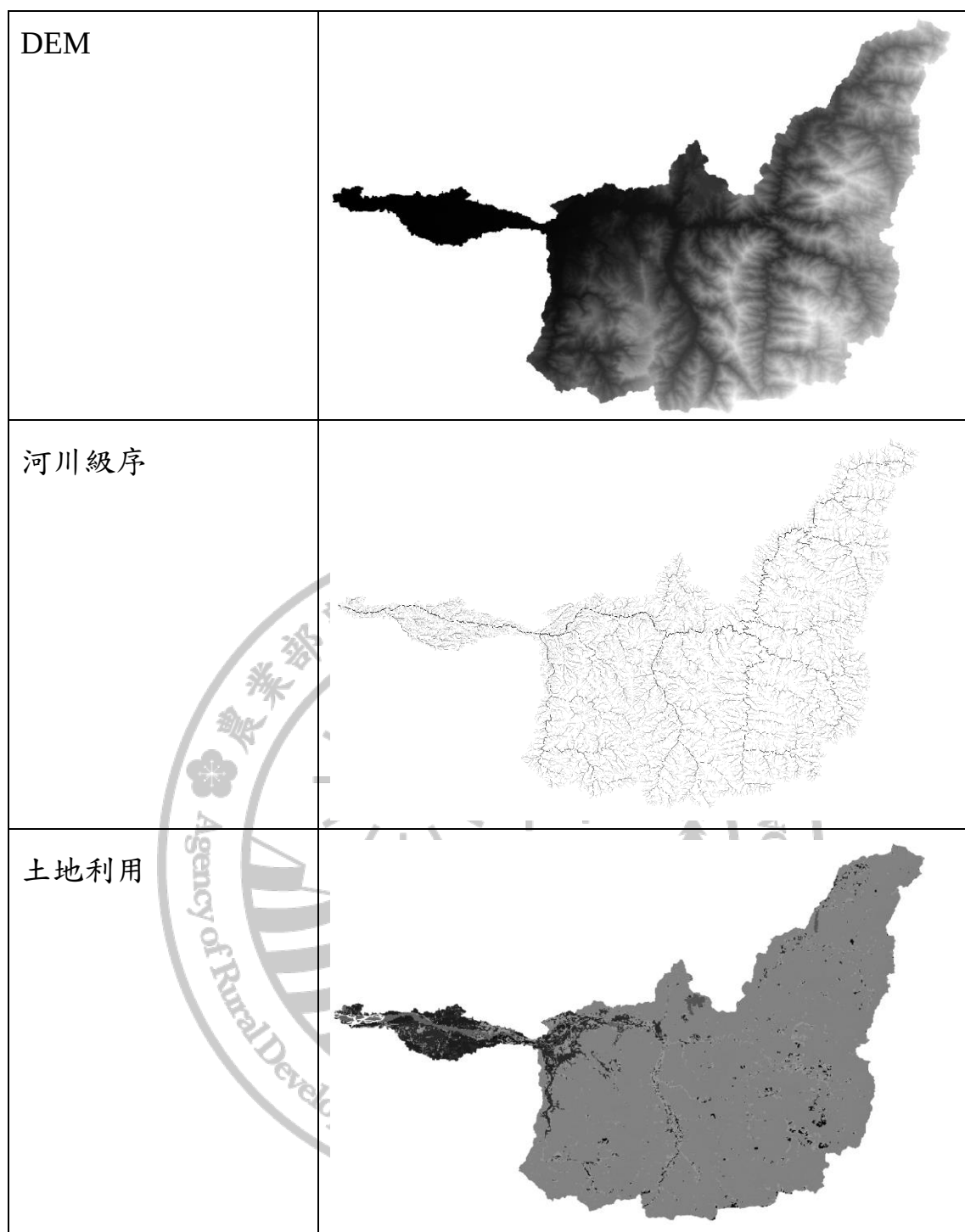


圖 3-9 濁水溪模式專案檔案輸出內容

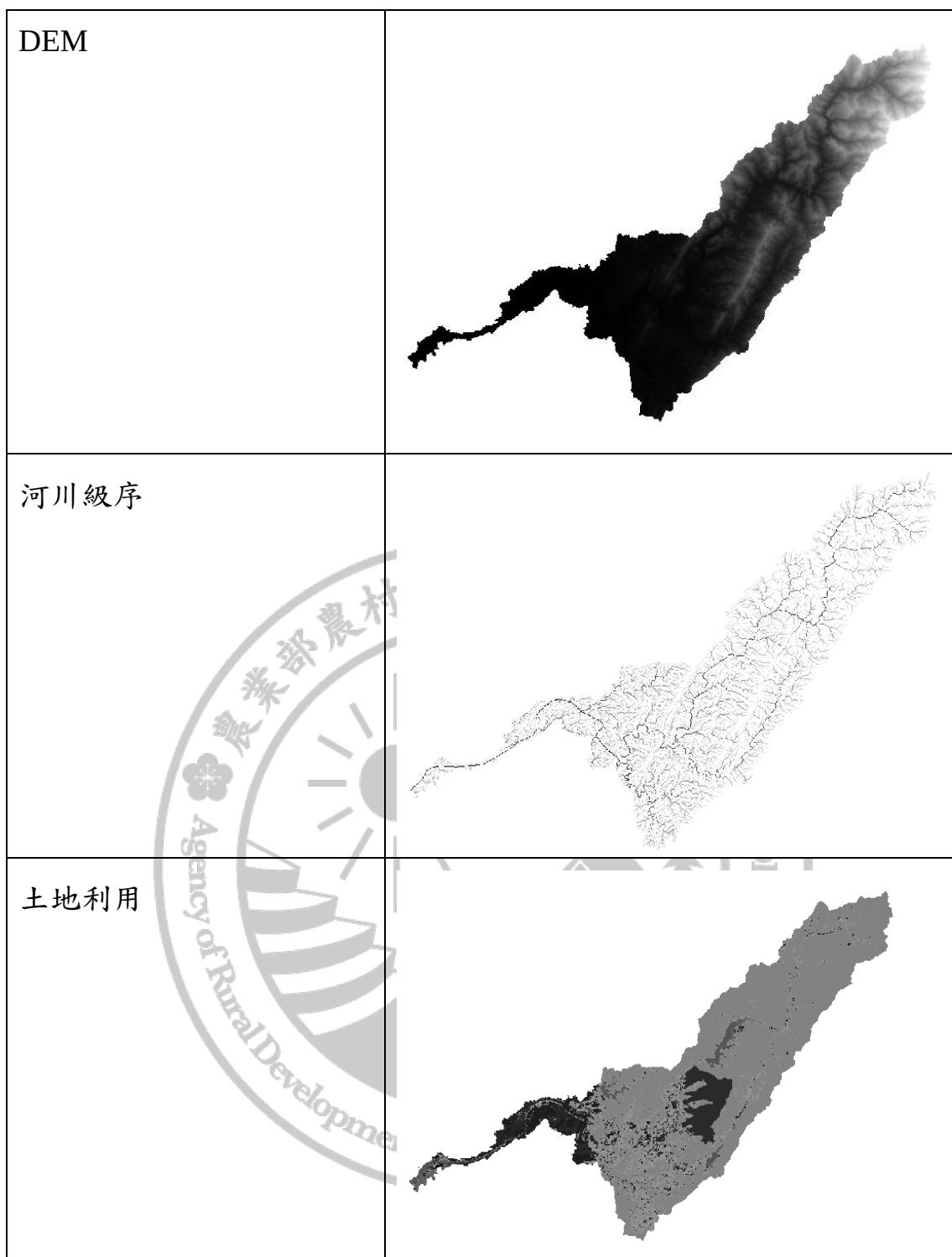


圖 3-10 曾文溪模式專案檔案輸出內容

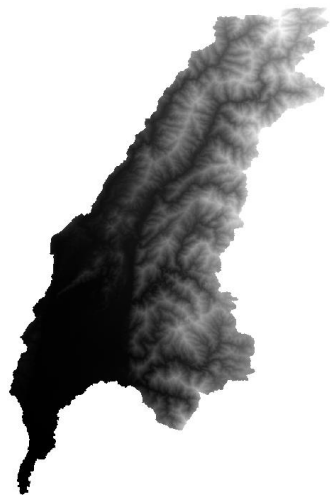
		
DEM	河川級序	土地利用

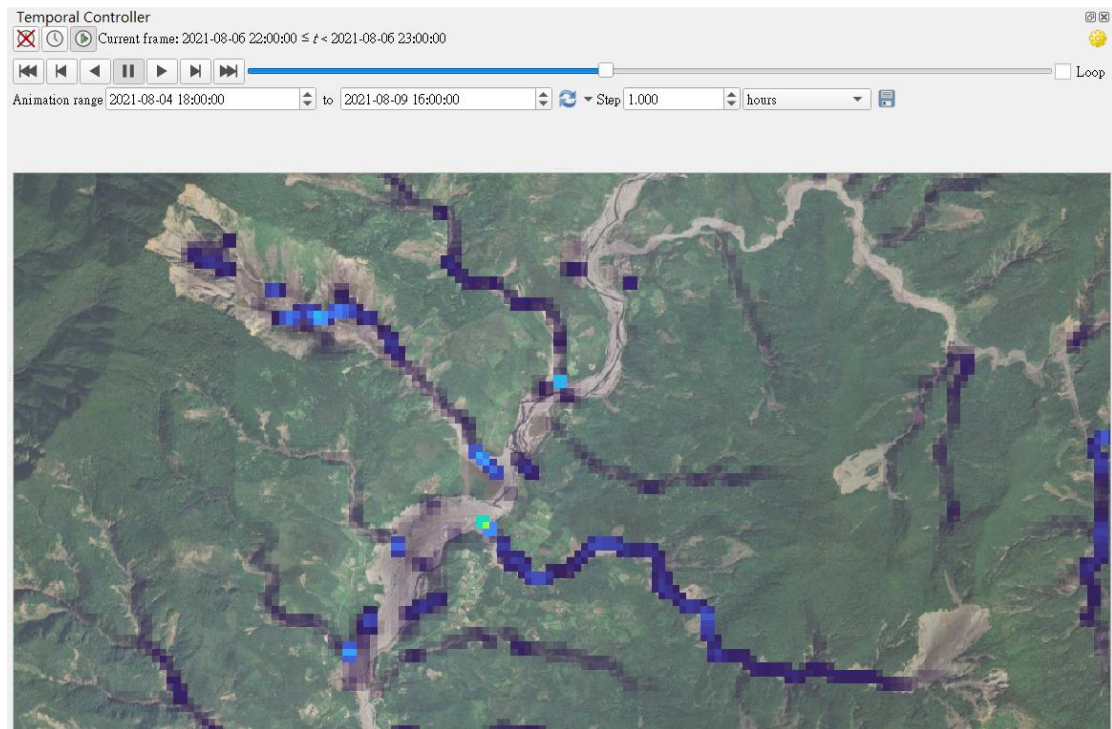
圖 3-11 高屏溪模式專案檔案輸出內容

```

1 SET JULIA_NUM_THREADS=4
2
3 "c:\Program Files\Deltares\wflow\wflow 0.6.2\wflow_cli\bin\wflow_cli.exe" wflow_sbm.toml
4
5 pause
6
[ Info: Set vertical.kext using NetCDF variable Kext.
[ Info: Set ldd using NetCDF variable wflow_ldd.
[ Info: Set lateral.land.slope using NetCDF variable Slope.
[ Info: Set lateral.subsurface.ksathorfrac using NetCDF variable KsatHorFrac.
[ Info: Kinematic wave approach is used for overland flow.
[   iterate = true
[ Info: Using a fixed sub-timestep (seconds) 3600 for kinematic wave overland flow.
[ Info: Set lateral.land.n using NetCDF variable N.
[ Info: Kinematic wave approach is used for river flow.
[   iterate = true
[ Info: Using a fixed sub-timestep (seconds) 900 for kinematic wave river flow.
[ Info: Set lateral.river.n using NetCDF variable N_River.
[ Info: Set lateral.river.bankfull_depth using NetCDF variable RiverDepth.
[ Info: Set lateral.river.slope using NetCDF variable RiverSlope.
[ Info: Parallel execution of kinematic wave, minimum stream order = 4.
[ Info: Create an output NetCDF file run_default\wflow2few.nc for grid data, using compression level 0.
[ Info: Create a state output NetCDF file run_default\outstate\outstates.nc.
[ Info: Set initial conditions from default values.
[ Info: Initialized model
[ Info: Run information
[   model_type = "sbm"
[   starttime = CTime.DateTimeProlepticGregorian(2023-05-18T01:00:00)
[   At = 3600 seconds
[   endtime = CTime.DateTimeProlepticGregorian(2023-05-23T00:00:00)
[   nthreads() = 4
Progress: 100% | Time: 0:00:23
[ Info: Write output states to NetCDF file run_default\outstate\outstates.nc.

