
114 年多元遙測影像整合建置與增值服務
應用計畫

2025 Integration and processing of multi-
source remote sensing imagery and value-
added service/application project

執行單位：鉅星數位科技股份有限公司

執行期間：114 年 2 月 21 日至 114 年 12 月 10 日

計畫主持人：鍾曉緯 博士

計畫顧問：劉正千 博士

農業部農村發展及水土保持署 編印

中華民國 114 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)

114 年多元遙測影像整合建置與增值服務應用計畫

摘要

衛星遙測影像為大規模崩塌調查與治山防洪規劃設計重要的圖資來源之一，為減少圖資重複採購，達到影像即時處理與發布，加速圖資共享之效益，農業部農村發展及水土保持署自民國 106 年開始建置衛星影像統一申購機制，透過「多元遙測影像申購模組」，建立單一採購窗口，統一採購作業流程。總計 2025 年度署內影像圖資申請下載超過一萬餘幅，不僅避免圖資重複採購，更提升圖資共享與使用效益。

本計畫持續擴增多元衛星遙測影像，2025 年總計採購高解析度之 SPOT-6 衛星遙測影像（解析度：1.5 公尺）完成 7,984 平方公里。中解析度之 PlanetScope 衛星影像（解析度：3-3.7 公尺）採購 59,375 平方公里；開放衛星影像建置完成 213 幅臺灣區域影像，對於地表多年期變異分析可以提供相當大的幫助。

本計畫今年持續利用 Sentinel-1 雷達衛星影像之堰塞湖自動監測模組，偵測地表水體變異的區位。於土石流紅黃警戒期間啟動緊急應變，蒐集災中、災後之雷達影像進行堰塞湖偵測及判釋，並輔以光學衛星影像驗證並確認該可疑點位是否有致災疑慮。本年度完成 0121 地震、0130 地震、0613 豪雨、丹娜絲颱風、薇帕颱風、0721 豪雨、0728 豪雨、楊柳颱風、樺加沙颱風、1020 豪雨與鳳凰颱風事件等十一場警戒事件堰塞湖偵測工作。成果顯示，結合雷達衛星影像之堰塞湖自動監測模組，於颱風或豪雨災中緊急應變時可提供關鍵資訊。

關鍵字：衛星影像、Sentinel-1、堰塞湖

2025 Integration and processing of multi-source remote sensing imagery and value-added service/application project

Abstract

Satellite imagery is one of the crucial resources for investigating large-scale landslides and planning watershed management and flood mitigation. To avoid purchasing repetitive satellite images and maps, make quick processing and publishing, and promote sharing of geospatial data, the Agency of Rural Development and Soil and Water Conservation (ARDSWC) started establishing the multi-satellite image purchase module in 2017. The ARDSWC shows the procurement system through the module and unifies the procurement process. More than 10,000 satellite images were applied and downloaded this year, demonstrating that the module simultaneously avoids purchasing repetitive satellite images and promotes the benefits of sharing and using the data in the ARDSWC.

This project continues to expand multi-source satellite remote sensing imagery. For 2025, the total procurement area includes high-resolution 1.5m satellite imagery for 7,984 square kilometers and medium-resolution 3m-3.7m satellite imagery for 59,375 square kilometers. A total of 213 regional satellite images for Taiwan have been made available, significantly supporting multi-year surface change analysis.

This project continues to use the Sentinel-1 radar satellite imagery-based automatic monitoring module for detecting changes in surface water locations, particularly focusing on landslide dams. During red or yellow debris flow alerts, emergency response protocols are activated to collect radar images during and after disasters for detecting and interpreting

landslide dams. Optical satellite imagery is used to verify and confirm whether these detected sites pose potential hazards. This year, dammed lake detection was completed for events such as the Chiayi earthquakes on January 21 and January 30, the heavy rainfall on June 13, Typhoon Danas, Typhoon Wipha, the heavy rainfall on July 21, the heavy rainfall on July 28, Typhoon Podul, Typhoon Ragasa, the heavy rainfall on October 20, and Typhoon Fung-wong. Results demonstrate that integrating the automatic monitoring module with radar satellite imagery provides critical information during emergency responses for typhoon or heavy rainfall events.

Keywords: satellite imagery, Sentinel-1, barrier lake

目次

摘要	I
Abstract	II
目次	IV
表次	VI
圖次	VII
第一章 前言	1-1
第一節 計畫緣起	1-1
第二節 計畫目標	1-6
第三節 計畫工作範圍與內容	1-7
第四節 組織架構與分工	1-9
第五節 工作時程	1-10
第二章 多元衛星遙測影像建置與服務	2-1
第一節 開放資源衛星影像建置	2-1
第二節 商用衛星影像申購	2-8
第三節 全島時序性影像正規化加值處理	2-29
第四節 網際網路空間資訊平台發布與圖資共享	2-31
第三章 堰塞湖監測	3-1
第一節 Sentinel-1 雷達衛星簡介	3-3
第二節 應用 Sentinel-1 雷達衛星影像於堰塞湖偵測	3-13
第三節 Sentinel-2 光學衛星影像堰塞湖偵測結果驗證	3-28
第四節 堰塞湖監測案例	3-32
第四章 結論與建議	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-錯誤! 尚未定義書籤。

附錄一 臺灣可獲取之多元衛星影像之介紹	附錄-錯誤! 尚未定義書籤。
附錄二 期初會議紀錄暨回覆辦理情形	附錄-錯誤! 尚未定義書籤。
附錄三 期末會議紀錄暨回覆辦理情形	附錄-錯誤! 尚未定義書籤。

表 次

表 1-1	工作進度表	1-11
表 1-2	計畫成果與產出彙總表	1-13
表 2-1	開放衛星影像下載處理進度表	2-7
表 2-2	臺灣地區常用之多元衛星影像規格表	2-13
表 2-3	解析度 1.5m 高解析度衛星遙測影像之申購明細	2-25
表 2-4	解析度 3m-3.7m 中解析度衛星遙測影像之申購明細	2-25
表 2-5	解析度 1.5m 高解析度衛星影像幾何偏差檢核結果	2-27
表 2-6	解析度 3m-3.7m 之中解析度衛星影像幾何偏差檢核結果	2-27
表 2-7	2020 年至 2025 年全島衛星影像處理數量統計表	2-30
表 2-8	申請 API 介接之系統	2-32
表 3-1	山坡地範圍升、降軌之雷達影像疊置、陰影佔比	3-10
表 3-2	Sentinel-1 影像回波強度正規化穩定亮區暗區資料統計	3-22
表 3-3	Sentinel-2 MSI 波段介紹	3-28
表 3-4	Sentinel-2 影像各級處理說明	3-30

圖次

圖 1-1	組織架構與分工規劃圖	1-9
圖 2-1	陸地衛星計畫(Landsat)時間軸	2-2
圖 2-2	Sentinel 系列衛星計畫時間軸	2-4
圖 2-3	遙測影像自動處理系統(RSIAPS)影像處理流程	2-5
圖 2-4	RSIAPS 對彩色融合影像進行邊緣銳化與可適化對比增揚處理之實例：(a)一般線性 2%增揚影像，(b)可適化對比增揚及邊緣銳化影像	2-6
圖 2-5	2018 年花蓮地震，七星潭大橋災前(左)及災後(右)，橋面有明顯錯動與斷裂	2-11
圖 2-6	部分山崩阻斷河道，可能形成堰塞湖（資料來源：NASA-USGS、英國地質調查所、Durham 大學團隊、DigitalGlobe、ISRO Satellite Centre）	2-12
圖 2-7	Landsat-8 衛星影像依照不同的細節層：(a) 8、(b) 10、(c) 12、(d) 14 在 OpenLayers 平台上發布影像圖磚的實例(Liu et al., 2017)	2-16
圖 2-8	空間圖資精度評估模組(GIAM)起始畫面	2-18
圖 2-9	開啟工作窗格	2-19
圖 2-10	(左)工作窗格放大圖(右)選定計畫編號與日期之顯示畫面	2-19
圖 2-11	模組在左視窗載入被檢核之影像	2-20
圖 2-12	特徵點篩選結果	2-21
圖 2-13	預覽幾何偏差檢核表	2-21
圖 2-14	幾何偏差檢核表預覽畫面	2-22
圖 2-15	幾何偏差檢核表（節錄）	2-22
圖 2-16	農村水保署山坡地變異點監測計畫提供之 SPOT 衛星 2025 年 1 月全島影像	2-29
圖 2-17	透過 API 統一介接資料給其他平臺示意圖	2-31
圖 3-1	地表粗糙度與雷達反射訊號互相作用圖(Ulaby et al., 1982)	3-4
圖 3-2	雷達反射訊號與地面目標之散射機制示意圖(Taghvakish, 2012)	3-5
圖 3-3	電磁波之極化示意圖(Haagsma, 2015)	3-6
圖 3-4	各個偏極模式於不同植生高度的回波訊號強度(Toan, 2007)	3-7
圖 3-5	雷達訊號不同的偏極模式與對應的影像地物分類之應用（來源：ESA	

	advanced training course http://earth.esa.int/landtraining07/D1LA1-LeToan.pdf)	3-8
圖 3-6	雷達回波訊號受到地形影響產生之幾何變形(Martinis, 2010).....	3-9
圖 3-7	衛星運行方向於不同坡向之坡面回波訊號強度：(a)升軌；(b)降軌；(c)坡向圖	3-10
圖 3-8	Sentinel-1 升、降軌影像疊置陰影分布：(a)升軌疊置陰影分布；(b)升軌疊置陰影分布局部放大（黃框處）；(c)升軌局部放大區域對應之 Sentinel-1 影像；(d)降軌疊置陰影分布；(e)降軌疊置陰影分布局部放大（黃框處）；(f)降軌局部放大區域對應之 Sentinel-1 影像.....	3-11
圖 3-9	ESA Sentinel-1 SAR 各種拍攝模式（來源： https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/instrument-payload ）	3-12
圖 3-10	荖濃溪堰塞湖 Sentinel-1 時間序列(a) 20161025 (b) 20161118 (c) 20161212 (d) 20170105 (e) 20170129 (f) 20170222 (g) 20170411 (h) 2017423 (i) 20170505 (j) 20170517 (k) 20170529 (l) 20170610.....	3-15
圖 3-11	2017 年 7 月 4 日荖濃溪堰塞湖統計值門檻法偵測結果(a) 2017 年 7 月 4 日 Sentinel-1 影像(b)以一年期時間序列偵測結果（並未偵測出堰塞湖）(c)以五年期時間序列偵測結果（紅色多邊形圈選範圍）	3-16
圖 3-12	2017 年 7 月 16 日荖濃溪堰塞湖統計值門檻法偵測結果(a) 2017 年 7 月 16 日 Sentinel-1 影像(b)以一年期時間序列偵測結果（黃色多邊形圈選範圍）(c)以五年期時間序列偵測結果（紅色多邊形圈選範圍）	3-16
圖 3-13	2017 年 7 月 28 日荖濃溪堰塞湖統計值門檻法偵測結果(a) 2017 年 7 月 28 日 Sentinel-1 影像(b)以一年期時間序列偵測結果（黃色多邊形圈選範圍）(c)以五年期時間序列偵測結果（紅色多邊形圈選範圍）	3-17
圖 3-14	以影像中最大最小值為基準進行雷達回波強度正規化：(a) 2019 年 8 月 18 日；(b) 2019 年 8 月 23 日	3-19
圖 3-15	以水庫及穩定亮區為基準進行雷達回波強度正規化：(a) 2019 年 8 月 18 日；(b) 2019 年 8 月 23 日	3-20
圖 3-16	水庫暗區劃定範圍：(a)石門水庫、(b)翡翠水庫、(c)新山水庫、(d)牡丹水庫、(e)曾文水庫、(f)霧社水庫、(g)烏山頭水庫、(h)南化水庫	3-20

圖 3-17	水庫區域 2021 年 5 月 18 日 Sentinel-1 影像：(a)石門水庫、(b)翡翠水庫、(c)新山水庫、(d)牡丹水庫、(e)曾文水庫、(f)霧社水庫、(g)烏山頭水庫、(h)南化水庫	3-21
圖 3-18	Sentinel-1 影像回波強度正規化所使用之穩定亮區：(a)、(d)為 Sentinel-1 升軌影像之穩定亮區（紅色方塊），(b)、(e)為相同區域降軌影像之穩定亮區（紅色方塊），(c)、(f)則為相同區域 Sentinel-2 影像	3-21
圖 3-19	統計值門檻法與最小值門檻法所篩選之像元數值示意圖	3-23
圖 3-20	Sentinel-1 雷達影像堰塞湖偵測流程圖	3-25
圖 3-21	堰塞湖生成與附近河道邊坡崩塌案例：(a) 2016 年臺東縣尚德村泰源南溪堰塞湖；(b)套疊 2015 全島崩塌地圖層；(c) 2019 年臺中市和平區志樂溪堰塞湖；(d)套疊 2019 全島崩塌地圖層；(e) 2020 年宜蘭縣南澳鄉南澳南溪堰塞湖；(f)套疊 2018 全島崩塌地圖層；(g) 2022 年宜蘭縣南澳鄉南澳南溪堰塞湖；(h)套疊 2022 事件型崩塌目錄	3-26
圖 3-22	堰塞湖案例，左圖為光學影像套疊歷年崩塌 250 公尺環域圖層，右圖為 Sentinel-1 影像：(a)、(b) 2016 年臺東縣尚德村泰源南溪堰塞湖；(c)、(d) 2019 年臺中市和平區志樂溪堰塞湖；(e)、(f) 2020 年宜蘭縣南澳鄉南澳南溪堰塞湖；(g)、(h) 2022 年宜蘭縣南澳鄉南澳南溪堰塞湖	3-27
圖 3-23	經過 Sen2Cor 處理所產製 12 種地表地物分類圖	3-29
圖 3-24	Landsat-7 ETM+, Landsat-8 OLI/TIRS 與 Sentinel-2 MSI 波段頻譜比較	3-31
圖 3-25	堰塞湖偵測緊急應變程序流程圖	3-32
圖 3-26	2025 年 1 月 21 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統	3-33
圖 3-27	2025 年 2 月 2 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統	3-34
圖 3-28	2025 年 0121 嘉義地震暨 0130 嘉義地震警戒事件處理時間軸	3-35
圖 3-29	NCDR 天氣與氣候監測網 6 月 12 至 14 日 24 小時累積雨量圖	3-36
圖 3-30	2025 年 6 月 14 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統	3-36
圖 3-31	2025 年 6 月 16 日 PlanetScope 衛星影像確認 5 處疑似堰塞湖水體訊號皆	

	非堰塞湖	3-37
圖 3-32	2025 年 0613 豪雨警戒事件處理時間軸	3-37
圖 3-33	NCDR 天氣與氣候監測網 7 月 6 至 11 日 24 小時累積雨量圖	3-39
圖 3-34	2025 年 7 月 8 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法 篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統	3-40
圖 3-35	2025 年 7 月 10 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻 法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統	3-40
圖 3-36	2025 年 7 月 16 日 PlanetScope 影像確認疑似訊號非堰塞湖	3-41
圖 3-37	丹娜絲颱風警戒事件處理時間軸	3-41
圖 3-38	雲林縣清水溪堰塞湖於 7 月 10 日 Sentinel-1 雷達衛星影像(左圖)及 7 月 13 日 PlanetScope 光學衛星影像(右圖)上可確認已發生溢流	3-42
圖 3-39	雲林縣清水溪堰塞湖 7 月 23 日 Sentinel-2 衛星影像(右圖)計算正規化差異 水體指標(左圖)	3-42
圖 3-40	NCDR 天氣與氣候監測網 7 月 19 及 20 日 24 小時累積雨量圖	3-43
圖 3-41	2025 年 7 月 20 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻 法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統	3-44
圖 3-42	薇帕颱風警戒事件處理時間軸	3-44
圖 3-43	NCDR 天氣與氣候監測網 7 月 21 及 22 日 24 小時累積雨量圖	3-45
圖 3-44	2025 年 7 月 22 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻 法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統	3-46
圖 3-45	0721 豪雨警戒事件處理時間軸	3-46
圖 3-46	馬太鞍溪堰塞湖形成前後的 PlanetScope 光學衛星影像，拍攝日期分別為 2025 年 7 月 1 日及 7 月 25 日	3-47
圖 3-47	馬太鞍溪堰塞湖形成前後的 Sentinel-1 衛星影像，拍攝日期分別為 2025 年 7 月 16 日及 7 月 28 日	3-47
圖 3-48	堰塞湖偵測模組經調整河道遮罩範圍後，可於 2025 年 7 月 28 日 Sentinel- 1 影像中偵測到馬太鞍溪堰塞湖水體訊號	3-48
圖 3-49	馬太鞍溪堰塞湖溢流前後堰塞湖水體面積變化	3-49
圖 3-50	9 月 11 日 Sentinel-2 影像計算 NDWI 正規化差異水體指標	3-50

圖 3-51	10 月 16 日 Sentinel-2 影像計算 NDWI 正規化差異水體指標.....	3-50
圖 3-52	鳳凰颱風後馬太鞍溪堰塞湖下游蓄積水體.....	3-51
圖 3-53	馬太鞍溪堰塞湖事件處理時間軸.....	3-51
圖 3-54	馬太鞍溪堰塞湖事件時間序列影像，(a) 0725 PlanetScope、(b)0801 Sentinel-1 (升軌)、(c) 0808 PlanetScope、(d) 0815 PlanetScope、(e) 0822 PlanetScope、(f) 0829 PlanetScope、(g) 0904 PlanetScope、(h) 0911 Sentinel-2、(i) 0918 Sentinel-1 (升軌)、(j) 0927 PlanetScope、(k) 1001 PlanetScope、(l) 1009 PlanetScope、(m) 1016 PlanetScope、(n) 1024 Sentinel-1 (升軌)、(o)20251030 Sentinel1 衛星影像(升軌)、(p) 1105 Sentinel-1 (升軌)、(q) 1116 PlanetScope、(r) 1124 PlanetScope	3-52
圖 3-55	NCDR 天氣與氣候監測網 7 月 28 至 8 月 5 日 24 小時累積雨量圖	3-54
圖 3-56	2025 年 7 月 28 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻 法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統	3-55
圖 3-57	2025 年 8 月 1 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法 篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統	3-55
圖 3-58	2025 年 8 月 3 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法 篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統	3-56
圖 3-59	0728 豪雨警戒事件處理時間軸	3-56
圖 3-60	NCDR 天氣與氣候監測網 8 月 12 至 14 日 24 小時累積雨量圖	3-57
圖 3-61	2025 年 8 月 13 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻 法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統	3-58
圖 3-62	楊柳颱風警戒事件處理時間軸	3-58
圖 3-63	NCDR 天氣與氣候監測網 9 月 22 至 25 日 24 小時累積雨量圖	3-59
圖 3-64	2025 年 9 月 26 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻 法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統	3-60
圖 3-65	樺加沙颱風警戒事件處理時間軸	3-60
圖 3-66	NCDR 天氣與氣候監測網 10 月 20 至 24 日 24 小時累積雨量圖	3-61
圖 3-67	2025 年 10 月 20 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻 法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統	3-62

圖 3-68	1020 豪雨警戒事件處理時間軸	3-62
圖 3-69	NCDR 天氣與氣候監測網 11 月 10 至 13 日 24 小時累積雨量圖	3-63
圖 3-70	2025 年 11 月 13 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統	3-64
圖 3-71	2025 年 11 月 13 日 Sentinel-1 影像疑似堰塞湖水體災後光學影像確認(11 月 16 日農航所正射航照).....	3-64
圖 3-72	鳳凰颱風警戒事件處理時間軸	3-64
圖 3-73	樂樂溪堰塞湖生成前後 PlanetScope 影像	3-65
圖 3-74	樂樂溪堰塞湖壩體料源崩塌發生前後 Sentinel-2 影像.....	3-66
圖 3-75	樂樂溪堰塞湖 2025 年 5 月 3 日 PlanetScope 影像	3-66
圖 3-76	樂樂溪堰塞湖 2025 年 6 月 11 日 PlanetScope 影像	3-67
圖 3-77	樂樂溪堰塞湖 2025 年 6 月 16 日 PlanetScope 影像	3-67
圖 3-78	樂樂溪堰塞湖事件處理時間軸	3-67
圖 3-79	樂樂溪堰塞湖事件時間序列影像，(a) 0125 PlanetScope、(b)0220 PlanetScope、(c) 0309 PlanetScope、(d) 0404 PlanetScope、(e) 0503 PlanetScope、(f) 0616 PlanetScope	3-68
圖 3-80	泰崗溪堰塞湖生成前後 PlanetScope 影像	3-69
圖 3-81	泰崗溪堰塞湖 2025 年 5 月 14 日 Sentinel-2 影像.....	3-70
圖 3-82	泰崗溪堰塞湖 2025 年 6 月 21 日 PlanetScope 影像	3-70
圖 3-83	泰崗溪堰塞湖 2025 年 7 月 23 日 Sentinel-2 影像.....	3-71
圖 3-84	泰崗溪堰塞湖 2025 年 11 月 17 日 PlanetScope 影像	3-71
圖 3-85	泰崗溪堰塞湖事件處理時間軸	3-71
圖 3-86	泰崗溪堰塞湖事件時間序列影像，(a) 20241104 PlanetScope、(b) 20241209 PlanetScope、(c) 20250114 PlanetScope、(d) 20250211 PlanetScope、(e) 20250310 PlanetScope、(f) 20250414 PlanetScope、(g) 20250514 PlanetScope、(h)20250621 PlanetScope、(i) 20250723 Sentinel-2、(j) 20250808 PlanetScope、(k) 20250910 PlanetScope、(l) 20251007 PlanetScope、(m) 20251117 PlanetScope	3-72
圖 3-87	立霧溪堰塞湖生成前後 PlanetScope 影像	3-73

圖 3-88	立霧溪堰塞湖 2025 年 11 月 17 日 PlanetScope 影像	3-74
圖 3-89	立霧溪堰塞湖事件處理時間軸	3-74
圖 3-90	堰塞湖偵測結果搭配各類圖資範例，上：臺灣通用電子地圖等高線資 訊，中：SPOT 光學衛星影像，下：Sentinel-1 疊置陰影圖	3-75

第一章 前言

第一節 計畫緣起

衛星遙測影像為大規模崩塌調查與治山防洪規劃設計最重要的圖資來源之一，農業部農村發展及水土保持署（以下簡稱農村水保署）每年相關委辦計畫均提出大量的需求，編列可觀的預算於衛星影像採購。唯若未進行整體綜合規劃與溝通協調，容易發生重複拍攝或重複購置等情況，對於採購影像品質也無統一的控管原則，而且建置之影像也不容易與其他單位或委辦團隊快速共享；此外，衛星影像規格與相關排程規劃複雜，若採購人員相關背景知識或專業訓練不足，亦恐購置不合適之影像。建立遙測影像統一採購機制，並制定各級產品標準規格與幾何偏差評估方式，可確保購入、建置或產出圖資之品質，與後續加值再應用之可行性。

農村水保署自民國 106 年開始建置衛星影像統一申購機制，透過「高解析度衛星影像採購平臺」，建立單一採購窗口，並統一制定採購作業標準流程，提供衛星遙測影像專業服務，為遙測影像統一採購機制建立基本架構，成效可觀。民國 107 年優化「高解析度衛星影像採購平臺」，因應實際使用需求改版為「多元衛星遙測影像整合申購模組」，影像採購種類擴增 2m 等級之高解析度衛星遙測影像，並開始建置臺灣地區資料開放衛星 Landsat-8 和 Sentinel-2 等多元衛星遙測影像，且統合農村水保署內倉儲已有之影像圖資檔案，亦強化後臺管理功能，達到全面線上一條龍服務之目標。使用者可經由網路平臺快速搜尋並檢視署內相關之航照或衛星影像圖資，快速正確地提出影像需求，並設有避免重複購置之自動檢核機制，與確保影像品質之圖資精度檢核服務。影像交付時即會同步處理影像並發布至相關系統

影像展示平臺，達成快速與農村水保署各單位共享圖資之目標。民國 108 年以「多元衛星遙測影像整合申購模組」為基礎，擴增福衛五號影像，以及 3m/3.7m 等級之中高解析度 PlanetScope 鴿子衛星遙測影像，並新增 Sentinel-1 開放衛星雷達影像，提供農村水保署各單位使用者更多的選擇。不僅可以快速搜尋並檢視農村水保署業務相關之航照，與更豐富完整之衛星影像圖資，更可視業務需求選用最合適之產品，有助於統籌採購資源，避免重複採購。

為引導各單位充分利用統合建置之寶貴資源，將多元衛星遙測影像擴增其他業務之應用，大幅提升圖資使用效益。民國 109 年整合既有與新購之多元衛星遙測影像於已建置之空間資料庫，透過先進之影像處理技術與全面之資料管理功能，讓農村水保署寶貴之多元衛星遙測影像可以更有效利用。擴增模組功能，納入歷史航空照片、衛星影像、像片基本圖等重要圖資，且優化操作、查詢、申請與管理等功能，讓使用更加流暢、作業更加迅速、記錄更加完整、資料更加全面。民國 110 年擴增與優化空間資料庫及多元衛星遙測影像整合申購模組，整合既有與新購之多元衛星遙測影像外，亦擴增美國 Landsat-1 至 Landsat-7 系列衛星自 1972 年起至 2013 年間臺灣地區歷史資料。應用前期所建置之堰塞湖自動偵測模組，以 Sentinel-1 雷達影像，於民國 110 年土石流紅黃警戒發布期間，進行堰塞湖偵測，再運用 Sentinel-2 光學影像進行確認，並以超高解析度衛星影像為基礎，透過參立體 (tri-stereo) 影像產製技術，產製數值地表模型。其中所產製的高雄荖濃溪上游拉克斯溪集水區汛期前數值地表模型，於盧碧風災玉穗野溪土石流事件中作為災前數值地表模型，即時提供農村水保署災害前後玉穗溪集水區之土砂生產與堆積土方量計算之用。

民國 111 年擴增與優化空間資料庫及模組功能，「多元衛星遙測影像整合申購模組」改版為「多元遙測影像申購模組」，整合既有與新購之多元衛星遙測影像外，持續蒐集建置美國 Landsat 系列衛星自 1972 年起至 2013 年間臺灣地區歷史資料。農村水保署多年來配合「國土利用監測整合作業」，持續運用 SPOT-6/7 衛星影像，協助辦理山坡地之土地利用監測工作，已經累積了巨量的衛星歷史影像。美國地質調查所的 Landsat-8/9 衛星與歐洲太空總署的 Sentinel-2A/B 衛星，分別以每 8 天與 5 天的週期，拍攝全臺灣解析度分別為 15m 與 10m 值之多波段影像，並於拍攝後 1 到 2 天內即免費對外提供，所累積的歷史衛星影像提供地表變遷，水土保持相關研究的基礎資料。

民國 112 年計畫案除了擴增與優化空間資料庫及模組功能，優化「多元遙測影像申購模組」，除了整合多元遙測影像與介接 PlanetScope 鴿子衛星遙測影像，同時建立落地資料庫外，另蒐集建置 ASTER 系列衛星自 2000 年起至 2023 年間臺灣地區歷史資料 5,103 幅，其中 1,680 幅為可見光與近紅外光(Visible and Near Infrared, VNIR)影像、858 幅為短波紅外光(Shortwave Infrared, SWIR)影像、2,565 幅為熱紅外光(Thermal Infrared, TIR)影像。補充 20 多年來 15 公尺空間解析度之衛星影像，對於地表多年期變異分析頗有助益。

民國 113 年計畫案執行持續擴增與優化空間資料庫及模組功能，優化「多元遙測影像申購模組」。整合既有與新購之多元遙測影像外，持續介接 PlanetScope 鴿子衛星遙測影像，同時建立落地資料庫。另將 72 公分解析度之 SkySat 光學衛星與 3.7 公尺解析度之 PlanetScope 光學衛星也列入商用衛星影像採購之範疇，對於署內委辦計畫應用、以及汛期災後緊急應變之災害判釋分析提供相當大的幫助。

民國 114 年計畫案執行配合署內規劃，將既有穩定之「多元遙測影像申購模組」模組功能維運與介接 PlanetScope 鴿子衛星遙測影像等工作整合至署內巨量空間資訊系統案進行統一管理維運。而本案則以開放衛星遙測影像資料建置(Sentinel-1A/C、Sentinel-2A/B/C、Landsat-8/9)與商用衛星影像採購，並於衛星影像處理完成後擴增相關資料集 API(application program interface)，以利署內及相關單位介接更新影像作為主要任務目標。

透過光學衛星影像雖可協助偵測地表變異狀況，但是在颱風或豪雨事件等災後，經常遭遇雲層覆蓋而無法即時獲取災後地表變異狀況資訊。地表變異偵測成果之完整性與即時性受天氣狀況影響甚鉅，能穿透雲層，不受天候影響之合成孔徑雷達影像，適可彌補光學衛星之不足。

歐盟太空總署哥白尼計畫於 2014 年 4 月及 2016 年 4 月分別發射 Sentinel-1A 和 1B，空間解析度約為 10 公尺。雖然 Sentinel-1B 故障後時間解析度由原先 2 至 4 天降為 2 至 10 天，但是 Sentinel-1C 已於 2024 年 12 月 5 日發射升空，於 2025 年第一季開始資料上線服務，現時間解析度提升為 2 至 6 天一幅（資料來源：<https://www.copernicus.eu/en/news/news/waving-goodbye-2024-another-successful-copernicus-launch-sentinel-1c-now-orbit>）。此外，2026 年後規劃由 Sentinel-1C 及 1D 接續其取像工作(Sentinel-1D 則於 2025 年 11 月發射，截至本報告書提交為止尚未開始提供影像)，未來接替 Sentinel-1A 任務，相關工作應可穩定進行。

最後，實際應用本案過去建立之全國堰塞湖自動偵測模組，針對土石流紅黃警戒發布之期間，以 Sentinel-1A/C 取像之雷達影像進行

自動偵測堰塞湖，並運用 Sentinel-2A/B/C 每 5 天或 PlanetScope 每日取像之光學影像進行警戒區之監測，透過合併雷達與光學衛星影像以評估警戒區域之安全性，本年度總計完成 0121 地震、0130 地震、0613 豪雨、丹娜絲颱風、薇帕颱風、0721 豪雨、0728 豪雨、楊柳颱風、樺加沙颱風、1020 豪雨與鳳凰颱風事件等十一場警戒事件堰塞湖偵測工作。

綜整農村水保署所規劃之「114 年多元遙測影像整合建置與加值服務應用計畫」工項，本案產出之各項成果，可全面支援農村水保署於農村規劃、資料開放、治理工程、土砂災害防治等各項相關業務執行參考之用。

第二節 計畫目標

為有效統合運用氣候變遷下大規模崩塌防減災空間資訊，統一建置多元遙測影像，及應用資料開放衛星影像於高頻度變異監測與災害判釋，本計畫根據需求說明規劃設定以下兩項具體目標：

- 一、持續擴充多元衛星遙測影像，豐富農村水保署衛星遙測影像圖資之來源，擴增署內影像種類及觀測時間頻率，支援各項計畫執行與業務之需求，達成圖資有效整合與快速共享之目標，本年度總計完成：
 - (一)開放衛星影像建置：Sentinel-1 影像 74 幅、Sentinel-2 影像 70 幅、Landsat-8 影像 42 幅、Landsat-9 影像 40 幅。
 - (二)商用衛星影像採購：SPOT-6 影像採購 7,984 平方公里、PlanetScope 影像採購 59,375 平方公里。
 - (三)坡管組提供每月一期全臺影像：SPOT-6 影像 165 幅、Pleiades 影像 92 幅。
- 二、堰塞湖監測，以Sentinel-1雷達開放衛星影像，應用前期建置之堰塞湖自動偵測模組，以Sentinel-1每2至10天取像之雷達影像，於民國114年土石流紅黃警戒發布期間，針對全臺進行堰塞湖偵測，並運用Sentinel-2每5天取像之光學影像進行確認。本年度總計完成0121地震、0130地震、0613豪雨、丹娜絲颱風、薇帕颱風、0721豪雨、0728豪雨、楊柳颱風、樺加沙颱風、1020豪雨與鳳凰颱風事件等十一場警戒事件堰塞湖偵測工作。

第三節 計畫工作範圍與內容

為達成有效統合運用農村水保署空間資訊，統一建置多元衛星遙測影像，提供署內同仁與委辦計畫申請下載利用，以及應用資料開放衛星影像於高頻度變異監測等各項工作，完成的各項目標，本計畫主要工作項目與成果，說明如下：

一、 多元衛星影像建置與服務

(一)開放衛星影像：

持續建置 114 年度 Landsat-8/9, Sentinel-1A/C, Sentinel-2A/B/C 等支援「開放資料政策」之衛星影像，擴增署內影像數量及觀測時間頻率，支援相關計畫執行。預估 114 年度建置全島 Landsat-8/9 影像 40 幅、Sentinel-1A/C 影像 40 幅、Sentinel-2A/B/C 影像 70 幅臺灣地區可下載影像。

(二)商用衛星影像：

中/高/超高解析度衛星影像統一申購、增揚處理、圖磚產製、幾何偏差檢核、資料庫建檔。擴增署內商用衛星影像資源，整合多元觀測衛星影像，提供使用者多元應用的選擇。空間解析度優（等）於 50cm 等級之超高解析度衛星遙測影像，總面積至少 15,000 平方公里。優（等）於 2m 等級之高解析度衛星遙測影像，總面積至少 1,000 平方公里。優（等）於 5m 等級之中解析度衛星遙測影像，總面積至少 6,000 平方公里。

(三)全島時序性影像正規化及圖磚製作加值處理：

由農村水保署坡地管理組提供之每月一期全島 SPOT 影像。

二、 堰塞湖監測

- (一)使用 114 年度歐洲太空總署 ESA 所上架之 Sentinel-1A/C 雷達衛星影像，針對土石流紅黃警戒發布之期間進行堰塞湖自動偵測工作，將偵測結果區域列為堰塞湖生成之警戒區。
- (二)透過 114 年度歐洲太空總署 ESA 所上架之 Sentinel-2A/B/C 光學衛星影像，針對土石流紅黃警戒發布之期間，以 5 天一幅之時間頻率進行水體偵測工作，透過計算 NDWI 正規化差異水體指標率定水體範圍，確認前述 Sentinel-1A/C 偵測警戒區域之安全性。

第四節 組織架構與分工

本案根據規劃之工作項目分為兩組，如圖 1-1。第一組為多元遙測影像建置小組，負責多元衛星影像建置，工作包括：需求彙整、購置建議、採購聯繫與幾何偏差評估，以及影像檔案交付與圖磚發布、署內影像申請全般事項、航照申請需求彙整等。

第二組為多元遙測影像分析小組，負責資料開放衛星影像建置、堰塞湖監測技術優化、堰塞湖定期報告與成果驗證。

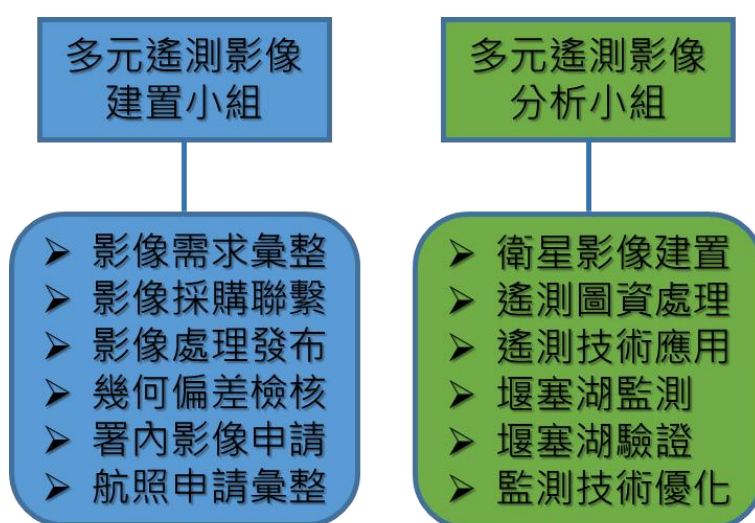


圖 1-1 組織架構與分工規劃圖

第五節 工作時程

本計畫執行期限為，自決標次日起至民國一百一十四年十二月十日完成；針對計畫中各查核點說明如下。依據合約規定之計畫期程，本計畫所擬定之工作進度如表 1-1，其中灰底為預定執行期程、紅色箭頭為實際執行進度。

一、期初簡報時需完成工作：契約簽訂日起20日內（不含例假日）提送工作執行計畫一式12份，送請機關審核或擇期舉行期初簡報可行後據以執行。

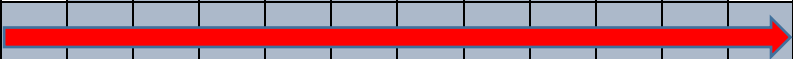
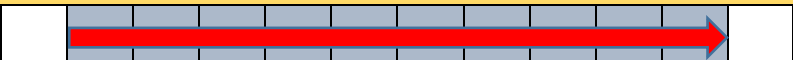
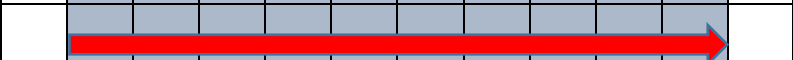
二、期末簡報時需完成工作：

(一)除開放衛星影像，需完成本年度遙測影像所有採購額度申購工作。

(二)於 114 年 11 月 11 日前，以正式公函提送期末報告書 10 份，並由機關召開期末審查會。

三、期末報告至契約完成期間，如委託機關發現問題須協助修正。

表 1-1 工作進度表

工作期程(月) 工作項目		114 年度												進度%
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
一、多元衛星影像建置與服務														
1	開放衛星影像建置													100
2	商用衛星影像建置													100
3	全島時序性影像正規化加值處理													100
三、堰塞湖監測														
1	堰塞湖監測													100
2	以光學衛星確認偵測警戒區域之安全性													100
提送報告				期初								期末		
預定工作進度百分比(%)				10								95	100	

本計畫於今年內執行之計畫成果如下所列，相關產出與成果對照表匯總於表 1-2：

- 一、建置114年度Landsat-8/9、Sentinel-1A/C及Sentinel-2A/B/C等支援「開放資料政策」之衛星影像，擴增署內影像種類及觀測時間頻率，支援相關計畫執行，建置Landsat-8影像42幅、Landsat-9影像40幅、Sentinel-1A/C影像74幅、Sentinel-2A/B/C影像70幅。
- 二、商用衛星採購：本年度高解析度之SPOT-6衛星遙測影像（解析度：1.5公尺）完成7,984平方公里。中解析度之PlanetScope衛星影像（解析度：3公尺）採購59,375平方公里。
- 三、全島時序性影像正規化加值處理：將本署山坡地變異點監測計畫提供之每月一期全島SPOT影像，進行正規化、對比增揚、圖磚產製等處理後，收錄至本署空間資料庫，並提供本署發布至BigGIS。

四、使用114年歐洲太空總署ESA所上架之Sentinel-1A雷達衛星影像，針對土石流紅黃警戒發布之期間，以2天至10天之時間頻率進行堰塞湖偵測，並以Sentinel-2光學衛星影像進行驗證工作，總計完成0121地震、0130地震、0613豪雨、丹娜絲颱風、薇帕颱風、0721豪雨、0728豪雨、楊柳颱風、樺加沙颱風、1020豪雨與鳳凰颱風事件等十一場警戒事件堰塞湖偵測工作。

五、完成計畫報告書以及相關資料，並提交資訊系統給予本署使用。

六、本計畫於驗收後，負責保固1年。

表 1-2 計畫成果與產出彙總表

項次	工作項目	成果與產出
一	多元衛星遙測影像建置與服務	
1	開放衛星影像：持續建置 114 年度 Landsat-8/9、Sentinel-1、Sentinel-2 等支援「開放資料政策」之衛星影像，擴增署內影像種類及觀測時間頻率，支援相關計畫執行。民國 114 年度建置全島 Landsat-8/9 影像 40 幅、Sentinel-1 影像 40 幅、Sentinel-2 影像 70 幅，並建置臺灣地區可下載影像。	本案共完成建置： 1. Landsat-8 影像 42 幅。 2. Landsat-9 影像 40 幅。 3. Sentinel-1A/C 影像 74 幅。 4. Sentinel-2A/B/C 影像 70 幅。 請參考第二章第一節。
2	中/高/超高解析度衛星影像統一申購、增揚處理、圖磚產製、幾何偏差檢核、資料庫建檔。擴增署內商用衛星影像資源，整合多元觀測衛星影像，提供使用者多元應用的選擇。空間解析度優（等）於 50cm 等級之超高解析度衛星遙測影像，總面積至少 15,000 平方公里。優（等）於 2m 等級之高解析度衛星遙測影像，總面積至少 1000 平方公里。優（等）於 5m 等級之中解析度衛星遙測影像，總面積至少 6,000 平方公里。歷史影像、排程取像、中解析度衛星遙測影像、高解析度衛星遙測影像與超高解析度衛星遙測影像之採購面積可互相調整運用，並以實作數量計價。	本年度高解析度之 SPOT-6 衛星遙測影像（解析度：1.5 公尺）完成 7,984 平方公里，詳細申購明細請見表 2-3。中解析度之 PlanetScope 衛星影像（解析度：3/3.7 公尺）採購 59,375 平方公里，詳細申購明細請見表 2-4。請參考第二章第二節。
3	全島時序性影像正規化加值處理：將本署山坡地變異點監測計畫提供之每月一期全島 SPOT-6/Pleiades 影像，進行正規化、對比增揚、圖磚產製等處理後，收錄至本署空間資料庫，並提供本署發布至 BigGIS。	本署山坡地變異點監測計畫所提供之每月一期全島 SPOT 影像，已持續建置至 2024 年 10 月之影像。本年度持續建置所提交之 SPOT 影像直至結案，屆時完成工項。請參考第二章第五節。
二	堰塞湖監測	