```

圖 3-12 執行 SBM 專案批次檔確認模式正常運作畫面



2021 盧碧颱風模擬成果展示

三、作業化流量成果供應

在完成上述 Wflow 模式專案建置工作後，考量後續模式資料串接進行作業化流程，並且相關成果可以有效供應給 BigGIS 與相關模式進行串接，計畫使用 Delft_FEWS 平台進行 Wflow 模式銜接工作，由於 Wflow 模式考量運算效能問題，將核心程式由 Python PCRaster 架構 轉換為 Julia 語言，因此針對資料串接架構需更新對應流程。同時考量未來模式流域擴充之可能性，透過樣板檔方式建立各流域 Wflow 模式作業流程。在作業流程設定檔規劃對應變數名稱，如圖 3-13 所示。以大甲溪為例透過集水區名稱變數 catchment 為 C1420、降雨資料來源變數 Meteo_module_h 設定為 Import_Qpesums、與執行

模式專案名稱變數 STATE_MODULE_INSTANCE_ID 設定為 wflow_C1420_ga_historical。將上述內容作為模式參數進行模式作業流程建置。降雨量來源設定檔如圖 3-14 與圖 3-15 所示，指定輸入與輸出之降雨量來源及名稱，設定降雨量累加與空值補遺流程。模式執行設定檔如圖 3-16 至圖 3-19 所示設定模式執行資料夾路徑、輸出降雨量來源、執行 Wflow 模式專案進行運算、模式計算成果完成後匯入等流程。完成後可以在 Delft_FEWS 介面檢視對應作業流程，如圖 3-20 至圖 3-23 所示為各流域 Wflow 模式作業流程架構。

而各流域集水區基礎資料內容設定項目包含，確認 Wflow 網絡邊界、更新 Grids.xml、更新 Locations.xml、更新 ModuleInstanceDescriptors.xml、更新 WorkflowDescriptors.xml、建立 Workflow、更新 Topology.xml、調整 IdmaportWFLOW.xml、調整 SpatialDisplay.xml、調整 Wflow_SBM.toml、複製 coldstateFile 等相關流程與展示介面設定等程序，如圖 3-24 與圖 3-25 所示。

在後續資料成果供應上由於輸出成果檔案包含河道與地表流量資訊如圖 3-26 與圖 3-27 所示，檔案容量會隨著模擬時間長度與集水區面積增加。利用 2018 年 0823 豪雨事件為例，四個流域模擬 120 小時檔案大小分別介 579.3Mb~ 1.4 Gb 之間內容，如表 3-2 所示。因此在此在資料介接流程與供應流程中，避免平台銜接時因讀取單一檔案容

量過大造成負擔。會搭配檔案目錄服務方式，在運算完成後將檔案上傳至 Archive 目錄服務中，使用者或 BigGIS 平台可以透過 API 與目錄服務方式進行流量成果銜接。

在大甲溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪流域，的作業化流量成果供應上。針對上述四條流域對應之潛勢溪流集水區與影響區域對應的溢流點位置，分別計算平均降雨量與輸出流量資訊。同時針對流域水位站上游集水區進行流量與集水區降雨量與水位資訊圖表資料的整合。在大甲溪提供78處土石流潛勢溪流流量與對應集水區降雨量，與6站水位站流量與上游集水區降雨量資訊。濁水溪提供192處土石流潛勢溪流流量與對應集水區降雨量，與10站水位站流量與上游集水區降雨量資訊。曾文溪流域提供57處土石流潛勢溪流流量與對應集水區降雨量，與5站水位站流量與上游集水區降雨量資訊。高屏溪流域提供141處土石流潛勢溪流流量與對應集水區降雨量，與8站水位站流量與上游集水區降雨量資訊。對應彙整資訊如表 3-3 所示，及圖 3-36~圖 3-43 所示。針對土砂運移推估成果進行成果產出分別利用 2021 盧碧颱風與 2023 卡努颱風進行推估包含土砂沖蝕量與河川輸砂濃度兩種資訊，其成果如圖 3-44~圖 3-48 所示。

```

1  <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2  <!-- edited with XMLSpy v2009 sp1 (http://www.altova.com) by ICT (Stichting Deltares) -->
3  <workflow xmlns="http://www.wldelft.nl/fews" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
4  http://fews.wldelft.nl/schemas/version1.0/workflow.xsd" version="1.1">
5    <properties>
6      <string key="catchment" value="C1420"/>
7      <string key="Meteo_module_h" value="Import_Qpesums"/>
8      <string key="STATE_MODULE_INSTANCE_ID" value="wflow_C1420_ga_historical"/>
9    </properties>
10   <activity>
11     <runIndependent>false</runIndependent>
12     <moduleInstanceId>SelectionUpdateLength</moduleInstanceId>
13     <moduleConfigFileName>SelectionUpdateLength</moduleConfigFileName>
14   </activity>
15   <activity>
16     <runIndependent>false</runIndependent>
17     <moduleInstanceId>wflow_C1420_ga_historical</moduleInstanceId>
18     <moduleConfigFileName>Meteo_Preprocess_Qpesums</moduleConfigFileName>
19   </activity>
20   <activity>
21     <runIndependent>false</runIndependent>
22     <moduleInstanceId>wflow_C1420_ga_historical</moduleInstanceId>
23     <moduleConfigFileName>run_wflow_sbm_historic</moduleConfigFileName>
24   </activity>
25 </workflow>

```

圖 3-13 Wflow 模式作業流程設定檔大甲溪為例

```

<variable>
  <variableId>Rain_grid_10min</variableId>
  <timeSeriesSet>
    <moduleInstanceId>Import_Qpesums</moduleInstanceId>
    <valueType>grid</valueType>
    <parameterId>P.radar</parameterId>
    <qualifierId>QPE</qualifierId>
    <locationId>Grid_Qpesums_TaiwanBufferZone</locationId>
    <timeSeriesType>external historical</timeSeriesType>
    <timeStep unit="minute" multiplier="10"/>
    <relativeViewPeriod unit="hour" start="-96" end="0" startOverrutable="true" endOverrutable="true"/>
    <readWriteMode>add originals</readWriteMode>
  </timeSeriesSet>
</variable>
<variable>
  <variableId>Rain_grid_1hr</variableId>
  <timeSeriesSet>
    <moduleInstanceId>Import_Qpesums</moduleInstanceId>
    <valueType>grid</valueType>
    <parameterId>P.radar</parameterId>
    <qualifierId>QPE</qualifierId>
    <locationId>Grid_Qpesums_TaiwanBufferZone</locationId>
    <timeSeriesType>external historical</timeSeriesType>
    <timeStep unit="hour"/>
    <relativeViewPeriod unit="hour" start="-96" end="0" startOverrutable="true" endOverrutable="true"/>
    <readWriteMode>add originals</readWriteMode>
  </timeSeriesSet>
</variable>
<variable>
  <variableId>Rain_grid_model</variableId>
  <timeSeriesSet>
    <moduleInstanceId>Import_Qpesums</moduleInstanceId>
    <valueType>grid</valueType>
    <parameterId>P.obs</parameterId>
    <locationId>wflow_$catchment$</locationId>
    <timeSeriesType>external historical</timeSeriesType>
    <timeStep unit="hour"/>
    <relativeViewPeriod unit="day" start="-4" end="0" startOverrutable="true" endOverrutable="true"/>
    <readWriteMode>read only</readWriteMode>
  </timeSeriesSet>
</variable>

```

圖 3-14 降雨量樣板檔雨量來源設定

```

<transformation id="aggregate_hourly">
  <aggregation>
    <meanToMean>
      <inputVariable>
        <variableId>Rain_grid_10min</variableId>
      </inputVariable>
      <ignoreMissings>true</ignoreMissings>
      <outputVariable>
        <variableId>Rain_grid_1hr</variableId>
      </outputVariable>
    </meanToMean>
  </aggregation>
</transformation>

<transformation id="Rain">
  <interpolationSpatial>
    <closestDistance>
      <inputVariable>
        <variableId>Rain_grid_1hr</variableId>
      </inputVariable>
      <minimumValue>0</minimumValue>
      <outputVariable>
        <variableId>Rain_grid_model</variableId>
      </outputVariable>
    </closestDistance>
  </interpolationSpatial>
</transformation>
</transformationModule>

```

圖 3-15 降雨量樣板檔雨量轉換設定

```

1  <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2  <!-- edited with XMLSpy v2009 sp1 (http://www.altova.com) by ICT (Stichting Deltares) -->
3  <generalAdapterRun xmlns="http://www.wildelft.nl/fews" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation=
4    "http://www.wildelft.nl/fews http://fews.wildelft.nl/schemas/version1.0/generalAdapterRun.xsd">
5    <general>
6      <rootDir>${REGION_HOME}/modules/wflow/wflow_${catchment}</rootDir>
7      <workDir>${ROOT_DIR}/workDir</workDir>
8      <exportDir>${ROOT_DIR}/inmaps</exportDir>
9      <exportIdMap>IdExportWFLOW</exportIdMap>
10     <importDir>${ROOT_DIR}/run_default</importDir>
11     <importIdMap>IdImportWFLOW</importIdMap>
12     <dumpFileDir>${GA_DUMPFILEDIR}</dumpFileDir>
13     <dumpDir>${ROOT_DIR}</dumpDir>
14     <diagnosticFile>${ROOT_DIR}/piDiagnostic.xml</diagnosticFile>
15     <missVal>-999</missVal>
16     <convertDatum>true</convertDatum>
17   </general>
18   <activities>
19     <exportActivities>
20     <executeActivities>
21     <importActivities>
22   </activities>
23 </generalAdapterRun>

```

圖 3-16 Wflow 模式樣板檔資料夾與模式名稱設定

```

<activities>
  <exportActivities>
    <exportStateActivity>
      <moduleInstanceId>$MODULE_INSTANCE_ID$</moduleInstanceId>
      <stateExportDir>%ROOT_DIR%/instate</stateExportDir>
      <stateSelection>
        <warmState>
          <stateSearchPeriod unit="hour" start="-240" end="-1"/>
        </warmState>
      </stateSelection>
    </exportStateActivity>
    <exportNetcdfActivity>
      <exportFile>fews2wflow.nc</exportFile>
      <timeSeriesSets>
        <timeSeriesSet>
          <moduleInstanceId>$Meteo_module_h$</moduleInstanceId>
          <valueType>grid</valueType>
          <parameterId>P.obs</parameterId>
          <locationId>wflow_$catchment$</locationId>
          <timeSeriesType>external historical</timeSeriesType>
          <timeStep id="WFlow_timestep"/>
          <relativeViewPeriod unit="day" end="0"/>
          <readWriteMode>read only</readWriteMode>
        </timeSeriesSet>
      </timeSeriesSets>
    </exportNetcdfActivity>
    <exportRunFileActivity>
      <exportFile>runinfo.xml</exportFile>
    </exportRunFileActivity>
  </exportActivities>

```

圖 3-17 Wflow 模式樣板檔輸出降雨資料

```

<executeActivities>
  <executeActivity>
    <description>Run WFlow</description>
    <command>
      <executable>$WFLOW_DIR$/wflow_cli.exe</executable>
    </command>
    <arguments>
      <argument>wflow_sbm.toml</argument>
    </arguments>
    <logFile>
      <file>%WORK_DIR%\log.txt</file>
      <errorLinePattern>*Error*</errorLinePattern>
      <warningLinePattern>*Warn*</warningLinePattern>
      <infoLinePattern>*Info*</infoLinePattern>
    </logFile>
    <timeOut>14400000</timeOut>
    <ignoreDiagnostics>true</ignoreDiagnostics>
  </executeActivity>
</executeActivities>

```

圖 3-18 Wflow 模式樣板檔執行模式與專案檔

```
<importActivities>
  <importStateActivity>
    <stateFile>
      <importFile>%ROOT_DIR%/run_default/outstate/outstates.nc</importFile>
      <!-- Rename imported state file so that it can be used as input state for a future model run. -->
      <relativeExportFile>../inststate/instates.nc</relativeExportFile>
    </stateFile>
  </importStateActivity>
  <importNetcdfActivity>
    <importFile>%ROOT_DIR%/run_default/wflow2fews.nc</importFile>
    <timeSeriesSets>
      <timeSeriesSet>
        <moduleInstanceId>$MODULE_INSTANCE_ID$</moduleInstanceId>
        <valueType>grid</valueType>
        <parameterId>QR.sim</parameterId>
        <locationId>wflow_scatchment$</locationId>
        <timeSeriesType>simulated historical</timeSeriesType>
        <timeStep id="WFlow_timestep"/>
        <readWriteMode>add originals</readWriteMode>
      </timeSeriesSet>
      <timeSeriesSet>
        <moduleInstanceId>$MODULE_INSTANCE_ID$</moduleInstanceId>
        <valueType>grid</valueType>
        <parameterId>QL.sim</parameterId>
        <locationId>wflow_scatchment$</locationId>
        <timeSeriesType>simulated historical</timeSeriesType>
        <timeStep id="WFlow_timestep"/>
        <readWriteMode>add originals</readWriteMode>
      </timeSeriesSet>
    </timeSeriesSets>
  </importNetcdfActivity>
</importActivities>
</activities>
</generalAdapterRun>
```

圖 3-19 Wflow 模式樣板檔流量計算成果匯入

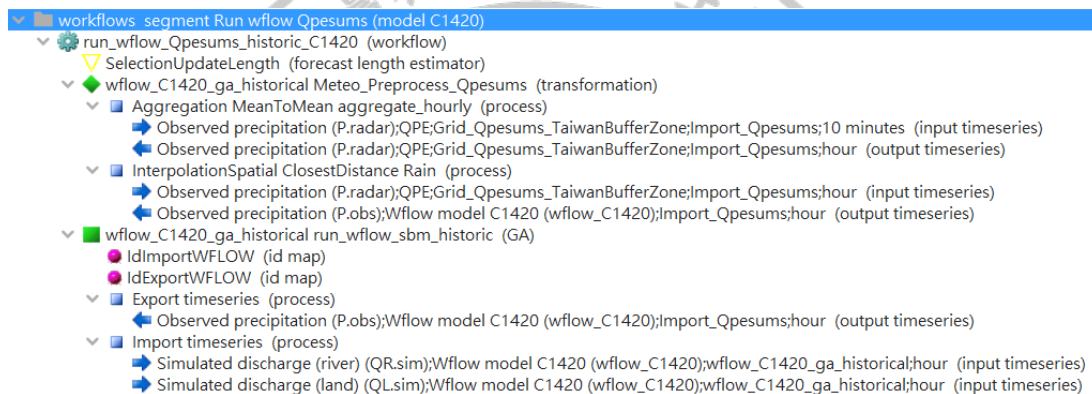


圖 3-20 大甲溪 Wflow 模式作業流程

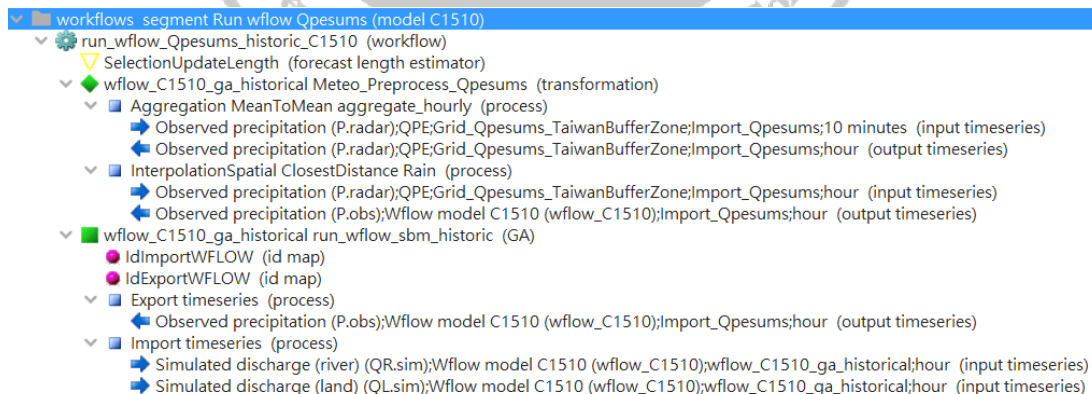


圖 3-21 濁水溪 Wflow 模式作業流程

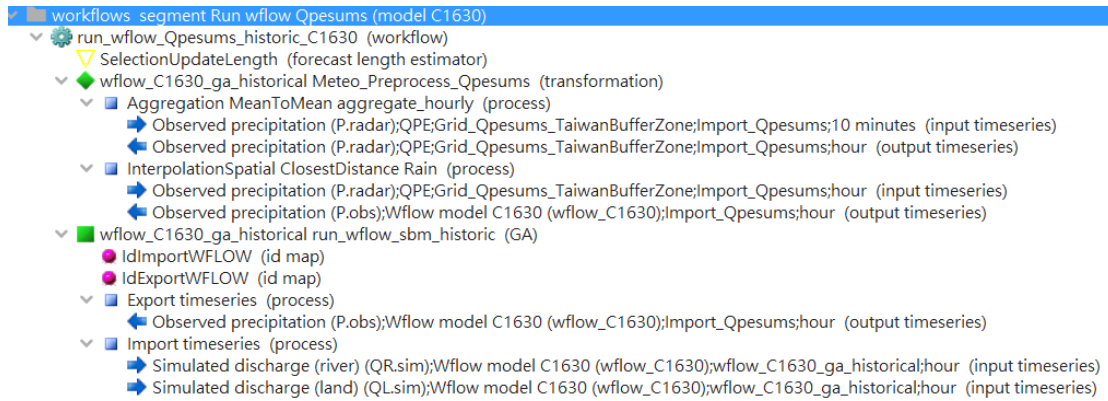


圖 3-22 曾文溪 Wflow 模式作業流程

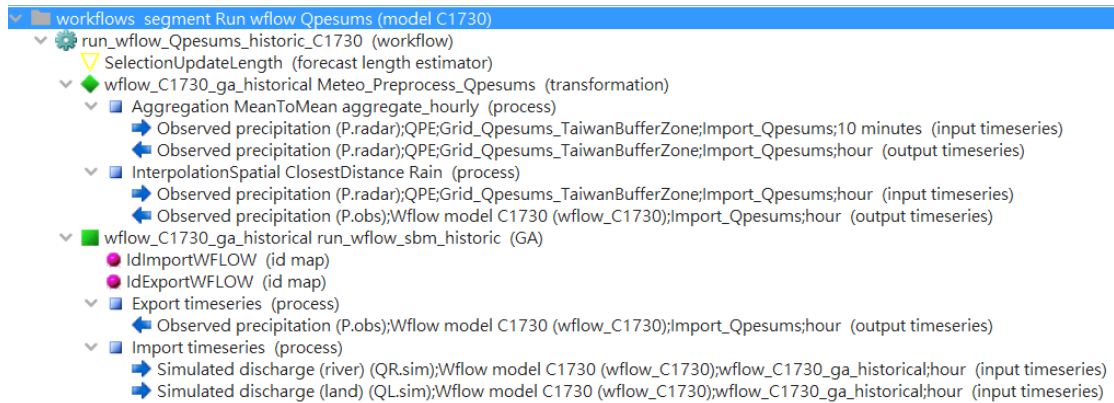


圖 3-23 高屏溪 Wflow 模式作業流程

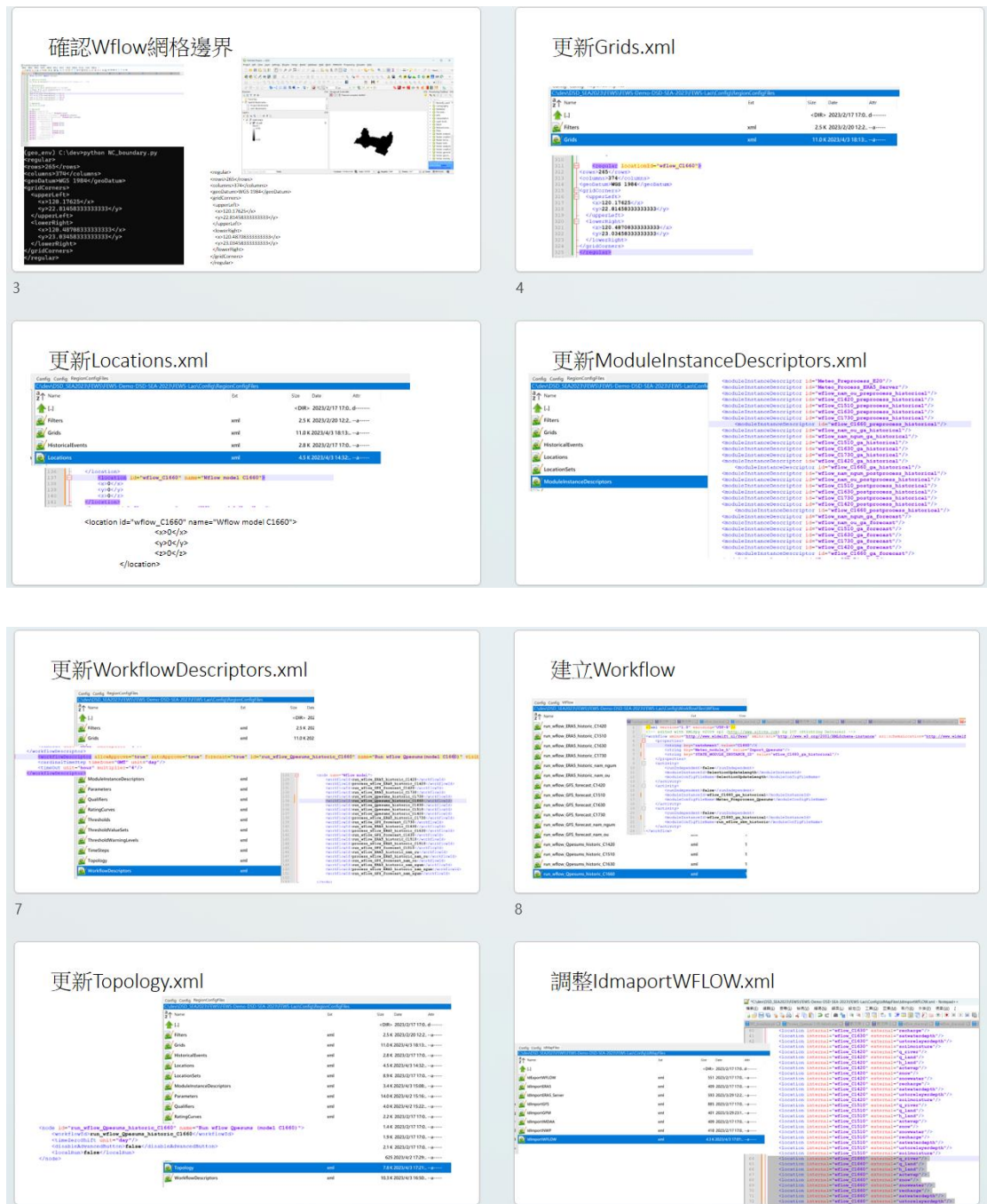


圖 3-24 Wflow 流域基礎資料更新設定 1

調整SpatialDisplay.xml

調整wflow_SBM.toml

複製coldstateFile

確認相關流程與展示

流量成果檢示

圖 3-25 Wflow 流域基礎資料更新設定 2