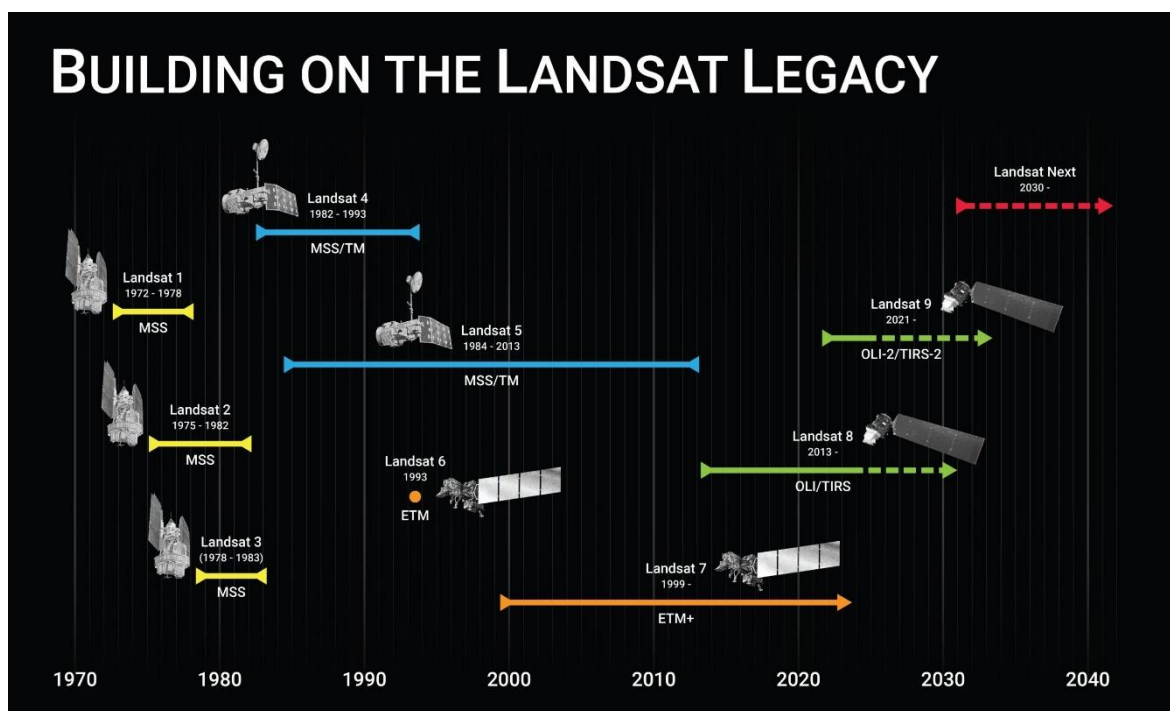
項次	工作項目	成果與產出
1	使用 114 年歐洲太空總署 ESA 所上架之 Sentinel-1 雷達衛星影像，針對土石流紅黃警戒發布之期間，以 2 天至 10 天之時間頻率進行堰塞湖偵測。	本年度依土石流警戒等進行堰塞湖偵測工作，總計完成 0121 地震、0130 地震、0613 豪雨、丹娜絲颱風、薇帕颱風、0721 豪雨、0728 豪雨、楊柳颱風、樺加沙颱風、1020 豪雨與鳳凰颱風事件等警戒事件堰塞湖偵測工作，共計十一次事件。記錄於 BigGIS 堰塞湖監測模組中，請參考第三章第四節。
2	透過 114 年歐洲太空總署 ESA 所上架之 Sentinel-2 光學衛星影像，針對土石流紅黃警戒發布之期間，以 5 天一幅之時間頻率進行水體偵測工作，透過計算 NDWI 正規化差異水體指標率定水體範圍，確認前開 Sentinel-1 影像偵測堰塞湖之成果。	以光學衛星影像，已完成上述四次事件之驗證，請參考第三章第四節。

第二章 多元衛星遙測影像建置與服務

第一節 開放資源衛星影像建置

1966 年由美國開始發起「地球資源衛星計畫(Earth Resources Technology Satellites Program)」長期的衛星計畫，於 1975 年更名為「陸地衛星計畫(Landsat)」。地球軌道衛星「陸地衛星 Landsat」每天會朝著地球拍攝數以百計的影像，日復一日、年復一年地記錄地球陸地區域狀況，幫助使用者了解有哪些地區隨著時間產生了變化。利用 Landsat 提供觀察地球的資源，可調查地下礦藏、海洋資源和地下水資源，監視和協助管理農、林、畜牧業和水利資源的合理使用，預報農作物的收成，研究自然植物的生長和地貌，考察和預報各種嚴重的自然災害（如地震）和環境污染，拍攝各種目標的圖像，並可深入探討各種專題（如地質圖、地貌圖、水文圖）等。

自 1972 年發射第一顆 Landsat 衛星以來，該任務已蒐集了數以千幅的臺灣的影像。由於美國地質調查局(United States Geological Survey, USGS)於 2008 年做出了一項決定，所有 Landsat 數據均可免費向公眾公開(USGS, 2008)，這些歷年來累積珍貴的數據得以提供世界各國利用，分析每個研究範圍區域數十年來的變化。目前 Landsat-8 以每 16 天為週期重複一次在其軌道運行，另外 Landsat-9 已於 2021 年 9 月 27 日在范登堡基地成功發射，進入軌道。並且已經運轉順利，並於同年 12 月起影像資料正式上線，開始進行觀察地球的重要任務，陸地衛星計畫時間軸請詳見圖 2-1 所示。



(資料來源：<https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/timeline/>)

圖 2-1 陸地衛星計畫(Landsat)時間軸

歐洲理事會和歐洲太空總署於 2012 年成立「哥白尼(Copernicus)計畫」取代原於 2003 年成立的「全球環境與安全監測(Global Monitoring for Environment)計畫」，目的為全球環境與安全實時動態監測管理，也提供地球觀測豐富的資源。

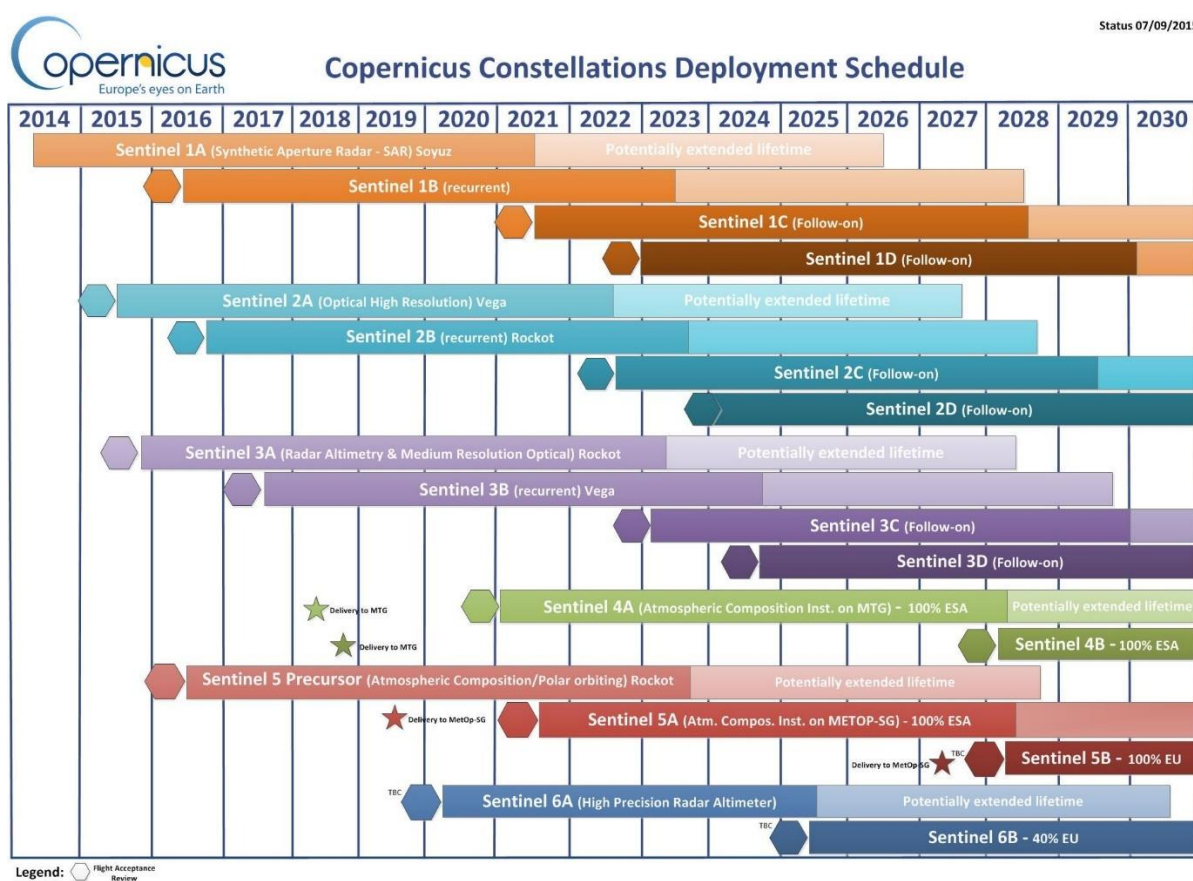
哥白尼計畫預計在 2030 年前發射近 20 顆衛星，提供全球性的觀測資料。2024 年底前已有 10 顆 Sentinel 系列衛星進入軌道，搭載地面、大氣和海洋測量感測器，取得大量的觀測數據。哥白尼計畫中將這些數據經過處理和分析後得到即時且可使用性的資料，進一步提供陸地監測，緊急狀況管理、大氣監測、海洋環境監測、氣候變遷和安全性的六大主題服務。此外，拍攝的影像和資料皆為免費，且開放給一般大眾和國際機構下載，以期這些觀測數據對於環境保護、氣候變遷等研究達到最大效益。

Sentinel-1A、Sentinel-1B、Sentinel-1C 與 Sentinel-1D 分別於 2014

年 4 月、2016 年 4 月、2024 年 12 月及 2025 年 9 月發射成功，拍攝能穿透雲層，不受天候影響之合成孔徑雷達影像，適可彌補光學衛星之不足，而於 2015 年 6 月、2019 年 3 月和 2024 年 9 月各別發射升空的 Sentinel-2A、Sentinel-2B 和 Sentinel-2C，拍攝 13 個波段的高品質遙測影像，光譜範圍涵蓋可見光，近紅外光(Near Infrared, NIR)與短波紅外光(Short-wave infrared, SWIR)，可協助農業與森林管理，偵測湖泊與沿海汙染，冰川監測等。在 2016 年 2 月和 2018 年 4 月各別發射的 Sentinel-3A 和 Sentinel-3B，搭載 4 種主要測量儀器，海洋和陸地顏色測計(Ocean and Land Colour Instrument, OLCI)、海洋和陸地表面溫度測計(Sea and Land Surface Temperature Instrument, SLSTR)、合成孔徑雷達高度計(SAR Radar Altimeter, SRAL)和微波輻射計(Microwave Radiometer, MWR)，用以測量海面地形，海洋和陸地表面溫度，海洋水色和陸地顏色等，提供高解析度海洋和陸地的光學，雷達和測高數據，可應用於海洋水質和汙染監測，河流和湖泊監測、海洋預報等。2017 年 10 月發射的 Sentinel-5 Precursor (Sentinel-5P)是為填補 Sentinel-4 和 Sentinel-5 發射前大氣數據的空缺。Sentinel-5P 以及未來預計執行的 Sentinel-4 和 Sentinel-5 主要目的為監測空氣品質，臭氧層濃度，太陽輻射和氣候監測等，其中空氣品質指標偵測包含二氧化氮、二氧化硫、甲醛、乙二醛和氣溶膠等。而 2020 年 11 月發射的 Sentinel-6 主要目的在於監控全球的海平面，提供精確的海平面高度，測量海浪高度、海洋風速等，以及幫助瞭解氣候變化對於海洋的影響。

所有 Sentinel 系列衛星資料的獲取與使用，雖然都由歐盟訂定之法律加以規範，但完全支持開放資料的政策讓使用者擁有再製、分送、

公開、修改等處理之充分自由(https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/690755/Sentinel_Data_Legal_Notice)。所有 Sentinel 系列的衛星資料，都可以在歐洲太空總署所設立的「Copernicus Data Space Ecosystem Browser」進行註冊後，無償下載使用(<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>)，Sentinel 系列衛星計畫時間軸請詳見圖 2-2 所示。



(資料來源：<https://pbs.twimg.com/media/CONwFs3UwAA6IVC.jpg:large>)

圖 2-2 Sentinel 系列衛星計畫時間軸

USGS 所提供的 Landsat-8/9 衛星與歐盟太空總署所提供的 Sentinel-2A/B/C 衛星，分別以每 8 天與 5 天的週期，拍攝全臺灣解析度分別為 15m 與 10m 值之多波段影像，並於拍攝後 1 到 2 天內即免費對外提供。雖其空間解析度稍差，但其高頻率監測與快速提供影像之特性，為水土保持相關業務帶來革命性的進展。本計畫對於研究區

域內所有可取得之 Landsat-8/9、Sentinel-1 和 Sentinel-2 等開放衛星影像多光譜資料，完成以圖磚方式發布於農村水保署之 BigGIS，並於多元模組開放提供申請下載原始檔案利用。

本計畫針對高空間解析影像特性所發展之遙測影像自動處理系統(Remote Sensing Imagery Automatic Processing System, RSIAPS)，具有快速且準確處理大量衛星遙測影像之能力。以過去福衛二號衛星影像處理之經驗為基礎，自主開發完成不同規格（感測器、波段、空間解析度）之衛星影像處理模組，更內建完成 Landsat-8/9 (15m)、Sentinel-2 (10m)、SPOT-6/7 (1.5m)、Formosat-2/5 (2m)等高解析度衛星影像處理模組，除不受一般商業軟體限制外，對於影像處理成果更具有彈性及客製性，能快速產製符合計畫需求的影像。以過去影像處理技術發展成果為基礎，所建置之 RSIAPS 影像處理流程如圖 2-3。

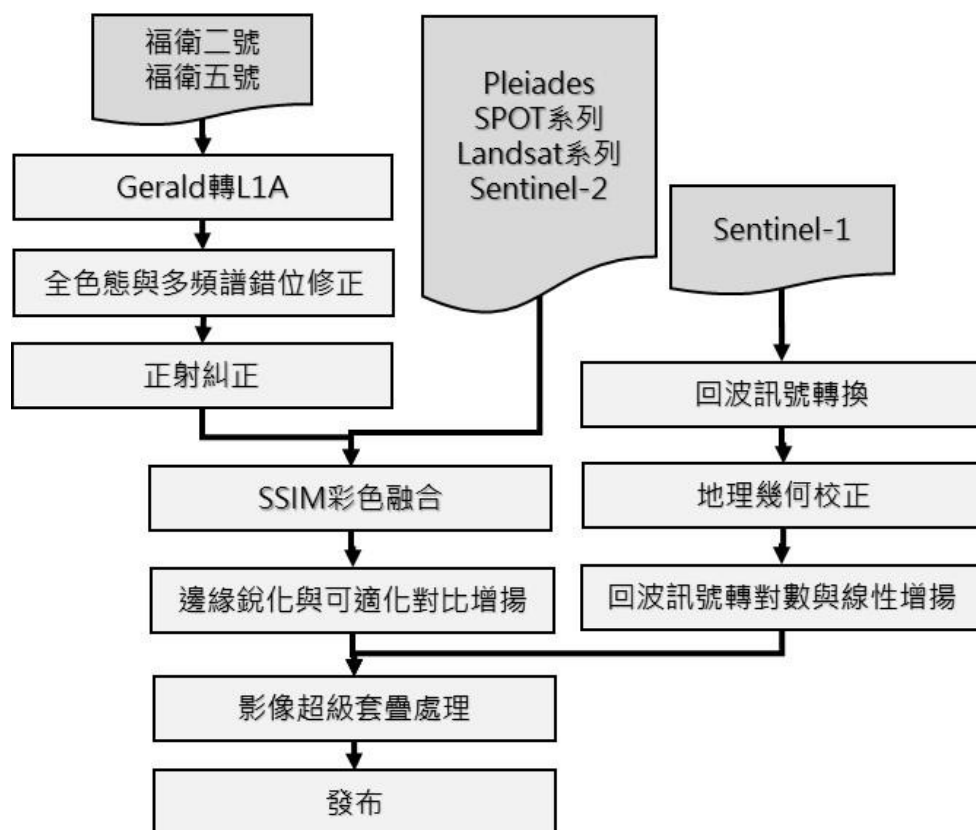


圖 2-3 遙測影像自動處理系統(RSIAPS)影像處理流程

圖 2-4 為應用「福衛二號影像自動處理系統」對彩色融合影像進行邊緣銳化與可適化對比增揚處理之實例。與一般線性 2% 的增揚方式相比，邊緣銳化與可適化對比增揚影像除了更鮮明銳利外，尤其在薄雲及陰影區部分（圖 2-4 紅框區）保留了較多的細節。

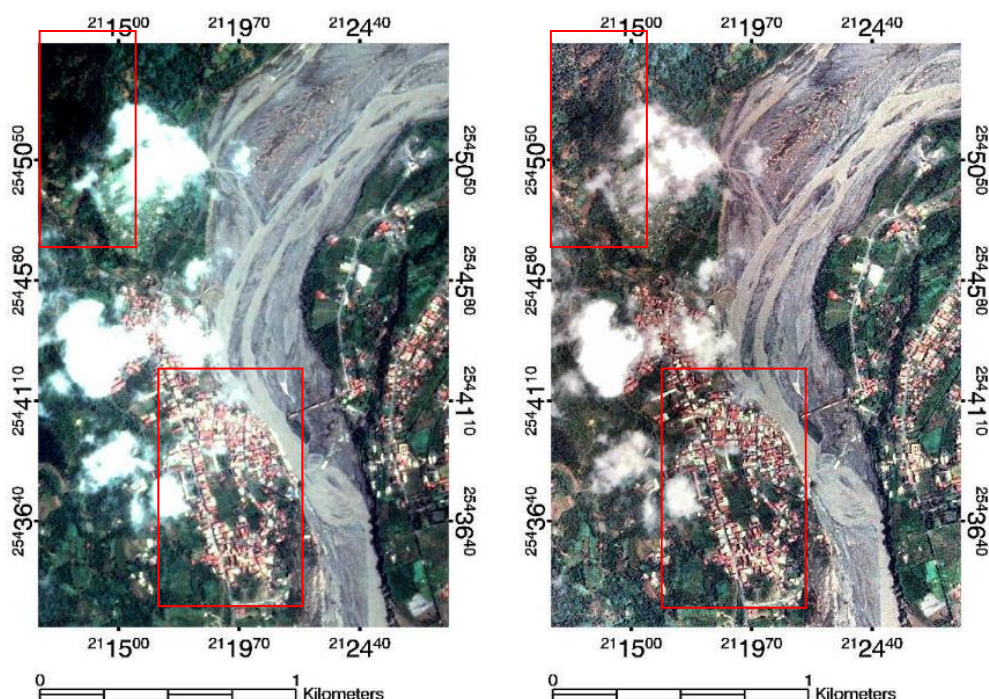


圖 2-4 RSIAPS 對彩色融合影像進行邊緣銳化與可適化對比增揚處理之實例：(a)一般線性 2% 增揚影像，(b)可適化對比增揚及邊緣銳化影像

經過近年來的整理累積，農村水保署豐富的圖資資料庫透過多元模組服務署內各單位與委辦計畫，協助達成任務目標。今年度更進一步規劃建置充實資料庫的項目，相關成果如下：

持續建置支援「開放資料政策」之衛星影像，擴增署內影像種類及觀測時間頻率，支援署內相關計畫執行。民國 114 年度建置 Sentinel-1 影像 74 幅、Sentinel-2 影像 70 幅、Landsat-8 影像 42 幅、Landsat-9 影像 40 幅。

表 2-1 開放衛星影像下載處理進度表

拍攝年份	Landsat-8		Landsat-9		Sentinel-2		Sentinel-1 (IW GRDH)	
	可下載	已發布	可下載	已發布	可下載	已發布	可下載	已發布
2025	42	42	40	40	70	70	74	74
2024	45	45	46	46	73	73	61	61
2023	45	45	44	44	73	73	59	59
2022	46	46	46	46	71	71	43	43
2021	45	45	3	3	73	73	110	110
2020	44	44			74	74	115	115
2019	45	45			72	72	119	119
2018	45	45			69	69	112	112
2017	46	46			31	31	57	57
2016	46	46			2	2	45	45
2015	45	45					36	36
2014	46	46					7	7
2013	26	26						
統計	566	566	179	179	608	608	838	838
	說明： Sentinel-1 與 Sentinel-2 每一幅影像以拍攝日期之全臺影像。 Landsat-8 與 Landsat-9 分左條帶與右條帶各一幅組成全島影像。							

第二節 商用衛星影像申購

本年度將針對農村水保署及各計畫需求，持續建置超高解析度衛星遙測影像。空間解析度優（等）於 50cm 等級之超高解析度衛星遙測影像，總面積至少 15,000 平方公里。優（等）於 2m 等級之高解析度衛星遙測影像，總面積至少 1,000 平方公里。優（等）於 5m 等級之中解析度衛星遙測影像，總面積至少 6,000 平方公里。歷史影像、排程取像、中解析度衛星遙測影像、高解析度衛星遙測影像與超高解析度衛星遙測影像之採購面積可互相調整運用。採購之衛星影像依申購者需求雲覆率基本上應低於 15%（若為緊急使用或其他考量之需求則不在此限），唯目標區域之影像是否適用，由農村水保署檢視影像縮圖後決定，衛星影像供應商應為原廠合法與正式授權單位。影像取得後即進行正規化並產製自然色融合影像，以圖磚方式發布於農村水保署指定之空間資訊系統，並提供下載服務之功能。歷史影像、排程取像、高解析度衛星遙測影像與超高解析度衛星遙測影像之採購面積可互相調整運用，並以實作數量計價。根據以上影像採購需求，本案針對多元衛星影像介紹、購置方法與程序、影像精度檢核方法等詳細內容說明如下：

一、 發展歷程與最新進展

根據聯合國外太空事務署(United Nations Office for Outer Space Affairs, UNOOSA, <https://www.unoosa.org/oosa/osoindex/search-ng.jspx>)官網中所提供的資料，2024 年整年度全球共發射了 2,396 顆衛星，目前在軌道上的衛星總數高達 14,209 顆。近年來衛星技術成熟以及可重複使用火箭的出現，SpaceX、OneWeb、Blue Origin (Amazon) 等公司布局大規模低軌道衛星星系，透過衛星微型化降低整體成本，

從設計、製造到上太空的週期縮短，再加上科學與工程技術的提升，根本的改變了過去僅有國家才能承擔風險與成本的舊時代太空產業。

這些驚人的發展全都始於 1957 年 10 月 4 日蘇聯的人造衛星史潑尼克號(Sputnik)劃破天際，開啟了太空時代，為世界第一枚人造衛星。而在 1972 年，美國發射了第一枚民用遙測人造衛星 Landsat-1，影像解析度為 79 公尺，免費提供各界使用所拍攝之全球遙測影像，影像應用範圍廣泛，舉凡資源之調查、探勘、環境監測、影像製圖等，開創了人造衛星影像應用的新紀元。第一枚商用遙測人造衛星—法國 SPOT-1 於 1986 年順利發射升空，將影像解析度由 79 公尺大幅提升至 10 公尺，擴增了衛星遙測影像應用領域，也成功打開了衛星影像之商業市場。歐洲太空總署分別於 1991 與 1995 年發射 ERS-1 及 ERS-2，加拿大也於 1995 年發射 Radarsat。美國 Space Imaging 公司於 1999 年率先成功發射 0.82 公尺商用高解析度之 IKONOS 衛星，同時開啟與邁入第三階段衛星競賽的時代，世界各國不約而同積極發展高解析度衛星影像。2001 年美國 DigitalGlobe 公司也成功發射 61 公分解析度之 QuickBird 捷鳥衛星，為當時全世界最高解析度之商用光學衛星影像。

目前商用衛星影像市場競爭激烈，美國 Maxar (原 DigitalGlobe) 旗下有 GeoEye-1、WorldView-1、WorldView-2 及 WorldView-3 等超高解析度光學衛星。美國 Planet Labs 擁有 SkySat 超高解析度光學衛星及 PlanetScope 中解析度光學影像衛星。法國 Airbus 先後發射 Pléiades 雙子衛星，其可提供 50 公分解析度之衛星影像並擁有 SPOT-6/7 高解析度光學影像衛星。以色列與義大利合作開發衛星 Optsat 3000，可提供 30 公分解析度之衛星影像。在亞洲，韓國於 2015 年 3

月 26 日成功發射 Kompsat-3A，是韓國第一顆 50 公分解析度的光學遙感商業衛星，可提供 50 公分與 40 公分之高解析度衛星影像(Selding 2016)。

福衛五號是臺灣第一枚自主研發製造的高解析度光學遙測衛星，歷經了 6 年研發，耗費經費達新台幣 56.59 億元，於民國 106 年 8 月 25 日在美國加州范登堡空軍基地，搭載美國 SpaceX 公司的獵鷹九號火箭順利升空。雖於 9 月 8 日執行地面取像作業時發生影像離焦問題，造成光斑現象等問題，但在一連串努力，經歷早期軌道操作、衛星各項功能驗證、衛星影像輻射與幾何調校等階段後，福衛五號影像已達全色態 2 公尺、多頻譜 4 公尺的解析度，於民國 107 年 9 月 21 日正式營運銷售，並提供多種管道供影像需求者查找與申請影像。此外，福衛八號近期也準備發射升空，未來防災等業務有更多資料可用。

超高解析度衛星影像強化了衛星影像應用的廣度與深度，其以俯視方式進行宏觀的地面觀察，以及不受地形阻隔的優勢，所拍攝的影像提供豐富的資訊，有助於政府決策上的參考、學術界的研究、產業界的應用，及增進社會大眾對居住環境的了解。圖 2-5 案例是花蓮地震所造成的橋面明顯錯動與斷裂(資料來源：中大太遙「重大災害資訊平臺」)。2018 年 2 月 6 日，花蓮縣近海(花蓮縣政府北偏東方 18.3 公里)發生芮氏規模 ML6.0 之地震，花蓮市及宜蘭南澳皆觀測到 7 級震度。圖 2-5 中所拍攝之超高解析度衛星影像(Pléiades 影像)可作為輔助工具，其影像解析度為 50 公分。由於執行單位必須快速並準確地規劃出適當的地震探測位置，避免影響地質敏感區域，使用高解析度衛星影像著實減少實地調查的時間與費用，同時也加速該計畫的執行。



(資料來源：中大太遙「重大災害資訊平臺」)

圖 2-5 2018 年花蓮地震，七星潭大橋災前(左)及災後(右)，橋面有明顯錯動與斷裂

2015 年 4 月 25 日 14 時 11 分（臺北時間）尼泊爾發生大地震，震央在首都加德滿都西北部約 80 公里，規模(Mw) 7.8，深度 15 公里。傷亡人數超過 8,000 人，加德滿都谷地近 90% 的建築物在地震中損毀，尼泊爾 7 處世界遺產景點中，有 4 處受到破壞，總崩塌數量超過 3,000 處，其中加德滿都北側 Langtang Village 最為嚴重，部分村莊被北側的雪崩掩埋，同時被西北側的土石崩塌覆蓋，該處死亡人數可能達 200 人。

部分商用衛星供應商釋出地震前、後之高解析度影像，供 NGO、NGA 無償使用，並結合網路社群志工透過 Open Street Map 平臺共同製作應變地圖，建立「由災區外製作應變地圖，提供災區應變人員參用」之救災新模式。災後一周，已透過此模式辨識出加德滿都鄰近區域，共有公有建物 10,718 棟全毀、私有建物 191,058 棟全毀，並標示於 Google Earth 平臺。救災方面，偏遠山區因交通不便，難以進入救援與調查，然而透過此模式，救難人員能快速辨識靠近喜馬拉雅山區之聚落、道路受災情形，不僅確保救難人員的安全，也大大提升救災的效率及效益(DigitalGlobe 2015, 行政院國家災害防救科技中心 2015)。

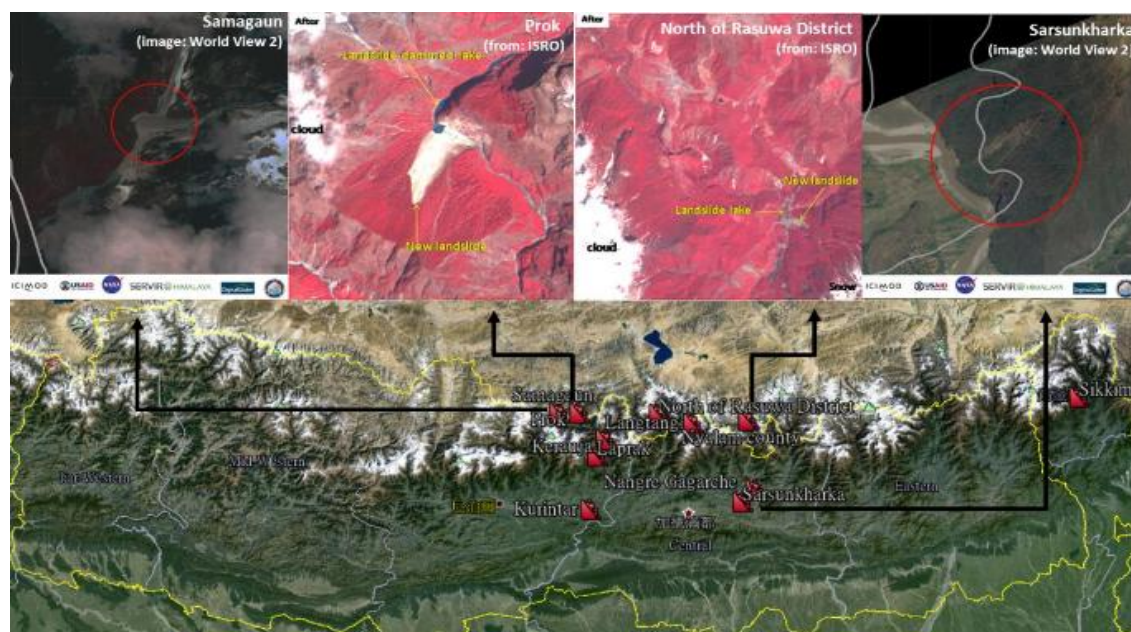


圖 2-6 部分山崩阻斷河道，可能形成堰塞湖（資料來源：NASA-USGS、英國地質調查所、Durham 大學團隊、DigitalGlobe、ISRO Satellite Centre）

多元衛星遙測影像應用範圍極為廣泛，諸如：土地利用監測、環境敏感區域的保護、防災規劃、緊急救災派遣、海洋及氣象觀測、農業調查等領域，故應利用有限經費妥善規劃，建置多元衛星遙測影像。

二、 臺灣常用之多元衛星影像

可提供臺灣地區範圍之多元衛星遙測影像，除了福衛二號歷史影像與福衛五號影像之外，亦有美國 Maxar 的 GeoEye-1、WorldView-1、WorldView-2、WorldView-3，與新創衛星公司 Planet Labs 所發射之 Skysat 與 Plabetscope 衛星，以及法國 Airbus 的 Pléiades、SPOT-6/7，同時還有美國與歐盟所提供之資料開放衛星影像：Landsat-8/9、Sentinel-1 與 Sentinel-2。

多元衛星遙測，為現代化國家資訊基礎建設不可或缺的一環。在科技部經費資助下，中央大學太空及遙測研究中心於 1993 年完工設置資源衛星接收站，接收資源衛星遙測影像資料，目前可直接接收之衛星資料包括 SPOT、及 Pléiades，其接收範圍以中壢為中心，半徑約三千公里的範圍：東到關島、西到大陸甘肅、北到日本北海道、南到南海，為主要提供影像之採購管道。各衛星之簡介請見附錄一，臺灣地區常用之多元衛星遙測影像規格整理比較於表 2-2。

表 2-2 臺灣地區常用之多元衛星影像規格表

項目		GeoEye-1*	WorldView-1*	WorldView-2*	WorldView-3*
衛星公司		Maxar	Maxar	Maxar	Maxar
製造國家		美國	美國	美國	美國
發射日期		2008 年 9 月 6 日	2007 年 9 月 18 日	2009 年 10 月 8 日	2014 年 8 月 13 日
運行狀態		運作中	運作中	運作中	運作中
軌道形式		太陽同步軌道	太陽同步軌道	太陽同步軌道	太陽同步軌道
空間 解 析 度	全色態	0.50 公尺	0.31 公尺	0.30 公尺	0.30 公尺
	多光譜	-	1.24 公尺	1.20 公尺	1.20 公尺
	彩色融合	-	0.31 公尺	0.30 公尺	0.30 公尺
光譜波段數		5	1	8	8
重訪頻率		1.5 天~3 天	約 1~3.7 天	約 1~3.7 天	約 1~4.5 天
輻射解析度		11-bits	11-bits	11-bits	11-bits
項目		Pléiades**	SPOT 6/7**	Formosat-5	PlanetScope
衛星公司		Airbus	Airbus	國家太空中心	Planet Labs
製造國家		法國	法國	臺灣	美國
發射日期		1A： 2011 年 12 月	SPOT 6： 2012 年 9 月 12 日	2017 年 8 月 24 日	2013 年 4 月 19 日起

		1B： 2012 年 12 月	SPOT 7： 2014 年 6 月 30 日		序列衛星陸續發射中	
運行狀態		運作中	SPOT 6：運作中 SPOT 7：2023 年 3 月 17 日終止	運作中	運作中	
軌道形式		太陽同步軌道	太陽同步軌道	太陽同步軌道	國際太空 站運行軌 道	太陽同步 軌道
空間 解 析 度	全色態	0.41 公尺	1.50 公尺	2 公尺	-	-
	多光譜	1.65 公尺	6.0 公尺	4 公尺	-	-
	彩色融合	0.41 公尺	1.50 公尺	2 公尺	3 公尺	3.5 公尺
光譜波段數		5	5	5	4	4
重訪頻率		1 天	1 天	2 天	隨時	1 天
輻射解析度		12-bits	12-bits	12-bits	12-bits	12-bits
項目		SkySat	Landsat-8/9***	Sentinel-1****	Sentinel-2****	
衛星公司		Planet Labs	NASA / USGS	European Space Agency	European Space Agency	
製造國家		美國	美國	歐盟	歐盟	
發射日期		2013 年 11 月 21 日	Landsat-8： 2013 年 2 月 11 日 Landsat-9： 2021 年 9 月 27 日 /	1A：2014 年 4 月 3 日 1B：2016 年 4 月 25 日 1C：2024 年 12 月 5 日 1D：2025 年 11 月 4 日	2A：2015 年 6 月 23 日 2B：2017 年 3 月 7 日 2C：2024 年 9 月 5 日	
運行狀態		運作中	Landsat-8：運作中 Landsat-9：運作中	1A：運作中 1B：2021 年 12 月 23 日 終止 1C：運作中 1D：運作中	2A：運作中 2B：運作中 2C：運作中	
軌道形式		太陽同步軌道	太陽同步軌道	太陽同步軌道	太陽同步軌道	
空間 解 析 度	全色態	0.57 公尺	15 公尺	C 波段 5*5m 5*20m 25*100m 5*20m	無	
	多光譜	0.75 公尺	30 公尺		10 公尺	
	彩色融合	0.5 公尺	15 公尺		10 公尺	
光譜波段數		5	11	-	13	
重訪頻率		4-5 天	8 天	6 天	5 天	
輻射解析度		12-bits	12-bits/14-bits	-	12-bits	

*取自 Maxar (原 DigitalGlobe) 官網 <https://www.maxar.com/imagery-leadership>

**取自 AIRBUS 官網 <https://www.intelligence-airbusds.com/satellite-data/>

***取自 USGS 官網 <https://landsat.usgs.gov/landsat-8>

****取自 ESA 官網 <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi>

三、 即時影像處理

衛星從軌道上將所獲取的資料透過天線傳回地面接收站，這些封包資料重組後就得到最原始的衛星影像。由於各波段感測器的響應特性不全然相同，衛星影像上會有明顯的條紋化現象，必須先針對每個感測器的響應特性加以修正。而原始衛星影像僅是感光原件的電壓輸出訊號，必須經過套用輻射校正參數進行轉換，才能得到可供應用的輻射強度訊號(輻

射校正處理)。衛星影像會因地球自轉的效應與衛星軌道參數不同，必須先進行系統性的幾何改正(幾何校正處理)，接下來再對衛星影像進行地圖投影，將地球橢球面上的經緯網格轉換到平面呈現，而衛星影像在拍攝時會因為地形高度不同而引起高差位移(Relief displacement)，必須藉由點配影像中足夠數量的地面控制點(Ground control points, GCPs)坐標(地圖投影(平面)處理)，輔以衛星拍攝姿態參數以及數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)(地形校正(高程)處理)等資料進行嚴密的正射糾正以產製正射影像(影像正射處理)，提供準確的空間坐標。以上工作為衛星影像之基本處理，一般高解析度衛星影像供應商均會依照標準方法實施，並將產品連同相關校正的參數提供給用戶。

光學衛星影像受到取像時的天候影響，許多細節部分常因對比不佳而不易辨識，這時必須進行影像增揚，改變原影像呈現的方式，以符合特定的應用需求。增揚的效果由使用者決定，通常是以視覺來評估。而影像增揚常常無法藉由一般線性增揚，或直方圖等化的方式予以消除，尤其是災害發生時，亟需從影像廣大的涵蓋區域中，快速分辨出災害的主要影響範圍，因此須善加選用增揚功能，強化整幅影像的細節部分，使其所產製的影像在災害判釋與變異分析的應用上更為有利(影像對比增揚)。衛星影像經常無法單用一幅影像涵蓋所有範圍，須藉由連續拍攝，再將所拍攝得到的影像鑲嵌成一整幅的影像(影像鑲嵌處理)，接著再裁切感興趣的範圍，以供後續的判讀或是其他應用(影像切割轉檔處理)。為了讓使用者更了解影像資料，會建置制式的詮釋資料(Metadata)，用來描述資料本身特性(詮釋資料建置)。

高解析度衛星影像的檔案往往超過 GB (Gigabyte)大小，若要透過農村水保署各種網際網路資訊平台分享，讓所有同仁都可以使用最高解析度自由瀏覽檢視每一幅影像的任何細節，則須使用影像超級套疊技術來

處理影像。此技術根據可視區域貼入適合螢幕解析度的影像圖磚(image tiles)，依照不同的細節層(Levels of Detail, LOD)對影像進行裁切，並考慮不同平台發布圖磚之規則重新取樣（跨平台圖磚優化處理）。圖 2-7 展示了 Landsat-8 衛星影像依照不同的細節層，分別為：(a) 8、(b) 10、(c) 12、(d) 14 在 OpenLayers 平台上發布影像圖磚的實例。

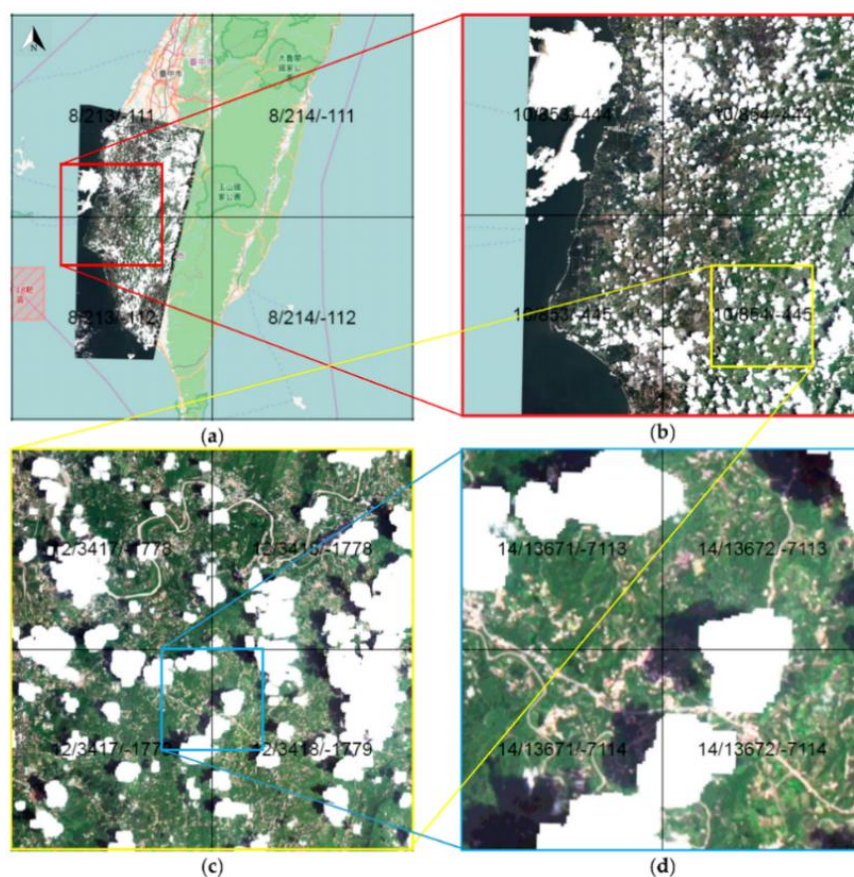


圖 2-7 Landsat-8 衛星影像依照不同的細節層：(a) 8、(b) 10、(c) 12、(d) 14 在 OpenLayers 平台上發布影像圖磚的實例(Liu et al., 2017)