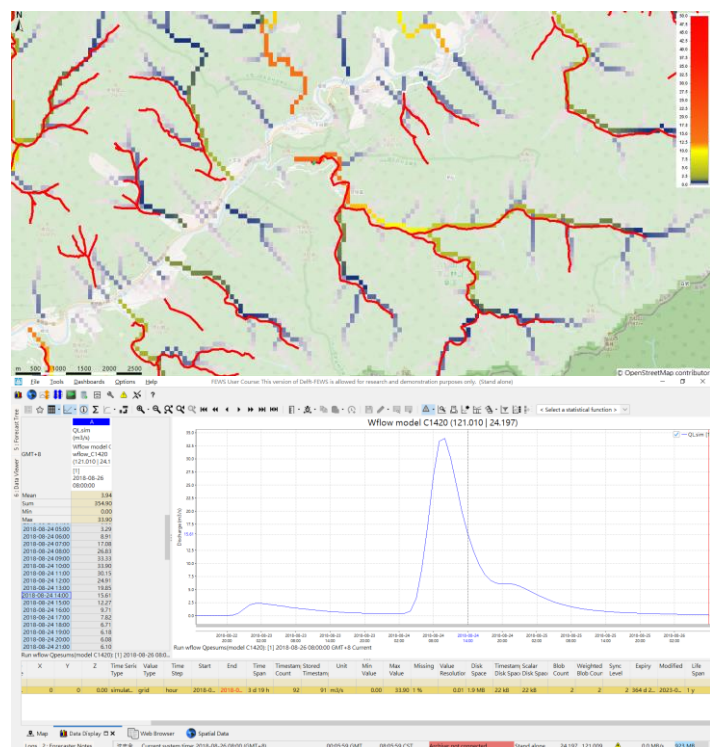


圖 3-26 土石流潛勢溪流流量資訊

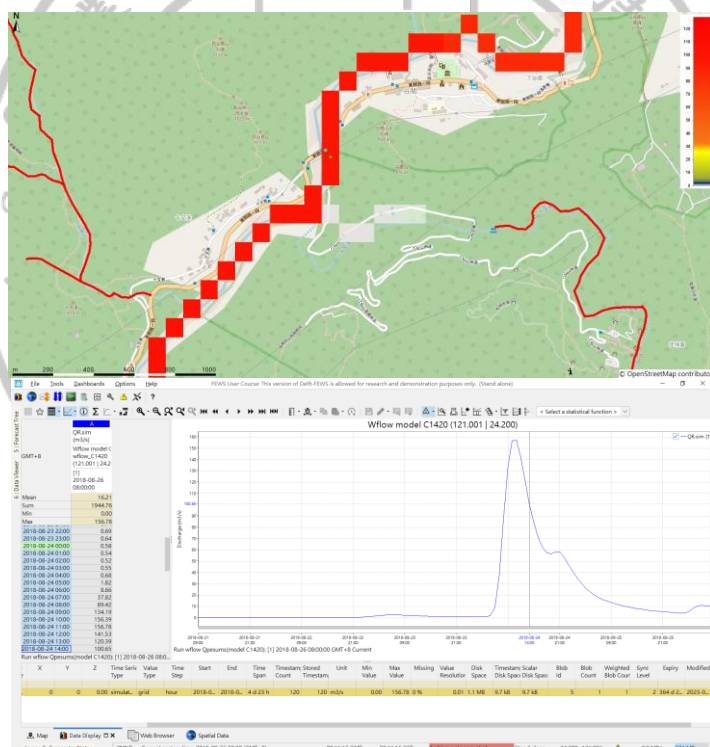


圖 3-27 河道流流量資訊

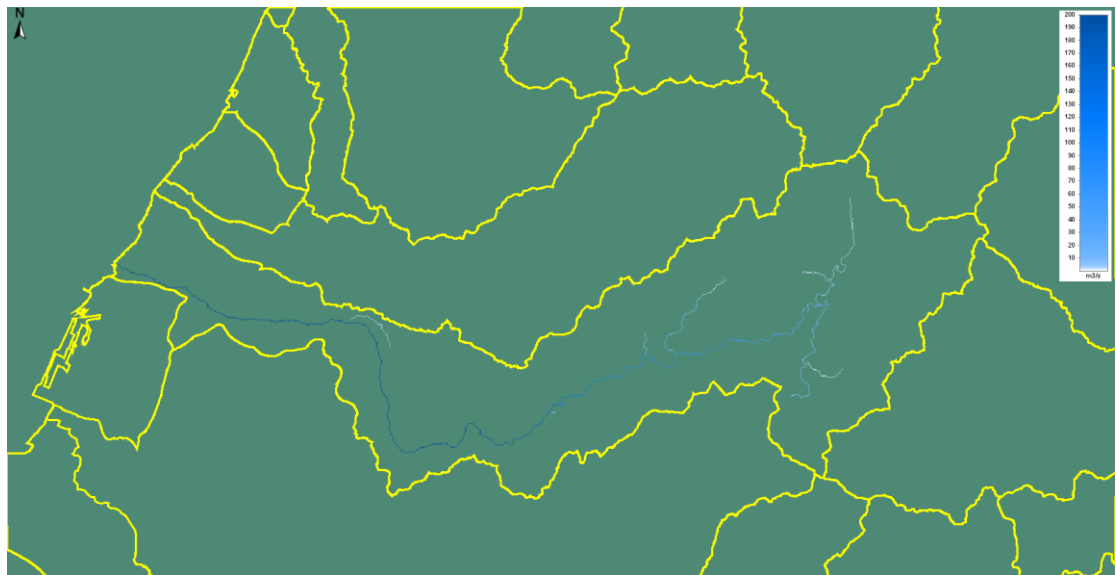


圖 3-28 大甲溪河道流量模擬成果

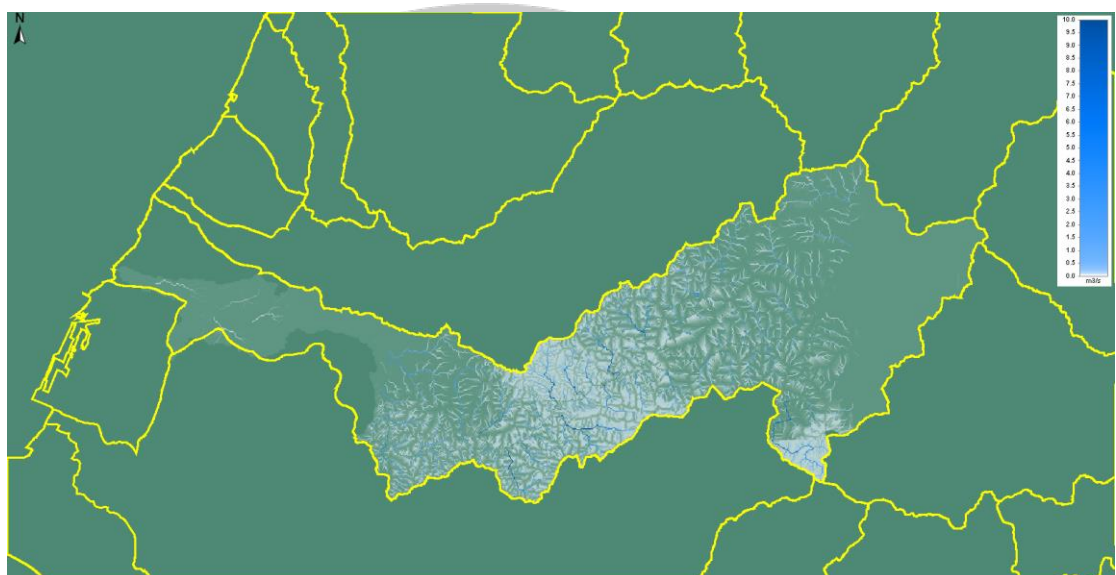


圖 3-29 大甲溪地表漫地流流量模擬成果

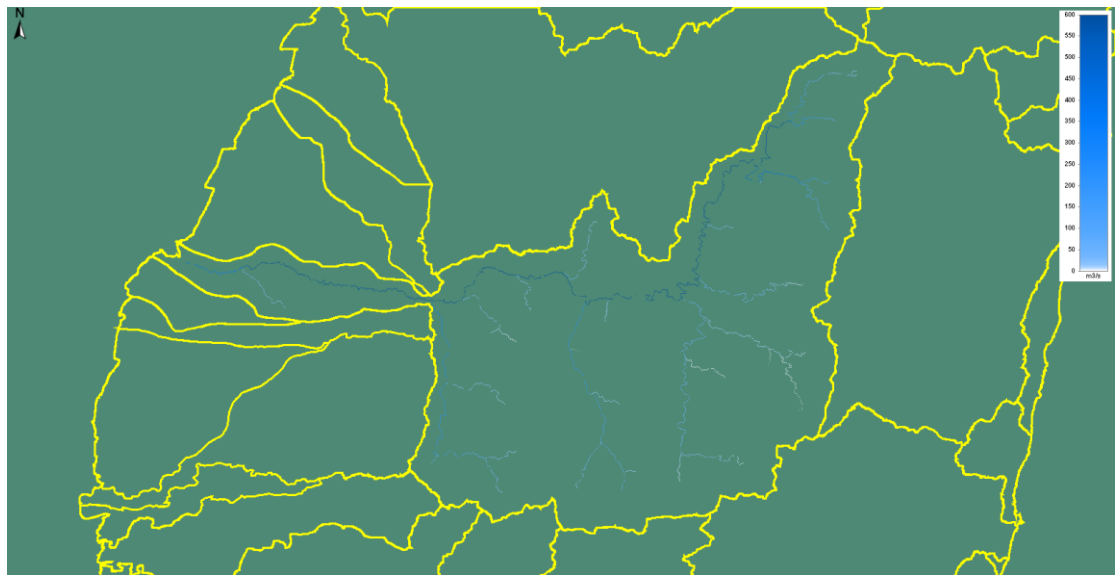


圖 3-30 濁水溪河道流量模擬成果



圖 3-31 濁水溪地表漫地流流量模擬成果

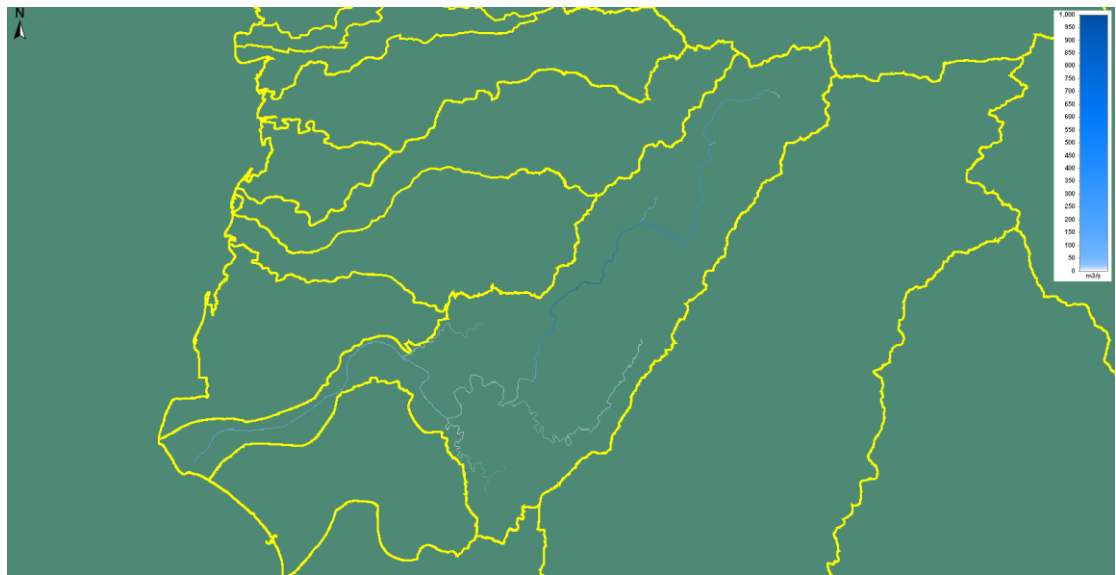


圖 3-32 曾文溪河道流量模擬成果



圖 3-33 曾文溪地表漫地流流量模擬成果

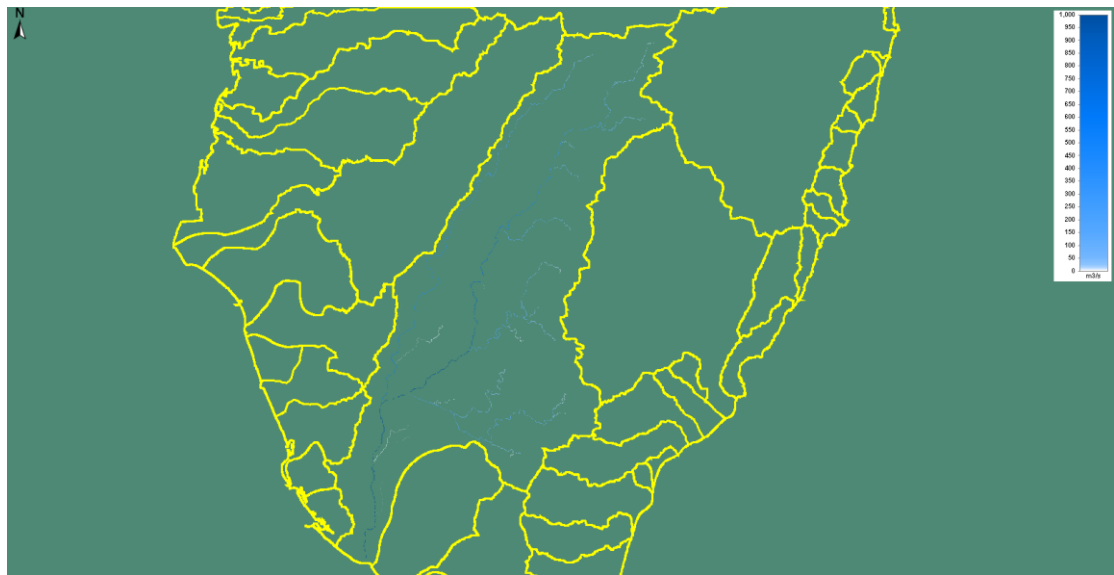


圖 3-34 高屏溪河道流量模擬成果