為確認購買的影像都完成了前述各項處理步驟，本計畫要求衛星供應商除了交付影像之外，還必須提供 1. Level 3 標準產品（正射影像須含藍、綠、紅、近紅外、全色態等至少五個波段），以及正射融合鑲嵌影像產品；2.提供 TWD97 坐標；3.各波段轉換輻亮度參數表；4.幾何誤差向量圖（以測繪中心所提供之臺灣通用電子地圖為主要基

準圖資，農林航空測量所提供空間解析度 25cm 之正射影像為輔助圖資，以選取影像匹配點計算均方根偏差的方式，進行衛星影像幾何偏差檢核。)；5.詮釋資料；6.原廠授權證明文件等資料。

四、幾何偏差檢核

衛星影像的幾何精度，直接影響與其他影像或圖層等各種空間資料套疊比對的結果，是農村水保署相關業務應用最重要的一環，需要仔細加以評估，確保所購置的影像均達成所宣稱擁有的幾何精度。農村水保署業務關注之區域大多為山坡地範圍，然而臺灣地區不僅山坡地地形起伏較為劇烈，且植被茂密，不容易尋找可供參考之影像匹配點，進而造成山坡地範圍相對於平地範圍之高解析度衛星影像幾何定位精度較低，因此需要建立高解析度衛星影像幾何精度檢核技術，以掌握影像品質。

2017 年承辦廠商已成功開發一個可讓委辦空拍任務與採購衛星影像的自主快速地檢核產品相對幾何精度的工具——「空間圖資精度評估系統」(Geospatial Information Assessment System, GIAS)，利用航遙測分署提供之全島正射影像作為底圖，在被檢核衛星影像上選定有空間特徵且可進行匹配之區域後，與航遙測分署正射影像相對應之區域，自動進行偏移量計算，並計算均方根偏差，作為相對幾何精度評估之量化依據。2018 年承辦廠商以 GIAS 運作之原理為基礎，建置能快速檢核遙測影像產品之幾何偏差的網頁版工具——「空間圖資精度評估模組」(Geospatial Information Assessment Module, GIAM)，該模組可介接使用最新臺灣通用電子地圖作為主要基準底圖，航遙測分署提供空間解析度 15cm 之正射影像為輔助圖資，使用雙視窗檢視比對基準影像（左視窗）與被檢核之衛星影像（右視窗）的匹配點，再計算均方根偏差，作為幾何偏差檢核之量化依據。以下

透過案例，說明操作 GIAM 進行幾何偏差檢核程序：

1. 開啟 GIAM，頁面顯示為雙視窗畫面，左視窗預設為臺灣通用電子地圖，亦可選擇航遙測分署提供空間解析度 25cm 之正射影像作為基準影像，如圖 2-8 所示。

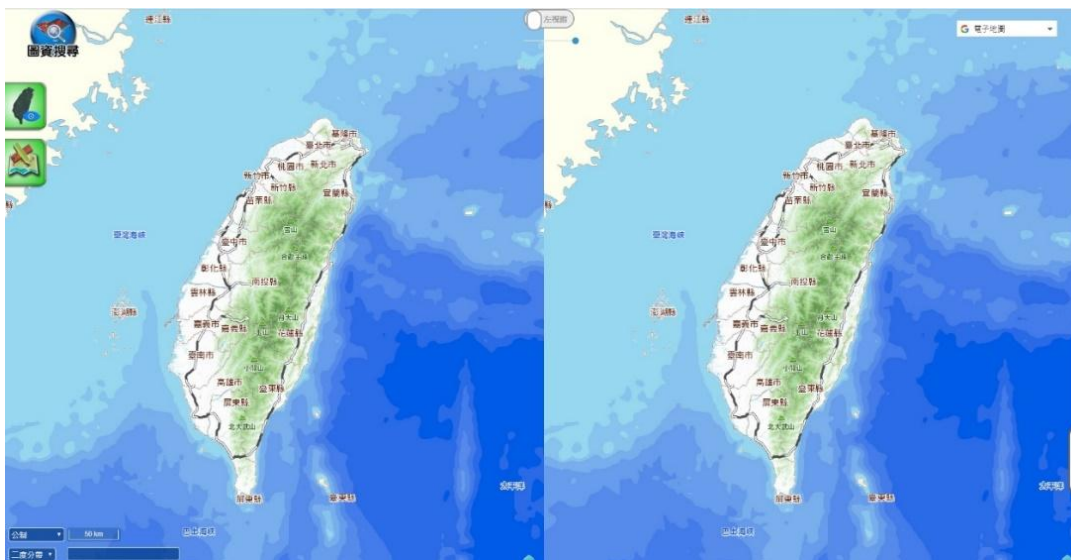


圖 2-8 空間圖資精度評估模組(GIAM)起始畫面

2. 點選如圖 2-9 左視窗中紅色圓圈中的圖示開啟工作窗格，選定如圖 2-10 中左圖的計畫編號後，模組會將該筆訂單所有的影像載入，使用者再選定欲檢核之影像日期，如圖 2-10 中的右圖。選定日期後，模組將會在左視窗載入該筆影像，如圖 2-11 所示。

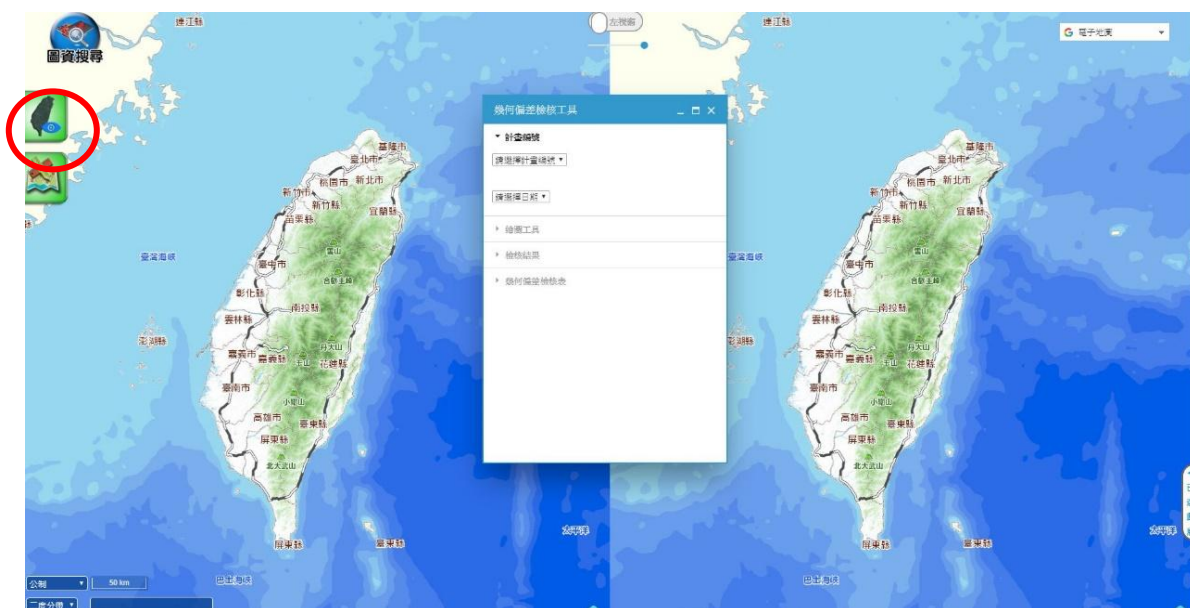


圖 2-9 開啟工作窗格



圖 2-10(左)工作窗格放大圖(右)選定計畫編號與日期之顯示畫面

3. 確認影像完整載入後，點選工作窗格中的【繪圖工具】，點選手的圖示來縮放移動影像，如圖 2-11 中紅色框，以便搜尋特徵點，篩

選出至少超過 4 個特徵點，同時這些特徵點盡量均勻分散於影像。

若因影像日期不同與所介接的最新臺灣通用電子地圖會有所差異，

可以在選擇檢核點上尋找仍為一致的建築物或特徵點進行檢核。

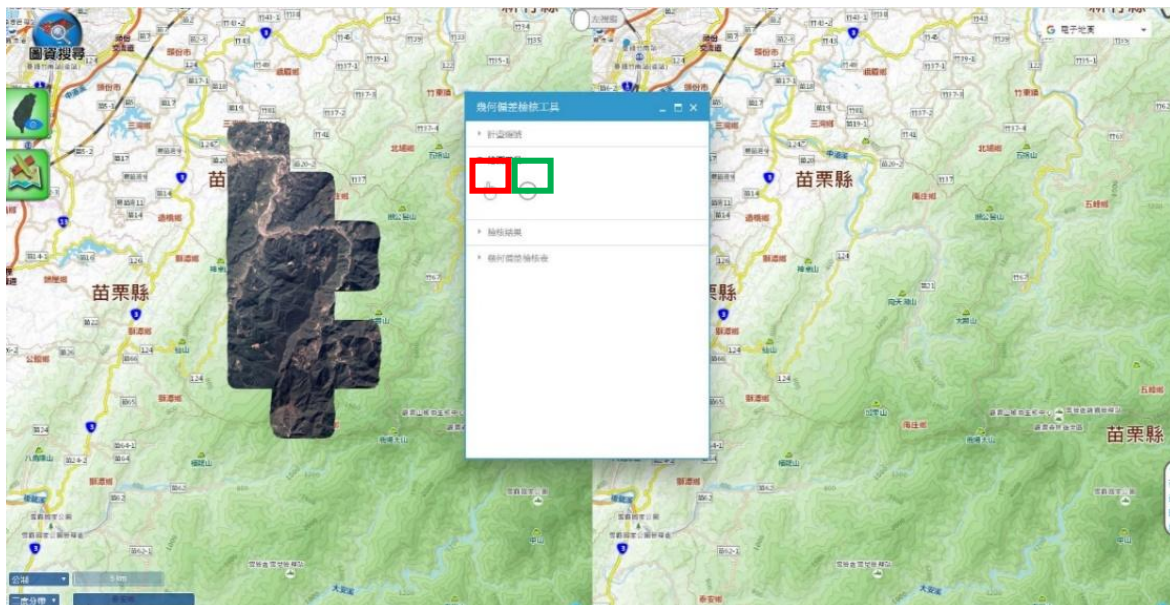


圖 2-11 模組在左視窗載入被檢核之影像

4. 找到特徵點後，點選如圖 2-11 中【繪圖工具】中圖釘圖示綠色框，將圖釘點至在左右視窗上之特徵點後，點選【工作窗格】中【檢核結果】可看到所點之特徵點列表，點選【+】，列表會顯示左右視窗之特徵點的坐標，以及偏差值與向量圖，如圖 2-12 所示。重複程序以篩選出至少超過 4 個特徵點，同時這些特徵點盡量均勻分散於影像上。

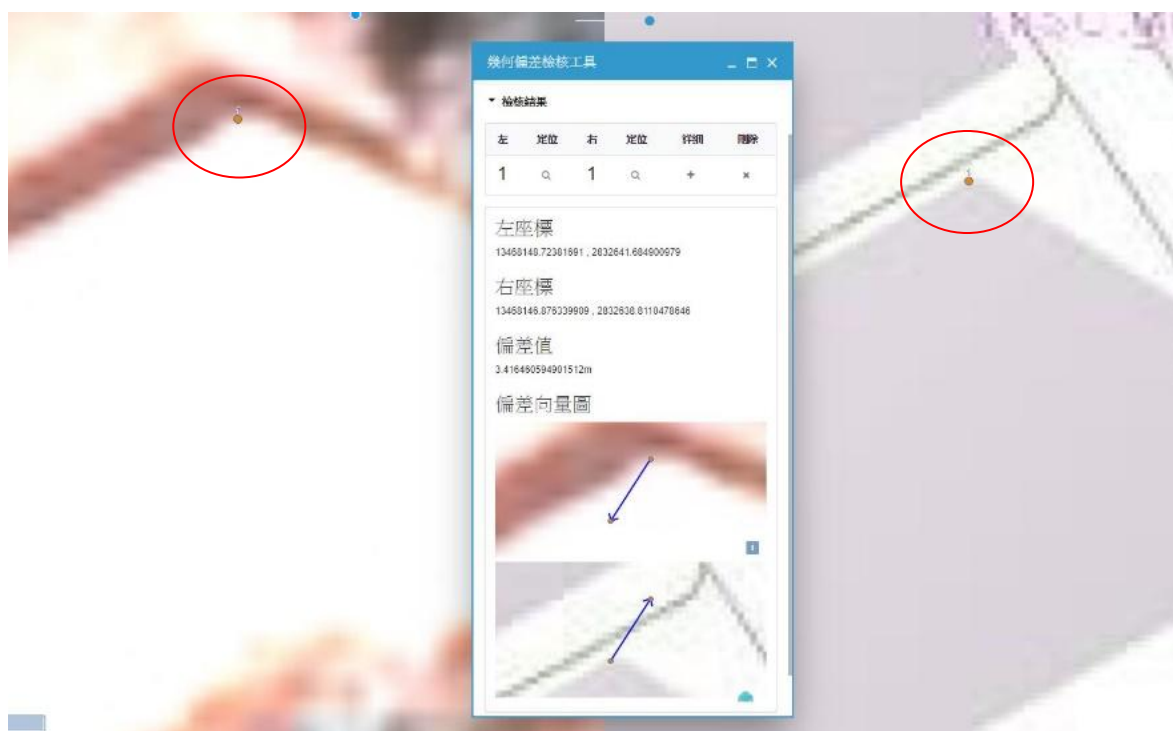


圖 2-12 特徵點篩選結果

5. 完成特徵點點選後，點選【工作窗格】中【幾何偏差檢核表】，再點選【預覽】，如圖 2-13，會產出如圖 2-14 的幾何偏差檢核表預覽畫面，確認資料無誤後，點選最下方之【SAVE】，如圖 2-14 中紅色圈，模組會產出 pdf 格式之幾何偏差檢核表，供影像需求單位備查，結果如圖 2-15 所示。

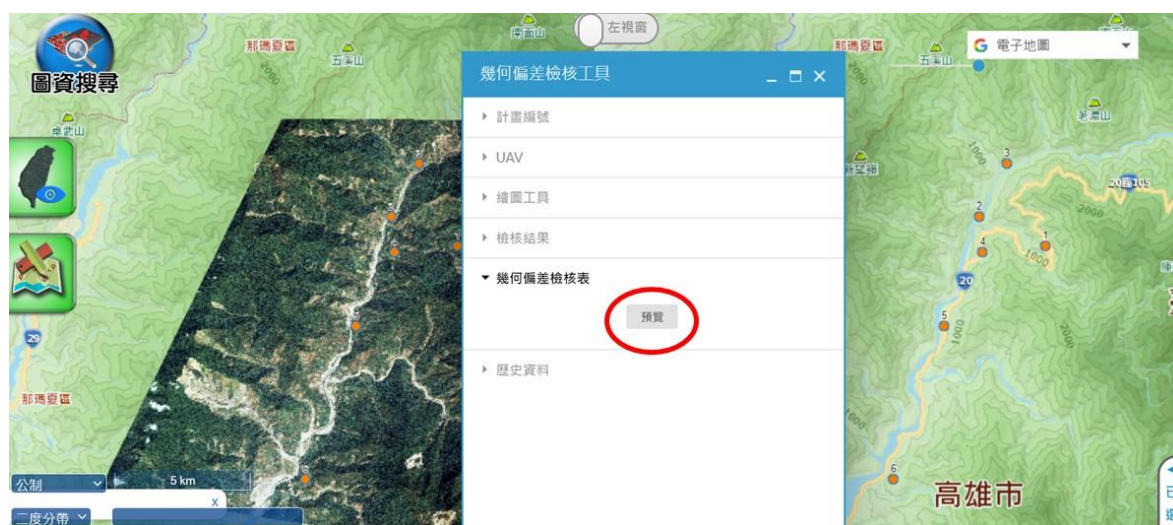


圖 2-13 預覽幾何偏差檢核表

Modal title

多元衛星遙測影像整合申請模組[幾何偏差檢核表]

委辦計畫名稱				110年多元衛星影像整合建置與加值服務應用計畫			
計畫編號		110LL010		申請單號		110LL010-003	
提報單位		技術研究發展小組		申請單位		鉅網資訊股份有限公司	
承辦人				申請人			
承辦人電話				申請人電話			
承辦人信箱				申請人信箱			
訂單類型		衛星影像		範圍面積(km ²)		420	
選擇衛星		Pleiades		雲層覆蓋率(%)			
影像日期				拍攝角度(°)			
檢核日期		2021-8-4		申請單日期		2021-03-02 10:24:08 503	
檢核結果		1.645公尺		是否通過		是	
檢核點幾何偏差向量圖							

大林

竹崎

梅山

中埔

嘉義縣

阿里山

玉山

5 m

Close

Save

圖 2-14 幾何偏差檢核表預覽畫面

多元衛星遙測影像整合申請模組[幾何偏差檢核表]

委辦計畫名稱				110年多元衛星影像整合建置與加值服務應用計畫			
計畫編號		110LL010		申請單號		110LL010-035	
提報單位		技術研究發展小組		申請單位		鉅網資訊股份有限公司	
承辦人		吳		申請人		吳	
承辦人電話		04		申請人電話		06	
承辦人信箱		weyc		申請人信箱		servic	
訂單類型		歷史影像		範圍面積(km ²)		210	
選擇衛星		Pleiades		雲層覆蓋率(%)		0	
影像日期		2021-01-04		拍攝角度(°)		14	
檢核日期		2021-10-30		申請單日期		2021-10-18 03:39:54:007	
檢核結果		2.111公尺		是否通過		是	
檢核點幾何偏差向量圖							

所有檢核點

左上座標 (121.19534, 23.19523)

右下座標 (121.13307, 23.16053)

檢核點1

左上座標 (121.17763, 24.70479)

右下座標 (121.17870, 24.70577)

5 m

圖 2-15 幾何偏差檢核表（節錄）

針對所採購之衛星影像採相對幾何精度檢核來把關影像品質，執行相對幾何精度檢核之方法，是利用內政部國土測繪中心（以下簡稱測繪中心）提供之臺灣通用電子地圖作為主要基準底圖，臺灣通用

電子地圖主要運用航遙測分署 25 公分解析度原始航拍影像，以航測立體製圖方法辦理建置及更新為輔助圖資，在被檢核之衛星影像上選定有空間特徵可進行匹配之區域後，與基準底圖相對應之區域，進行偏移量計算。航遙測分署自民國 95 年購入 POS 機載慣性定位定向系統(Position and Orientation System)之後，因其內含有 GPS 與慣性量測裝置(Inertial Measurement Unit, IMU)，加裝於航照相機上可同時紀錄曝光時刻之位置與姿態參數，藉以提高 GPS 解算精度。經測試與調校後，已能快速獲取航空影像外方位資料，並簡化空中三角測量平差程序(林業及自然保育署航測及遙測分署 2017)，確保航遙測分署產製之全島正射影像幾何精度。而測繪中心利用航遙測分署之 25 公分解析度的航拍影像更新臺灣通用電子地圖，可看出測繪中心提供之臺灣通用電子地圖與航遙測分署發布之航拍正射影像，為國內兩大權威的基準資料。依據內政部國土測繪中心(https://www.nlsc.gov.tw/News.aspx?n=10738&sms=11396&_CSN=2085)所公布之資料，臺灣通用電子地圖精度為 1.25 公尺。航拍正射影像每個航拍專案精度會有不同，總體而言，正射航照平地正射影像精度會維持在 1.5 公尺以下，如須指定航拍專案的正射影像精度，可逕向航遙測分署查詢。

若取得之超高解析度衛星影像（解析度 50 公分）相對於測繪中心提供之臺灣通用電子地圖，或航遙測分署正射影像之均方根偏差(root-mean-square deviation, RMSD)超過五公尺；取得之高解析度衛星影像（解析度 2 公尺）相對於測繪中心提供之臺灣通用電子地圖或航遙測分署正射影像之均方根偏差(RMSD)超過十公尺；取得之中解析度衛星影像（解析度 5 公尺）相對於測繪中心提供之臺灣通用電子地圖或航遙測分署正射影像之均方根偏差(RMSD)超過十五公尺，顯示

其幾何定位精度有疑慮。幾何偏差檢核以內政部發行之臺灣通用電子地圖為檢核依據，目的為提供所購置的衛星影像品質把關的工具，以此確認影像幾何定位精度是否偏差太大，所以原則以大約解析度的 10 倍為範圍。

但若影像範圍內無適當檢核點，亦即在影像範圍中無建築物或明顯特徵點可供辨識比對，則無法進行精度檢核。GIAM 模組可透過國土測繪中心所提供之臺灣通用電子地圖，進行快速有效檢核遙測影像產品，並且所費成本最少，但如果影像範圍內無明顯特徵點可供辨識比對，此方法將無法執行。更嚴謹的做法是在拍攝前於地面布設可於影像中清晰辨識之地面控制點，並依照標準測量作業程序，量測該點位之坐標，才能用來評估影像之幾何精度，唯此工作應於拍攝影像時即同步進行，布設數量多且精度高之地面控制點，成本可能比拍攝影像還要高昂，可依署內需求規劃安排。

五、商業衛星影像採購現況

本年度於期末審查階段完成高解析度之 SPOT-6 衛星影像（解析度：1.5 公尺）完成 7,984 平方公里，詳細申購明細請見表 2-3。中解析度之 PlanetScope 衛星影像（解析度：3-3.7 公尺）申購面積 59,375 平方公里，詳細申購明細請見表 2-4。申購明細內容包含：申購單單號、申請人所選定影像之日期以及採購狀態。

表 2-3 解析度 1.5m 高解析度衛星遙測影像之申購明細

申購單單號		影像日期	申購總面積 (平方公里)	採購狀態	使用目的
1	114LL022-001	2024/08/12	2,784	已完成	113 年度全臺崩塌地圖 層判釋
2	114LL022-002	2024/12/20	2,643	已完成	113 年度全臺崩塌地圖 層判釋
3	114LL022-003	2025/01/22 2025/02/10	1,789 768	已完成	0121 嘉義地震暨 0130 嘉義地震災後新生崩塌 判釋

表 2-4 解析度 3m-3.7m 中解析度衛星遙測影像之申購明細

申購單單號		影像日期	申購總面積 (平方公里)	採購狀態	使用目的
1	114LL022-004	2025/03/23 2025/03/25 2025/03/26	3,146	已完成	荖濃溪與旗山溪集水區 衛星影像 particle image velocimetry (PIV) 量測相 關研究
2	0728 豪雨事件	2025/08/06 2025/08/07 2025/08/08 2025/08/09 2025/08/10 2025/08/11	11,498	已完成	0728 豪雨事件災後新生 崩塌地判釋
3	隘寮溪多年期 歷史影像	2019/04/24 2019/04/25 2020/05/03 2020/10/03 2021/05/11	11,664	已完成	隘寮溪集水區衛星影像 particle image velocimetry (PIV) 量測相 關研究

申購單單號		影像日期	申購總面積 (平方公里)	採購狀態	使用目的
		2021/10/10 2022/03/02 2022/07/23 2022/12/09 2023/03/23 2023/03/24 2023/05/04 2023/11/20 2023/11/21 2023/12/15 2024/04/04 2024/04/21 2024/10/19 2024/12/02 2025/03/26 2025/04/22			
4	歷史影像	2022/07/22 2022/07/23 2023/04/17 2023/05/01 2023/06/20 2023/07/07 2024/04/30 2024/05/06 2024/07/03 2024/07/06 2024/07/19 2024/11/05 2024/12/02 2024/12/05 2024/12/07 2025/03/21 2025/03/24	33,067	已完成	歷史影像底圖建檔

依照本節第四項所說明的「空間圖資精度評估模組」GIAM 方法，進行已購置之高解析度衛星影像與中解析度衛星影像幾何偏差檢核。幾何偏差檢核結果請參見表 2-5、表 2-6。其中偏差值是指申購之影像檢核結果，目前所取得購置之高解析度影像皆符合幾何偏差值不大於 5 公尺；解析度 3-3.7 公尺之中解析度影像，同樣皆符合幾何偏差值不大於 15 公尺。

表 2-5 解析度 1.5m 高解析度衛星影像幾何偏差檢核結果

申購單單號		選擇影像之日期	檢核結果 偏差值(公尺)	通過與否(< 5 公尺)
1	114LL022-001	2024/08/12	1.732	通過
2	114LL022-002	2024/12/20	2.231	通過
3	114LL022-003	2025/01/22 2025/02/10	2.156 3.635	通過

表 2-6 解析度 3m-3.7m 之中解析度衛星影像幾何偏差檢核結果

申購單單號		選擇影像之日期	檢核結果 偏差值(公尺)	通過與否(< 15 公尺)
1	114LL022-004	2025/03/23 2025/03/25 2025/03/26	10.121 8.558 7.648	通過
2	0728 豪雨事件	2025/08/06 2025/08/07 2025/08/08 2025/08/09 2025/08/10 2025/08/11	9.663 5.642 11.113 8.156 7.885 8.956	通過
3	隘寮溪多年期歷史 影像	2019/04/24 2019/04/25 2020/05/03 2020/10/03 2021/05/11 2021/10/10 2022/03/02 2022/07/23 2022/12/09 2023/03/23 2023/03/24 2023/05/04 2023/11/20 2023/11/21 2023/12/15 2024/04/04 2024/04/21 2024/10/19 2024/12/02 2025/03/26	6.785 11.323 10.854 7.915 8.488 11.112 9.033 6.123 8.581 9.556 7.531 6.945 7.331 10.103 7.701 6.834 6.771 8.030 9.591 5.255	通過

申購單單號		選擇影像之日期	檢核結果 偏差值(公尺)	通過與否(< 15 公尺)
		2025/04/22	6.705	
4	歷史影像	2022/07/22 2022/07/23 2023/04/17 2023/05/01 2023/06/20 2023/07/07 2024/04/30 2024/05/06 2024/07/03 2024/07/06 2024/07/19 2024/11/05 2024/12/02 2024/12/05 2024/12/07 2025/03/21 2025/03/24	6.251 4.001 4.597 6.671 7.775 6.601 5.531 9.263 5.219 6.671 7.311 5.654 8.255 5.533 6.002 8.922 9.031	通過

第三節 全島時序性影像正規化加值處理

農村水保署於國土監測計畫購置解析度 1.5 公尺之 SPOT-6 與 Pleiades 影像，目前頻率為每個月一次。此計畫所提供之全島 SPOT 影像，歷年來已持續建置收錄至農村水保署空間資料庫，並發布至 BigGIS 提供署內同仁瀏覽，也可透過多元遙測影像申購模組提供署內同仁及委辦計畫執行廠商申請下載原始檔案利用，如圖 2-16。本年度持續將署內山坡地變異點監測計畫提供之每月一期全島 SPOT 影像，進行正規化、增揚處理、圖磚產製，置於署內空間資料庫，並提供署內發布至 BigGIS，近 6 年坡管組提供全臺影像處理數量可參考表 2-7 所示。

農業部農村發展及水土保持署
多元遙測影像申購模組

114年影像需求調查 申請影像 查看地圖 查詢申請紀錄 操作說明 管理 退出

THEOS-2(0.5m) Landsat SPOT6/7(1.5m)

航照影像
☐ 航照正射(15~50cm) ☐ 非正射航照(30~50cm)
☐ 像片基本圖

UAV影像
☐ UAV正射(~50cm)

三維地形資料
☐ 數值高程模型(DEM) ☐ 數值高程模型(DEM_1m)
☐ 數值高程模型(DEM_6m) ☐ 數值高程模型(DEM_10m)
☐ 數值表面模型(DSM)

加值產品
☐ CS地圖(1m) ☐ HOST地圖(1m)
☐ 坡向圖(1m, 20m) ☐ 坡度圖(1m, 20m)
☐ CS地圖(20m) ☐ HOST地圖(20m)
☐ 紅色地圖

查詢影像 清除搜尋

內政部國土測繪所產5公尺以下之光達DTM成果為一般公開機密，政府機關得依「數值地形模型成果資料流通供應要點」申請資料於政策規劃使用，並有相關需求者逕自內政部國土測繪平台(<https://supply.colife.org.tw/>)申請。

影像搜尋結果(100%)

ID	SPOT衛星	日期	選擇
03-00KJT	SPOT衛星	2025-01-13	☐
03-00KJU	SPOT衛星	2025-01-20	☒
03-00KJV	SPOT衛星	2025-01-20	☒
03-00KJW	SPOT衛星	2025-01-20	☒
03-00KJX	SPOT衛星	2025-01-20	☒
03-00KJY	SPOT衛星	2025-01-22	☒

從 1 到 25 / 共 25 筆

申請影像 新申請影像 儲存搜尋結果

版權所有 © 2023 農業部農村發展及水土保持署，地址：南投市中國新村光華路6號，電話：049-2394300
 本網站最佳瀏覽解析度為1920X1080，建議使用Chrome或Firefox最新之最新版本瀏覽器
 系統由鉅廣資訊股份有限公司開發 | service@geodac.tw | 06-2366740

圖 2-16 農村水保署山坡地變異點監測計畫提供之 SPOT 衛星 2025 年 1 月全島影像

表 2-7 2020 年至 2025 年全島衛星影像處理數量統計表

拍攝年份	SPOT-6		SPOT-7		Pleiades	
	已提供	已發布	已提供	已發布	已提供	已發布
2025	165	165			92	92
2024	180	180			123	123
2023	156	156	50	50	58	58
2022	95	95	99	99		
2021	76	76	80	80		
2020	85	85	78	78		
統計	757	757	307	307	273	273

第四節 網際網路空間資訊平台發布與圖資共享

透過前項所蒐集建置之遙測影像，以及納入 UAV 空拍影像、航拍影像與數值地形資料，除發布在前述的多元遙測影像申購模組及巨量空間資訊系統，提供各影像需求單位查詢申請下載，遙測影像資料庫所建立之 API 亦可提供農村水保署其他系統介接發布。此模式強化農村水保署圖資平臺的業務執行效率，加速各單位圖資交流，提升圖資使用效益及邊際價值。

本案所建置完成之影像原始資料、圖磚資料、影像屬性等資料，會導入大規模崩塌計畫之巨量空間資訊系統資料庫中，使用者可透過已申請介接之系統進行影像查找及影像套疊。任何平臺或應用程式，只要透過農村水保署減災監測組申請審核通過，即可提供資料交換服務，如圖 2-17。目前與本計畫介接之系統平臺請詳見表 2-8。

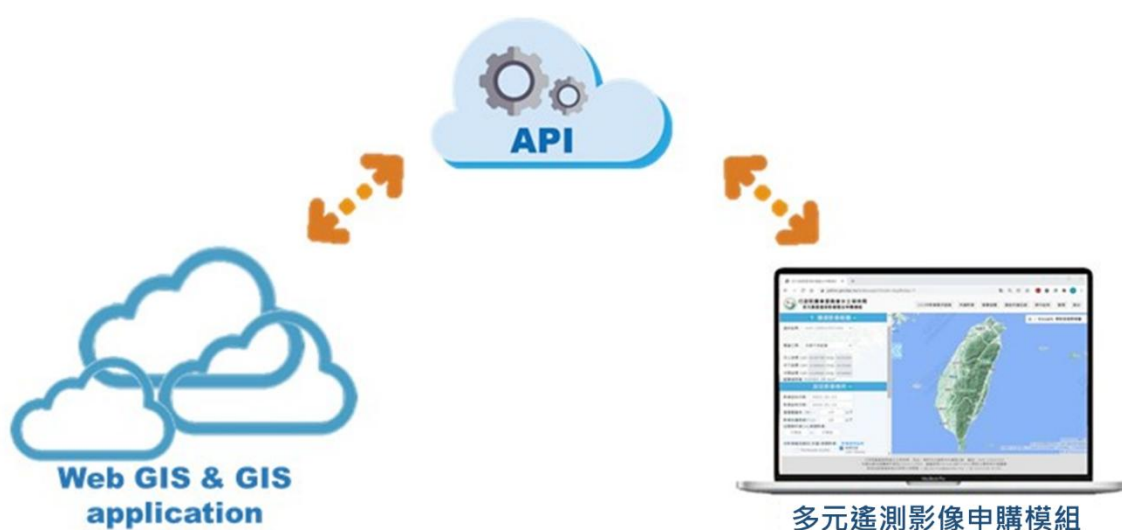


圖 2-17 透過 API 統一介接資料給其他平臺示意圖

表 2-8 申請 API 介接之系統

項次	API	申請單位	委辦廠商	申請系統名稱
1	Pléiades 衛星 影像圖磚	減災監測組	準線智慧科技 股份有限公司	大規模崩塌監測整合系 統
2		保育治理組	研邦科技有限公司	坡地防災及維生通道調 查規劃及智慧路網
3	Sentinel-2 衛星影像 圖磚	減災監測組	準線智慧科技 股份有限公司	大規模崩塌監測整合系 統
4		保育治理組	研邦科技有限公司	坡地防災及維生通道調 查規劃及智慧路網
5		經濟部水利署	-	水利空間資訊服務平台
6		國家海洋研究院	五方科技 股份有限公司	110 年度「岸基波流遙測 及海洋遊憩風險資訊整 合平臺」計畫執行
7		國家海洋研究院	鉅網資訊 股份有限公司	國家海洋資料庫及共享 平臺
8		國家海洋研究院	鉅網資訊 股份有限公司	海洋衛星遙測開放資料 庫建置
9		林業保育署臺東分 署林區管理處	逢甲大學	林地資訊管理
10		國家災害防救科技 中心	瑞竣科技 股份有限公司	災害情資網衛星影像套 疊分析運用
11	Lansat-8 衛星 影像圖磚	保育治理組	研邦科技有限公司	坡地防災及維生通道調 查規劃及智慧路網
12		國家海洋研究院	五方科技 股份有限公司	110 年度「岸基波流遙測 及海洋遊憩風險資訊整 合平臺」計畫執行
13		國家海洋研究院	鉅網資訊 股份有限公司	海洋衛星遙測開放資料 庫建置
14		國家海洋研究院	鉅網資訊 股份有限公司	國家海洋資料庫及共享 平臺

項次	API	申請單位	委辦廠商	申請系統名稱
15		中央氣象署	鉅網資訊股份有限公司	高時空解析度衛星產品資料展示系統
16		中央氣象署	鉅網資訊股份有限公司	水庫水質衛星反演監測產品網頁平臺
17		國家災害防救科技中心	瑞竣科技股份有限公司	災害情資網衛星影像套疊分析運用
18	Lansat-9 衛星影像圖磚	國家災害防救科技中心	瑞竣科技股份有限公司	災害情資網衛星影像套疊分析運用
19	Sentinel-1 衛星影像圖磚	減災監測組	準線智慧科技股份有限公司	大規模崩塌監測整合系統
20		保育治理組	研邦科技有限公司	坡地防災及維生通道調查規劃及智慧路網
21		國家海洋研究院	五方科技股份有限公司	110 年度「岸基波流遙測及海洋遊憩風險資訊整合平臺」計畫執行
22		國家海洋研究院	鉅網資訊股份有限公司	海洋衛星遙測開放資料庫建置
23		國家海洋研究院	鉅網資訊股份有限公司	國家海洋資料庫及共享平臺
24		中央氣象署	鉅網資訊股份有限公司	高時空解析度衛星產品資料展示系統
25		中央氣象署	鉅網資訊股份有限公司	水庫水質衛星反演監測產品網頁平臺
26		林業保育署臺東分署林區管理處	逢甲大學	林地資訊管理
27		國家災害防救科技中心	瑞竣科技股份有限公司	災害情資網衛星影像套疊分析運用

第三章 堰塞湖監測

衛星遙測具有長時間、大範圍、近即時監測等優勢，自 1972 年第一顆地球資源衛星 Landsat-1 升空運轉以來，便廣泛地被應用於繪製各種土地使用與覆蓋(Land Use and Land Cover, LULC)之主題式地圖，以及監測地表各種變化。隨著商用衛星市場蓬勃發展與技術不斷進步，衛星遙測影像的應用領域更加多元，成效也越加受到肯定，特別是運用遙測影像對重大災害進行快速應變。聯合國自 2000 年建立了「空間與重大災害國際憲章」(International Charter on Space and Major Disasters)的國際合作機制，其基本宗旨是加強國際間的人道主義合作，利用其成員機構提供的衛星資源，通過授權用戶向受到自然或人為災害影響的地區提供關鍵資訊，協助受災國家或地區對洪災、山崩、土石流、地震、森林火災、颱風和火山噴發等災害，提供遙測數據和資訊，用以災害監測與管理，參與緊急救援的組織工作或災後重建工作，並進行相關的監測和評估。在 2004 年底印尼班達亞齊省的地震海嘯災害(Liu et al., 2007)和 2011 年東日本的地震海嘯災害(Liu & Chen, 2011)事件中，臺灣都運用自主控制的福衛二號，快速蒐集、處理、分析災區影像，並无偿提供影像和災害判釋的成果，積極參與國際事務，也建立了應用衛星遙測影像對各種災害快速應變的技術和機制。

臺灣地質條件特殊，且位於地震、颱風或豪雨等天然災害頻發區域，因此農村水保署一直有系統地積極蒐集建置多元衛星影像，並有效應用於災害防救工作，保障民眾生命財產。考量重大災害發生之後，一般天候狀況不佳，光學衛星及航空照片均不易取像，因此很早便開始發展應用無人載具取像及影像正射處理技術，進駐災區取像(Liu,

Chen, Matsuo, & Chen, 2015)。近年來美國地質調查所的 Landsat-8/9 衛星(Liu et al., 2017)與歐洲太空總署的 Sentinel-2A/B 衛星，分別以每 8 天與 5 天的週期，拍攝全臺灣解析度分別為 15m 與 10m 值之多波段影像，並於拍攝後 1 到 2 天內即免費對外提供。雖其空間解析度稍差，但其高頻率監測與快速提供影像之特性，為水土保持相關業務帶來革命性的進展。有鑑於歐盟太空總署於 2014 年 4 月、2016 年 4 月及 2024 年 12 月分別發射 Sentinel-1A、1B 及 1C (Sentinel-1B 自 2021 年 12 月 23 日起，因電力系統供電異常而暫停提供影像，後於 2025 年第一季起由 Sentinel-1C 接續其取像任務)，拍攝能穿透雲層，不受天候影響之合成孔徑雷達影像，適可彌補光學衛星之不足，且支持資料開放政策，免費提供各界使用，本計畫擬使用 Sentinel-1 雷達衛星影像偵測堰塞湖位置，再以 Sentinel-2 等光學衛星影像進行驗證。此方法已於民國 109 年計畫執行期間於汛期上線測試，並經過堰塞湖案例證實可行，於民國 110 至 113 年計畫執行期間，亦成功偵測新生成的堰塞湖，例如：民國 113 年 0403 地震災後於花蓮縣木瓜溪發現堰塞湖、山陀兒颱風災後於屏東縣率芒溪發現堰塞湖。民國 114 年持續進行堰塞湖監測，提供相關單位災中、災後初步的評估，與危險性風險的評估等相關資訊。

第一節 Sentinel-1 雷達衛星簡介

強地震、土石坍塌或是土石流為造成地表地形地貌變化/變遷的因素之一，尤其以臺灣之梅雨和颱風季節期間，以及地理位置處於地震活動帶，更是時常發生土砂災害而造成人民性命、財產的損失。因此，有效的利用地表變遷偵測方法，可以辨識出地形地貌改變之區域。地表變遷偵測是經由分析、比較不同時期的影像，辨識兩者差異量的一種過程，基本上是利用多時資料(multi-temporal data)進行前後期資料比對。

以光學影像為例，光學影像變異分析的基本條件是地表物的變遷必須造成輻射值的變化，而且此變化必須大於其他因素對輻射值的影響，如不同的大氣狀態、不同的太陽角度以及不同的土壤含水量。而選擇適當的資料可以有效地減低上述因素對變遷偵測的影響，故在進行變遷偵測之前，必須對這些多時性影像資料進行輻射糾正，不同年份但同一季節的影像，就可以降低太陽角度的不同以及植物型態的不同所造成的影響。

以合成孔徑雷達(Synthetic Aperture Radar, SAR)影像為例，SAR 影像所呈現的為電磁波對地表/地物之雷達訊號反射之強度值(amplitude)。由於 SAR 為主動式遙測技術，不同於被動式光學影像需要太陽光之照射，因此較無大氣狀態和太陽角度之影響，進行多時資料比對時，相較於光學影像而言更為單純。

簡單來說，相較於光學影像，SAR 最大的優點在於電磁波可穿透雲層的特性。因此，不分晝夜皆可使用，可以全天候發送及接受數據，即便位處於天氣不佳的災區依然可取得資料。目前地球觀測衛星所使用的 SAR 雷達波長以 X（波長約 3.1 公分）、C（波長約 5.6 公

分)、L (波長約 23.5 公分) 波段最常見。雷達系統的波長會影響其穿透地物的能力。一般而言，波長越長，穿透地物就越深，如 L 波段可穿透樹林濃密的樹葉而探測到樹枝樹幹或地面；波長越短，如 X 等較短波長之雷達波穿透力較弱，在植物頂層就會被反射回去，較適合用來對樹頂或樹葉的偵測；介於中間波長的 C 波段雷達波則可提供目標物表面或目標物以下的資訊。

雷達回波訊號之強度與地表粗糙度有關(Ulaby, Moore, & Fung, 1982)，如圖 3-1 所示。圖 3-1 上圖中顯示出，假如地表為一平面，雷達回波訊號則從雷達入射的反方向折射，此時 SAR 天線則無法接收到任何的回波訊號強度，因此在 SAR 影像中的像元則呈現黑色，此散射方式則稱為表面散射(surface scattering)。圖 3-1 下兩圖則表示假如地表有一些微的高低起伏，不是一完全平面，SAR 天線則可以接收些許的回波訊號，因此於 SAR 影像中的像元則呈現暗灰色或是些微亮的灰色。SAR 影像像元中的灰階值取決於回波訊號的強度，越粗糙則回波訊號強度越強，像元灰階值則越亮(偏白色)，反之則越暗。

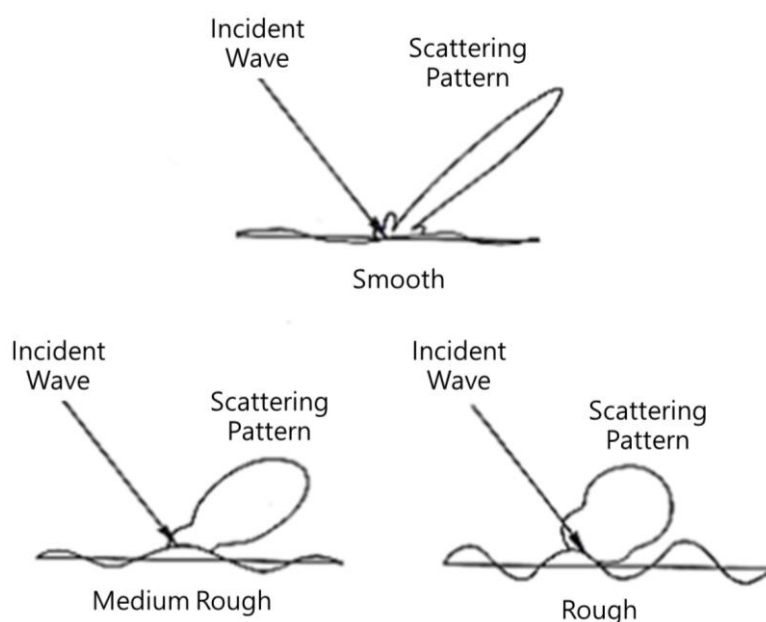


圖 3-1 地表粗糙度與雷達反射訊號互相作用圖(Ulaby et al., 1982)

透過雷達訊號反射之強度與地表粗糙度的相關性(Taghvakhsh, 2012)，則可針對作物、植被做一衍生，如圖 3-2 所示。圖 3-2 中由左至右分別為表面散射(surface scattering)、二次散射(double bounce scattering)以及體散射(volume scattering)。表面散射於上段描述中可得知較無雷達回波訊號或是強度較弱，水體或是裸露土多為表面散射。圖 3-2 中以二次散射而言，由於雷達訊號先接觸到地表再折射至一垂直物體，接著再折射回 SAR 天線，此種散射幾乎等於將發射出的雷達訊號，完整的反射回 SAR 天線，因此二次散射之回波訊號強度為最強。通常都市區都呈現二次散射之狀態。圖 3-2 最右邊則是體散射之示意圖，也就是雷達訊號接觸到一無規則形狀之地表目標物，使得雷達訊號再這無規則形狀之目標物四處散射或折射，因此只有部分的回波訊號可被 SAR 天線所接收。體散射通常發生於植被地區。若依照回波強度排列，二次散射之回波強度最強，其次為體散射，最後是表面散射。

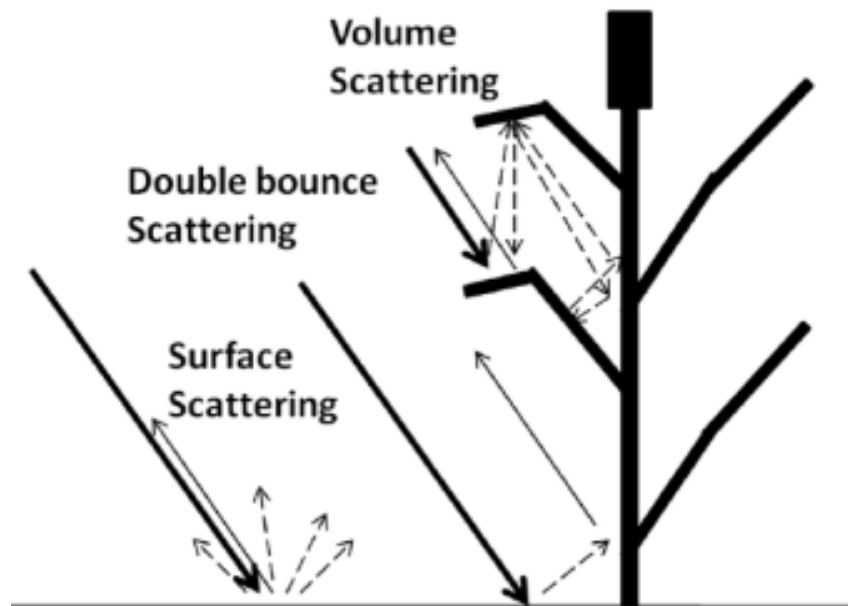


圖 3-2 雷達反射訊號與地面目標之散射機制示意圖(Taghvakhsh, 2012)

另外，雷達訊號發射與接收時，可用不同的偏極化模式 (polarization mode)，雷達波水平發射或接收的波稱為水平偏極化 (Horizontal, H)，而垂直發射或接收的波稱為垂直偏極化 (Vertical, V)。依照不同的發射與接收組合可以分為四種不同的偏極化模式，如 HH：水平發射與水平接收；VV：垂直發射與垂直接收；HV：水平發射與垂直接收；VH 垂直發射與水平接收，如圖 3-3 所示。當雷達波發射與接收回波皆為相同的偏極模式時，稱為平行極化 (Parallel polarization)，如 HH、VV。當雷達波發射與接收回波為不同的偏極模式時稱為交叉極化 (Cross polarization)，如 HV、VH。根據發射與接收的偏極模式不同，雷達波與地表交互作用以及回波散射方式也有差異。

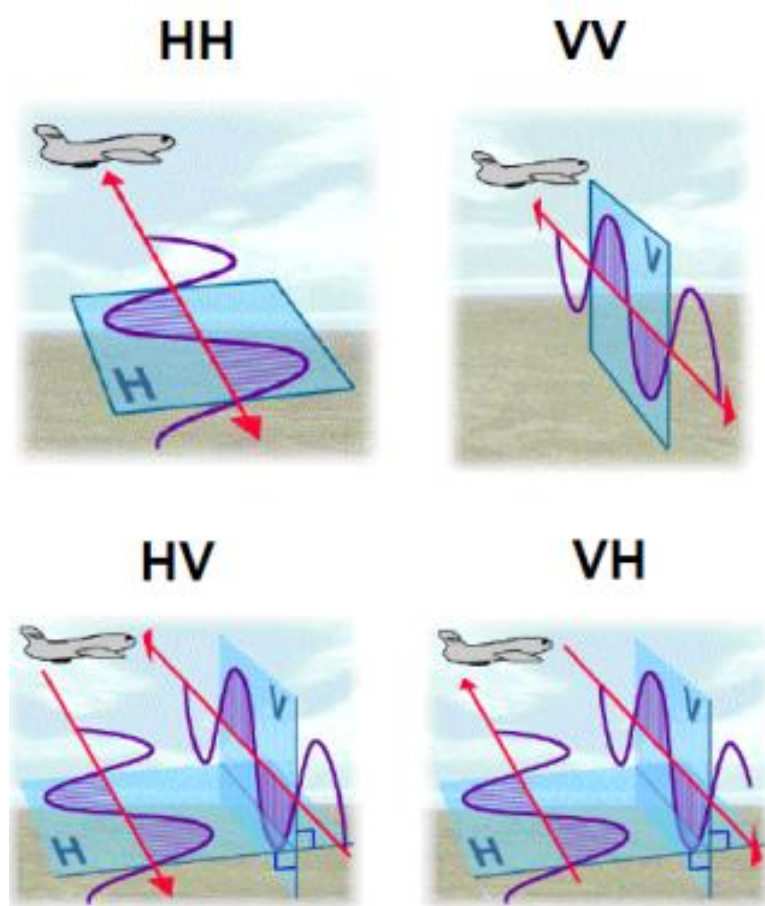


圖 3-3 電磁波之極化示意圖(Haagsma, 2015)

有鑑於上述之論述，藉由不同之極化以及不同地表地物之粗糙度所反射出來之回波強度，可用來分辨該地區之地形、地貌、地物（地表水體範圍）之改變，進行影像地物分類之應用。圖 3-4 為各個偏極模式於不同植生高度的回波訊號強度，在高度小於 3 公尺的植生中，HH 極化回波訊號最強，3 到 7 公尺 VV 極化回波訊號最強，7 公尺以上則是 HV 極化回波訊號最強。將相同日期的各個極化模式資料套疊，可了解該地區之植生類別，如圖 3-5 所示。

由於臺灣地區植物生長茂密，因此臺灣山區變異特徵主要以植被變化為主要因子，不論是濫墾、崩塌都是在觀察植被的變化；聚落建物變異為另一部分須關心的變異特徵，在山區交通不易抵達的聚落，由於災害造成的建物倒塌毀損，往往也是雷達遙測影像須著重判釋的重點。

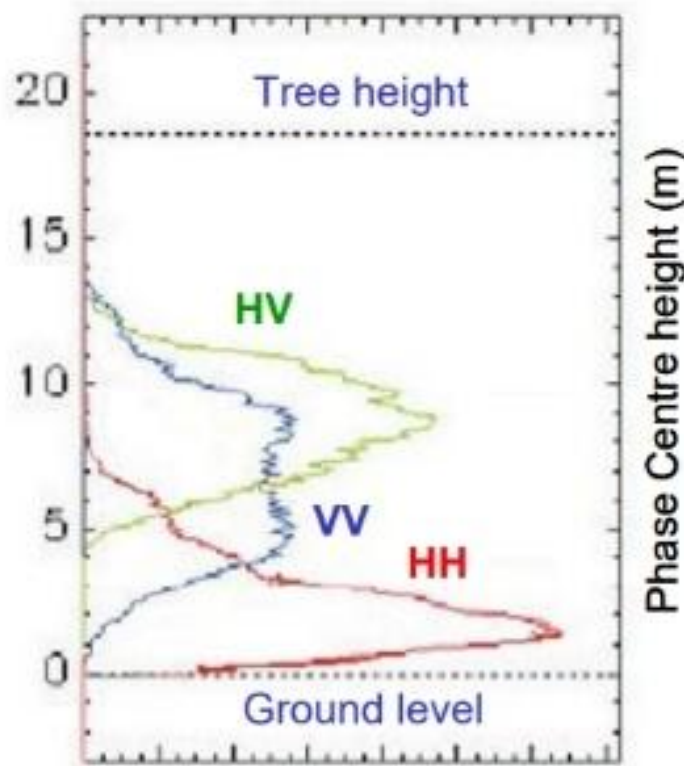


圖 3-4 各個偏極模式於不同植生高度的回波訊號強度(Toan, 2007)

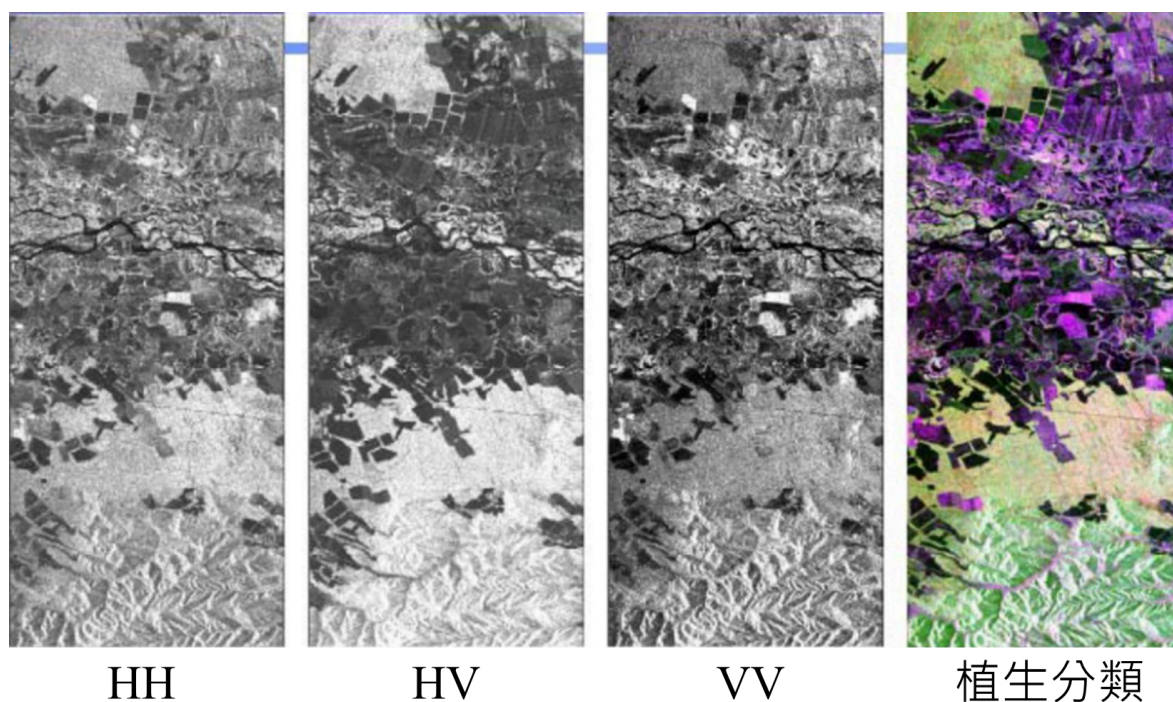


圖 3-5 雷達訊號不同的偏極模式與對應的影像地物分類之應用（來源：[ESA advanced training course](http://earth.esa.int/landtraining07/D1LA1-LeToan.pdf)
<http://earth.esa.int/landtraining07/D1LA1-LeToan.pdf>）

另一項影響雷達回波訊號強度的因素為入射角(incidence angle)。入射角是指天頂（目標物所在處的垂直方向）與雷達波入射方向之夾角，雷達波的回波強度與入射角有極大的關係。若目標物與雷達波入射方向垂直，其回波訊號會較低入射角之回波訊號強。因此，即使是性質相近之目標物，根據當地地形的不同，其雷達回波訊號強度亦會有所差異。在地形起伏劇烈之山區，雷達回波訊號強度受到當地坡度及波向影響尤為劇烈，面對衛星方向之坡面，其回波訊號會較背向坡之回波訊號強。側視雷達成像的幾何關係，在地形起伏劇烈區域產生之幾何變形主要可分為前坡縮短(Foreshortening)、疊置(Layover)及陰影(Shadowing)三種（圖 3-6）。

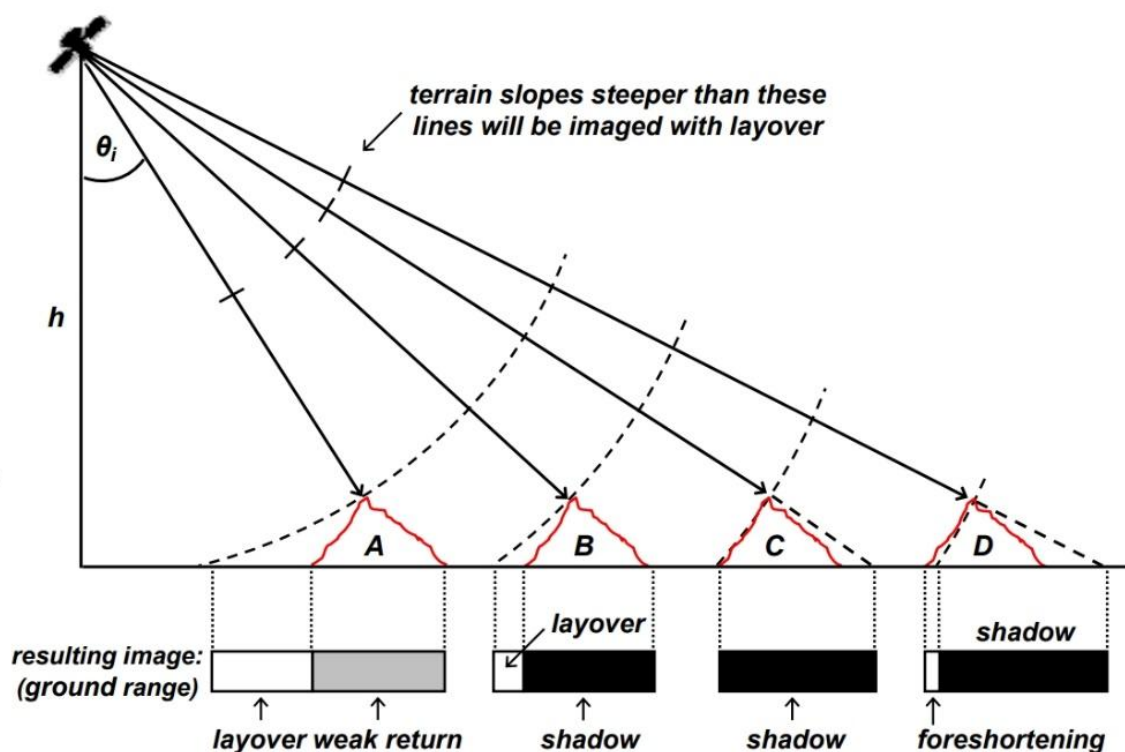


圖 3-6 雷達回波訊號受到地形影響產生之幾何變形(Martinis, 2010)

前波縮短發生於入射角小於面向坡坡度之區域，面向坡坡頂至坡腳的回波訊號會在較短的距離內成像，並在目標物靠近衛星的一側產生明亮的邊緣條紋(fringes)。疊置發生於面向坡坡度大於入射角之區域，由於山頂距離感測器最近，使面向坡與背向坡的回波訊號於影像上重疊，並在山脊處形成一亮帶。陰影發生於坡度大於入射角的背向坡，此區域將無法提供任何有用的回波訊號而成為陰影區。疊置及陰影區的雷達回波資訊，無法透過地形校正復原，難以提供可靠的地表資訊。

雷達衛星根據其衛星軌道的運行方向可分為由南向北運行的升軌(ascending)及由北向南運行的降軌(descending)，而衛星觀測方向為右視且與衛星運行方向垂直。相同區域中升、降軌之雷達影像因衛星觀測方向不同，在不同坡向之坡面上回波訊號強度亦不同(圖 3-7)。

根據雷達影像拍攝之入射角方向以及數值高程模型，可分別計算升、降軌之疊置陰影區，於山坡地範圍中，升、降軌約有 21~23% 的區域位於疊置區，1~3% 的區域位於陰影區，0.5~0.7% 的區域同時於疊置及陰影區，升、降軌影像於山坡地範圍的疊置陰影占比，如表 3-1 所示。升、降軌中的疊置陰影分布如圖 3-8 所示。

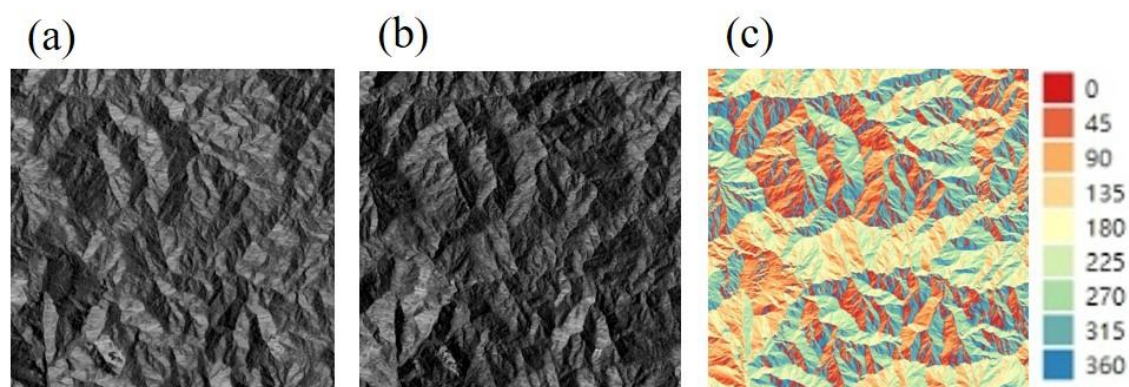


圖 3-7 衛星運行方向於不同坡向之坡面回波訊號強度：(a)升軌；(b)降軌；(c)坡向圖

表 3-1 山坡地範圍升、降軌之雷達影像疊置、陰影佔比

類別	升軌		降軌	
	面積 (km ²)	佔比 (%)	面積 (km ²)	佔比 (%)
非疊置或陰影	21817.6	75.3	21751.1	75.1
疊置區	6226.7	21.5	6586.2	22.7
陰影區	701.6	2.4	460.5	1.6
疊置且陰影區	215.2	0.7	163.2	0.6

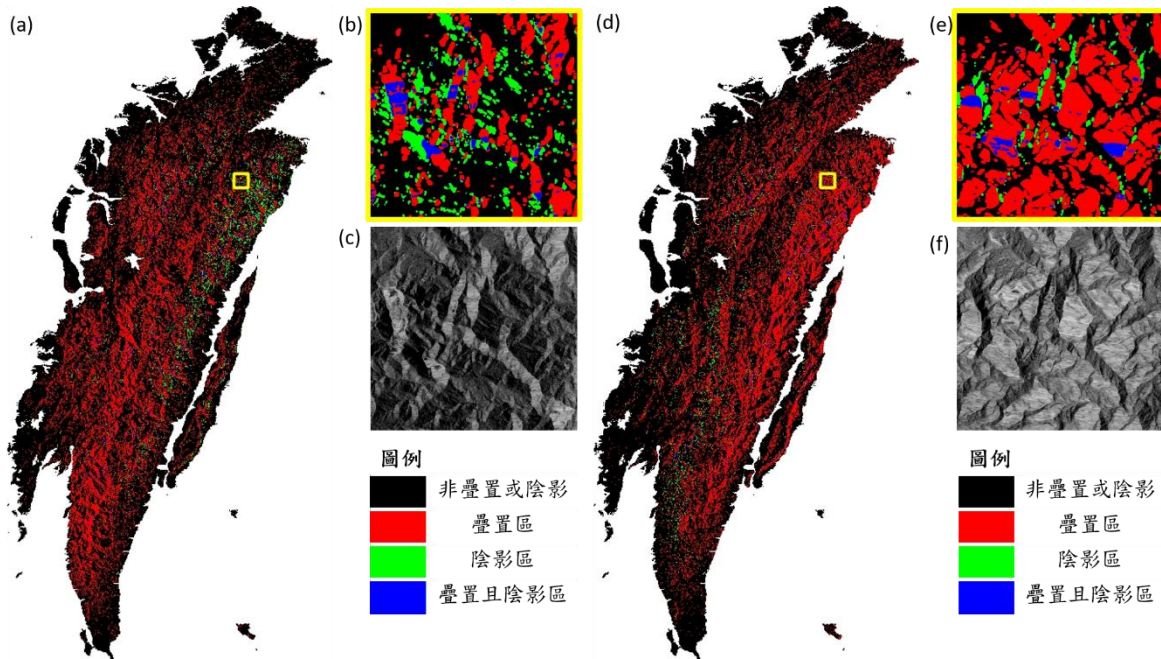


圖 3-8 Sentinel-1 升、降軌影像疊置陰影分布：(a)升軌疊置陰影分布；(b)升軌疊置陰影分布局部放大（黃框處）；(c)升軌局部放大區域對應之 Sentinel-1 影像；(d)降軌疊置陰影分布；(e)降軌疊置陰影分布局部放大（黃框處）；(f)降軌局部放大區域對應之 Sentinel-1 影像

本計畫採用歐洲太空總署(ESA) Sentinel-1 SAR 雷達衛星影像，其為 ESA 哥白尼計畫(GMES)中的地球觀測衛星，由兩顆衛星（Sentinel-1A 與 Sentinel-1B）組成，並配有 C 波段合成孔徑雷達(SAR)，於 2014 年 2 月與 2016 年 4 月順利發射升空，預計可運作 12 年至 2026 年，並規劃由 Sentinel-1C 及 1D 接續其取像工作(Sentinel-1C 已於 2024 年 12 月發射並於 2025 年初開始提供影像，Sentinel-1D 則於 2025 年 11 月發射，預計於 2026 年初開始提供影像)。

Sentinel-1B 自 2021 年 12 月 23 日起，因電力系統供電異常而暫停提供影像，經過官方數個月的詳細調查，最終判定此異常無法復原，於 2022 年 8 月 3 日正式宣告 Sentinel-1B 取像任務中止(<https://scihub.copernicus.eu/news/News01067>)，後由 Sentinel-1C 衛星接續其取像工作，並於 2025 年 3 月 30 日拍攝第一幅臺灣全島影像。

Sentinel-1 是軌道高度為 693 公里的太陽同步衛星，單顆衛星軌道重返週期為 12 天，兩顆衛星回歸週期為 6 天，衛星上所載之 SAR 感測系統的觀測入射角角度由 20° 變化至 47° ，觀測模式分為 Strip Map Mode (SM)、Interferometric Wide Swath Mode (IW)、Extra Wide Swath Mode (EW)與 Wave Mode，如圖 3-9 所示。雷達波為 C 波段，波長為 5.6 公分，空間解析度分別為 $5 \times 5\text{m}$ 、 $5 \times 20\text{m}$ 、 $25 \times 100\text{m}$ 與 $5 \times 20\text{m}$ ，像幅寬度從 80 到 400 公里。有別於其他 SAR 衛星影像是商業化資料，Sentinel-1 衛星影像可以免費取得（臺灣地區通常只可取得 Sentinel-1A 之 IW mode），ESA 同時也開發及提供 Sentinel-1 雷達影像處理分析之軟體 SNAP (Sentinel Application Platform)，並於國際間大力推廣雷達影像的處理與應用(ESA_User_GUIDES_Sentinel-1)。

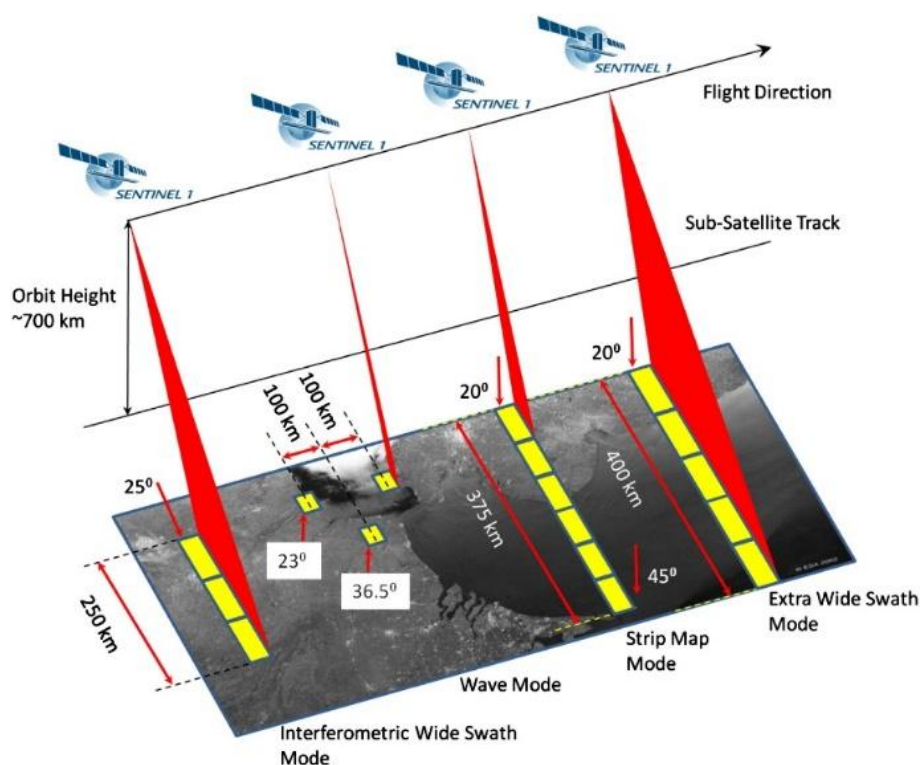


圖 3-9 ESA Sentinel-1 SAR 各種拍攝模式（來源：

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/instrument-payload>）

第二節 應用 Sentinel-1 雷達衛星影像於堰塞湖偵測

根據中央地質調查所的說明，「堰塞湖係熔岩流、火山泥流、冰河冰磧物或山崩土石等形成之天然壩阻塞溪流所形成。因為堰塞湖壩體材料疏鬆，膠結不良，極容易潰決，造成下游地區生命財產的重大損失」。堰塞湖通常是透過大量的崩塌、土石流運動所形成，其形成的機制主要可歸因於強降雨、融雪或地震(Chen et al., 2015; Schuster & Costa, 1986)。在臺灣，地震、颱風或豪雨等天然災害發生後經常可以發現堰塞湖的形成，因此積極蒐集各種遙測空間資訊，並有效應用於災害防救工作，保障民眾生命財產，為自然災害防治工作重要的作為之一。

然而，只有大範圍觀測山坡地對於堰塞湖的危害預防是不夠的，因堰塞湖存在的時間區間非常短暫，根據文獻回顧(Peng & Zhang, 2012; Yang, Pan, Dong, Yeh, & Liao, 2013)，有 44%至 51%不超過一星期，59%至 71%不超過一個月，83%不超過六個月。如前所述，堰塞湖的形成可能是由大雨引發的崩塌或土石流所造成，而大雨期間通常受到雲層覆蓋的影響，光學衛星無法即時獲取地表的影像。有鑑於此，如果只依賴一般的光學衛星，可能無法順利完成觀測任務，而克服雲層的限制，不受雲層覆蓋率所影響的雷達衛星影像，便是本計畫所需之重要工具。

雷達衛星對於偵測水體而言是一個合適的工具，相較於陸地，水體表面較為平坦，接收到雷達波後，回波訊號較弱，在雷達衛星強度影像中數值較低(Gulácsi & Kovács, 2020)。在水體偵測的應用上，Sentinel-1 IW 模式中，VV 極化資料可獲得相較於 VH 極化資料較佳的精度(Twele, Cao, Plank, & Martinis, 2016)。針對反覆發生或已知存

在的堰塞湖案例，可設定單一的門檻值進行長時間的小範圍水體監測。然而在山坡地範圍中，受到地形影響會產生雷達陰影區，並非所有訊號低值區域都是水體訊號，不易設定一個全島適用的水體門檻值。對於固定軌道且像同極化的雷達影像而言，地形所造成的雷達陰影區(Radar Shadow)是固定的範圍，而堰塞湖生成的水體範圍通常是會受到河川水量的影響而變動。因此，本計畫根據此特性，透過統計方法，找出水體範圍變動的區域，進行堰塞湖的偵測。統計使用的影像必須具有代表性，因此建議涵蓋雨季與乾季，如此一來可有不同水量之河道影像。理論上，以一年的時間區間即可涵蓋雨季及乾季的影像，然各年度之豪雨事件頻率及降雨量皆有所差異，對於經常性形成堰塞湖的區域，若僅以一年的時間區間進行門檻值統計所設之門檻值圈繪出的堰塞湖水體範圍也可能與實際情況不完全符合。以荖濃溪與布唐布那斯溪交會處經常性生成的堰塞湖為例，圖 3-10 為 2016 年 10 月 25 日至 2017 年 6 月 10 日之間的 Sentinel-1 降軌影像，由此時間序列影像中可見堰塞湖曾於 2016 年 11 月 18 日出現，後又於 2017 年 6 月 10 日消失。使用 2016 年 6 月至 2017 年 6 月間為期一年之 Sentinel-1 影像為前期時間序列與使用 2015 年 7 月至 2020 年 7 月五年間的 Sentinel-1 影像為前期時間序列計算統計值並建立最小值門檻及統計值門檻，並以相同的篩選條件篩選出疑似堰塞湖的區域，結果顯示使用五年期之時間序列影像可偵測出 2017 年 7 月 4 日生成之堰塞湖(圖 3-11)，且 7 月 16(圖 3-12)及 28 日(圖 3-13)偵測出之堰塞湖水體範圍亦較接近實際情況。因此本計畫將使用 2015 年 7 月至 2020 年 7 月五年間之雷達影像進行統計，以提高偵測之準確性。

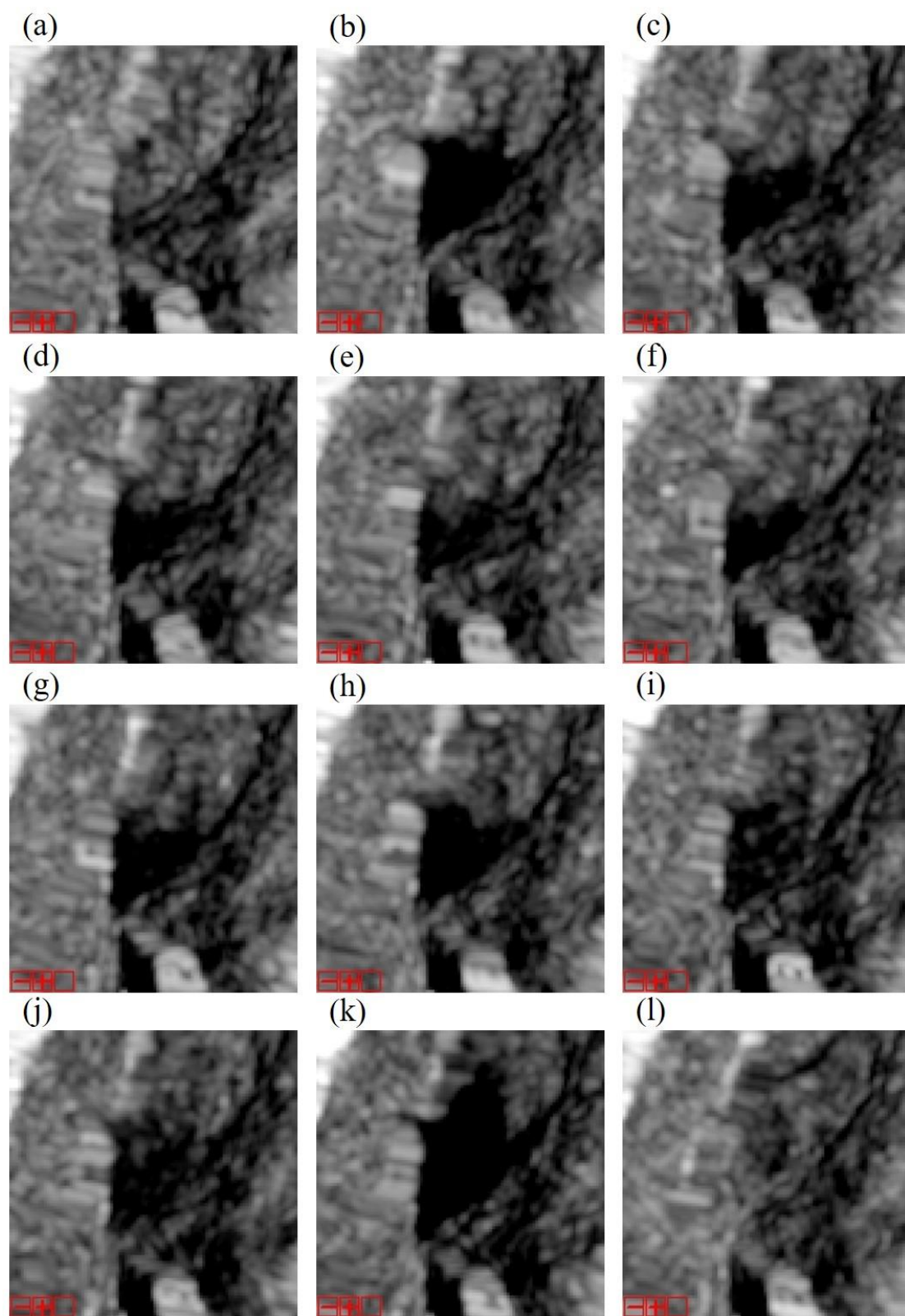


圖 3-10 荖濃溪堰塞湖 Sentinel-1 時間序列(a) 20161025 (b) 20161118
(c) 20161212 (d) 20170105 (e) 20170129 (f) 20170222 (g) 20170411 (h)
2017423 (i) 20170505 (j) 20170517 (k) 20170529 (l) 20170610

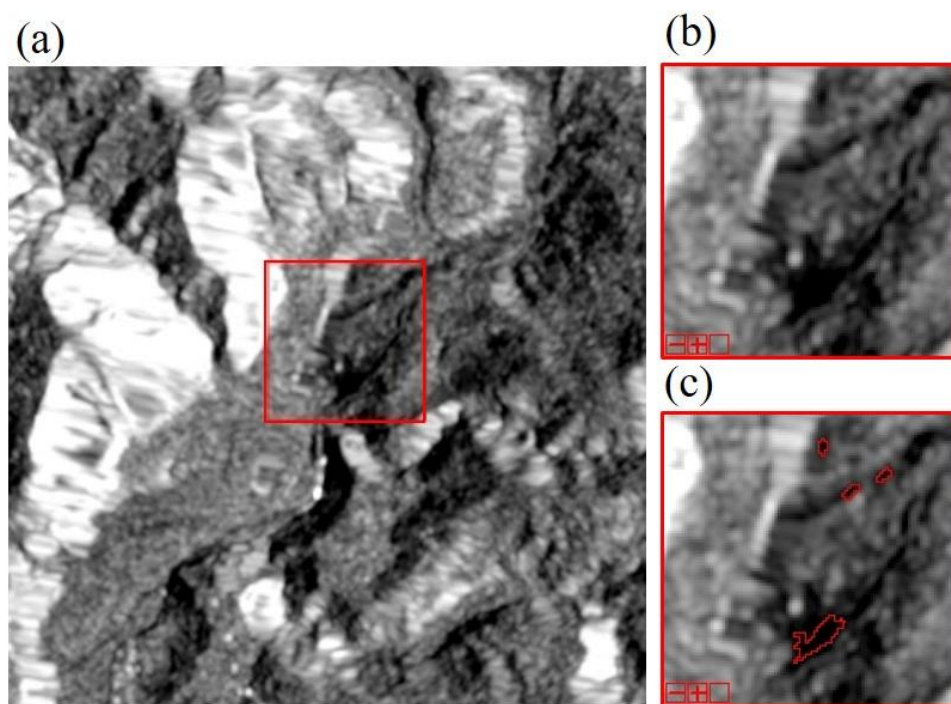


圖 3-11 2017 年 7 月 4 日荖濃溪堰塞湖統計值門檻法偵測結果(a) 2017 年 7 月 4 日 Sentinel-1 影像(b)以一年期時間序列偵測結果（並未偵測出堰塞湖）(c)以五年期時間序列偵測結果（紅色多邊形圈選範圍）

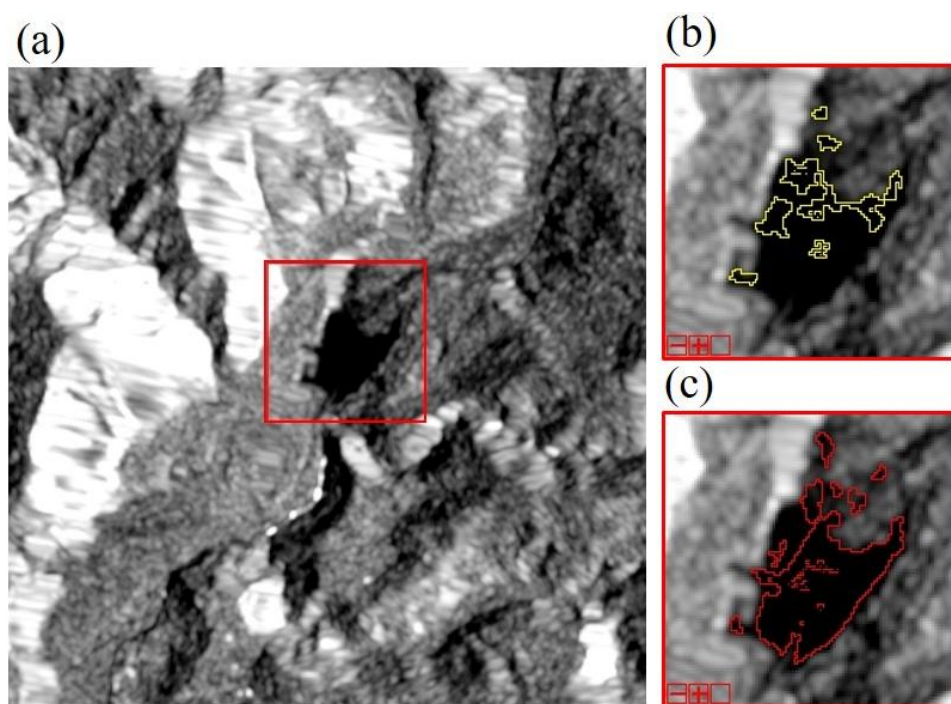


圖 3-12 2017 年 7 月 16 日荖濃溪堰塞湖統計值門檻法偵測結果(a) 2017 年 7 月 16 日 Sentinel-1 影像(b)以一年期時間序列偵測結果（黃色多邊形圈選範圍）(c)以五年期時間序列偵測結果（紅色多邊形圈選範圍）