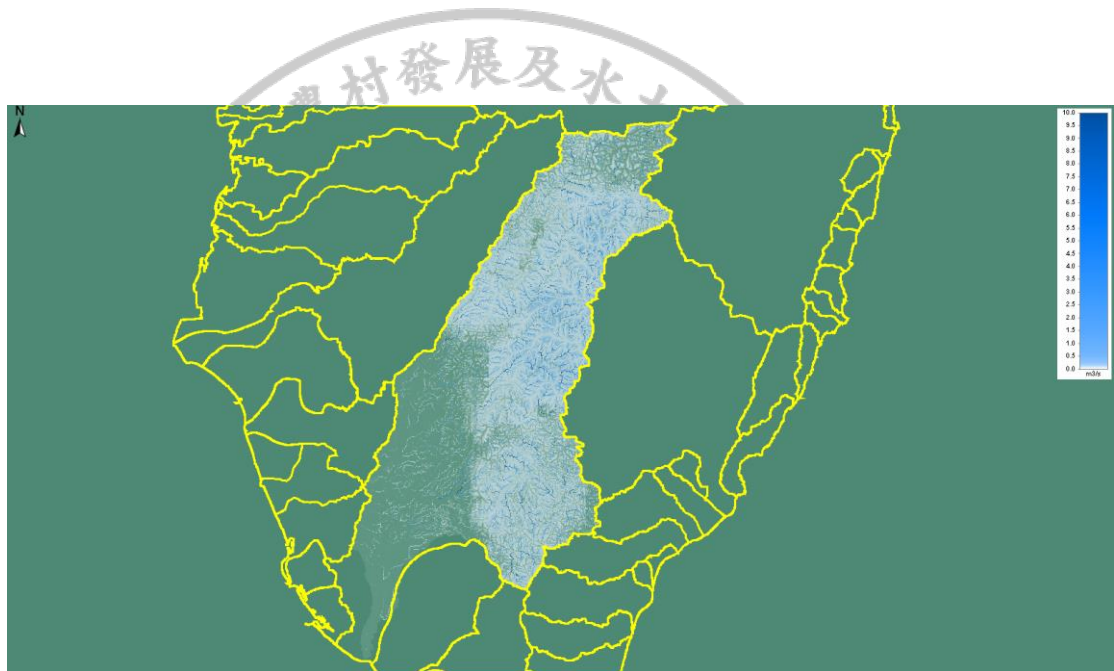


圖 3-35 高屏溪地表漫地流流量模擬成果

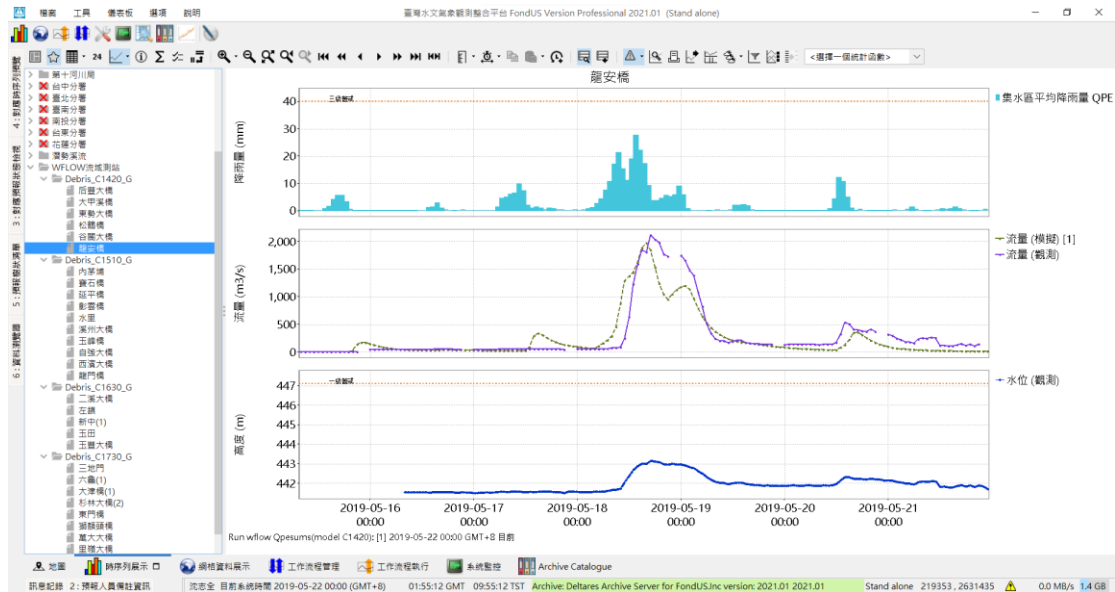


圖 3-36 大甲溪水位站降雨量流量水位資訊整合成果

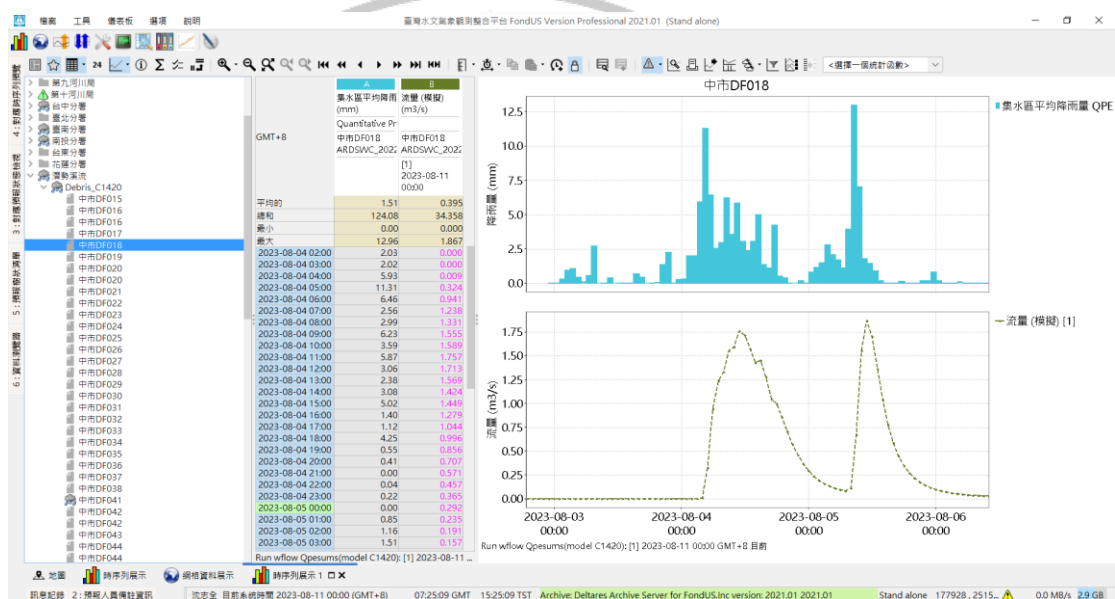


圖 3-37 大甲溪土石流潛勢溪流降雨量與流量資訊整合成果

分析就緒資料應用於開源模式整合之探討

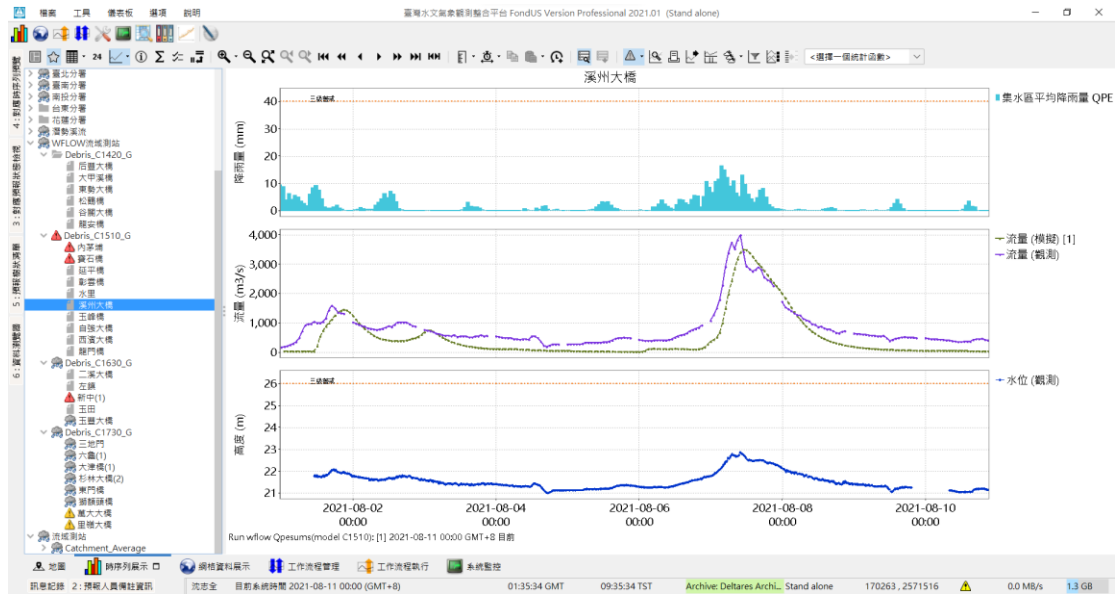


圖 3-38 濁水溪水位站降雨量流量水位資訊整合成果

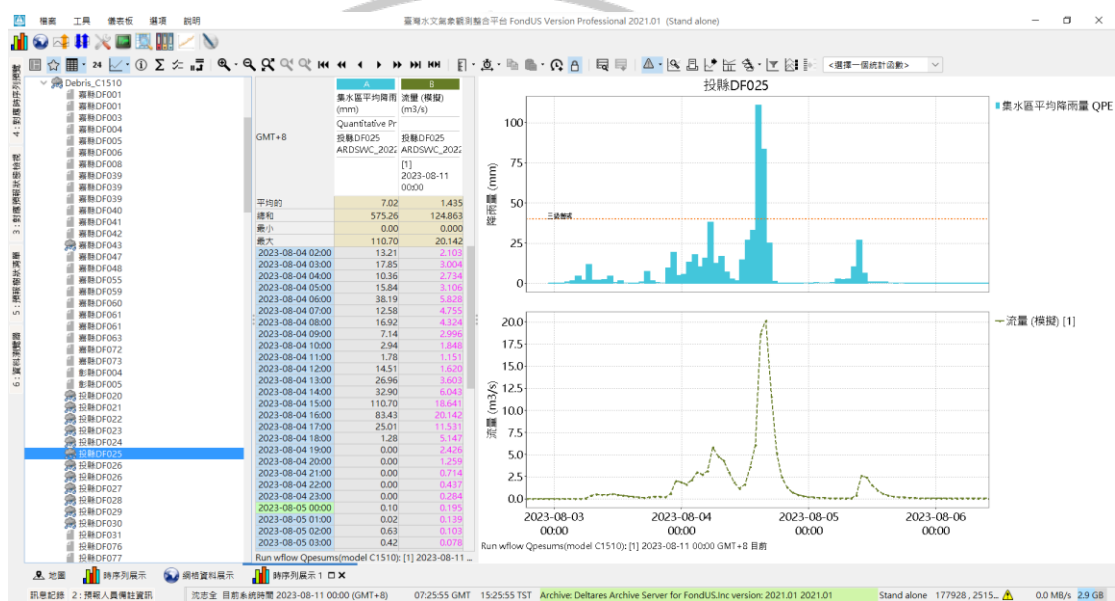


圖 3-39 濁水溪土石流潛勢溪流降雨量與流量資訊整合成果

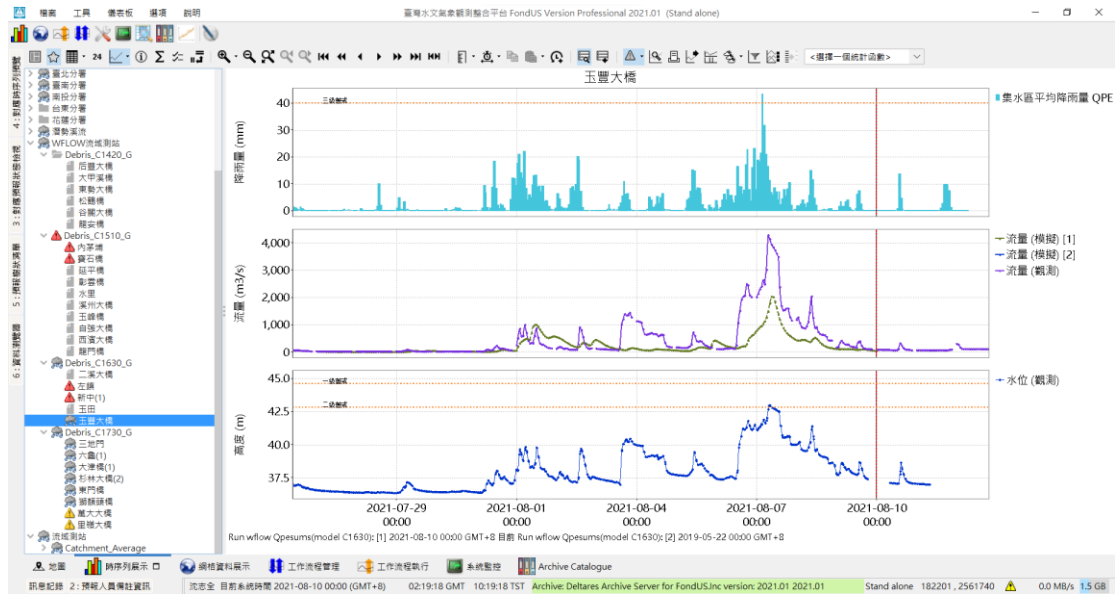


圖 3-40 曾文溪水位站降雨量流量水位資訊整合成果

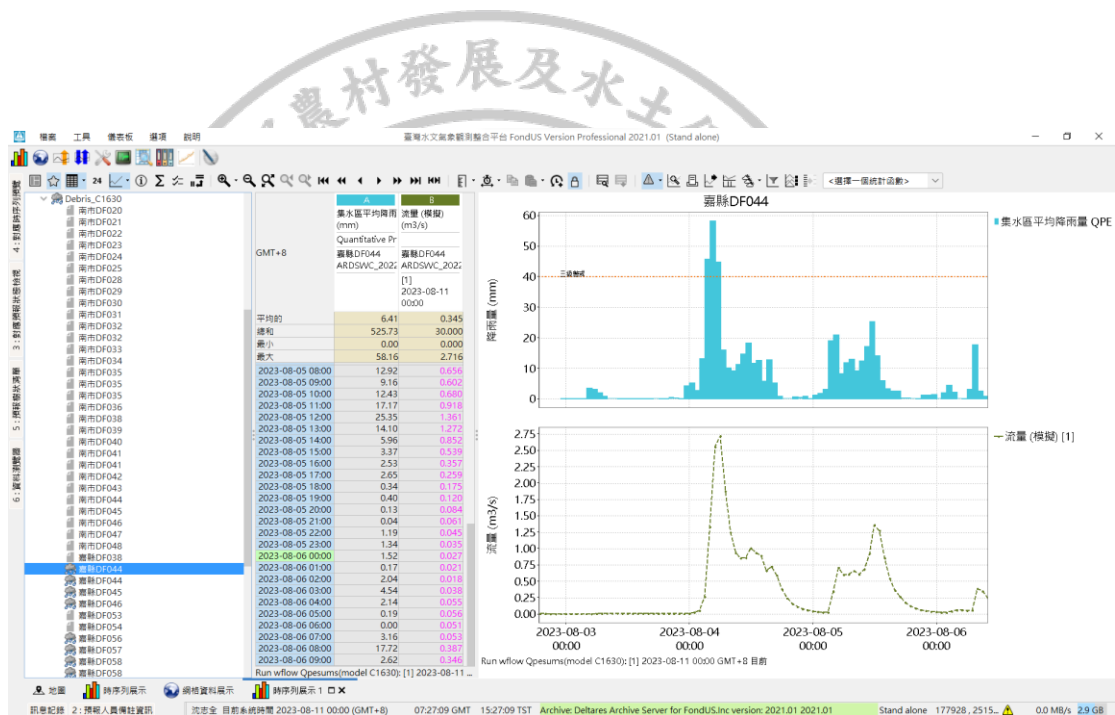