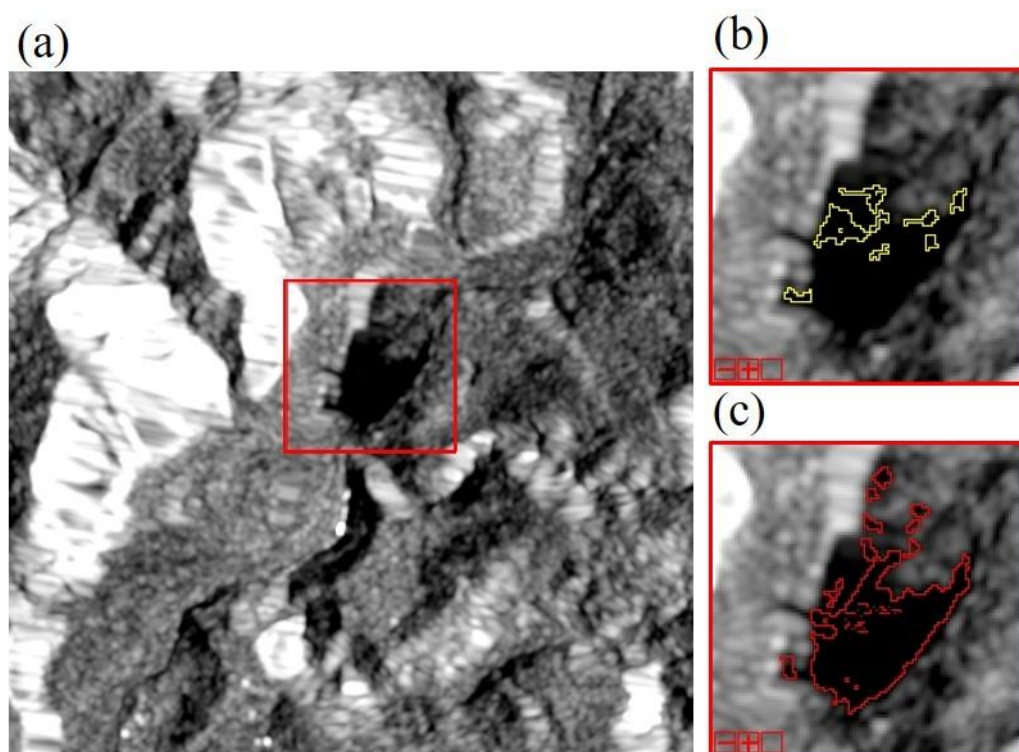


圖 3-13 2017 年 7 月 28 日荖濃溪堰塞湖統計值門檻法偵測結果(a) 2017 年 7 月 28 日 Sentinel-1 影像(b)以一年期時間序列偵測結果（黃色多邊形圈選範圍）(c)以五年期時間序列偵測結果（紅色多邊形圈選範圍）

本計畫所開發之應用 Sentinel-1 衛星影像偵測堰塞湖的方法，可分為四個部分：(A)Sentinel-1 影像前處理、(B)時間序列影像正規化及統計值計算、(C)變異偵測、(D)地形分析。

Sentinel-1 影像前處理是使用 ESA 所提供的 Sentien-l 應用平臺 (Sentinel Application Platform, SNAP)，將前期影像資料庫及欲偵測日期影像進行校準(Calibration)、熱噪訊移除(thermal noise removal)、斑駁/雜訊濾波(speckle filter)、地形校正(terrain correction)等步驟。其中地形校正所需之數值地形模型(DEM)則使用內政部 2024 年發布之臺灣全島 20m 解析度 DEM (<https://data.gov.tw/dataset/169807>)，並將其由 TWD97 坐標轉換為地理坐標(geographical coordinates) (lat/lon, WGS84)。前處理完成後，即可得到經過輻射校正、地形修正的研究

區域背向散射係數(Sigma0_VV)影像。

完成 Sentinel-1 影像前處理後，下一步是進行統計的工作。首先將前期影像資料庫內之影像，根據拍攝時的軌道類型分為升軌及降軌兩組。兩組時間序列影像轉換為對數，並以時間序列影像中穩定亮區為 255，水庫常有水區域為 0，進行正規化將影像縮放到 0-255 的範圍後，計算時間序列影像中每個像元的平均值、標準差與最小值。背向散射係數中訊號強度為指數變化，且不同日期影像的資料範圍不相同，因此將背向散射係數轉換為對數，再拉伸至 0 到 255 的範圍，以利比較不同日期影像中雷達訊號的強度變化。Sentinel-1 影像拍攝範圍會根據 ESA 官方所設定之排程而有所差異，並非每次皆會拍攝臺灣全島。為獲得最多的資訊，時間序列影像中將包含拍攝全島範圍及僅拍攝部分範圍之影像。然若將所有時間序列影像根據影像範圍之最大最小值進行線性拉伸，則僅拍攝部分臺灣的影像 DN 值會較拍攝臺灣全島的影像 DN 值高（圖 3-14）。因此，本計畫使用分散於臺灣不同區域之水庫及穩定亮區作為線性拉伸之基準，以解決因影像拍攝範圍不同造成之差異（圖 3-15）。為避免水庫暗區基準值受到水庫蓄水量影響，各水庫皆以靠近壩體處之區域作為水庫暗區參考基準，如圖 3-16 所示。圖 3-17 為 2021 年 5 月 18 日各水庫於低水位時期之 Sentinel-1 影像。穩定亮區為 2015 年 7 月至 2020 年 7 月五年間之雷達影像中，雷達回波強度訊號皆強之區域，其多為建物等二次散射區域，如圖 3-18 所示，升軌及降軌影像因取像角度不同，強回波訊號的區域亦不相同，因此分別製作升軌與降軌兩種雷達回波穩定亮區圖層。表 3-2 為 Sentinel-1 影像回波強度正規化所使用之穩定亮區暗區面積與數量統計。

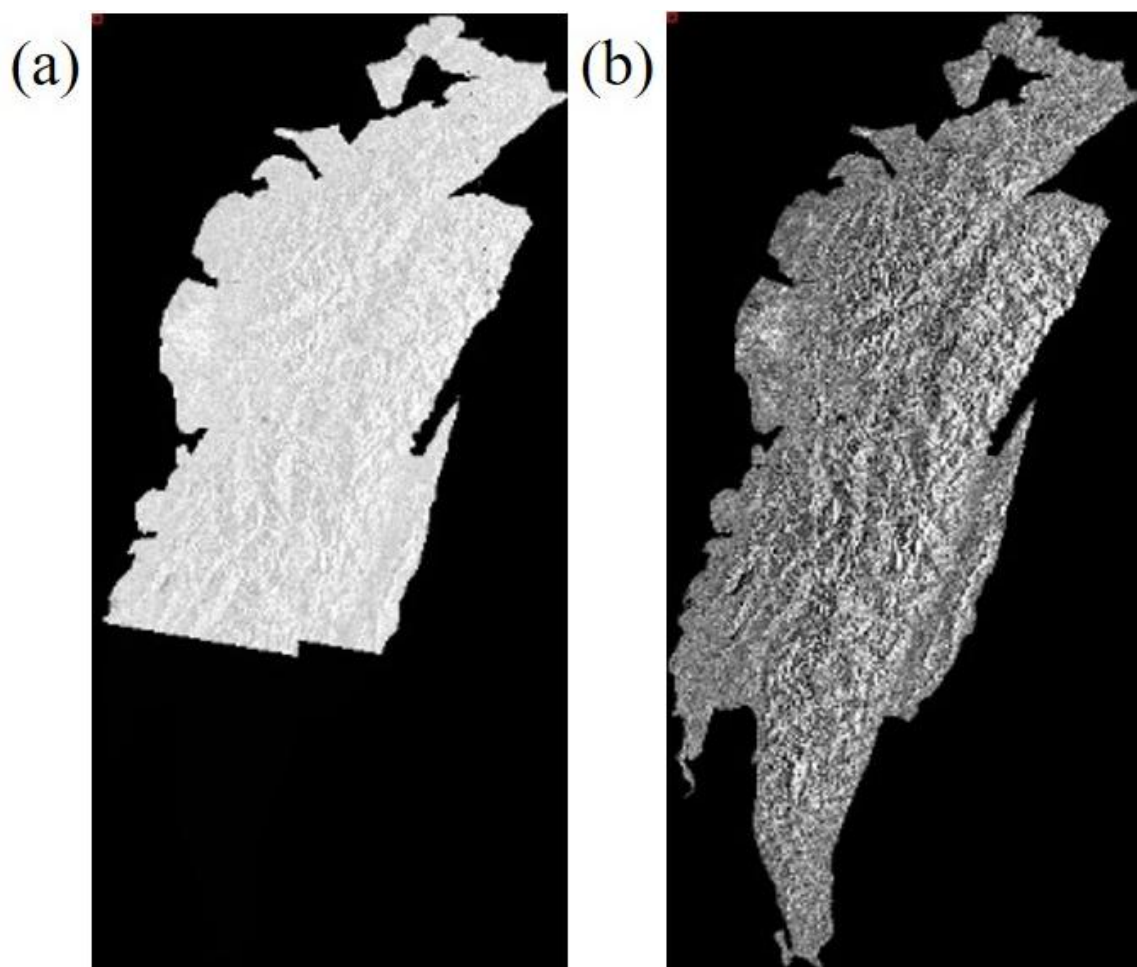


圖 3-14 以影像中最大最小值為基準進行雷達回波強度正規化：(a) 2019 年 8 月 18 日；(b) 2019 年 8 月 23 日

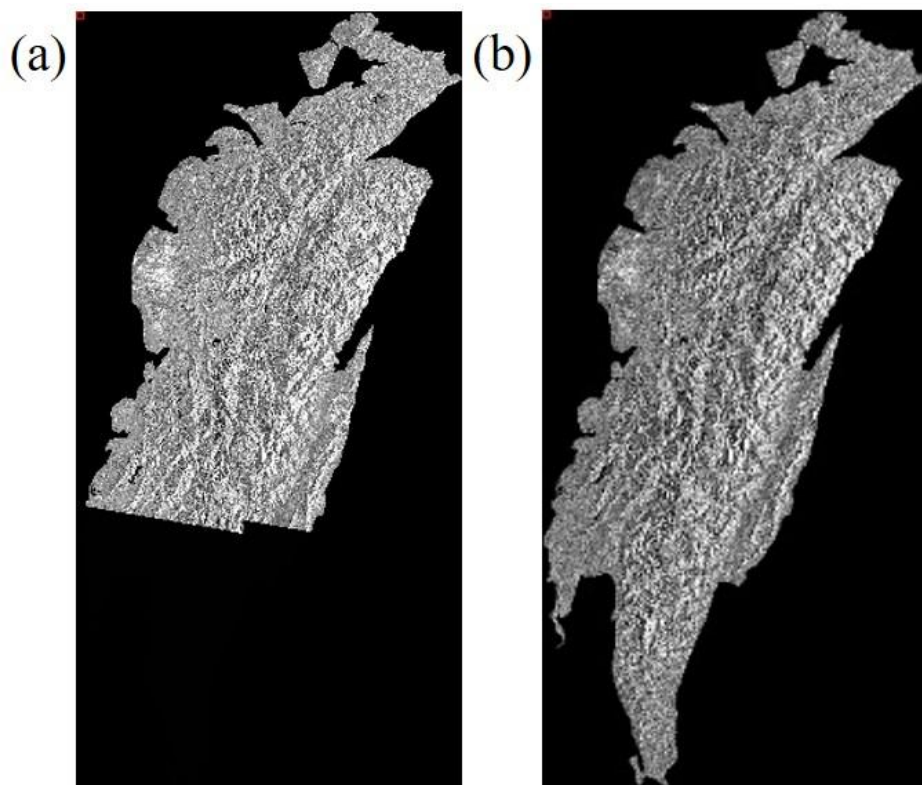


圖 3-15 以水庫及穩定亮區為基準進行雷達回波強度正規化：(a) 2019 年 8 月 18 日；(b) 2019 年 8 月 23 日

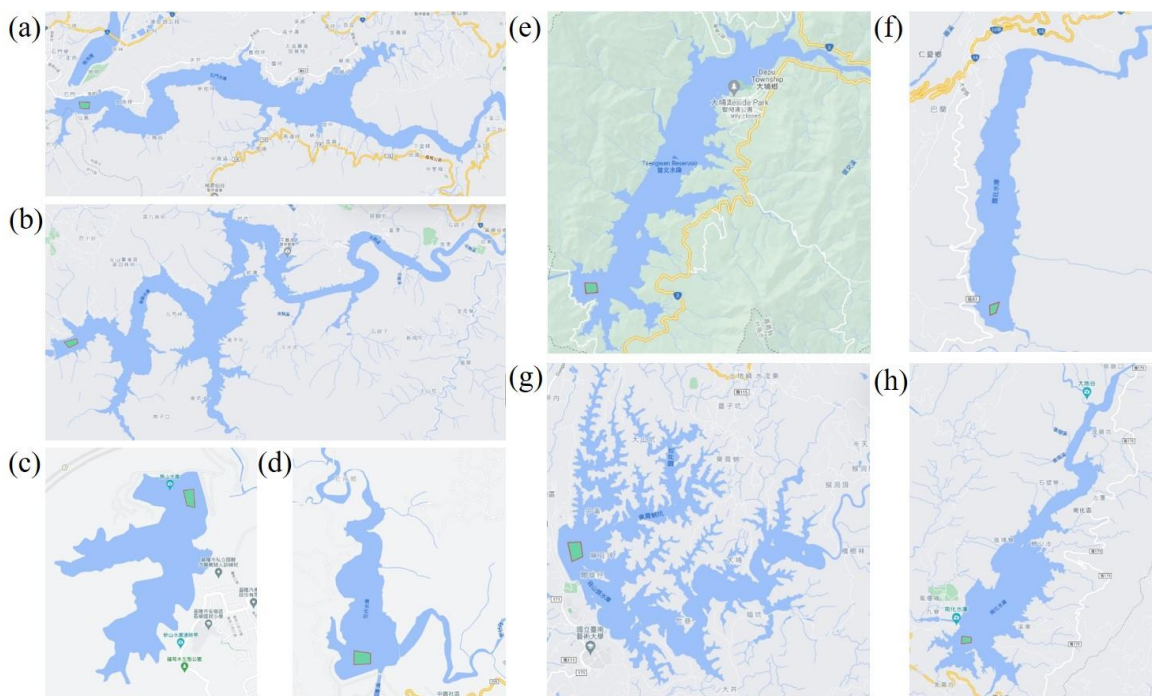


圖 3-16 水庫暗區劃定範圍：(a)石門水庫、(b)翡翠水庫、(c)新山水庫、(d)牡丹水庫、(e)曾文水庫、(f)霧社水庫、(g)烏山頭水庫、(h)南化水庫

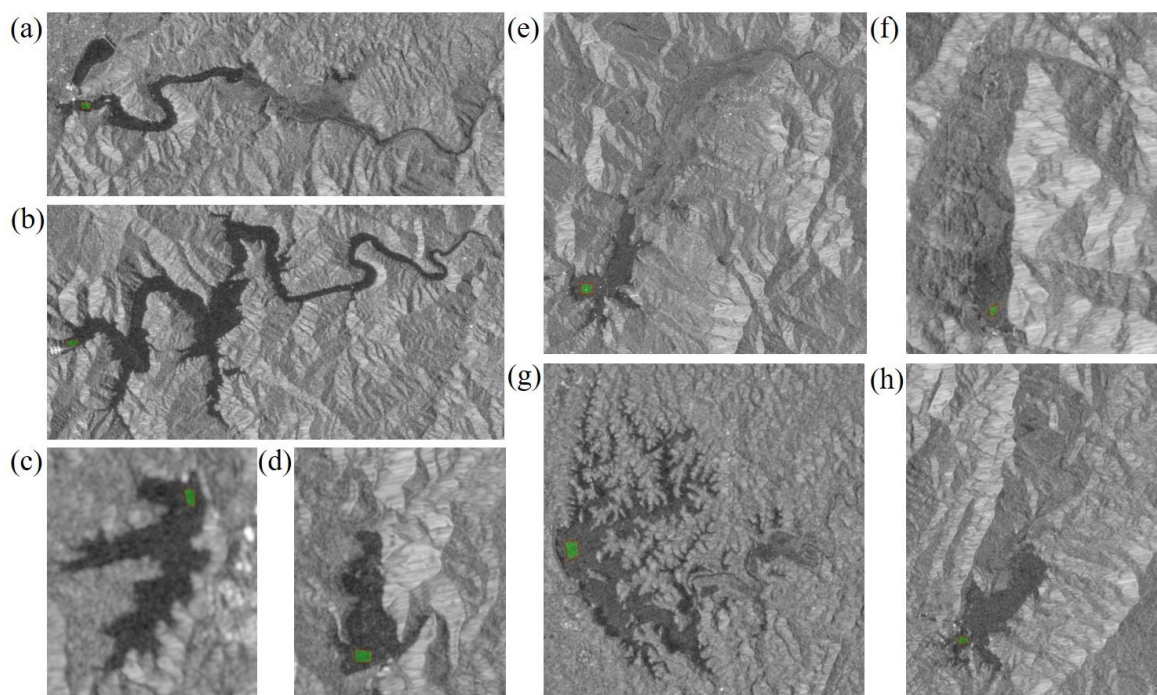


圖 3-17 水庫區域 2021 年 5 月 18 日 Sentinel-1 影像：(a)石門水庫、(b)翡翠水庫、(c)新山水庫、(d)牡丹水庫、(e)曾文水庫、(f)霧社水庫、(g)烏山頭水庫、(h)南化水庫

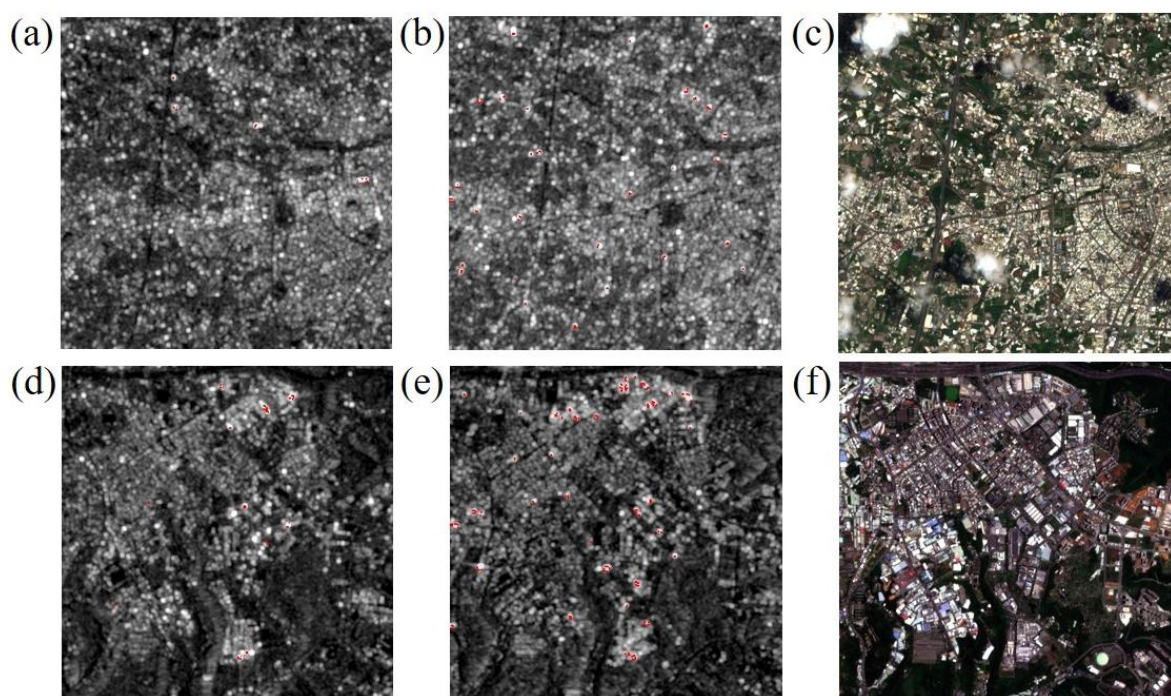


圖 3-18 Sentinel-1 影像回波強度正規化所使用之穩定亮區：(a)、(d)為 Sentinel-1 升軌影像之穩定亮區（紅色方塊），(b)、(e)為相同區域降軌影像之穩定亮區（紅色方塊），(c)、(f)則為相同區域 Sentinel-2 影像

表 3-2 Sentinel-1 影像回波強度正規化穩定亮區暗區資料統計

圖層名稱	多邊形數量	總面積(km ²)
水庫暗區	9	0.43
升軌影像穩定亮區	1,067	0.19
降軌影像穩定亮區	3,861	0.84

本計畫以「最小值門檻法」與「統計值門檻法」兩種方式作為自動偵測堰塞湖之方法。最小值門檻法是以 2015 年 7 月至 2020 年 7 月五年間 DN 值最小值作為門檻，萃取判釋影像像元 DN 值小於門檻之像元。統計值門檻法是以 2015 年 7 月至 2020 年 7 月五年間影像統計結果為基礎，求取平均值與標準差，萃取影像 DN 值小於兩倍標準差以下之像元為堰塞湖潛勢區。每個像元會有不同的統計結果，並非單幅影像單一門檻。此兩種方法之像元統計是以各個像元分開統計，兩種不同的門檻值選定法偵測堰塞湖之像元數值如圖 3-19 所示，若影像 DN 值小於統計值門檻(圖中藍框)則為統計值門檻堰塞湖潛勢區，若小於最小值門檻(圖中紅框) 則為最小值門檻堰塞湖潛勢區。根據前述兩種方法設定閾值界定水體範圍，偵測日期影像中低於閾值的影像像元即為變異點，再假設面積小於 0.1 公頃堰塞湖偵測之變異點規模較小，且可能為影像雜訊，評估其致災性較低，故予以移除，以提升災害期間應變效率為目標，減少雷達影像中斑駁雜訊對變異偵測造成的干擾。

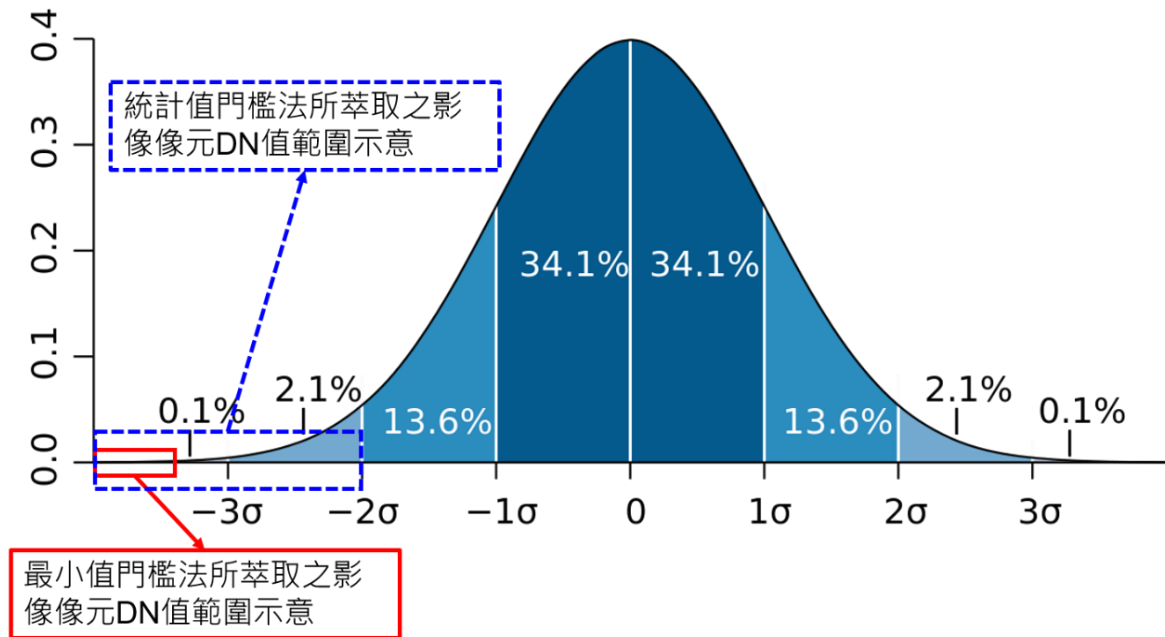


圖 3-19 統計值門檻法與最小值門檻法所篩選之像元數值示意圖

由最小值門檻法及統計值門檻法所篩選出的變異點，根據可能形成堰塞湖的地形條件進一步的篩選。所設定的篩選條件包含：(A) 位於山坡地範圍內、(B) 現有河道或總通量(total flux)大於 4、(C) 坡度小於 30 度、(D) 非水庫、湖泊等已知水體範圍、(E) 非雷達疊置陰影區域。本計畫使用 2025 年水土保持署公告之山坡地範圍作為篩選條件，現有河道使用水利署提供之河川水系圖進行 20 公尺的環域分析(buffer)，然此圖層並未包含野溪(Torrent)，因此總通量大於 4 的區域亦納入堰塞湖可能發生的區域內，並將坡度大於 30 度之變異點排除。利用河川水系圖中湖泊等水體範圍及水庫蓄水範圍等資料，將水庫及湖泊等靜態水體水位變化的變異點排除。此外，雷達衛星疊置及陰影區的回波資訊，無法透過地形校正復原，難以提供可靠的地表資訊，因此以歷年雷達疊置陰影圖之聯集，分別產製 Sentinel-1 升軌及降軌的疊置陰影遮罩，排除位於疊置陰影區之變異點。排除靜態水體的水位變化及位於疊置陰影區內等非水體的變異，即可獲得新增或消失之

水體範圍（堰塞湖），並佐以光學衛星影像或 UAV 影像驗證，相關流程如圖 3-20 所示。

目前本計畫之堰塞湖偵測流程如前所述，於 2022 年引進排除雷達影像疊置陰影區域後，成功減少 10%~20%的誤判點位。本年度也持續開發堰塞湖偵測精進策略，以圖 3-21 為例，可以發現許多堰塞湖的生成位置，都有歷史河道邊坡崩塌的紀錄。本年度整理歷年堰塞湖案例的 Sentinel-1 水體偵測結果與崩塌圖層的位置關係，建立歷年崩塌合併圖層的 250 公尺環域(Buffer)，如圖 3-22 所示。使用的歷年崩塌圖層包含：農業部林業及自然保育署（以下簡稱林業署）2014 至 2017 各年度之全島崩塌目錄以及農村水保署 2014 至 2022 各年度之事件型崩塌目錄。本年度延續 2023 年計畫工作成果，將堰塞湖偵測結果中位於歷年崩塌合併 250 公尺環域範圍內之疑似堰塞湖點位進行標註，並由後續光學衛星影像確認該區域是否再度發生崩塌與是否有堰塞湖生成。

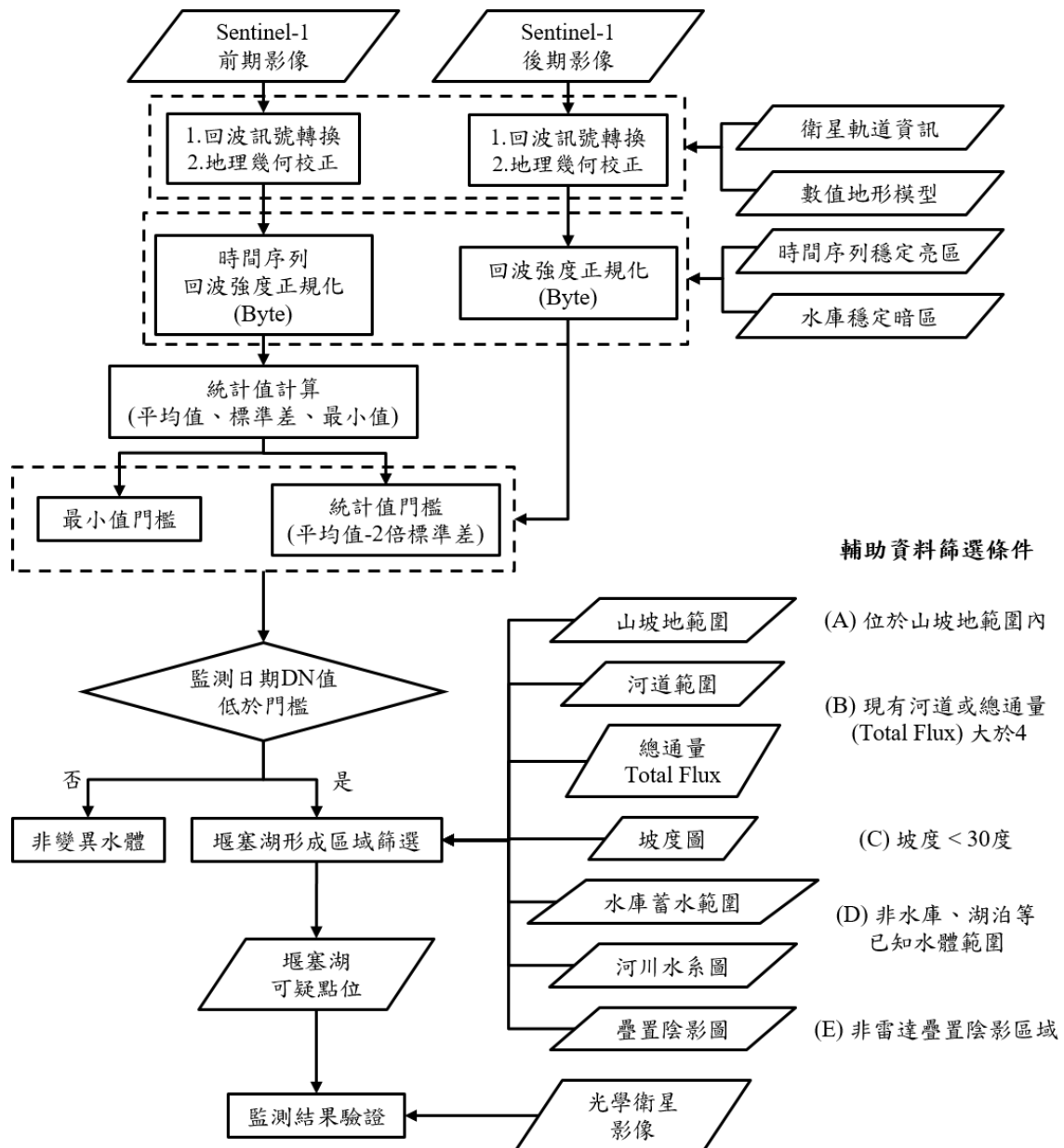


圖 3-20 Sentinel-1 雷達影像堰塞湖偵測流程圖

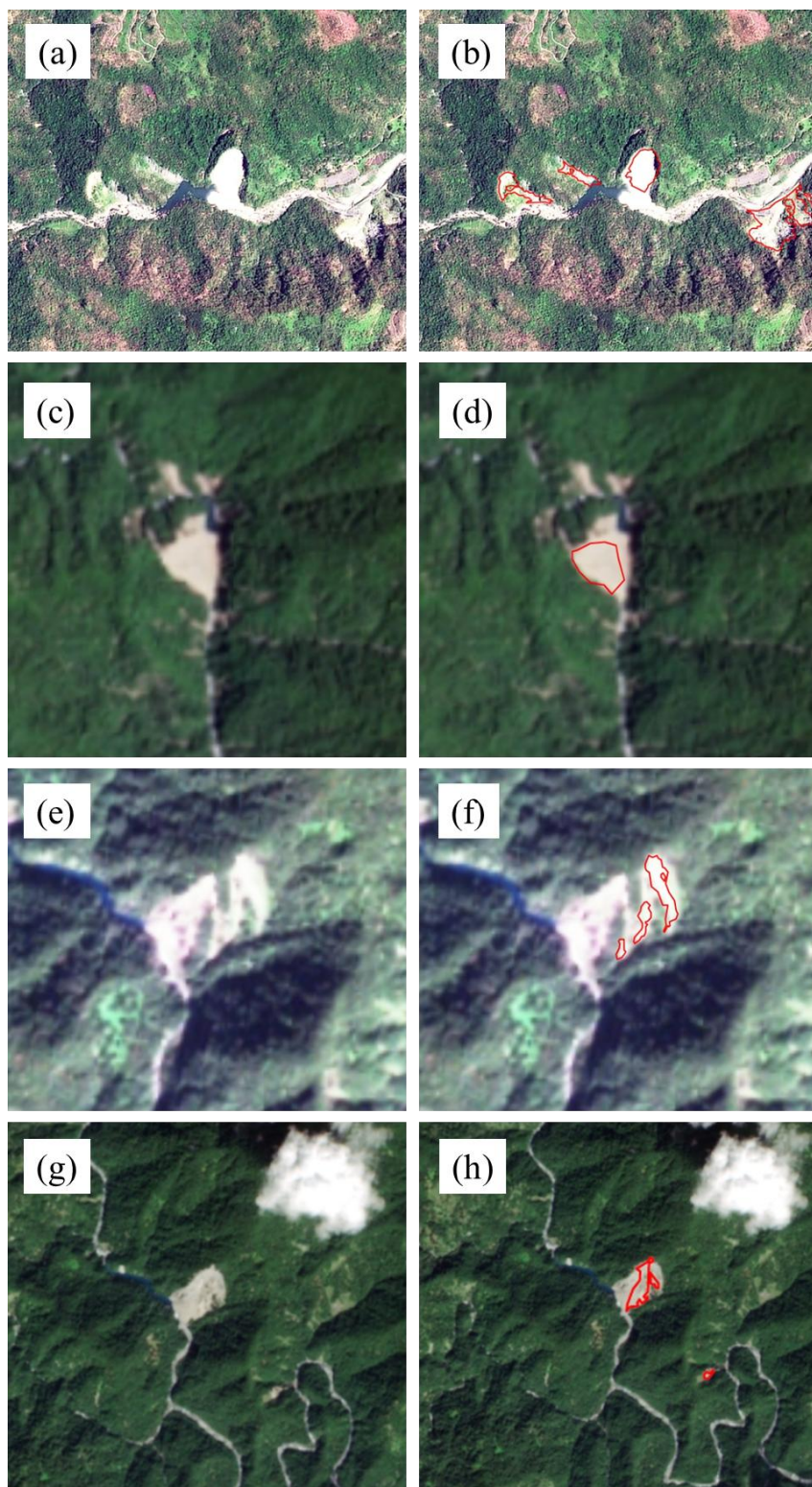


圖 3-21 堰塞湖生成與附近河道邊坡崩塌案例：(a) 2016 年臺東縣尚德村泰源南溪堰塞湖；(b)套疊 2015 全島崩塌地圖層；(c) 2019 年臺中市和平區志樂溪堰塞湖；(d)套疊 2019 全島崩塌地圖層；(e) 2020 年宜蘭縣南澳鄉南澳南溪堰塞湖；(f)套疊 2018 全島崩塌地圖層；(g) 2022 年宜蘭縣南澳鄉南澳南溪堰塞湖；(h)套疊 2022 事件型崩塌目錄

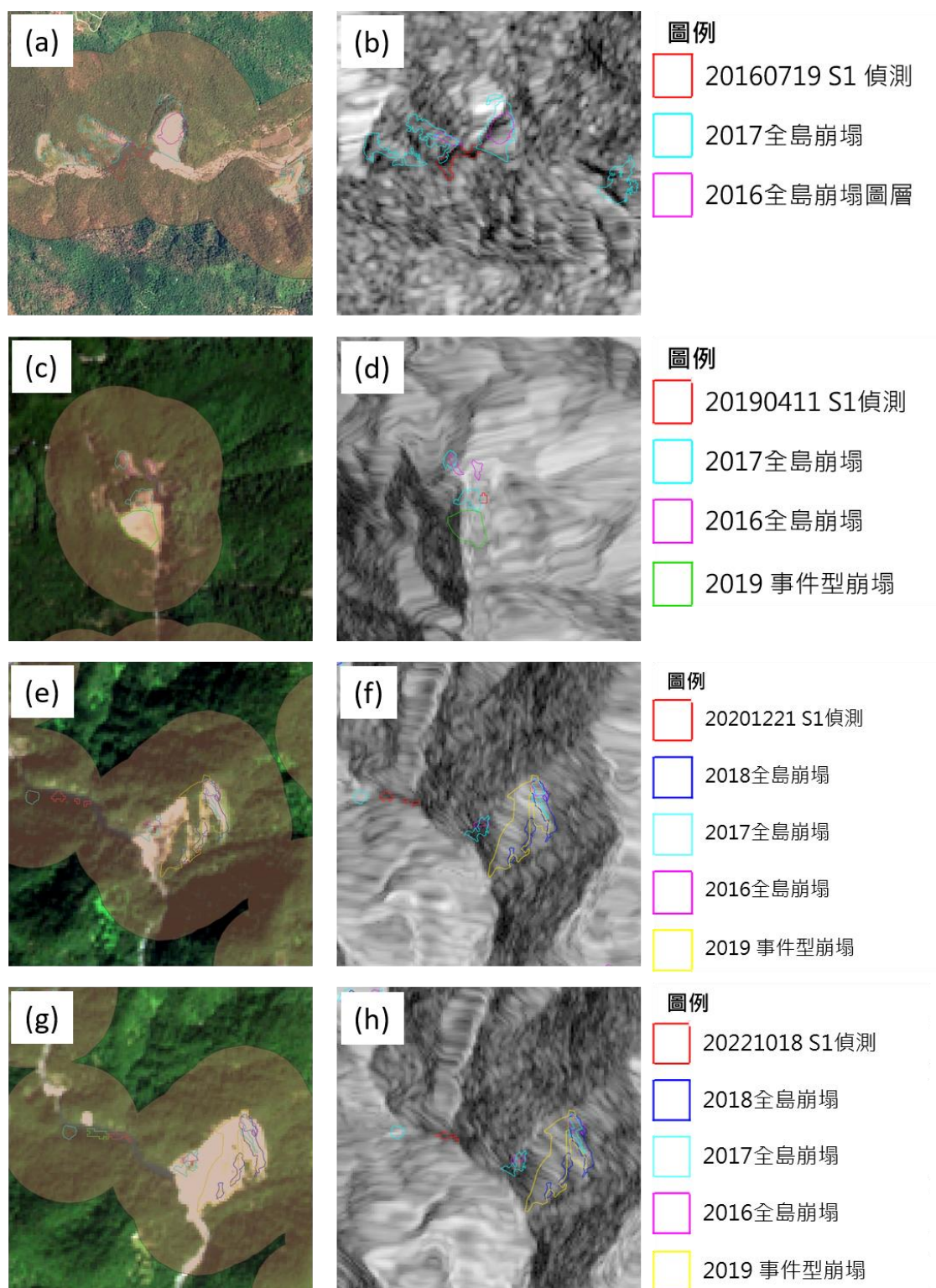


圖 3-22 堰塞湖案例，左圖為光學影像套疊歷年崩塌 250 公尺環域圖層，右圖為 Sentinel-1 影像：(a)、(b) 2016 年臺東縣尚德村泰源南溪堰塞湖；(c)、(d) 2019 年臺中市和平區志樂溪堰塞湖；(e)、(f) 2020 年宜蘭縣南澳鄉南澳南溪堰塞湖；(g)、(h) 2022 年宜蘭縣南澳鄉南澳南溪堰塞湖

第三節 Sentinel-2 光學衛星影像堰塞湖偵測結果驗證

Sentinel-2 是歐洲太空總署最新一代的光學衛星，可拍攝 13 個波段的高品質遙測影像，如表 3-3 所示，其中 4 個波段解析度達 10 公尺，6 個波段解析度為 20 公尺，3 個波段解析度為 60 公尺。取像之輻射解析度是每個像元 12 bits，經過基本輻射校正與正射糾正處理後的影像，是以 unsigned integer 的資料型態儲存。歐洲太空總署也開發了名為 Sen2Cor 的大氣校正工具，可以從 Level-1C 產品計算出氣溶膠光學厚度(aerosol optical thickness)、水氣含量、雲雪或然率、12 種地表地物分類圖(SCL Map)，圖 3-23 為 Sentinel-2 影像經 Sen2Cor 大氣校正後的真實自然色影像(左圖)及 12 種地表地物分類圖(右圖)。此外，將大氣層頂的輻亮度值轉換為大氣層底（地表）的輻亮度值，直接產製雲霧遮罩，對於多期影像變異分析特別有利。

表 3-3 Sentinel-2 MSI 波段介紹

波段	波長 (μm)	波寬 (μm)	波段說明		解析度(m)
01	0.443	0.020	Aerosol detection	沿海氣溶膠	60
02	0.49	0.065	Blue	藍光	10
03	0.56	0.035	Green	綠光	10
04	0.665	0.030	Red	紅光	10
05	0.705	0.015	Vegetation	植被紅邊	20
06	0.74	0.015	Vegetation	植被紅邊	20
07	0.783	0.020	Vegetation	植被紅邊	20

08	0.842	0.115	Near infrared	近紅外光	10
08A	0.865	0.020	Vegetation	植被紅邊	20
09	0.945	0.020	Water vapour	水氣	60
10	1.375	0.030	Cirrus	捲雲	60
11	1.61	0.090	Snow / ice / cloud	短波紅外光	20
12	2.19	0.180	Snow / ice / cloud	短波紅外光	20