圖 3-41 曾文溪土石流潛勢溪流降雨量與流量資訊整合成果

分析就緒資料應用於開源模式整合之探討

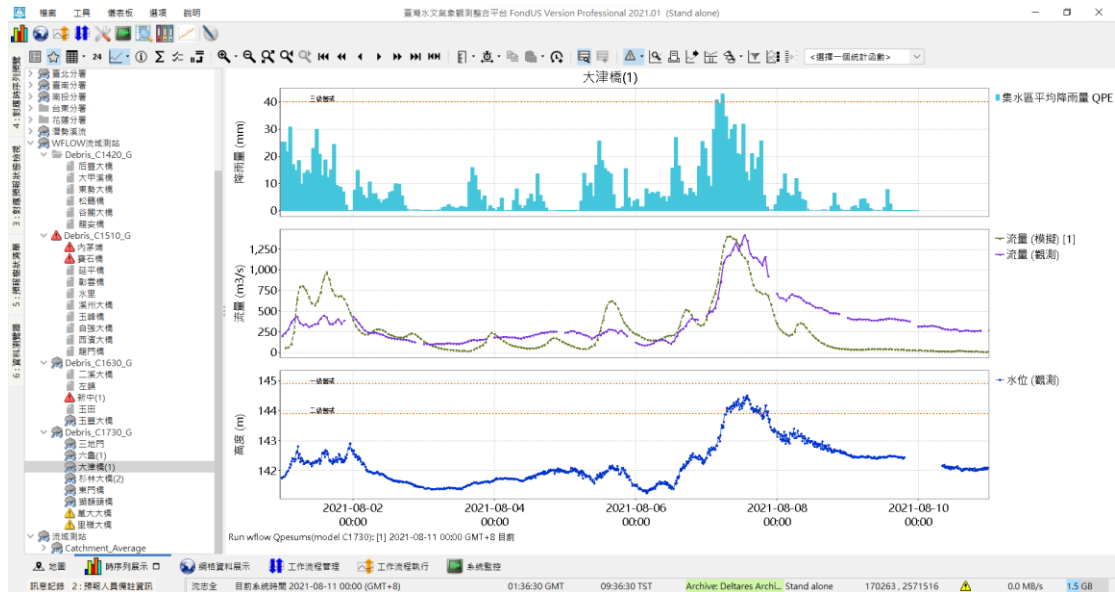


圖 3-42 高屏溪水位站降雨量流量水位資訊整合成果

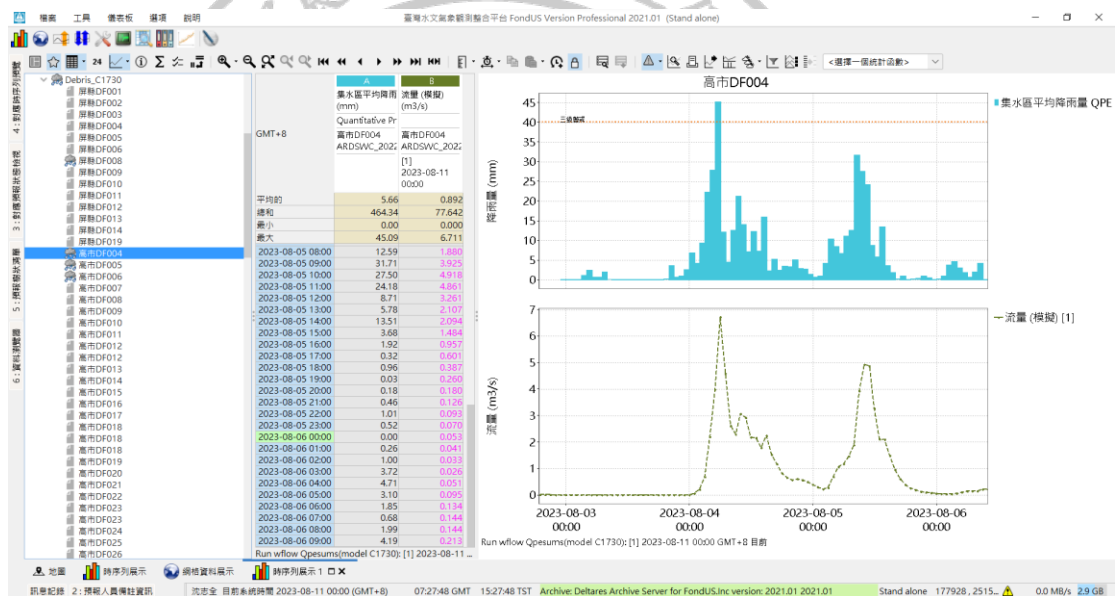


圖 3-43 高屏溪土石流潛勢溪流降雨量與流量資訊整合成果

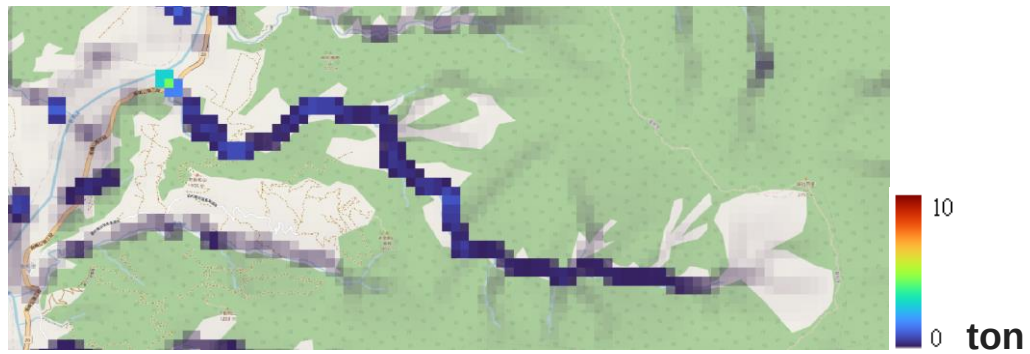


圖 3-44 盧碧颱風高屏溪支流玉穗溪土壤沖蝕損失量推估成果

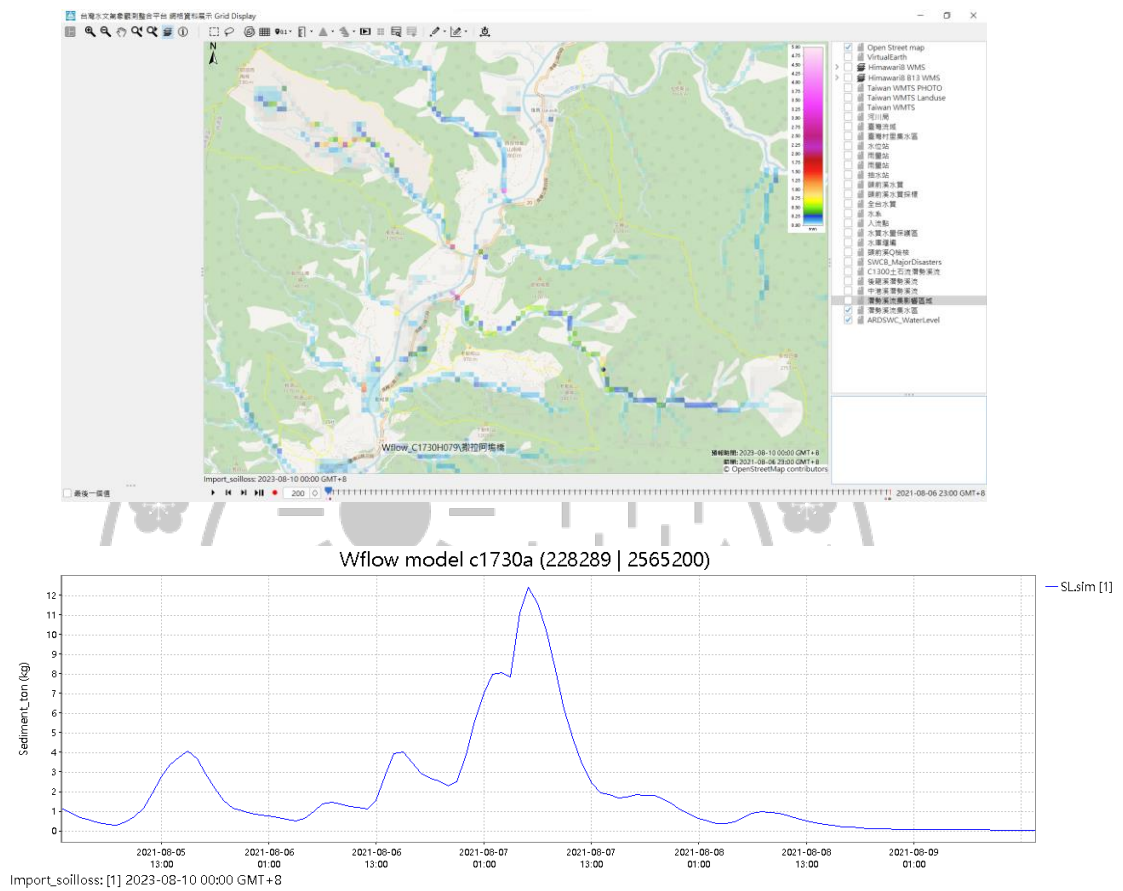


圖 3-45 盧碧颱風高屏溪支流玉穗溪土壤沖蝕損失量推估成果

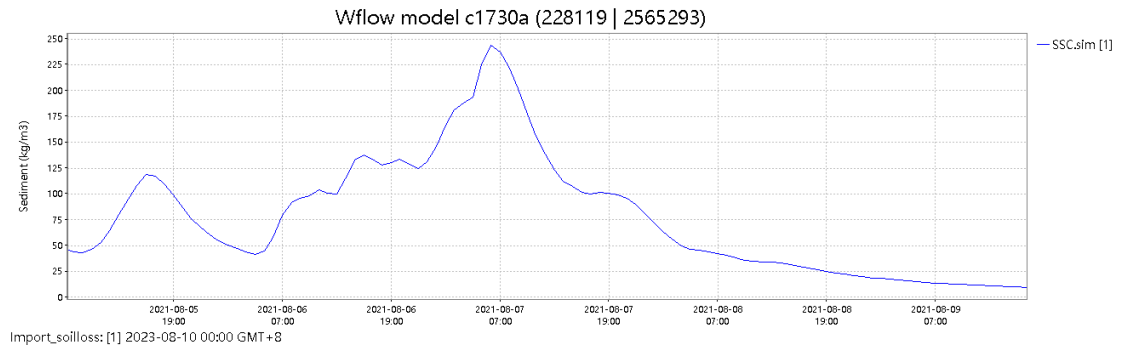


圖 3-46 盧碧颱風高屏溪玉穗溪匯流口河川輸砂濃度變化情況

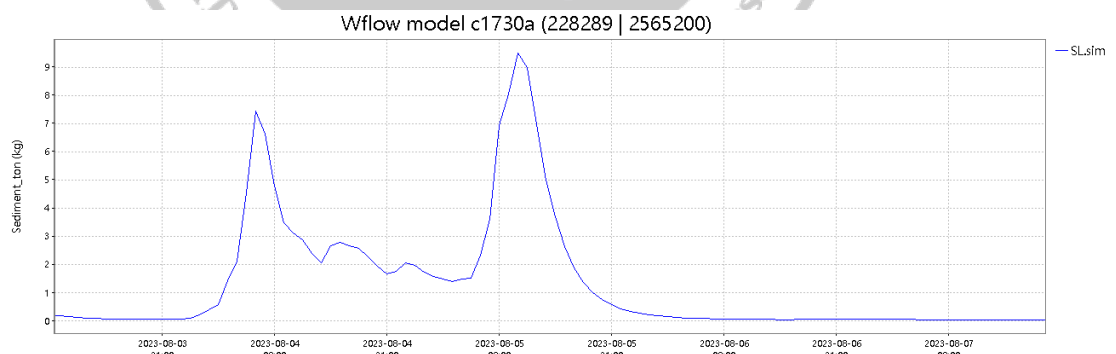
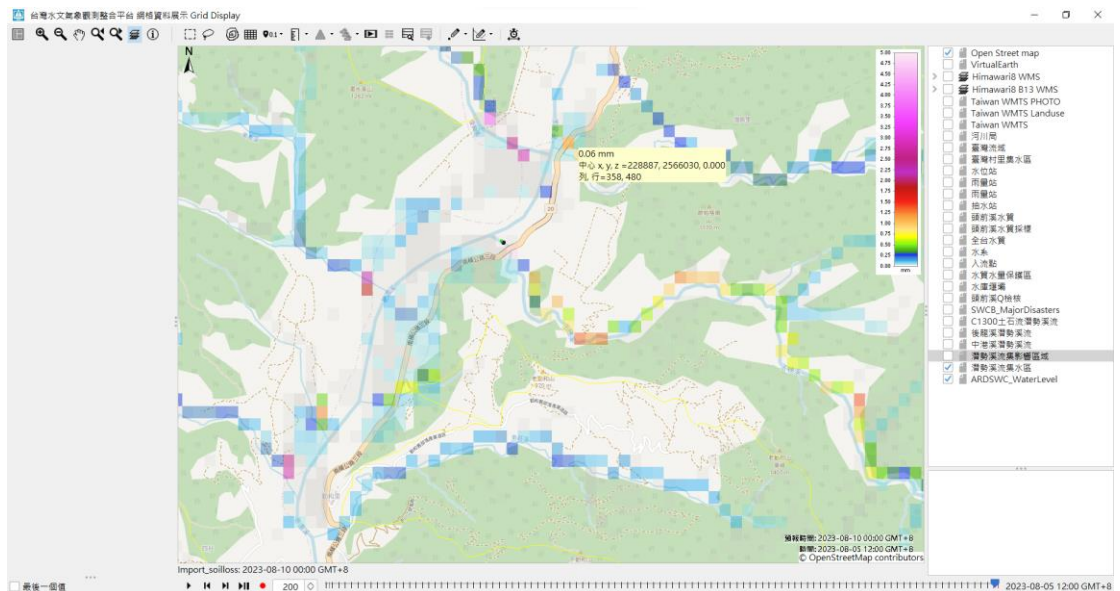


圖 3-47 2023 卡努颱風高屏溪支流玉穗溪土壤沖蝕損失量推估

成果

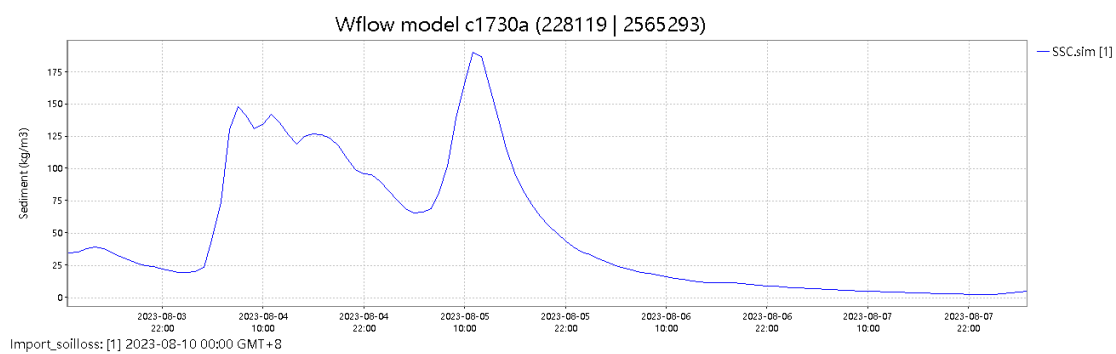


圖 3-48 卡努颱風高屏溪玉穗溪匯流口河川輸砂濃度變化情況



表 3-2 Wflow 模式流域輸出檔案容量與網格數量

流域	檔案大小	邊界網格 W*H
大甲溪	579.3 M	1076*392
濁水溪	1.4 G	1266*806
曾文溪	837.7 M	920*663
高屏溪	1.3 G	797*1218

表 3-3 Wflow 模式流量成果供應數量

流域	土石流潛勢溪流流量	河川水位 (流量) 站資訊
大甲溪	78	6(1)
濁水溪	192	10(8)
曾文溪	57	5(5)
高屏溪	141	8(5)

四、參考手冊與文件成果供應

完成自動化模式建置說明手冊與案例專案成果彙整等工作項目。針對各流域集水區資料內容進行說明。在文件資料利用網頁共筆文件方式進行製作，支援 markdown 格式方便後續維護與更新。在內

容上包含執行環境安裝、模式安裝、模式建置案例、輸入輸出檔案格式與欄位屬性、文件說明、錯誤問題排除、附件與相關說明參考連結。如圖 3-49 與圖 3-52 為手冊文件內容針對環境安裝與錯誤問題排除之頁面內容。

此外針對 20m 解析度數值高程資料處理流程也建立處理 D8 流向、計算上游網格面積、建立河川級序、建立集水區圖資、產出水系圖資等對應說明文件，如圖 3-53~圖 3-54 所示。後續使用者可以參考流程進行相關圖資來源更新工作。

並且也在 8 月 18 日進行第一次的教育訓練工作。針對模式建置流程與資料串接與介面使用進行相關介紹與說明。相關教材目錄與上課內容情況如圖 3-55~圖 3-58 所示。相關測試案例資料如表 3-4 所示，與計畫產出之成果與簡報資料透過網路硬碟方式提供，供後續參考。



圖 3-49 模式建置流程參考手冊-環境安裝



圖 3-50 模式建置流程參考手冊-錯誤問題排除說明內容



一、建置模式流程 (Windows)

1. 安裝 mamba 官網，python 版本 3.8 以上

```
// 安裝 mamba 環境
conda install mamba -n base -c conda-forge
```

2. 建立 hydromt-wflow 環境，使用管理者權限執行 Minforge Prompt，並在介面中依序輸入以下命令，完成後請先不要關閉視窗

```
// 建立一個 hydromt-wflow 環境
mamba env create -f
https://raw.githubusercontent.com/Deltares/hydromt_wflow/main/environment.yml

// 啟動 hydromt-wflow 環境
conda activate hydromt-wflow

// 安裝必要套件
pip install gwwapi
pip install hydroengine

// 安裝完成後可輸入以下命令確認是否安裝完成
hydromt --models

// 出現以下內容代表安裝成功(版本號可能有所不同)
model plugins:
- wflow (hydromt_wflow 0.2.2.dev0)
- wflow_sediment (hydromt_wflow 0.2.2.dev0)
generic models (hydromt 0.7.2.dev0):
- grid_model
- lumped_model
- network_model
```

3. 建立 hydromt-wflow 環境，使用管理者權限執行 Minforge Prompt，並在介面中依序輸入以下命令，完成後請先不要關閉視窗

圖 3-51 模式建置流程參考手冊資料截圖 1

4. 回到 Minforge Prompt 介面輸入以下命令

```
hydromt build wflow "./wflow_C1730" -r '{"subbasin': [120.42375,22.47791667], 'strord': 4, 'bounds': [120.3941667,22.475,121.0583333,23.49416667]}'" -i ./wflow_build.ini -d ./taiwan_data.yml -v
```

- wflow: 建置模型類別
- ./wflow_C1730: 模型建置輸出資料夾，資料夾不存在時會自動建立
- {'subbasin': [120.42375,22.47791667], 'strord': 4, 'bounds': [120.3941667,22.475,121.0583333,23.49416667]}:
 - subbasin: 流域出口或控制點位置
 - bounds: 流域邊界[xmin, ymin, xmax, ymax]
 - strord: 最小河川級序 1-9
 - 其他詳細資訊 [doc](#)
- -i ./wflow_build.ini: 指定建模使用初始檔
- -d ./taiwan_data.yml: 指定建模使用 YML 設定檔
- -v: 顯示所有建模時的詳細訊息
- 全台各流域 建置語法與參數 [doc](#)

圖 3-52 模式建置流程參考手冊資料截圖 2



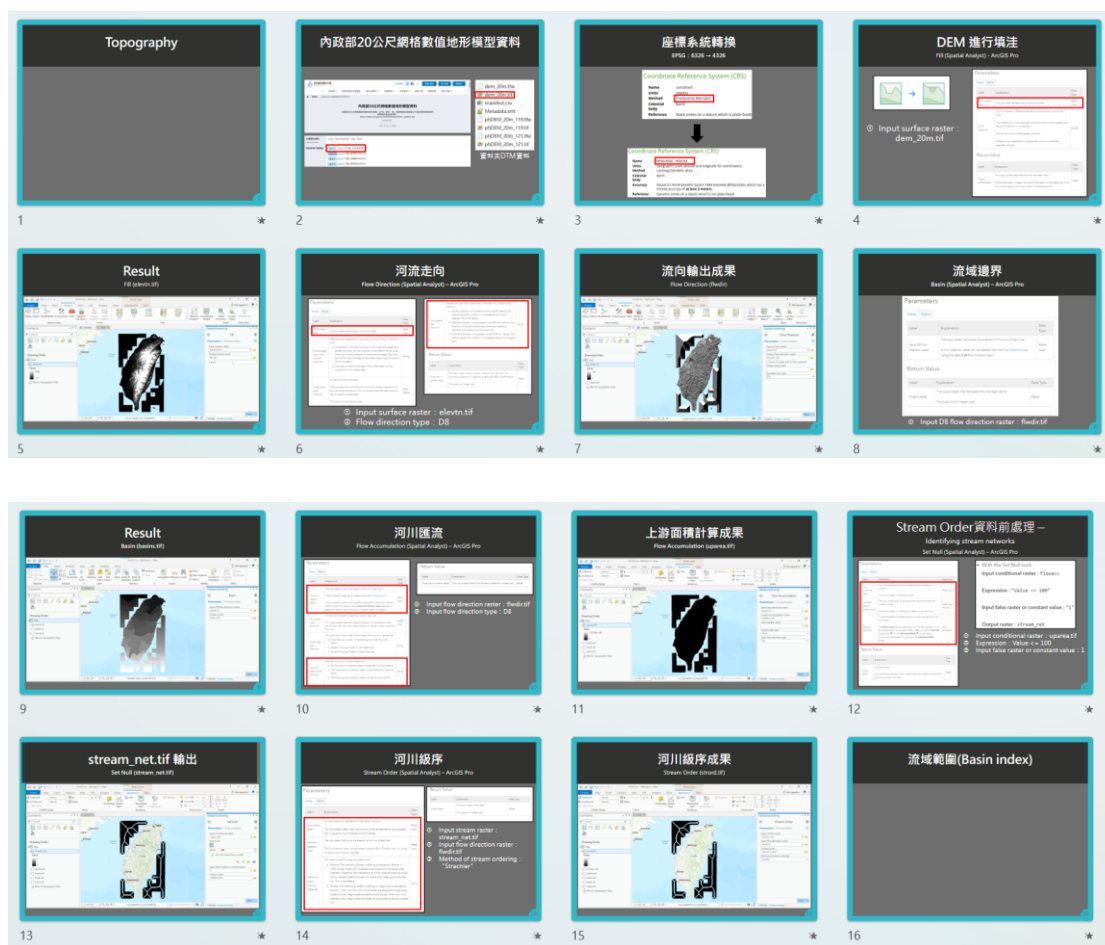


圖 3-53 20m DEM 資料處理流程 1

分析就緒資料應用於開源模式整合之探討

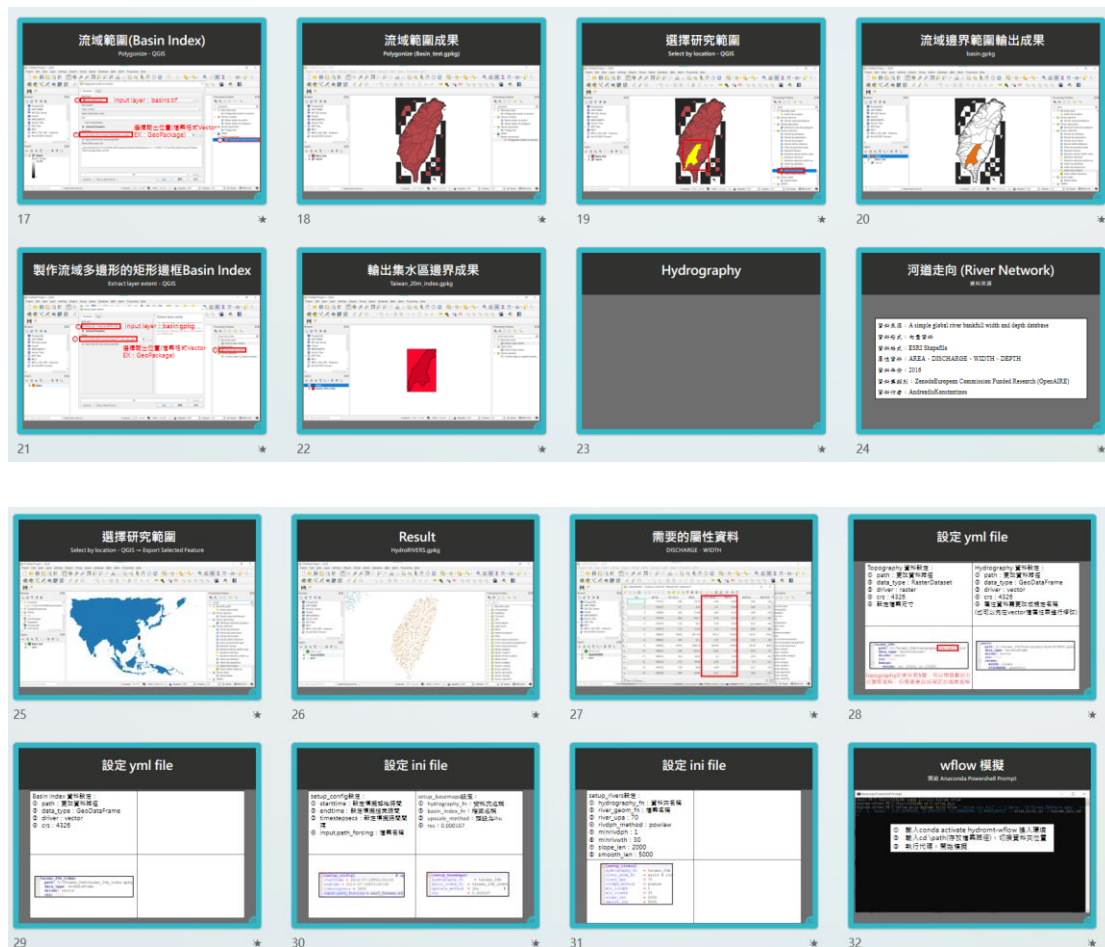


圖 3-54 20m DEM 資料處理流程 2

名稱	修改日期	類型	大小
2023WFLOW農村發展及水土保持署教育訓練p1	2023/8/18 上午 06:13	Microsoft PowerP...	2,218 KB
2023WFLOW農村發展及水土保持署教育訓練P2	2023/8/18 上午 06:13	Microsoft PowerP...	68,593 KB
2023WFLOW農村發展及水土保持署教育訓練P3	2023/8/18 上午 06:17	Microsoft PowerP...	4,627 KB
Global_TaiwanArea_new	2023/4/27 下午 06:45	7Z 檔案	347,655 KB
Mambaforge-Windows-x86_64	2023/8/18 上午 04:31	應用程式	64,828 KB
Miniforge-pypy3-Windows-x86_64	2023/8/18 上午 04:31	應用程式	66,544 KB
run_model	2023/2/17 下午 05:10	Windows 命令指...	1 KB
taiwan_data	2023/4/6 下午 07:06	YML 檔案	8 KB
wflow_build	2023/8/18 上午 05:45	組態設定	4 KB