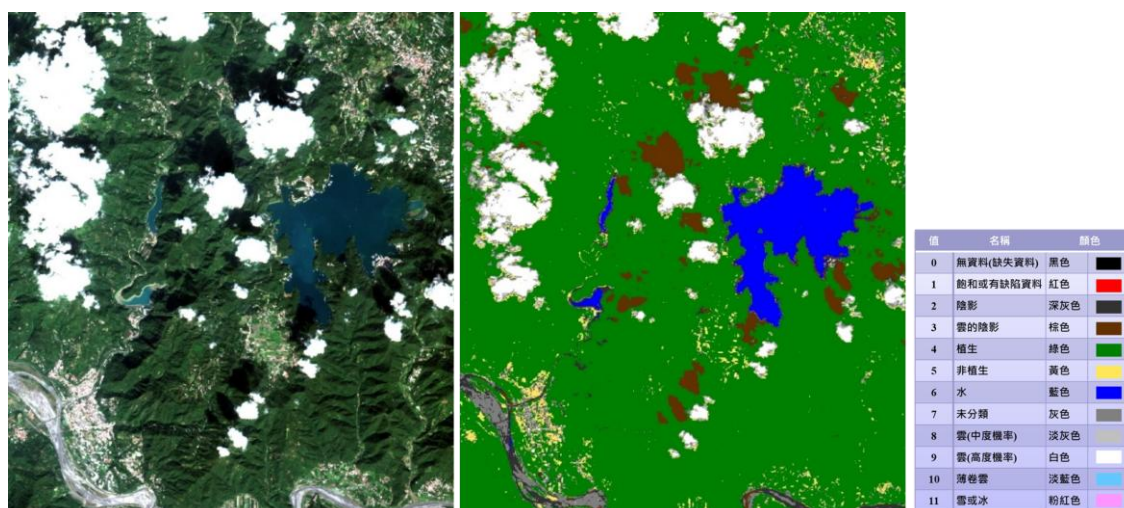


圖 3-23 經過 Sen2Cor 處理所產製 12 種地表地物分類圖

Sentinel-2 自 2017 年 11 月起開始穩定提供影像，平均 5 到 10 天可對臺灣全島取像一次。為快速且有系統地處理 Sentinel-2 影像，支援各領域相關應用，本案整合過去發展各種遙測影像自動處理系統所累積之經驗與技術，開發了 Sentinel-2 影像自動處理系統。表 3-4 為 Sentinel-2 影像各級處理說明，所有處理程序都是自行開發，且在個人電腦即能執行。

表 3-4 Sentinel-2 影像各級處理說明

影像處理等級	Level-1C 標準產品 下載並解壓縮	Level-2A 大氣校正處理 (Sen2cor 2.4.0 版)	Level-3 加值處理
耗時	~3hr	~3hr	~1hr
影像處理內容	■ 輻射與幾何校正處理 ■ 正射糾正處理 ■ 計算各波段大氣層頂(TOA)反射率 ■ 依照 Sentinel-2 圖磚格網(tiling grid)裁切影像 ■ 使用 JPEG 2000 + GML 格式壓縮影像並註記資料	■ 根據 LibRadtran 輻射傳輸模式所建置之索引表(LUTs)，計算各波段大氣層底(BOA)反射率 ■ 根據暗密植被(dense dark vegetation, DDV)演算法，求算氣融膠光學密度(aerosol optical thickness) ■ 根據大氣預校正微分吸收率(atmospheric pre-corrected differential absorption, APDA)，求算陸域大氣之水氣(water vapour)含量 ■ 自動產製包含 12 種地表地物之分類圖(Scene Classification map, SCL map)	■ 臺灣全島影像鑲嵌處理 ➢ 12 波段、10m 解析度、含近海範圍（每幅 20.8Gb） ➢ 真實自然色、10m 解析度、含近海範圍 ➢ 20m 解析度之 12 種地表地物之分類圖 SCL map ■ 增揚處理 ➢ 陸域自適化增揚 ➢ 海域線性增揚 ■ 檔名正規化，符合資料倉儲快速檢索規則 ■ 標準圖磚製作與發布

由圖 3-24 所示之 Landsat-7 ETM+、Landsat-8 OLI/TIRS 與 Sentinel-2 MSI 波段頻譜之比較圖中可發現，Sentinel-2 衛星遙測影像之頻譜解析度更高，對於地物分析能力也更好。在堰塞湖偵測之應用上，Sentinel-2 經 Sen2Cor 處理所產製之 12 種地表地物分類圖中，即包含水體這個分類項目，然其產製之分類並非完全正確，若僅使用地表地物分類圖進行水體判釋可能會有誤判。常態化差異水體指標(normalised difference water index, NDWI)由 McFeeters 於 1996 年提出，此指標的設計是根據開放水體會吸收近紅外光(NIR)、植被或土壤則會反射近紅外光(NIR)的特性，並透過綠光波段來最大化水體的反射特徵。在 NDWI 指標中水體將呈現正值，植被及土壤則為零或負值，被用來圈繪開放水體的範圍並增強水體於影像中的特徵，其計算式如式 1。Sentinel-2 地表地物分類圖中的水體分類及 NDWI 指標等皆可作為堰塞湖偵測結果驗證之輔助工具。

$$\frac{(GREEN - NIR)}{(GREEN + NIR)} \quad (\text{式 1})$$

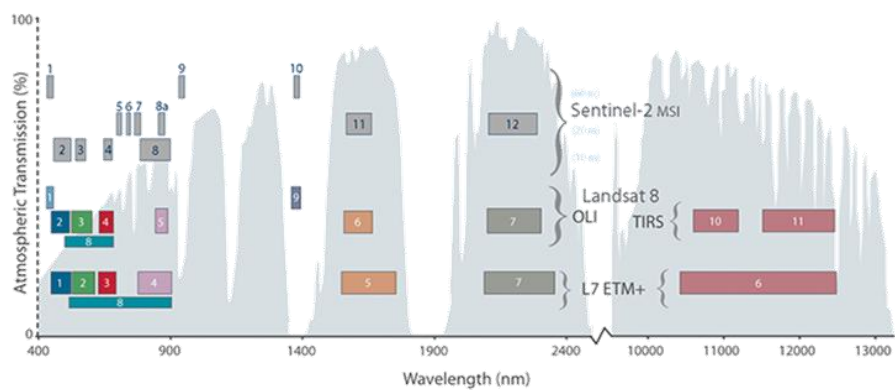


圖 3-24 Landsat-7 ETM+, Landsat-8 OLI/TIRS 與 Sentinel-2 MSI 波段頻譜比較

第四節 堰塞湖監測案例

當土石流及大規模崩塌紅黃警戒發布或發生震度 5 強以上的地震後，立即開始堰塞湖偵測緊急應變程序。圖 3-25 為堰塞湖偵測緊急應變程序流程圖，緊急應變程序發布後，確認災中或災後第一幅 Sentinel-1 影像拍攝日期，並於 Sentinel-1 衛星完成取像後的 12 至 24 小時於歐洲太空總署哥白尼計畫網站下載，下載完成後即開始 Sentinel-1 衛星影像處理及堰塞湖自動偵測，自動偵測結果再進行人工判釋確認是否有疑似堰塞湖點位及河道邊坡是否曾發生過崩塌後，將兩種門檻值自動偵測結果與疑似堰塞湖點位資訊上架至 BigGIS 堰塞湖監測模組中，提供具權限之使用者登入後使用。人工判釋的疑似堰塞湖點位，再以災後光學影像進行確認，若非堰塞湖則結束緊急應變工作，若為堰塞湖則回報並持續使用雷達及光學衛星影像進行監測。

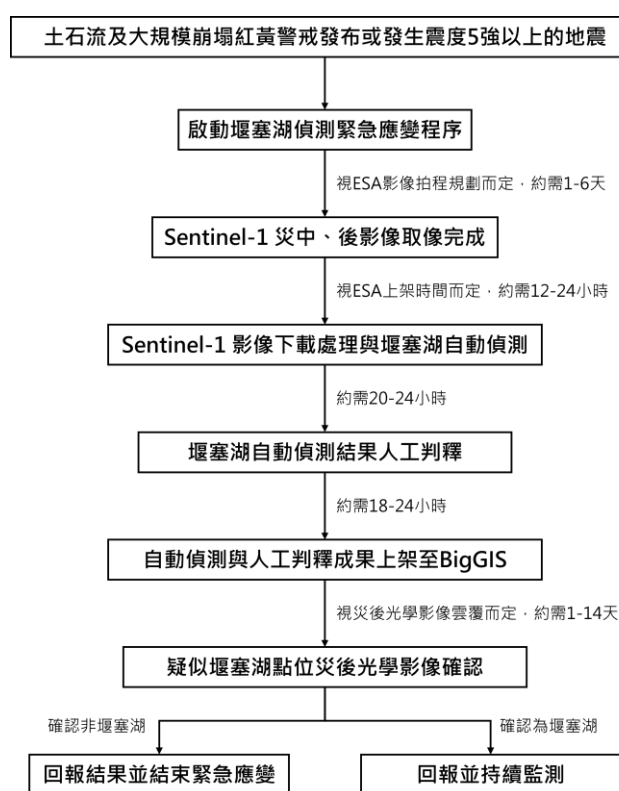


圖 3-25 堰塞湖偵測緊急應變程序流程圖

一、 0121嘉義地震暨0130嘉義地震

2025 年 1 月 21 日上午 0 點 17 分，嘉義縣大埔鄉發生芮氏規模 6.4 的地震，嘉義縣大埔鄉最大震度達 6 弱，台南市楠西區、高雄市甲仙區最大震度 5 弱。

農村水保署於災害發生後立即開始緊急應變程序，以 2015 年 7 月至 2020 年 7 月五年間之 Sentinel-1 衛星影像的處理統計結果，作為最小值門檻法與統計值門檻法劃定水體範圍的門檻值，於獲取 1 月 21 日 Sentinel-1 影像後進行影像偵測。自動偵測結果經人工判釋，未發現疑似堰塞湖形成之水體反應，相關圖層展示於巨量空間資訊系統，如圖 3-26 所示。

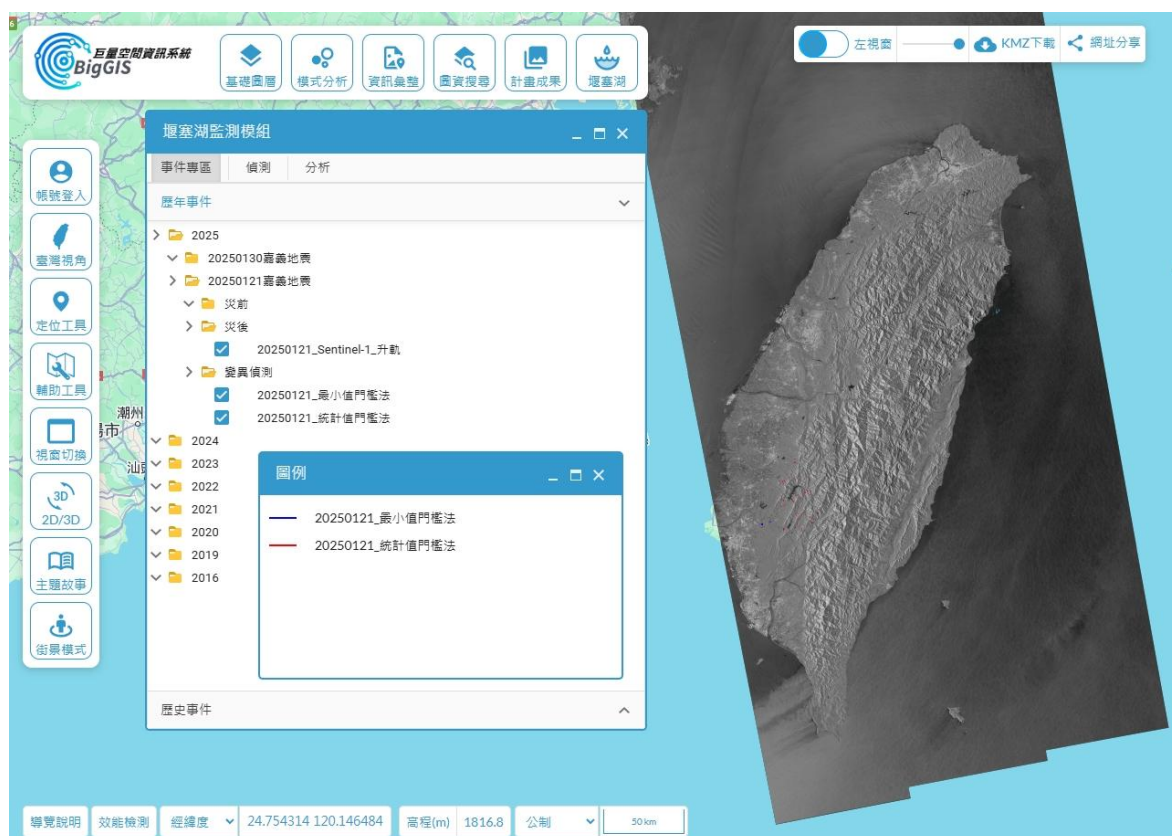


圖 3-26 2025 年 1 月 21 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統

而後於 2025 年 1 月 30 日上午 10 點 11 分，嘉義縣大埔鄉發生芮氏規模 5.6 的地震，嘉義縣大埔鄉最大震度達 5 強。

農村水保署同樣於災害發生後立即開始緊急應變程序，於獲取 2 月 2 日 Sentinel-1 影像後進行影像偵測。自動偵測結果經人工判釋，同樣未發現疑似堰塞湖形成之水體反應，相關圖層展示於巨量空間資訊系統，如圖 3-27 所示。本次警戒事件處理之時間軸如圖 3-28 所示。

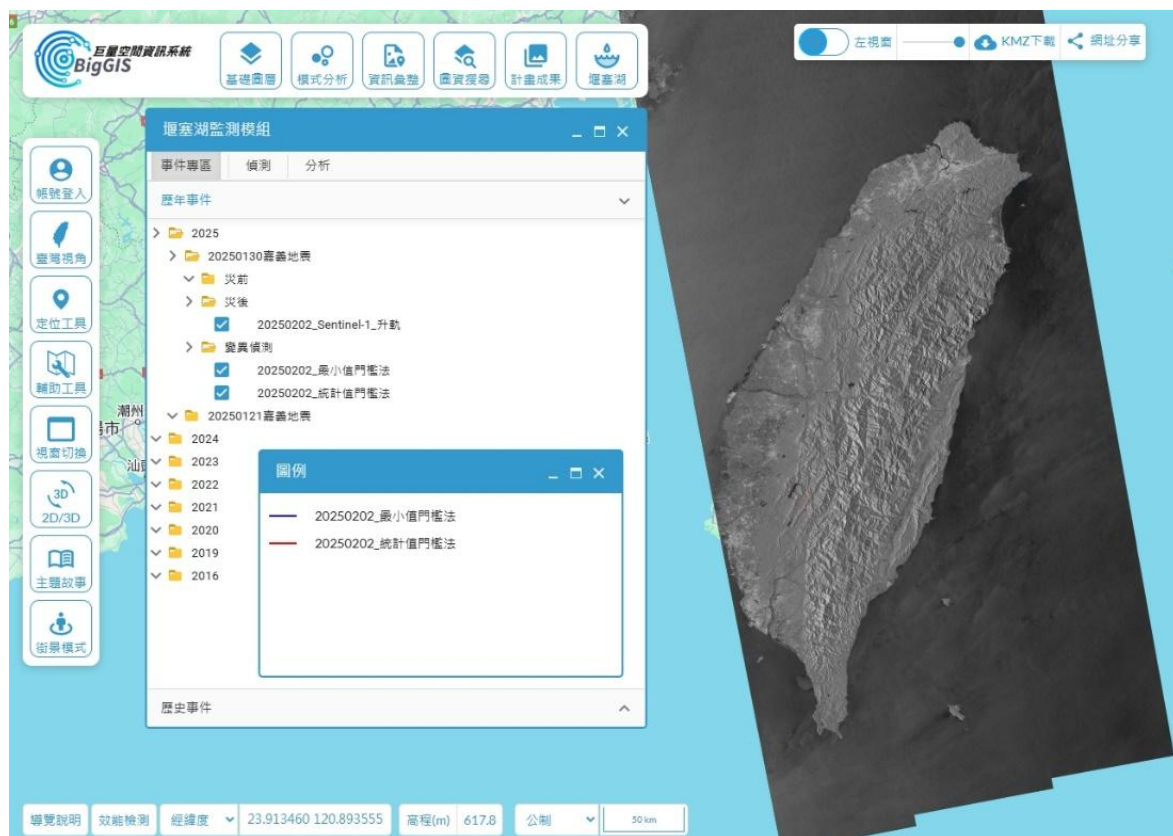


圖 3-27 2025 年 2 月 2 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統

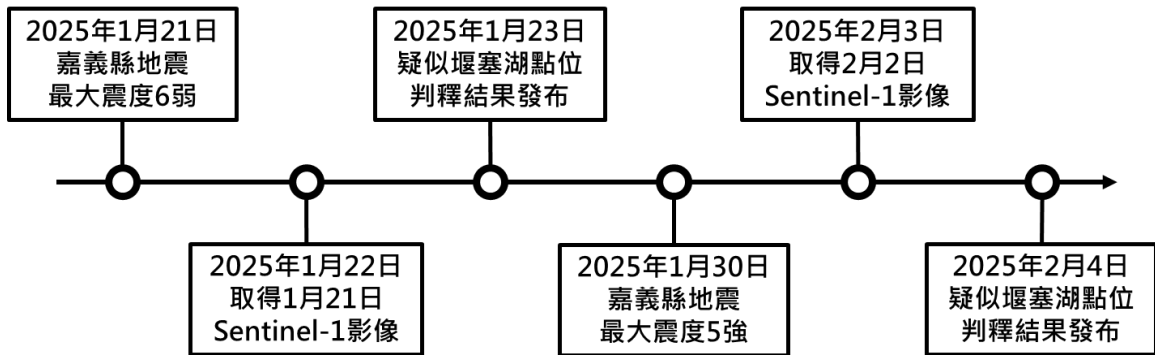


圖 3-28 2025 年 0121 嘉義地震暨 0130 嘉義地震警戒事件處理時間軸

二、 0613 豪雨

農村水保署於 2025 年 6 月 13 日 10 時 30 分發布 0613 豪雨事件的高雄市黃色警戒，同日 15 時 30 分發布紅色警戒，21 時 30 分解除紅色警戒，於 14 日 6 時 30 分解除警戒。圖 3-29 為 6 月 12 日至 14 日 24 小時累積雨量。

農村水保署於災害發生後立即開始緊急應變程序，以 2015 年 7 月至 2020 年 7 月五年間之 Sentinel-1 衛星影像的處理統計結果，作為最小值門檻法與統計值門檻法劃定水體範圍的門檻值，於獲取 6 月 14 日 Sentinel-1 影像後進行影像偵測。自動偵測結果經人工判釋，共發現 5 處疑似堰塞湖形成之水體反應，且河道邊坡曾發生過崩塌，相關圖層展示於巨量空間資訊系統，如圖 3-30 所示。圖 3-31 為 5 處疑似堰塞湖點位之災後光學衛星影像，圖中紅框為疑似堰塞湖水體範圍，黃、綠框分別為農村水保署 2023、2021 年全臺崩塌地圖層。由災後光學影像中可確認河道邊坡無新生崩塌，推測應為降雨後河道水位短暫上升造成之水體訊號而非堰塞湖。本次警戒事件處理之時間軸如圖 3-32 所示。

2025-06-12 23:50
24 Hours Accumulated Rainfall

2025-06-13 23:50
24 Hours Accumulated Rainfall

2025-06-14 23:50
24 Hours Accumulated Rainfall

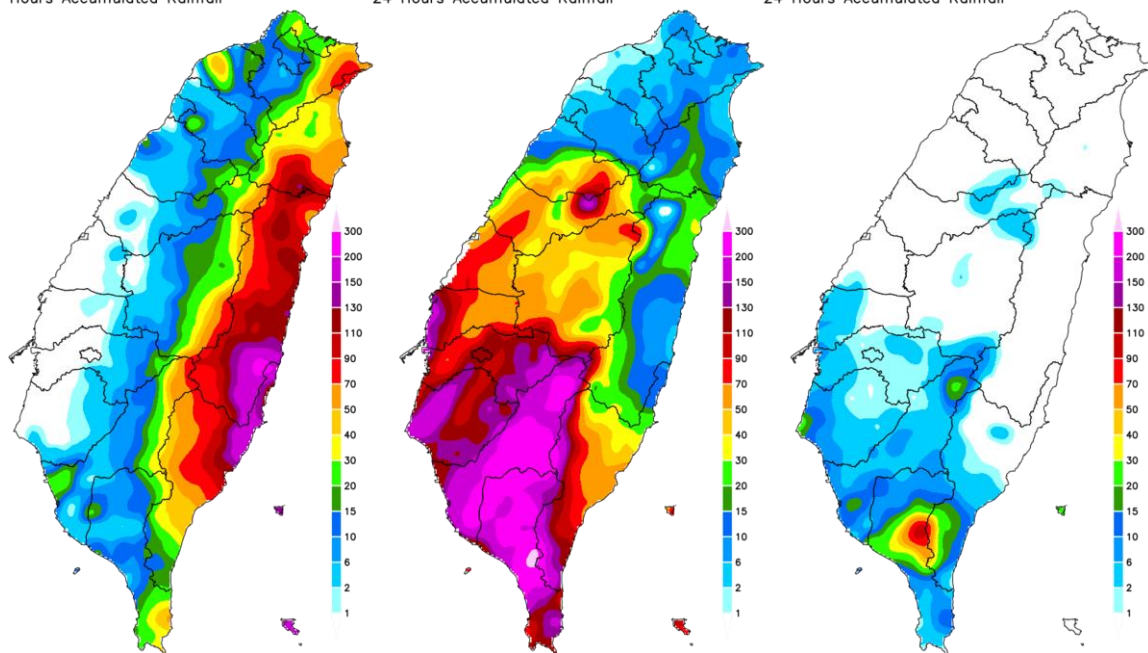


圖 3-29 NCDR 天氣與氣候監測網 6 月 12 至 14 日 24 小時累積雨量圖

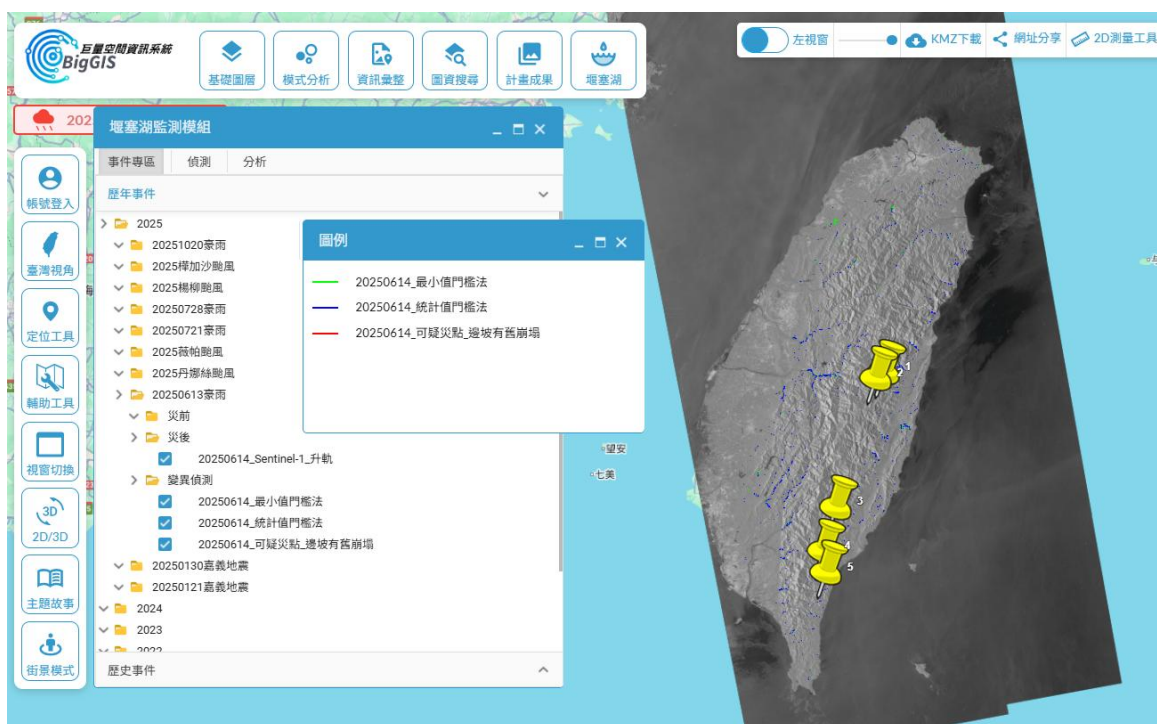


圖 3-30 2025 年 6 月 14 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統

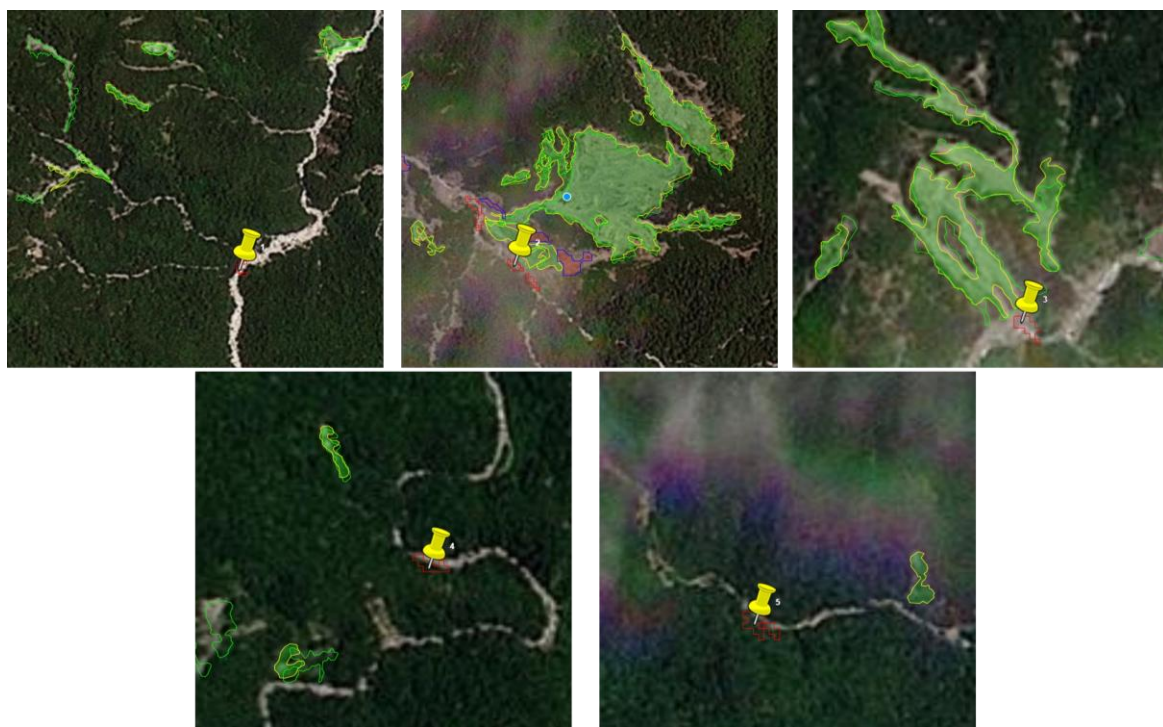


圖 3-31 2025 年 6 月 16 日 PlanetScope 衛星影像確認 5 處疑似堰塞湖水體訊號皆非堰塞湖

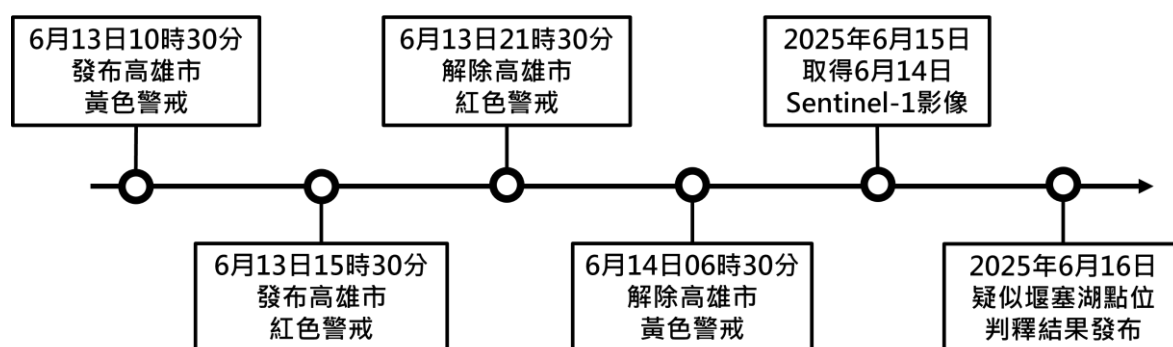


圖 3-32 2025 年 0613 豪雨警戒事件處理時間軸

三、 丹娜絲颱風

農村水保署於 2025 年 7 月 6 日 6 時 30 分發布丹娜絲颱風的臺東縣黃色警戒，同日 12 時 30 分發布嘉義縣、高雄市、屏東縣黃色警戒，15 時 30 分發布屏東縣紅色警戒，7 日 15 時 30 分解除全島警戒。7 月 9 日 10 時 30 分再度發布高雄市黃色警戒，同日 12 時 30 分發布雲林縣、嘉義縣黃色警戒，高雄市發布紅色警戒，15 時 30 分發布南投縣、彰化縣黃色

警戒，18 時 30 分發布屏東縣黃色警戒，嘉義縣、高雄市發布紅色警戒。7 月 10 日 6 時 30 分發布臺東縣黃色警戒，屏東縣發布紅色警戒，同日 12 時 30 分發布臺南市黃色警戒，臺東縣發布紅色警戒，7 月 11 日 12 時 30 分，解除全島土石流警戒。圖 3-33 為 7 月 6 日至 11 日 24 小時累積雨量。

農村水保署於災害發生後立即開始緊急應變程序，以 2015 年 7 月至 2020 年 7 月五年間之 Sentinel-1 衛星影像的處理統計結果，作為最小值門檻法與統計值門檻法劃定水體範圍的門檻值，於獲取 7 月 8 日及 10 日 Sentinel-1 影像後進行影像偵測。經濟部水利署第四河川分署於 7 月 8 日 18 時接獲通報雲林縣清水溪疑似形成堰塞湖，於 7 月 8 日 18 時拍攝的 Sentinel-1 影像上可偵測到此堰塞湖水體訊號。此外，7 月 8 日 Sentinel-1 影像自動偵測結果經人工判釋發現另 1 處疑似堰塞湖水體訊號，7 月 10 日影像上則未發現其他疑似堰塞湖形成之水體反應，相關圖層展示於巨量空間資訊系統，如圖 3-34、圖 3-35 所示。7 月 8 日 Sentinel-1 影像偵測到的 1 處疑似堰塞湖水體，後經光學衛星影像確認為非堰塞湖，如圖 3-36 所示。本次警戒事件處理之時間軸如圖 3-37 所示。

雲林縣清水溪堰塞湖(TWD97 坐標：216516, 2608137)，位於清水溪上游原草嶺潭附近，堰塞湖距下游聚落(南投縣竹山鎮桶頭里內寮社區)約 12 公里。於 7 月 8 日生成，後經 7 月 10 日 Sentinel-1 雷達衛星影像及 7 月 13 日 PlanetScope 光學衛星影像確認已發生溢流，7 月 13 日堰塞湖水體面積約為 6 公頃，如圖 3-38 所示。圖 3-39 為 7 月 23 日 Sentinel-2 影像正規化差異水體指標計算結果，堰塞湖壩體下游可見水體(左圖中深藍色區域)顯示堰塞湖水體已有溢流。

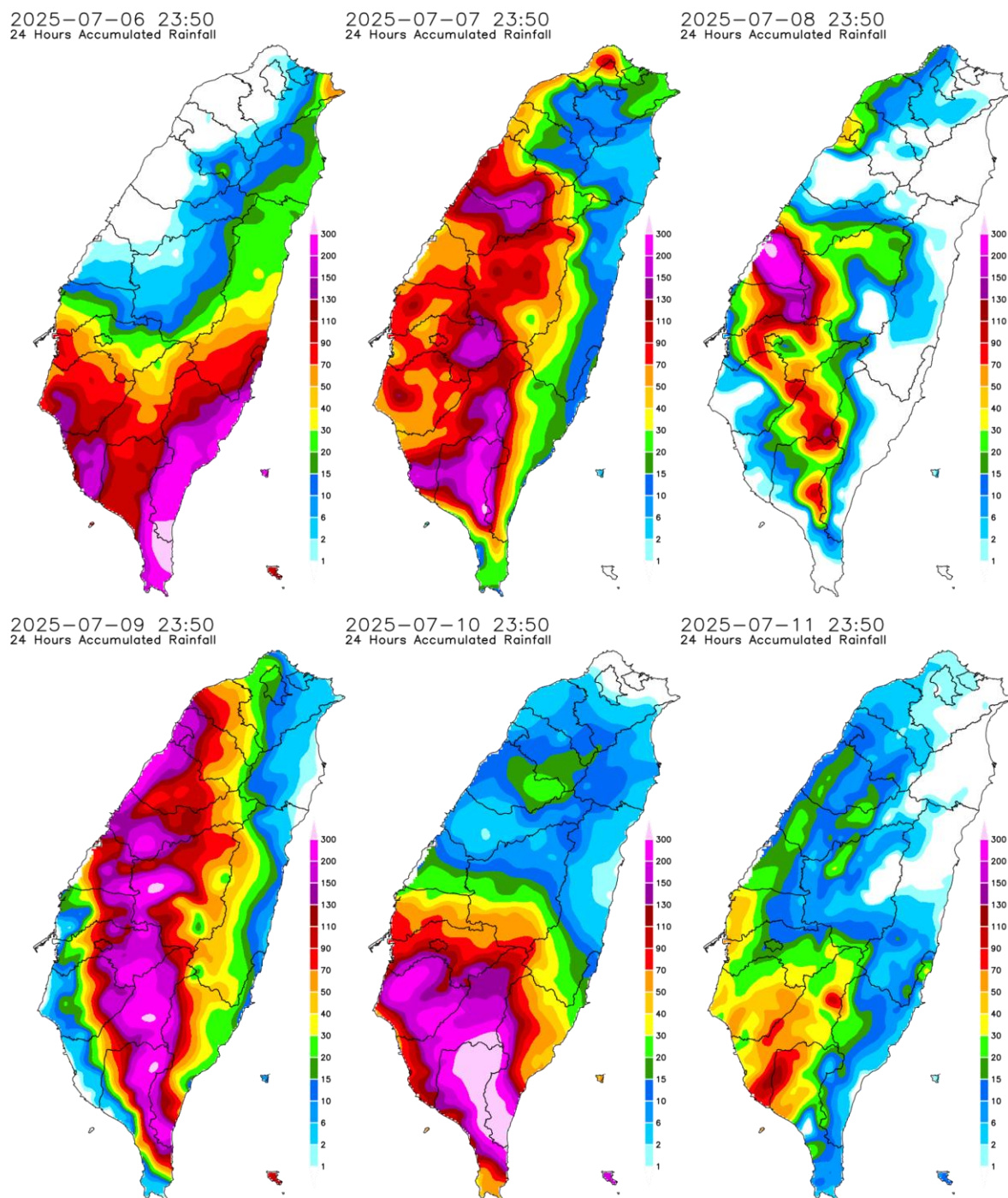


圖 3-33 NCDR 天氣與氣候監測網 7 月 6 至 11 日 24 小時累積雨量圖



圖 3-34 2025 年 7 月 8 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統

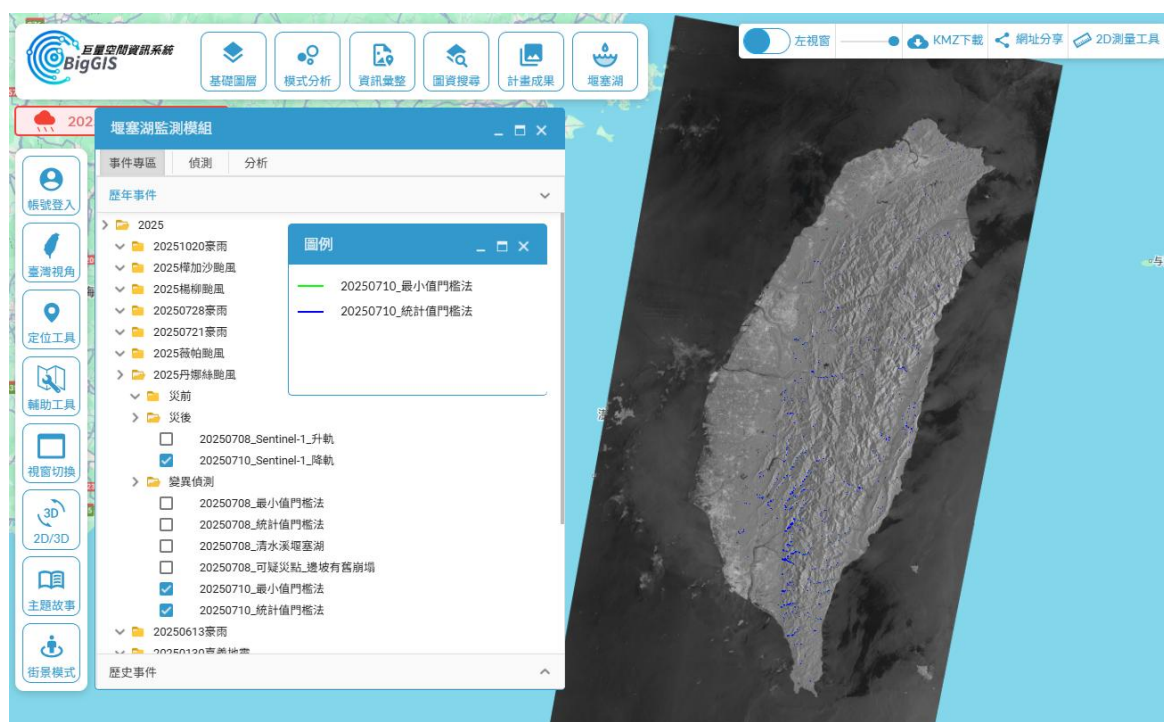


圖 3-35 2025 年 7 月 10 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統

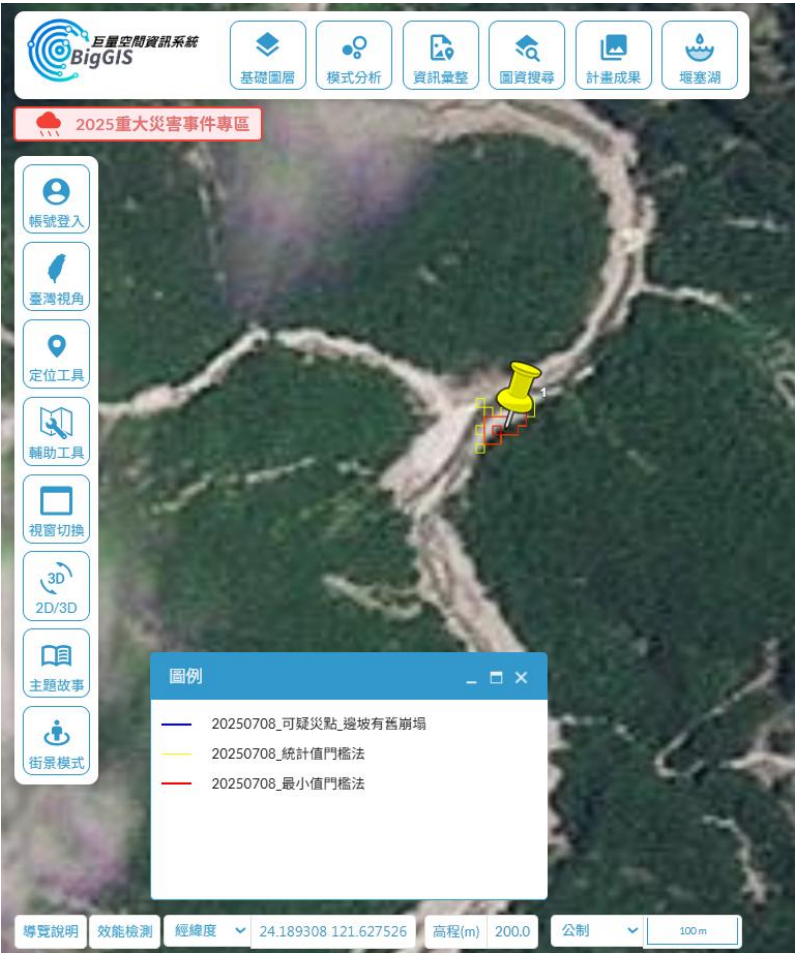


圖 3-36 2025 年 7 月 16 日 PlanetScope 影像確認疑似訊號非堰塞湖

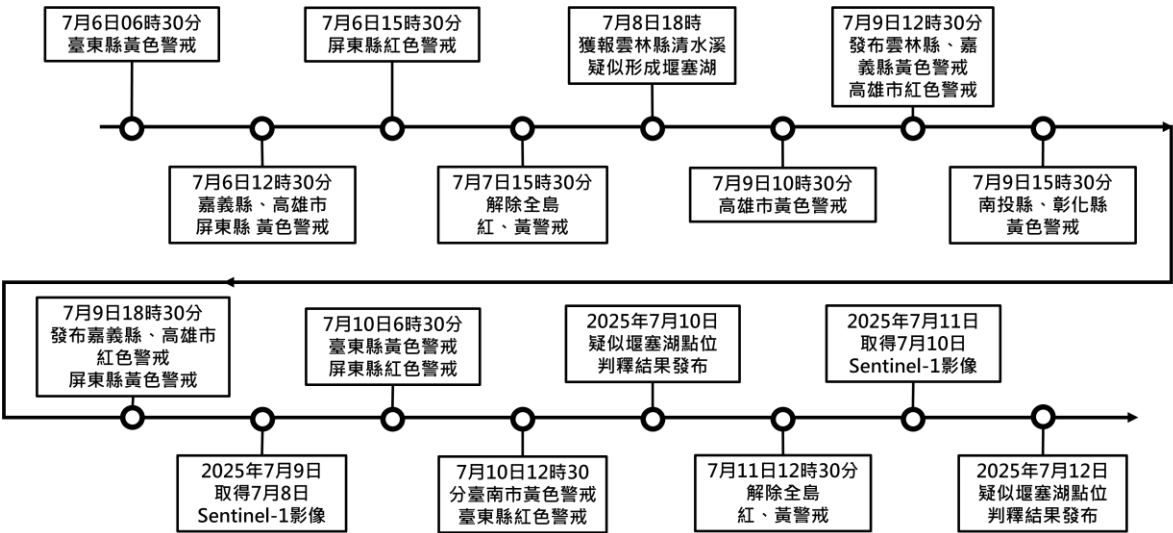


圖 3-37 丹娜絲颱風警戒事件處理時間軸

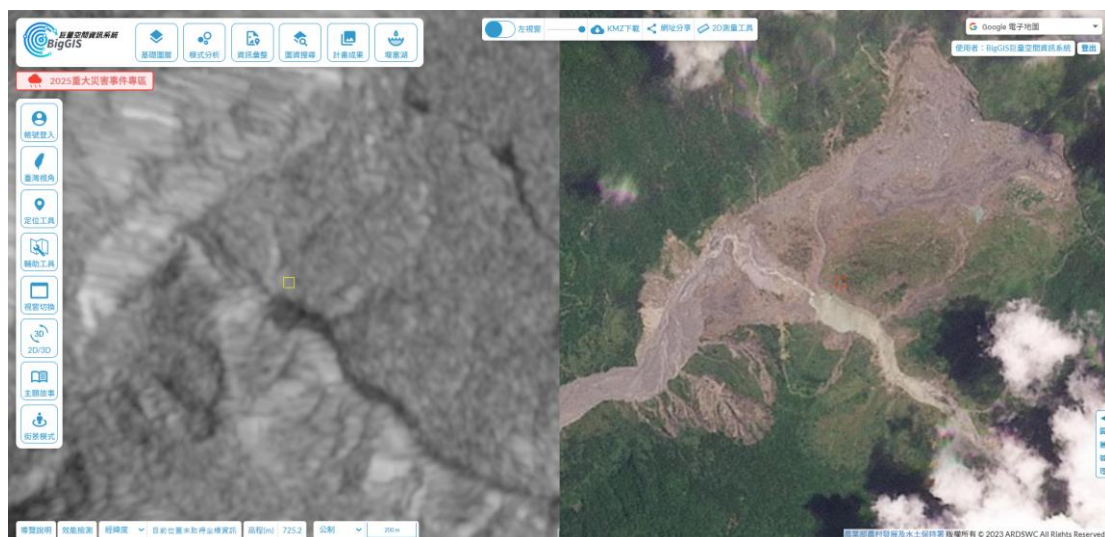


圖 3-38 雲林縣清水溪堰塞湖於 7 月 10 日 Sentinel-1 雷達衛星影像(左圖)及 7 月 13 日 PlanetScope 光學衛星影像(右圖)上可確認已發生溢流