圖 3-55 8 月 18 日上課教材與簡報



圖 3-56 8 月 18 日教育訓課程情況 1



圖 3-57 8 月 18 日教育訓課程情況 2



圖 3-58 8 月 18 日教育訓課程情況 3

表 3-4 2018-2023 收集豪雨事件案例資料

年份	豪雨名稱	豪雨時間
2023	卡努颱風	2023/08/03-2023/08/06
2022	尼莎颱風	2022/10/16
2021	盧碧颱風及 0806 豪雨	2021/08/05-2021/08/09
2021	0620 豪雨	2021/06/20-2021/06/22
2021	0604 及 0606 豪雨	2021/06/04 及 2021/06/06
2020	0826 豪雨	2020/8/26
2020	0522 豪雨	2020/05/21-2020/05/23
2020	0527 豪雨	2020/05/27
2019	0812 豪雨	2019/08/10-2019/08/17
2019	0517-0520 豪雨	2019/05/17-2019/05/20
2018	0823 熱低壓水災	2018/08/23-2018/08/28
2018	0613 豪雨	2018/06/14-2018/06/15
		2018/06/19-2018/06/20

第四章 結論及建議

第一節 結論

計畫完成分析就緒資料應用於開源軟體之功能測試與驗證，使用 HydroMT 架構完成分析就緒資料集建置與使用。可由資料集準備、模式建置、自動化流程串接完成相關功能架構測試驗證成果。同時利用 HydroMT_Wflow 模組進行 Wflow 分布式降雨逕流模式建置工作。並且搭配 Delft_FEWS 平台，完成 QPESUMS 雷達降雨資料串接大甲溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪等流域 Wflow 降雨逕流模式，提供河道流量推估與地表逕流成果產出。並且搭配利用參數化模式銜接技術，加速模式建置整合流程。在本年度完成四個流域 Wflow 模式專案並且已串接於 Delft_FEWS 平台中，可自動化進行降雨量下載與 Wflow 模式運算作業流程，同時輸出成果可進行四個流域任意網格範圍流量查詢與河道流量模擬成果查詢。同時輸出對應流域範圍土石流潛勢溪流降雨量與流量資訊。而相關資料內容後續可以透過 ARCHIVE 目錄服務方式進行模式成果的資料的共享。同時搭配時間序列成果輸出方式，提供 BigGIS 與相關模式系統進行 Wflow 流量成果介接。在分析就緒與開源模式應用的核心目標是提供方便容易使用的資料來源，讓每一個需要資料的使用者都可以有效且便利的使用資料。而當資料與模式完成建置後，未來仍需要持續進行資料與模式的

維護更新，才能發揮資料與模式的最大效益。

第二節 建議

由於環境模式所需基礎環境相關資料相當多，環境監測與模式有關聯之相關單位，建議可以透過定期跨單位工作會議。進行資料交換與問題的討論加速資料的收集與減少重複建置的情況。此外為了有效整合經費與成果，美國 USGS 推動 3DEP (3D Elevation Program) 過程中透過跨單位資料合作方式進行地形高程資料收集。而 OpenET 專案則是透過衛星遙測技術，搭配不同演算法進行的蒸發散的推估成果，在該計畫合作對象包含 NASA, USGS, USAD 與學校研究單位等。透過跨單位資訊的合作提供更完整的蒸發散資料內容。

而在國內的案例上內政部與水利署合作的水利數值地形資料，若未來農村發展與水土保持署可以取得該資料並進行應用，將有助於強化相關流域集水區的排水路流量分析的正確與合理性。

建議持續針對今年度完成之分析就緒資料應用的 HydroMT 架構持續進行基礎資料的更新與維護，以便提供 Wflow 模式持續進行模式維護更新工作，使模式與資料的使用效益達到最大化。

參考文獻

1. 黃冠智，碩士論文，建立開源分佈式降雨逕流模式於水情測預報平台之研究，國立臺北科技大學，2016。
2. 梁博超，碩士論文，整合資料同化與分布式降雨逕流模式於水情測預報平台之研究，國立臺北科技大學，2015。
3. 行政院農業委員會水土保持局，應用開源分布式降雨逕流模式推估土石流潛勢溪流之流量以中港溪與後龍溪為例，國立臺北科技大學，2021。
4. 政院農業委員會水土保持局，應用開源分布式降雨逕流模式推估土石流潛勢溪流與農塘流量資訊，中華民國地球科學學會 2019。
5. Boisgontier, H., and J. van Gils. 2020. "PHYSICS-BASED BASINSCALE MODELLING OF WATER QUANTITY AND SEDIMENT DYNAMICS USING WFLOW." Proceedings of the 22nd IAHR APD Congress (Sapporo, 2020), 10. Sapporo.
6. van Verseveld, W. J., A. H. Weerts, M. Visser, J. Buitink, R. O. Imhoff, H. Boisgontier, L. Bouaziz, D. Eilander, M. Hegnauer, C. tenVelden, and B. Russell. 2022. Wflow_sbm v0.6.1, a spatially distributed hydrologic model: from global data to local applications.preprint. Hydrology.
7. Vertessy, R. A., and Elsenbeer, H, Distributed modeling of storm flow generation in an Amazonian rain forest catchment: Effects of

- model parameterization.” Water Resources Research, 35(7), 2173 – 2187,1999.
8. Werner, M., Schellekens, J., Gijsbers, P., van Dijk, M., van den Akker, O., and Heynert, K, The Delft-FEWS flow forecasting system, Environmental Modelling & Software, 40, 65 – 77, 2013.
 9. Noah J. Finnegan et al 2005 Controls on the channel width of rivers: Implications for modeling fluvial incision of bedrock”
 10. Wigmosta, M. S., L. J. Lane, J. D. Taguestad, and A. M. Coleman, Hydrologic and erosion models to assess land use and management practices affecting soil erosion, Journal of Hydrologic Engineering,14(1), 27-41,2009.
 11. hydromt 程式 <https://deltares.github.io/hydromt/latest/>
 12. Wflow 使用手冊， <https://deltares.github.io/Wflow.jl/dev/>
 13. Wflow 模式， <https://github.com/Deltares/Wflow.jl>
 14. Delft_FEWS 平台， <https://oss.deltares.nl/web/delft-fews/>
 15. Open data cube <https://www.opendatacube.org/about>
 16. 澳洲網格資料應用概念 www.arr-software.org
 17. <https://www.nature.com/articles/s41597-021-01076-6/figures/1>
 18. <https://www.lexcube.org/>
 19. <https://www.usgs.gov/media/images/landsat-analysis-ready-data>
 20. <https://e-sensing.github.io/sitsbook/a-taste-of-sits.html>
 21. [https://github.com/rstudio/cheatsheets/blob/main/datavisualization.p
df](https://github.com/rstudio/cheatsheets/blob/main/datavisualization.pdf)





附錄

附錄一、審查意見暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一	由於就緒資料之資料解析程度一般較低，對於較小集水區可能受限於無資料或解析度太低的狀態，尤其以土石流潛勢溪流而言，一般均屬小面積且無降雨測站，目前擬採網格為20m及100m解析度，應僅適用於較大集水區狀況。	根據最新公布的1731個土石流潛勢溪流集水區資訊最小0.92公頃，最大19639.97公頃，面積 100公頃以下佔69%，而100公頃佔31%。50公頃以下51%。50公頃49%。未達10公頃有14%，小於10公頃使用100m解析度確實有可能使資料使用效益降低。因此在資料評估過程中仍有考慮使用20m資料提升資料完整性。而就本計畫分析就緒資料應用目標，建立基礎資料集後，搭配自動化建模技術完成主要流域構，後續可以持續提升完整的水文氣象資料與植被土壤等坡地相關基礎資料內容。來改善現有部分基礎資料在空間分布仍有不足的情

項次	審查意見	回覆辦理情形
		況。目前適用性上建議20m與100m網格，建議應用於10公頃以上土石流潛勢溪流集水區。
二	計算所得之流量及土砂運移量等結果，可否透過API方案，即時呈現於本局Big GIS等平台？	目前計算成果輸出格式為netcdf檔案格式，可配合將檔案輸出到THREDDS Data Server (TDS)目錄時可以搭配TDS Web Coverage Service (WCS)服務提供計算網格資訊(其內容可提供網格流量資訊與土砂運移量資訊)。計畫執行時期間，將會針對資料內容提供服務方式進行更完整的說明，並且與BigGIS平台維運團隊討論資料網格資料匯入的方案與可行技術。

附錄二、期中審查意見暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一	期中報告中的錯別字及語句不完整頗多,造成審閱上的困難,宜加強檢校:尤其是不該斷的地方,用句點斷開,讓閱讀上更顯困難。。	感謝委員指正,目前已經針對報告內容重新檢視相關文章段落進行修正。
二	P.3-3表3-1中所列的工作項目二至五,於期中報告階段無法由報告內容出目前的具體成果,建議回歸到「分析就緒資料(ARD)」與「開源模式(SM)」整合應用所可能發生的行政面與技術面上進行詳細討論。	感謝委員建議,分析就緒資料的環境建構需要仰賴,各單位之間的相互配合。包含資料收集、資料儲存、資料更新頻率、完整的使用教學說明等。才能讓分析就緒的應用發揮到最大效益。各種模式在推動過程中最重要的是要有人廣泛且持續的使用,而開源模式在推動過程中,需要明確定義模式的使用範疇,同時搭配定期維護更新及完整的使用教學與說明文件,才能讓使用者持續推廣與應用發揮模式最

項次	審查意見	回覆辦理情形
		大價值。相關內容請參閱報告第三章。
三	考量多數土石流潛勢溪流集水區面積不大,建議使用20m或6m的DEM資料計算。	感謝委員建議，目前越高解析度模式架構，關的基礎資料解析度也需需要能夠對應提升對應解析度，才有機會能夠發揮出資料成果的效益。計畫優先完成模式架構，後續搭配可取得的資料解析度持續提升與更新模式解析度。目前建議配合不同需求提供高解析度6m，中解析度20m，低解析度100m等。不同解析度產品提供後續資料比對與分析作業使用。
四	Wflow除可計算河道上之流量外,可否一併評估坡面上各網格之土壤含水量?	在Wflow模式中土壤含水量目前可以針對網格輸出對應各層之土壤含水量(vwc)或土壤含水量百分比(vwc_perc)等不同之位置之土壤含水量資訊，未來可以進一步針對作業

項次	審查意見	回覆辦理情形
		需求提供不同層之土壤含水量資訊。
五	土石流運模組的「集水區土壤損失模組」,其土砂生產量體似類同 WAT,只考壤沖蝕,後續可否增加納入崩塌產生的土砂料源。	目前在計算過程中，主要使用原模式參數資料作為相關沖蝕量的評估。而崩塌產生的量體。在模式輸入方式或許可以透過inlandlagg參數(由地表侵蝕較大顆粒骨材量體匯入)，目前仍須要進一步確認額外的崩塌產生量體位置輸入方式。
六	土運移模式之模擬與驗證,請優先納入玉穗溪、2021 年盧碧颱風及 2023 卡努颱風災害前後。	感謝委員建議，相關模擬驗證請參閱報告第三章。
七	計畫應用 HydroMT (Hydro Model Tools) 能整合 Wflow 模式與 D_FEWS 架構,建議評估，以現有測試服務架	感謝委員建議，目前模式輸出檔案格式內容為網格型態資料與單一點位資料格式。在作業過程中建議須要區分為標準模擬成果，可以提供不同單位介接使用。或測試實驗模擬

項次	審查意見	回覆辦理情形
	構，與 BigGIS 進行靜態資料展示測試、動態雨量事件測試之可行性。	成果，因為輸出的物理量較多，檔案容量相對就會比較大。因此除了透過 netcdf 壓縮方式降低檔案大小外。有效確認資料供應數量與作業頻率需求，也是資料介接需要評估工作之一。
八	為因應機關組織改造，機關名稱修正為農業部農村發展及水土保持署，報告書封面及內文等請依本署最新範本格式撰寫，相關範本檔案請至本署電子圖書管理中心下載 (https://elibrary.ardswc.gov.tw/)	遵照辦理。

附錄三、期末審查意見暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一	輸砂量的模擬難度很高，對於絕對值的準確度，在相同order即可，物理參數合理性更為重要。	感謝委員建議。模式建置過程，會優先以模式參數與基礎資料合理與完整性為第一考量，接著再朝向模擬成果正確性與合理性方式為目標。而模式率定與驗證需要仰賴完整且正確的監測資料。
二	整合多元資料來源，降低使用者學習及應用門檻。利用水文、氣象整合案例展示 ARD 結果。	感謝委員，有效應用完整的多元監測資料有助於提升模式正確與合理性，同時可以做為後續數位治理的基礎，會持續推動分析就緒資料應用與成果。
三	研究成果資料後續如何公開共享？	研究分析成果可以區分為模式專案，模式計算成果。在模式專案未來透過開放資料方式進行共享，經由網站如研究資料寄存所(depositar)或github提供。而計算成果網格資料透過Archive Server方式供應與

項次	審查意見	回覆辦理情形
		單點資料則透過API 方式提供使用者進行資料串接與使用。
四	建議使用者平臺的展示及介紹可以再多說明。	感謝委員建議。後續針對使用者操作與展示介面與資料展示方式進行說明與補充。
五	模式成果後續是否需要再重新檢討驗證？	模式建置完成後會定期進行基礎資料更新與模式成果檢定驗證，已持續提升模擬成果合理性與正確性。