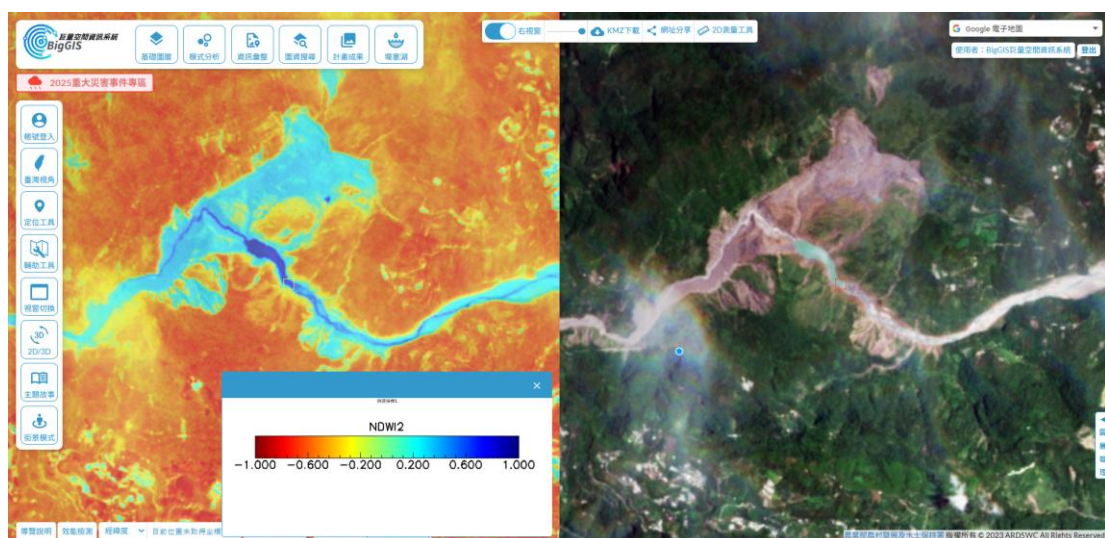


圖 3-39 雲林縣清水溪堰塞湖 7 月 23 日 Sentinel-2 衛星影像(右圖)計算正規化差異水體指標(左圖)

四、 薇帕颱風

農村水保署於 2025 年 7 月 19 日 06 時 30 分發布薇帕颱風事件的花蓮縣黃色警戒，同日 12 時 30 分發布臺東縣黃色警戒，15 時 30 分發布屏東縣黃色警戒。7 月 20 日 00 時 30 分發布花蓮縣紅色警戒，同日 18 時 30 分解除全島土石流紅、黃警戒。圖 3-40 為 7 月 19 日及 20 日 24 小時

累積雨量。

農村水保署於災害發生後立即開始緊急應變程序，以 2015 年 7 月至 2020 年 7 月五年間之 Sentinel-1 衛星影像的處理統計結果，作為最小值門檻法與統計值門檻法劃定水體範圍的門檻值，於獲取 7 月 20 日 Sentinel-1 影像後進行影像偵測。自動偵測結果經人工判釋，未發現疑似堰塞湖形成之水體反應，相關圖層展示於巨量空間資訊系統，如圖 3-41 所示。本次警戒事件處理之時間軸如圖 3-42 所示。

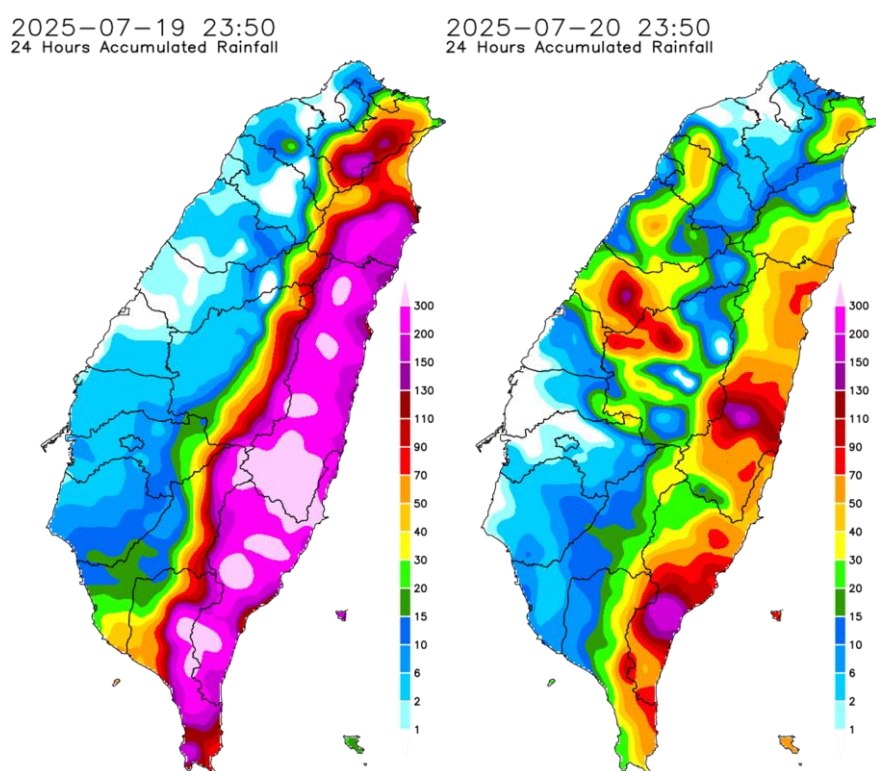


圖 3-40 NCDR 天氣與氣候監測網 7 月 19 及 20 日 24 小時累積雨量圖

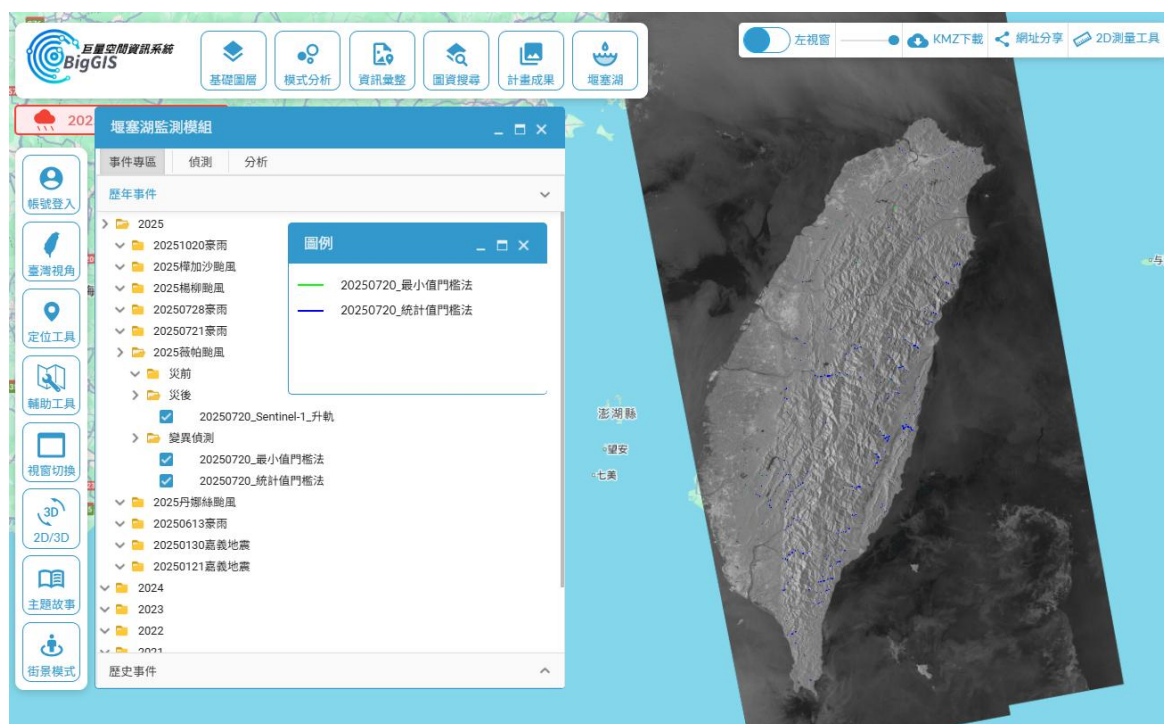


圖 3-41 2025 年 7 月 20 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統

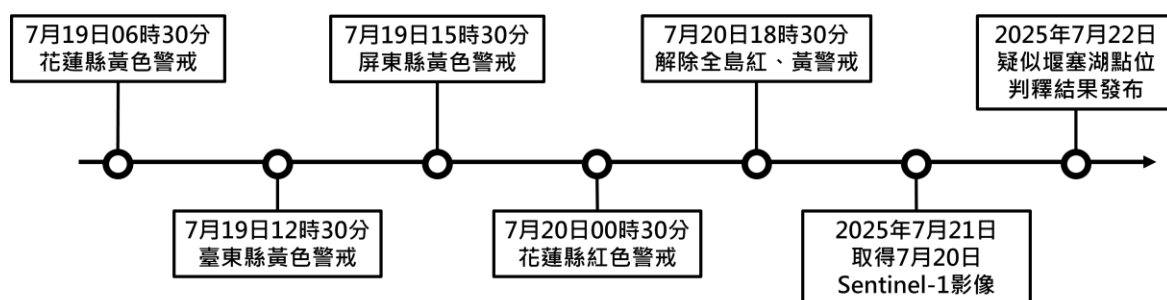


圖 3-42 薇帕颱風警戒事件處理時間軸

五、 0721 豪雨

農村水保署於 2025 年 7 月 21 日 08 時 00 分發布 0721 豪雨事件的臺東縣黃色警戒，7 月 22 日 06 時 30 分解除土石流紅、黃警戒。圖 3-43 為 7 月 21 日及 22 日 24 小時累積雨量。

農村水保署於災害發生後立即開始緊急應變程序，以 2015 年 7 月至 2020 年 7 月五年間之 Sentinel-1 衛星影像的處理統計結果，作為最小值

門檻法與統計值門檻法劃定水體範圍的門檻值，於獲取 7 月 22 日 Sentinel-1 影像後進行影像偵測。自動偵測結果經人工判釋，未發現疑似堰塞湖形成之水體反應，相關圖層展示於巨量空間資訊系統，如圖 3-44 所示。本次警戒事件處理之時間軸如圖 3-45 所示。

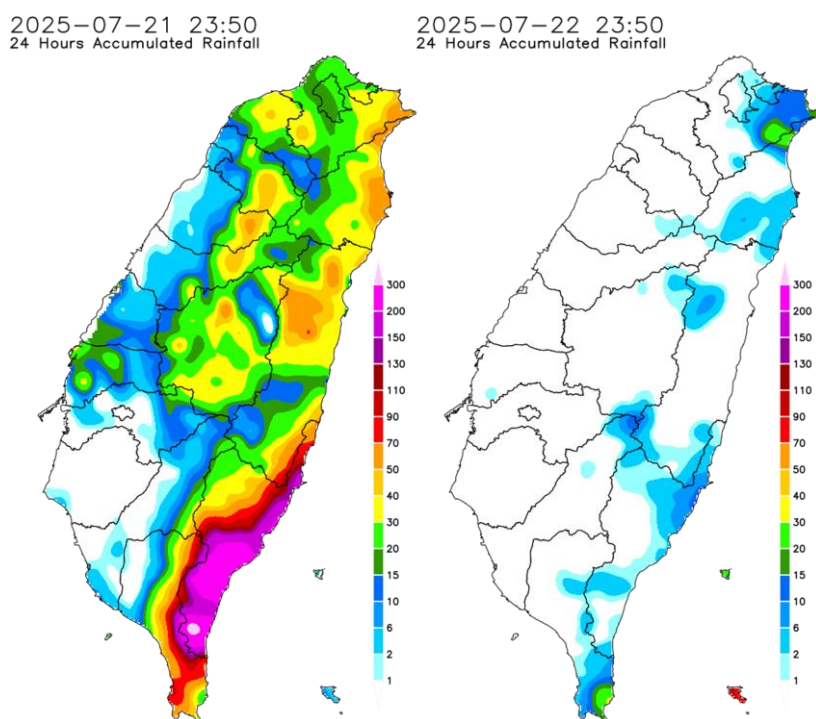


圖 3-43 NCDR 天氣與氣候監測網 7 月 21 及 22 日 24 小時累積雨量圖

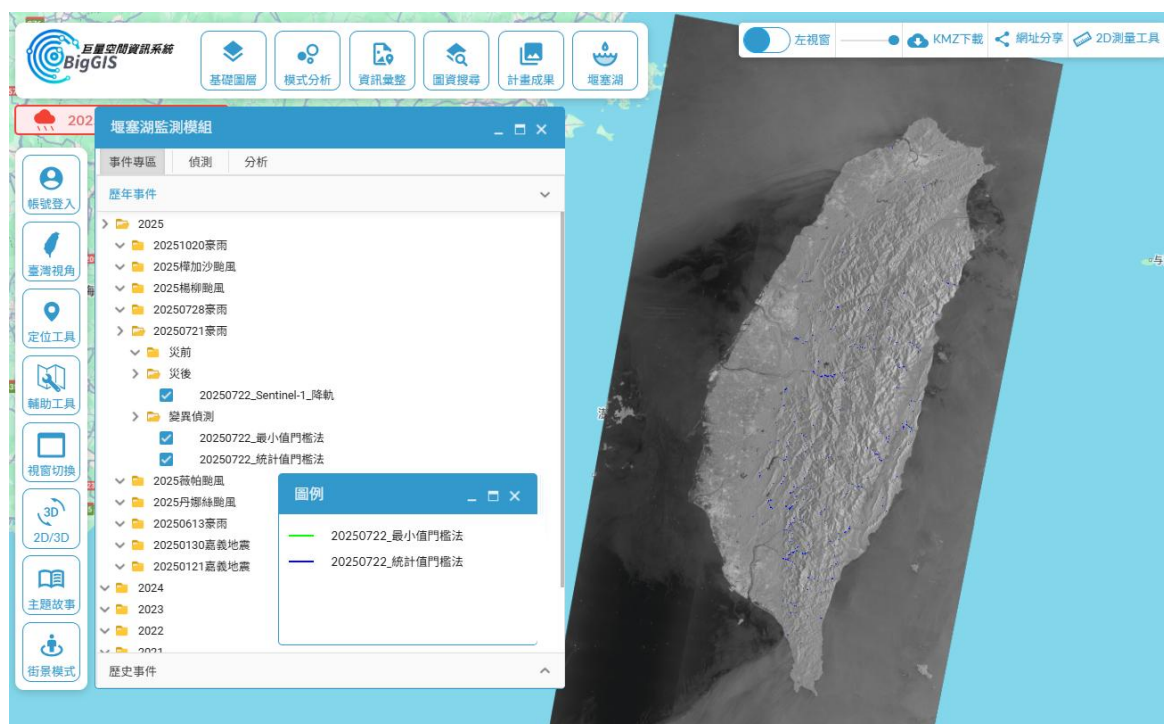


圖 3-44 2025 年 7 月 22 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統

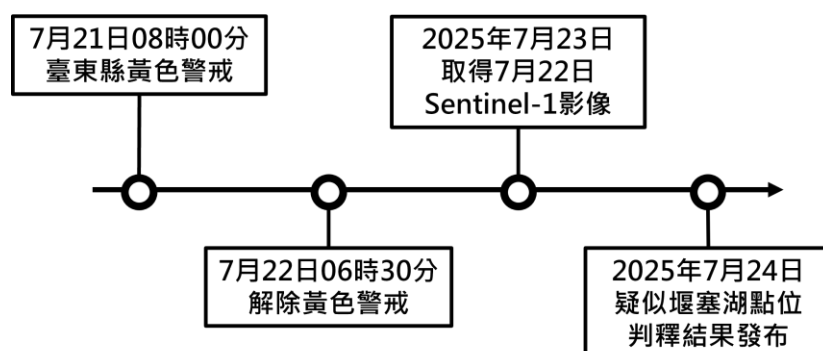


圖 3-45 0721 豪雨警戒事件處理時間軸

六、 馬太鞍溪堰塞湖

馬太鞍溪堰塞湖位於花蓮縣萬榮鄉(TWD97 坐標 280248, 2621915)，堰塞湖面積約 18 公頃。造成此堰塞湖的新生崩塌面積約 500 公頃，根據 USGS 及台灣地動訊號偵測到的崩塌時間為 2025 年 7 月 21 日 17:54(薇帕颱風過後)。圖 3-46 和圖 3-47 分別為堰塞湖生成前後的 PlanetScope 光學衛星及 Sentinel-1 雷達衛星影像。

圖 3-48 為 7 月 28 日 Sentinel-1 影像(上圖)及疊置陰影區範圍圖(下

圖)，由於堰塞湖偵測模組是針對現有河道圖層經 20 公尺環域分析(Buffer)後的範圍進行水體偵測(圖中深藍色區域)，然此堰塞湖所在之河道位於 Sentinel-1 降軌影像疊置陰影區內，因此將河道圖層進行 100 公尺環域分析，擴大河道遮罩範圍(圖中淺藍色區域)，經調整河道遮罩範圍後，兩種方法所偵測到的堰塞湖水體訊號為圖中紅、黃框的範圍。

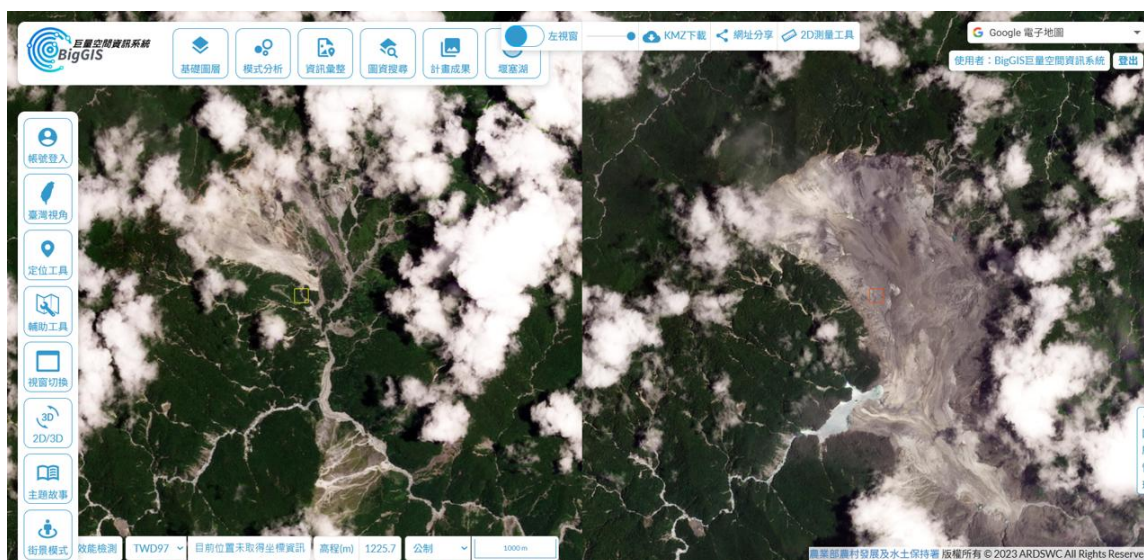


圖 3-46 馬太鞍溪堰塞湖形成前後的 PlanetScope 光學衛星影像，拍攝日期分別為 2025 年 7 月 1 日及 7 月 25 日



圖 3-47 馬太鞍溪堰塞湖形成前後的 Sentinel-1 衛星影像，拍攝日期分別為 2025 年 7 月 16 日及 7 月 28 日

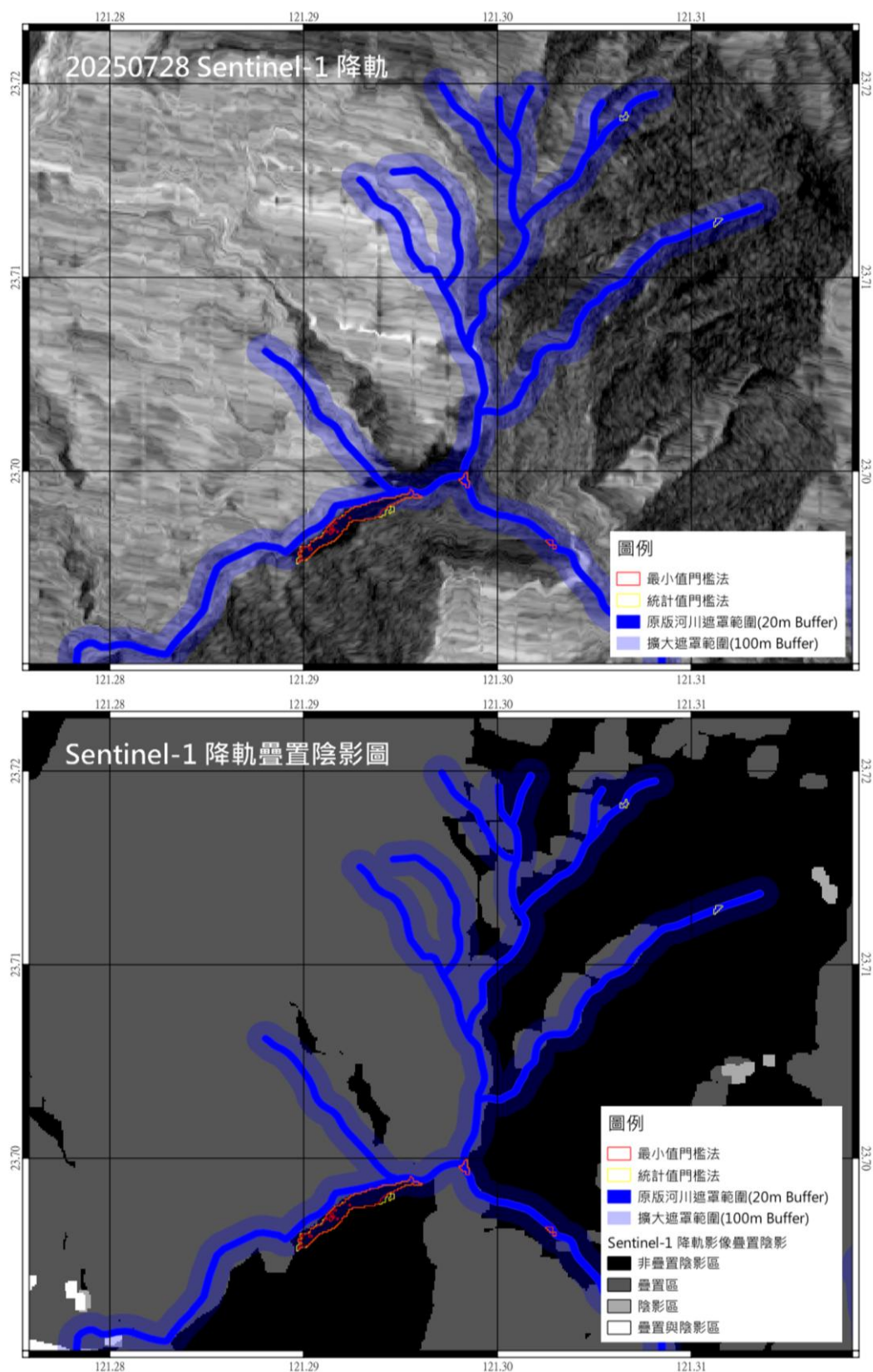


圖 3-48 堰塞湖偵測模組經調整河道遮罩範圍後，可於 2025 年 7 月 28 日 Sentinel-1 影像中偵測到馬太鞍溪堰塞湖水體訊號

馬太鞍溪堰塞湖生成後蓄水量持續上升，直到 9 月 23 日溢流後蓄水量大幅下降，圖 3-49 為馬太鞍溪堰塞湖溢流前後的 PlanetScope 影像，9 月 14 日影像中堰塞湖水體面積約為 95 公頃(左圖)，9 月 28 日影像中堰塞湖水體面積大幅下降至約 15 公頃。圖 3-50 及圖 3-51 分別為 9 月 11 日及 10 月 16 日 Sentinel-2 計算正規化差異水體指標，深藍色區域為堰塞湖水體範圍，10 月 16 日影像中可見堰塞湖已有溢流。圖 3-54 為馬太鞍溪堰塞湖生成迄今的時間序列雷達、光學影像。

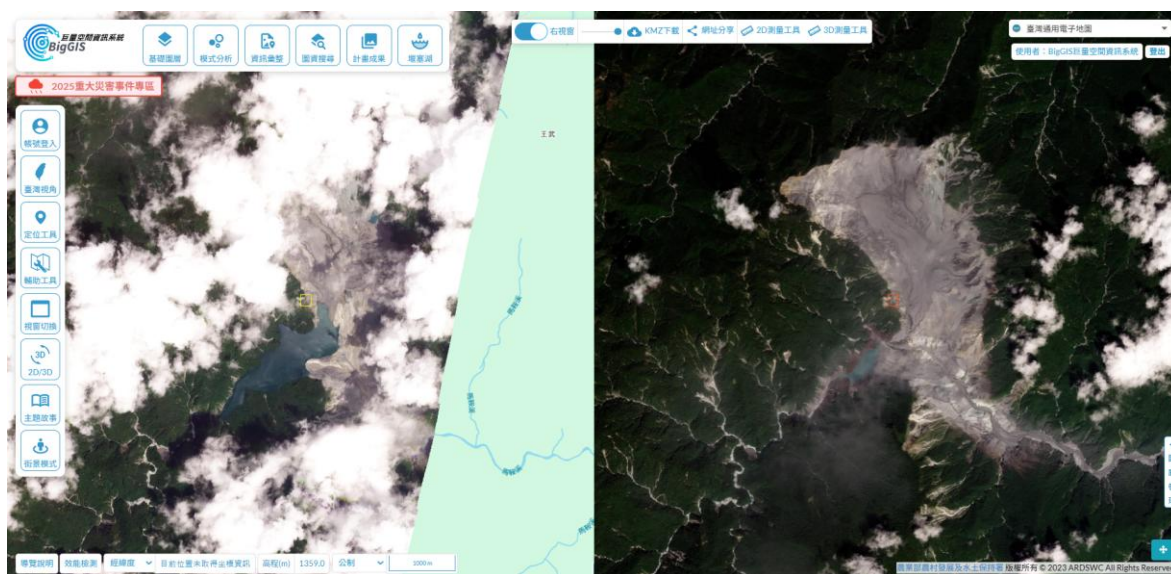


圖 3-49 馬太鞍溪堰塞湖溢流前後堰塞湖水體面積變化

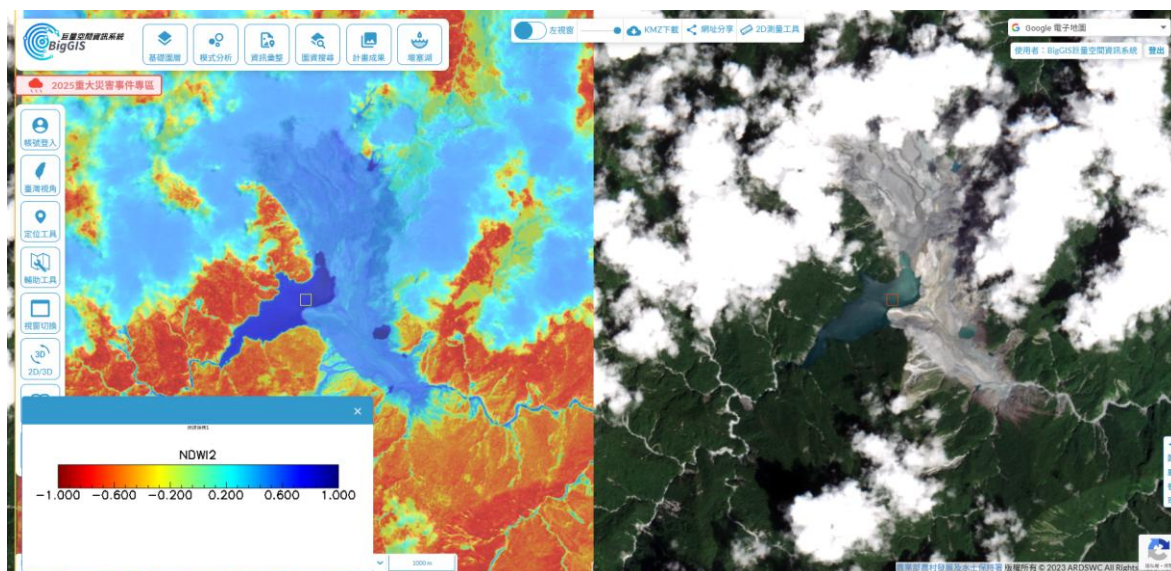


圖 3-50 9 月 11 日 Sentinel-2 影像計算 NDWI 正規化差異水體指標

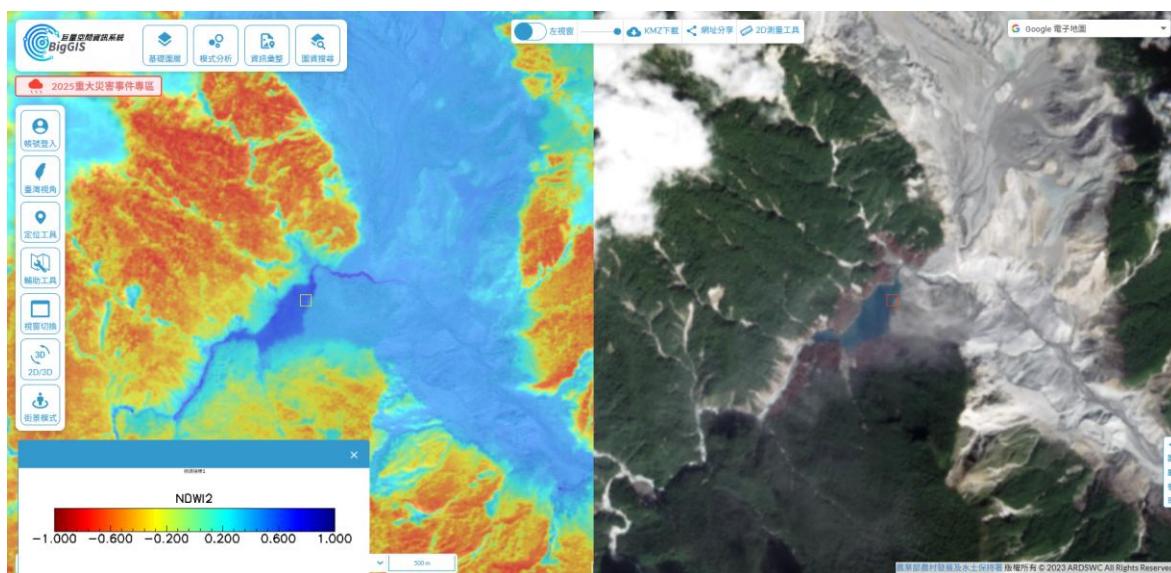


圖 3-51 10 月 16 日 Sentinel-2 影像計算 NDWI 正規化差異水體指標

11 月 10 至 13 日的鳳凰颱風事件後，於 11 月 13 日 Sentinel-1 影像中偵測到堰塞湖水體下游有另一處疑似堰塞湖水體，經 11 月 16 日農航所航照影像確認有水體蓄積且已溢流，如圖 3-52 所示。馬太鞍溪堰塞湖事件雷達、光學衛星影像偵測及監測時間軸如圖 3-53 所示。馬太鞍溪堰塞湖光學及雷達影像時間序列如圖 3-54 所示。

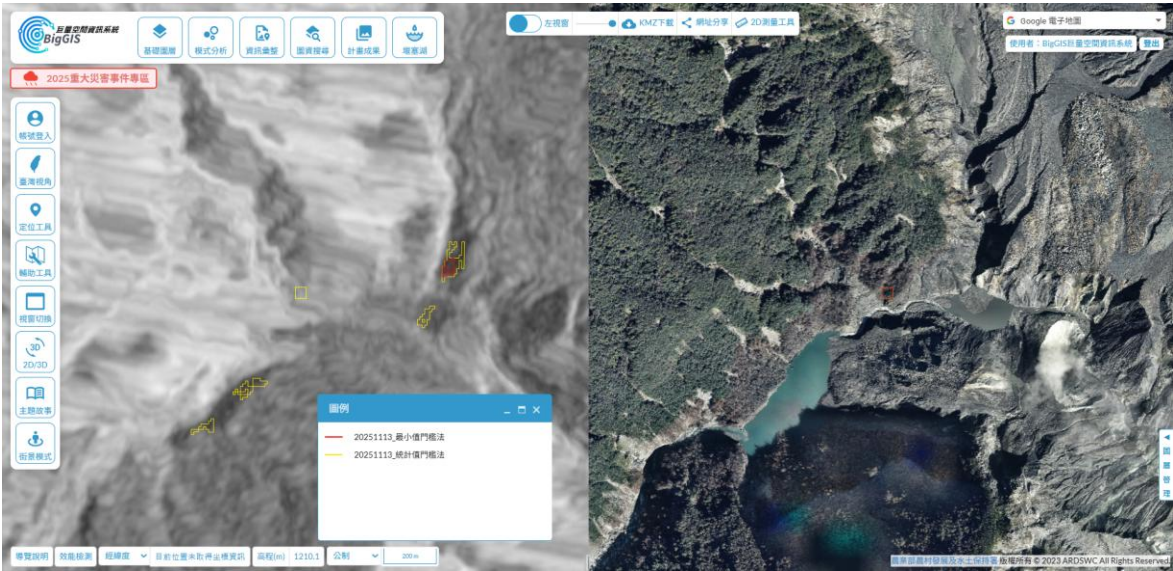


圖 3-52 鳳凰颱風後馬太鞍溪堰塞湖下游蓄積水體

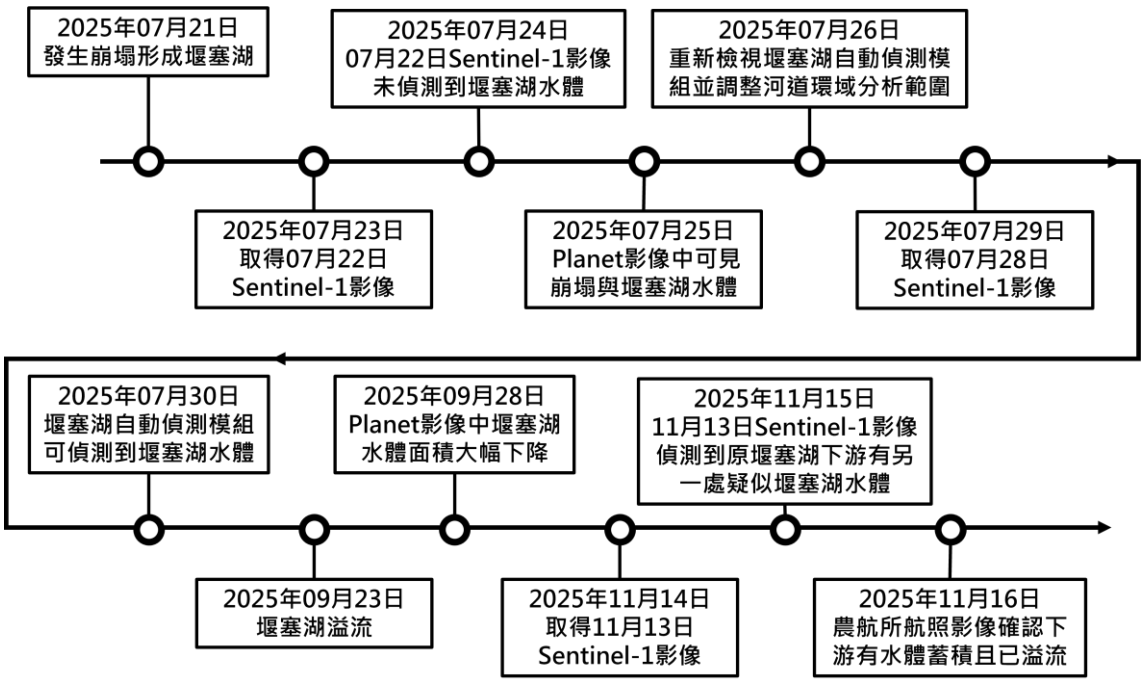


圖 3-53 馬太鞍溪堰塞湖事件處理時間軸

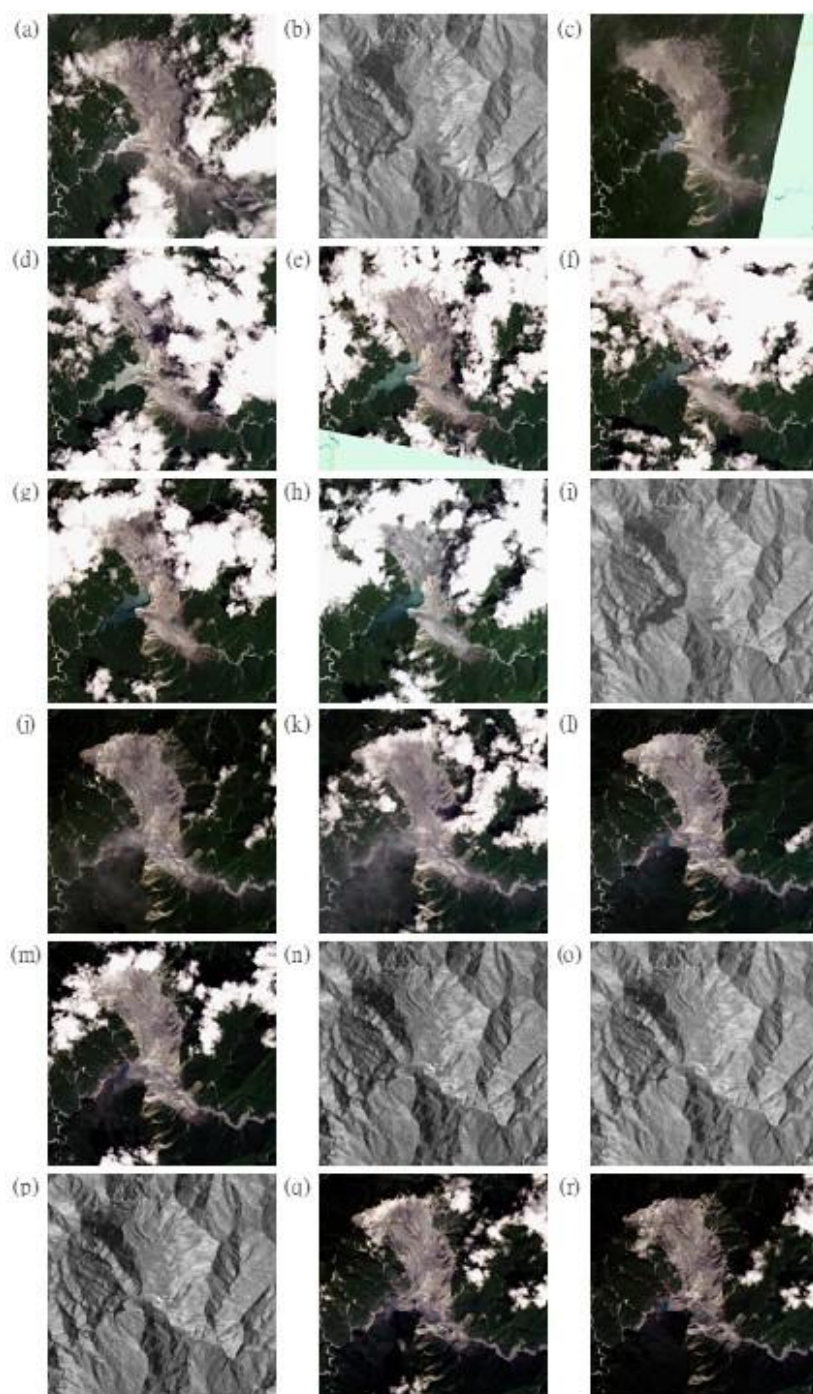


圖 3-54 馬太鞍溪堰塞湖事件時間序列影像，(a) 0725 PlanetScope、(b)0801 Sentinel-1 (升軌)、(c) 0808 PlanetScope、(d) 0815 PlanetScope、(e) 0822 PlanetScope、(f) 0829 PlanetScope、(g) 0904 PlanetScope、(h) 0911 Sentinel-2、(i) 0918 Sentinel-1 (升軌)、(j) 0927 PlanetScope、(k) 1001 PlanetScope、(l) 1009 PlanetScope、(m) 1016 PlanetScope、(n) 1024 Sentinel-1 (升軌)、(o)20251030 Sentinel1 衛星影像(升軌)、(p) 1105 Sentinel-1 (升軌)、(q) 1116 PlanetScope、(r) 1124 PlanetScope

七、 0728 豪雨

農村水保署於 2025 年 7 月 28 日 12 時 30 分發布 0728 豪雨事件的高雄市黃色警戒，同日 15 時 30 分發布嘉義縣、臺南市、屏東縣黃色警戒，高雄市發布紅色警戒，18 時 30 分發布嘉義縣、臺南市紅色警戒。7 月 30 日 05 時 30 分發布屏東縣紅色警戒，同日 8 時 30 分發布南投縣、雲林縣黃色警戒，11 時 30 分發布南投縣紅色警戒，23 時 30 分發布雲林縣紅色警戒。7 月 31 日 05 時 30 分發布臺中市黃色警戒，同日 12 時 30 分發布臺中市紅色警戒。8 月 5 日 12 時 30 分解除全島紅、黃警戒。圖 3-55 為 7 月 28 日至 8 月 5 日 24 小時累積雨量。

農村水保署於災害發生後立即開始緊急應變程序，以 2015 年 7 月至 2020 年 7 月五年間之 Sentinel-1 衛星影像的處理統計結果，作為最小值門檻法與統計值門檻法劃定水體範圍的門檻值，於獲取 7 月 28 日、8 月 1 日及 8 月 3 日 Sentinel-1 影像後進行影像偵測。自動偵測結果經人工判釋，未發現疑似堰塞湖形成之水體反應，相關圖層展示於巨量空間資訊系統，如圖 3-56、圖 3-57 及圖 3-58 所示。本次警戒事件處理之時間軸如圖 3-59 所示。

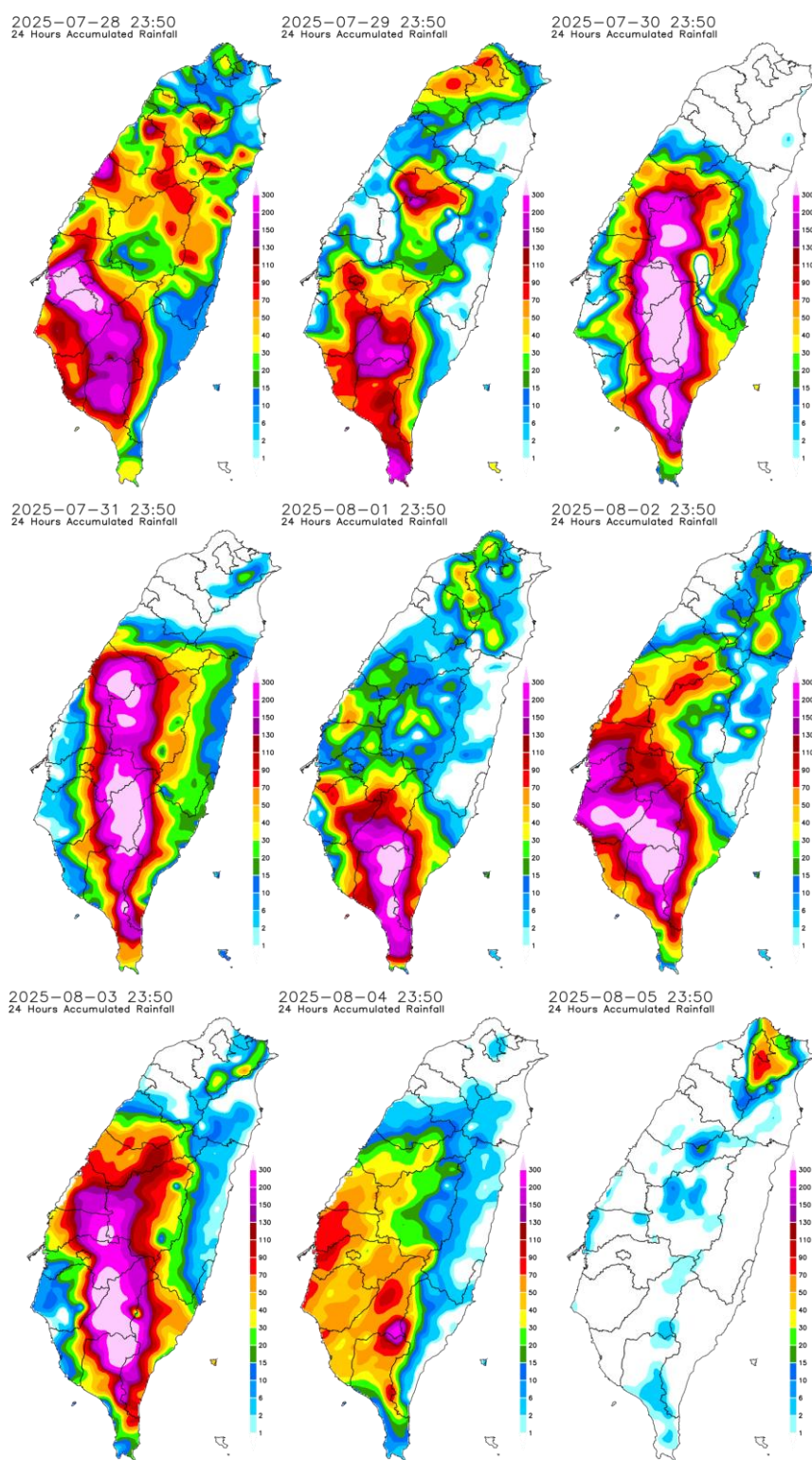


圖 3-55 NCDR 天氣與氣候監測網 7 月 28 至 8 月 5 日 24 小時累積雨量圖



圖 3-56 2025 年 7 月 28 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統

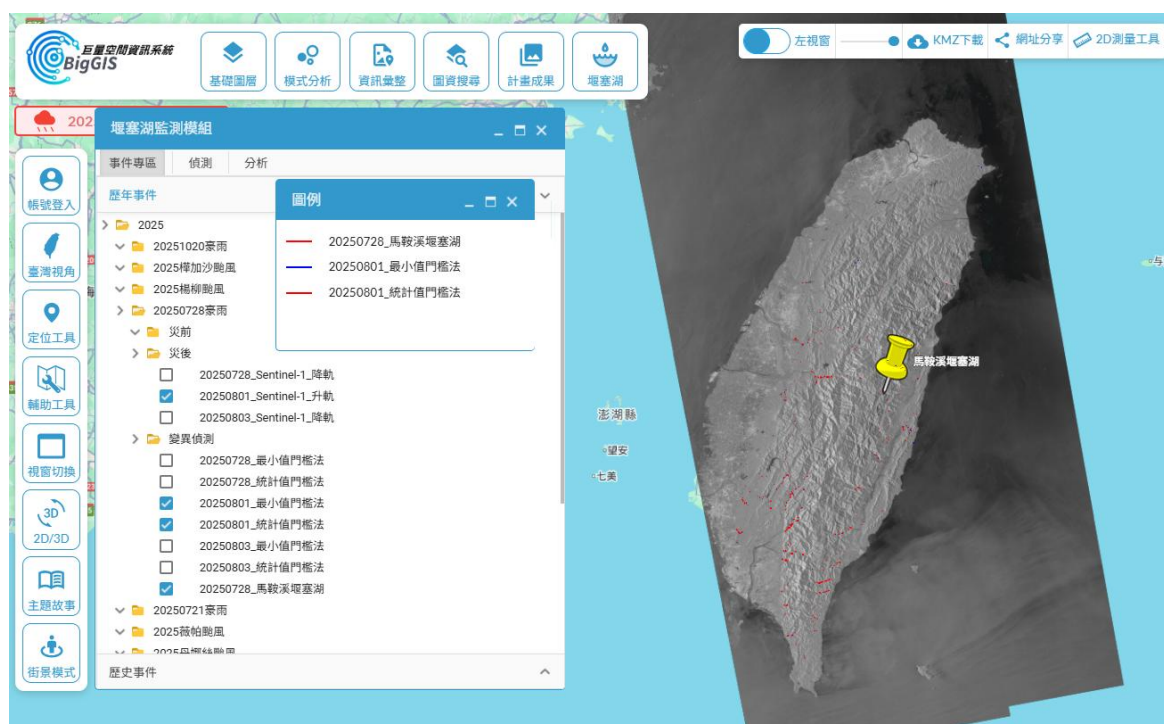


圖 3-57 2025 年 8 月 1 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統

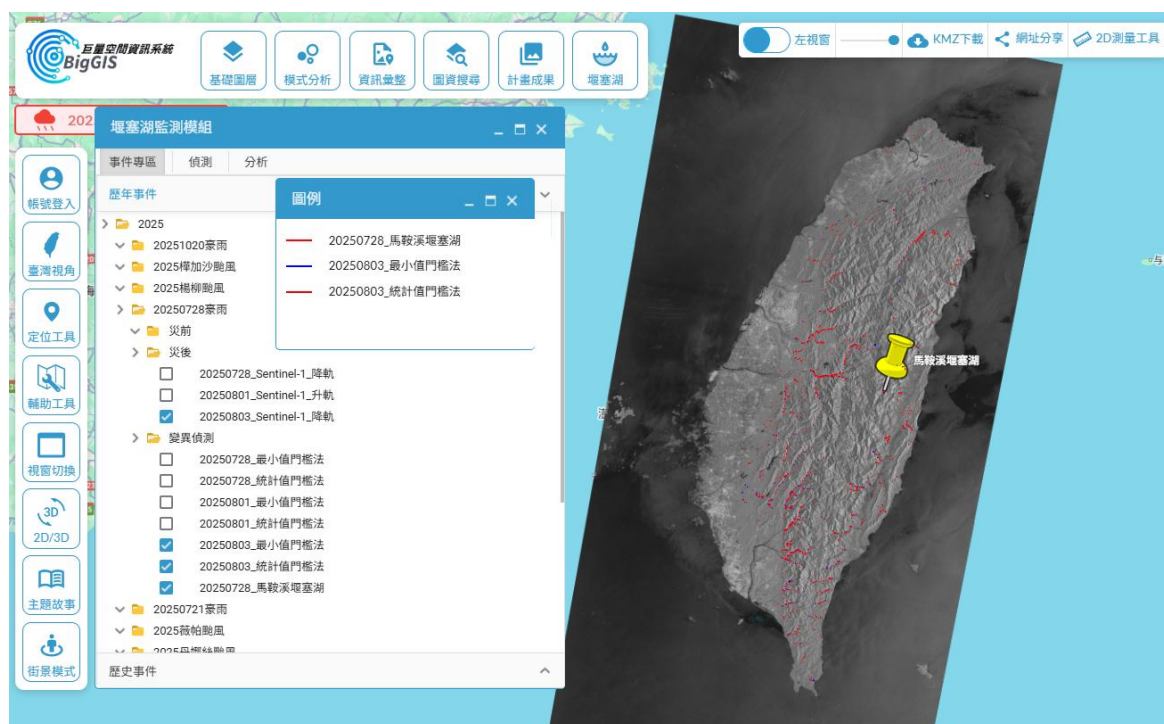


圖 3-58 2025 年 8 月 3 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統

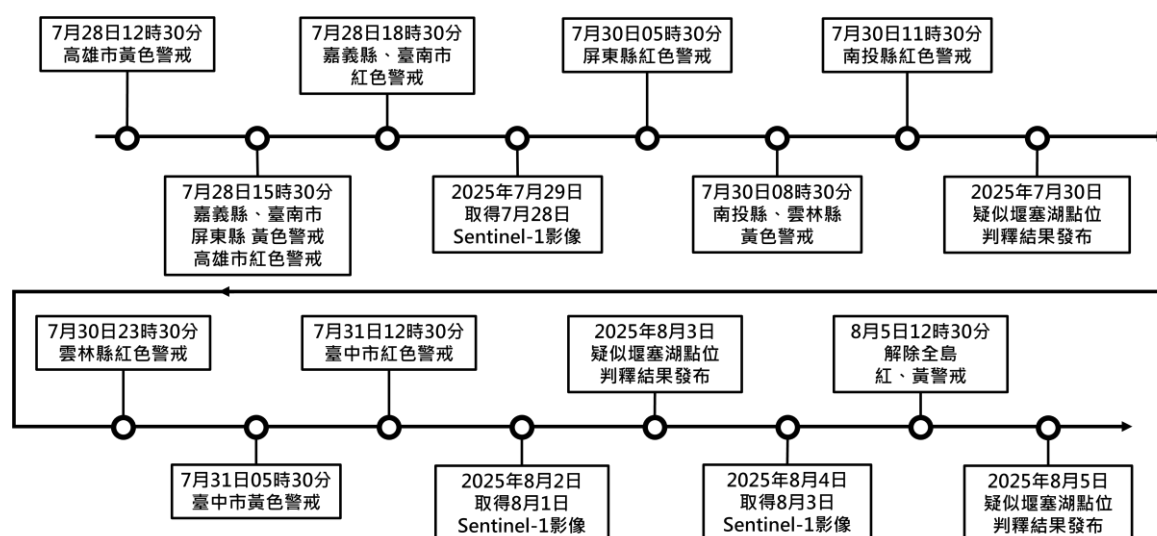


圖 3-59 0728 豪雨警戒事件處理時間軸

八、 楊柳颱風

農村水保署於 2025 年 8 月 12 日 15 時 30 分發布楊柳颱風之高雄市黃色警戒，8 月 13 日 06 時 30 分發布屏東縣黃色警戒，同日 14 時 30 分發布臺東縣、花蓮縣黃色警戒，8 月 14 日 12 時 30 分解除全島黃色警戒。圖 3-60 為 8 月 12 日至 14 日 24 小時累積雨量。

農村水保署於災害發生後立即開始緊急應變程序，以 2015 年 7 月至 2020 年 7 月五年間之 Sentinel-1 衛星影像的處理統計結果，作為最小值門檻法與統計值門檻法劃定水體範圍的門檻值，於獲取 8 月 13 日 Sentinel-1 影像後進行影像偵測。自動偵測結果經人工判釋，未發現疑似堰塞湖形成之水體反應，相關圖層展示於巨量空間資訊系統，如圖 3-61 所示。本次警戒事件處理之時間軸如圖 3-62 所示。

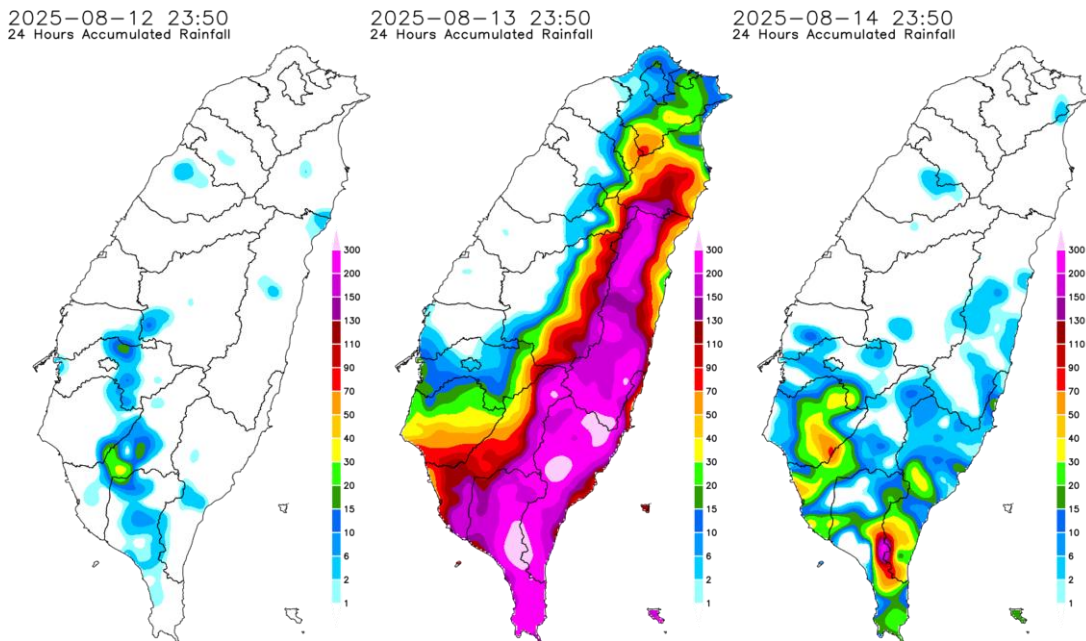


圖 3-60 NCDR 天氣與氣候監測網 8 月 12 至 14 日 24 小時累積雨量圖

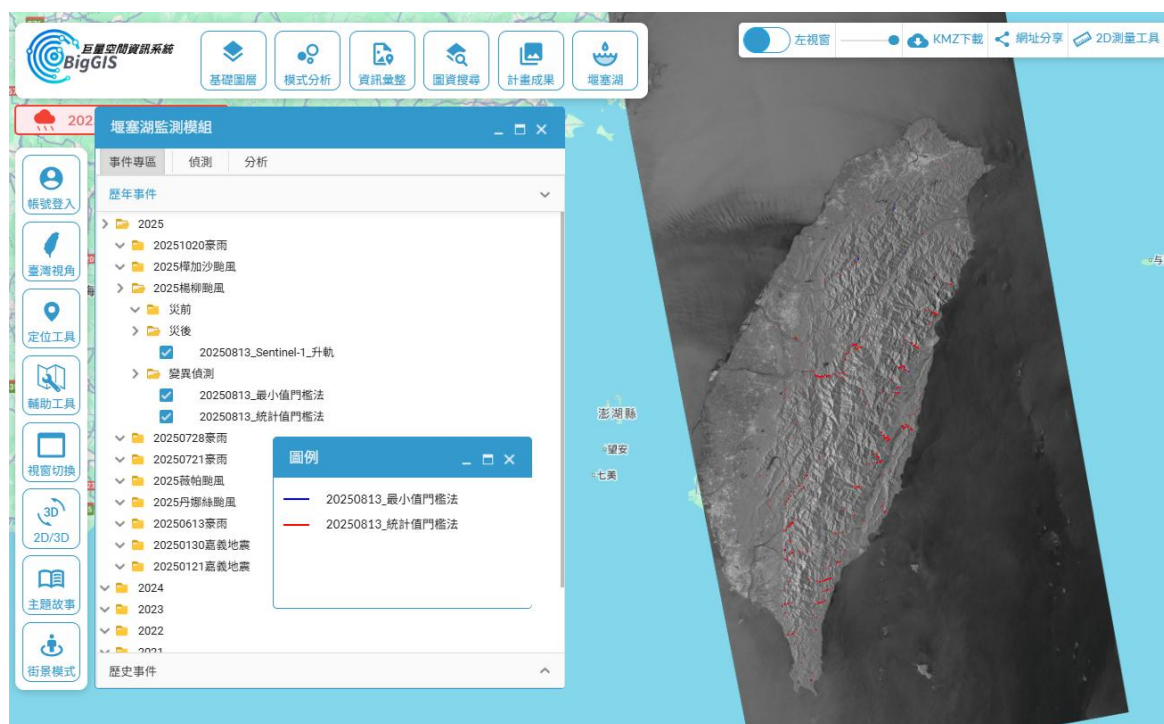


圖 3-61 2025 年 8 月 13 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統

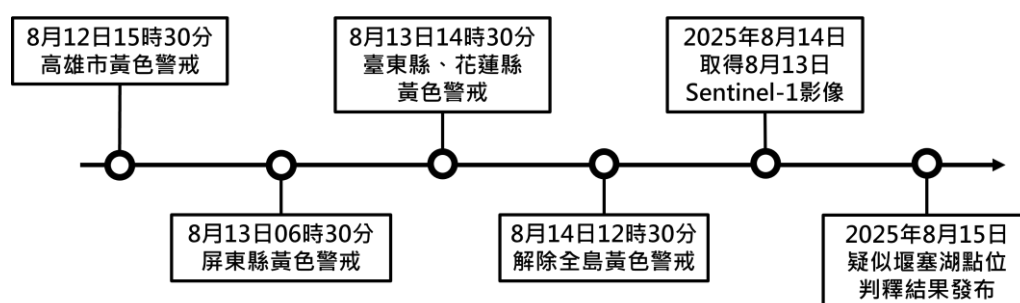


圖 3-62 楊柳颱風警戒事件處理時間軸

九、 樺加沙颱風

農村水保署於 2025 年 9 月 22 日 12 時 30 分發布樺加沙颱風之屏東縣、臺東縣及花蓮縣黃色警戒，9 月 23 日 00 時 30 分發布花蓮縣紅色警戒，同日 06 時 30 分發布宜蘭縣黃色警戒，12 時 30 分發布屏東縣紅色警戒，17 時 30 分發布臺東縣紅色警戒，9 月 25 日 12 時 30 分解除全島紅、黃警戒。圖 3-63 為 9 月 22 日至 25 日 24 小時累積雨量。

農村水保署於災害發生後立即開始緊急應變程序，以 2015 年 7 月至 2020 年 7 月五年間之 Sentinel-1 衛星影像的處理統計結果，作為最小值門檻法與統計值門檻法劃定水體範圍的門檻值，於獲取 9 月 26 日 Sentinel-1 影像後進行影像偵測。自動偵測結果經人工判釋，未發現疑似堰塞湖形成之水體反應，相關圖層展示於巨量空間資訊系統，如圖 3-64 所示。本次警戒事件處理之時間軸如圖 3-65 所示。

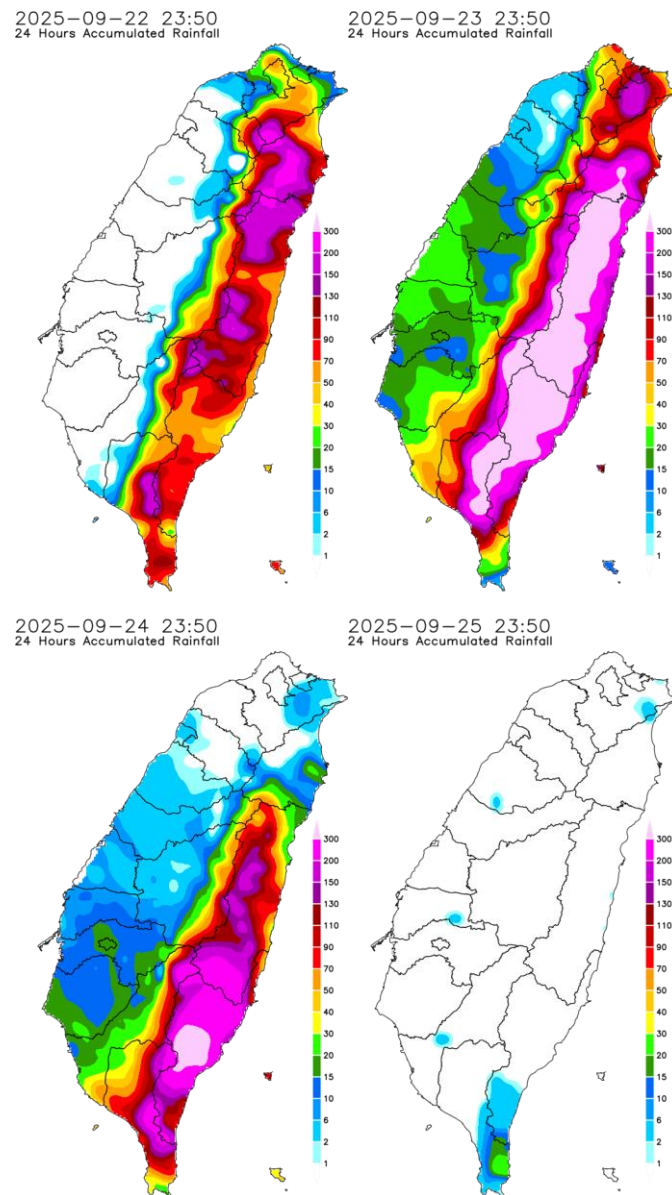


圖 3-63 NCDR 天氣與氣候監測網 9 月 22 至 25 日 24 小時累積雨量圖

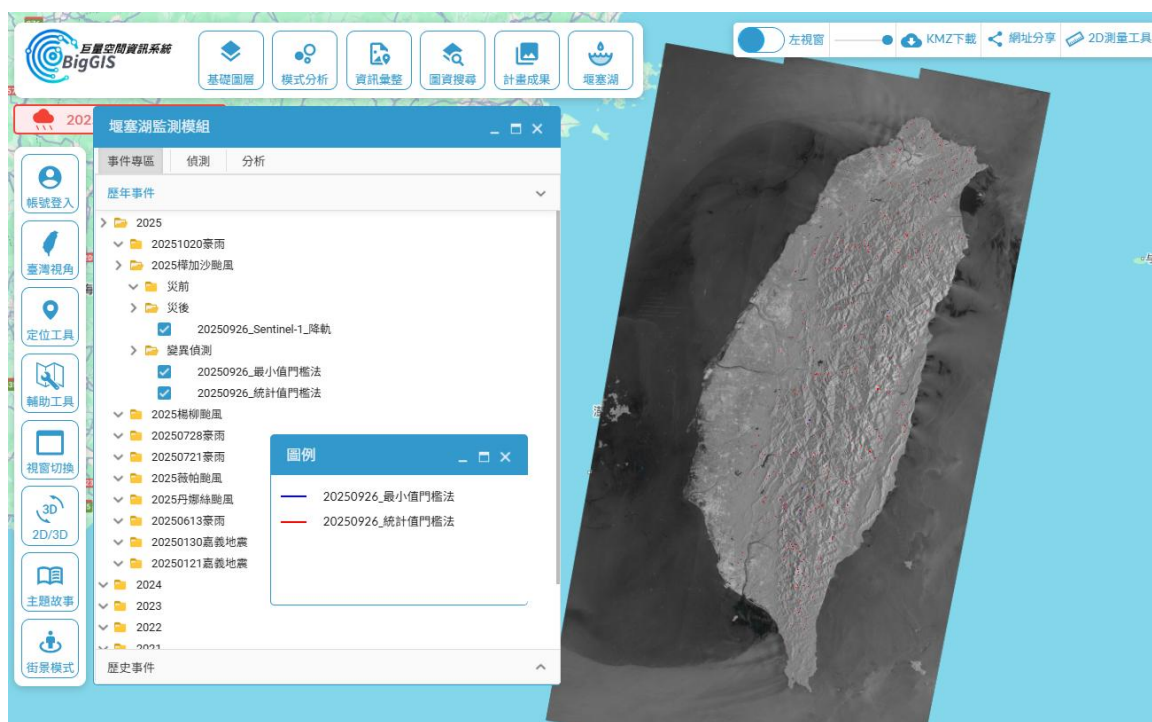


圖 3-64 2025 年 9 月 26 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統

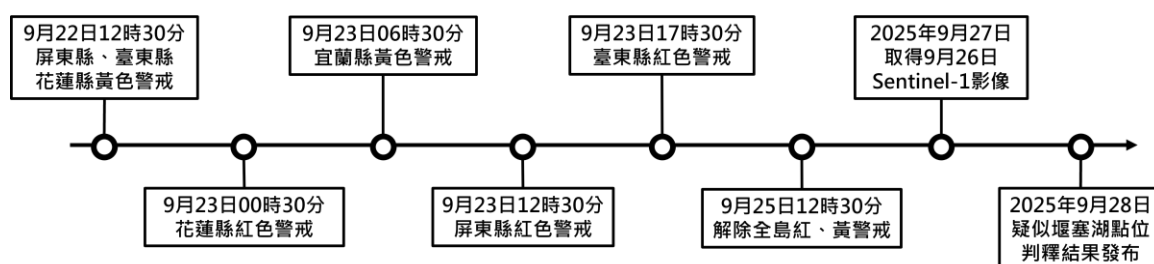


圖 3-65 桦加沙颱風警戒事件處理時間軸

十、 1020 豪雨

農村水保署於 2025 年 10 月 20 日 12 時 30 分發布 1020 豪雨事件之新北市黃色警戒，同日 15 時 30 分發布宜蘭縣、基隆市、臺北市及桃園市黃色警戒，18 時 30 分發布新竹縣黃色警戒及新北市紅色警戒，21 時 30 分發布臺北市紅色警戒。10 月 21 日 00 時 30 分發布宜蘭縣紅色警戒，10 月 24 日 18 時 30 分解除全島紅、黃警戒。圖 3-66 為 9 月 22 日至 25 日 24 小時累積雨量。

農村水保署於災害發生後立即開始緊急應變程序，以 2015 年 7 月至 2020 年 7 月五年間之 Sentinel-1 衛星影像的處理統計結果，作為最小值門檻法與統計值門檻法劃定水體範圍的門檻值，於獲取 10 月 20 日 Sentinel-1 影像後進行影像偵測。自動偵測結果經人工判釋，未發現疑似堰塞湖形成之水體反應，相關圖層展示於巨量空間資訊系統，如圖 3-67 所示。本次警戒事件處理之時間軸如圖 3-68 所示。

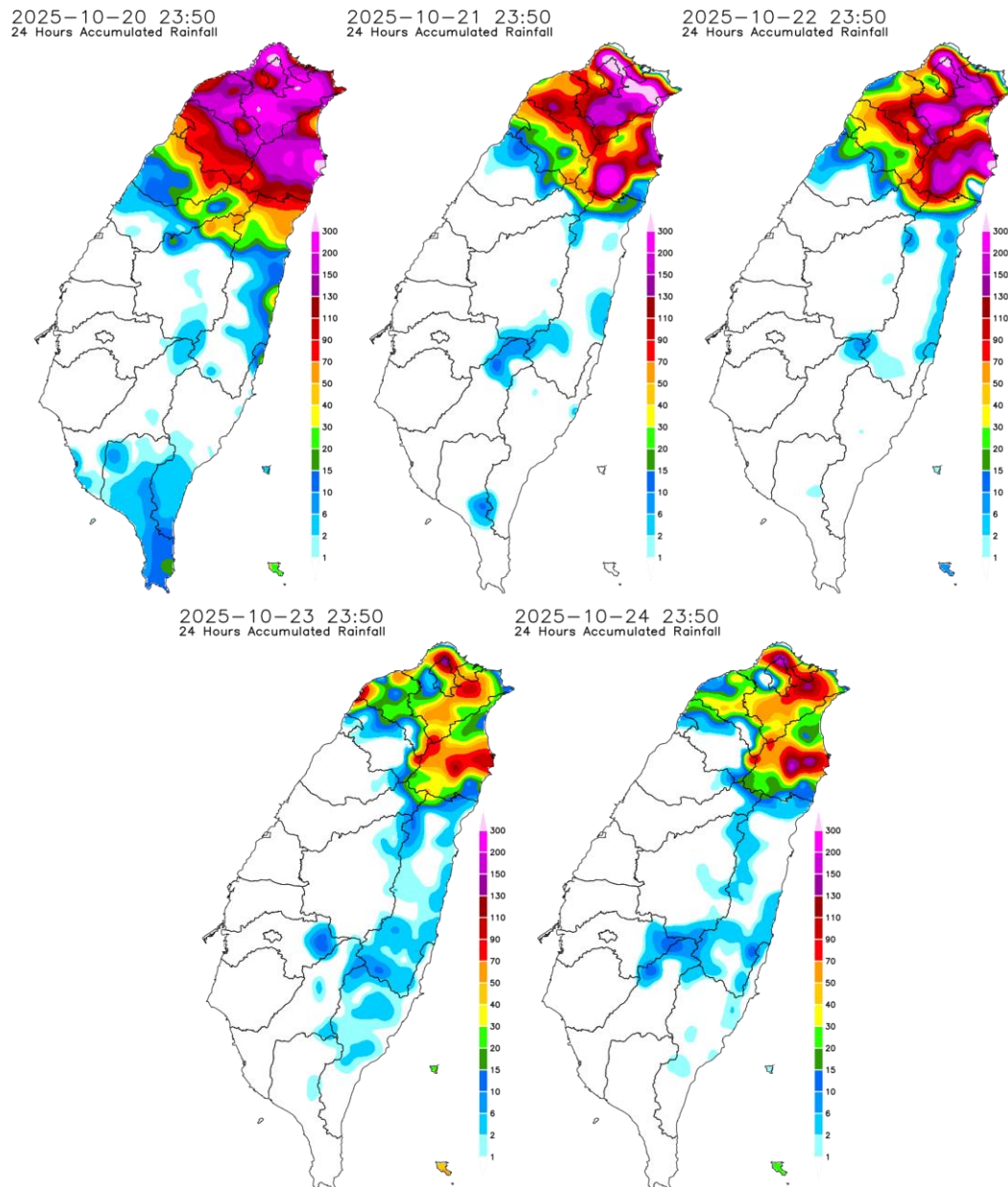


圖 3-66 NCDR 天氣與氣候監測網 10 月 20 至 24 日 24 小時累積雨量圖

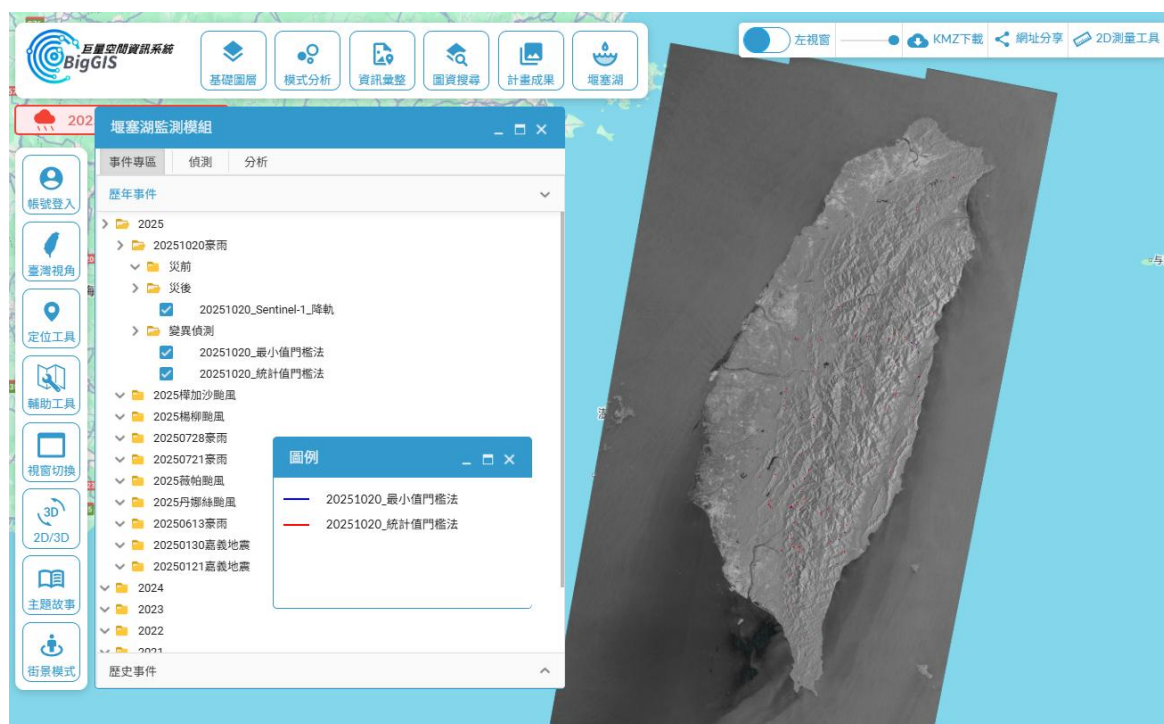


圖 3-67 2025 年 10 月 20 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統

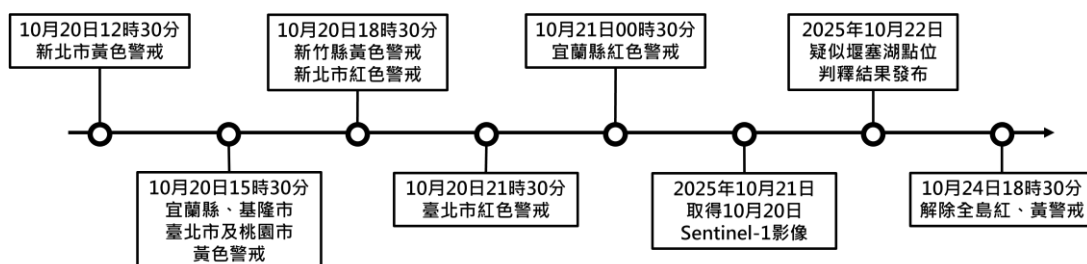


圖 3-68 1020 豪雨警戒事件處理時間軸

十一、鳳凰颱風

農村水保署於 2025 年 11 月 10 日 18 時 30 分發布鳳凰颱風事件之宜蘭縣黃色警戒，11 日 06 時 30 分發布花蓮縣黃色警戒，同日 11 時 00 分發布宜蘭縣紅色警戒，15 時 30 分發布新北市黃色警戒，18 時 30 分發布新北市紅色警戒。11 月 13 日 18 時 30 分解除全島紅、黃警戒。圖 3-69 為 11 月 10 日至 13 日 24 小時累積雨量。

農村水保署於災害發生後立即開始緊急應變程序，以 2015 年 7 月至

2020 年 7 月五年間之 Sentinel-1 衛星影像的處理統計結果，作為最小值門檻法與統計值門檻法劃定水體範圍的門檻值，於獲取 11 月 13 日 Sentinel-1 影像後進行影像偵測。自動偵測結果經人工判釋，發現花蓮縣馬太鞍溪堰塞湖下游有另一處疑似堰塞湖水體，相關圖層展示於巨量空間資訊系統，如圖 3-70 所示。疑似堰塞湖水體經 11 月 16 日農航所航照影像確認有水體蓄積且已溢流，如圖 3-71 所示，本次警戒事件處理之時間軸如圖 3-72 所示。

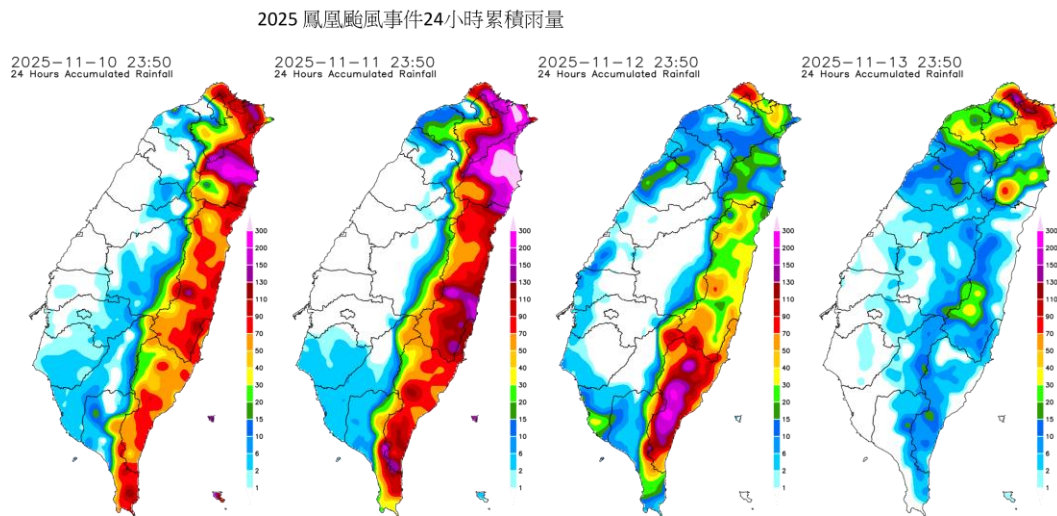


圖 3-69 NCDR 天氣與氣候監測網 11 月 10 至 13 日 24 小時累積雨量圖

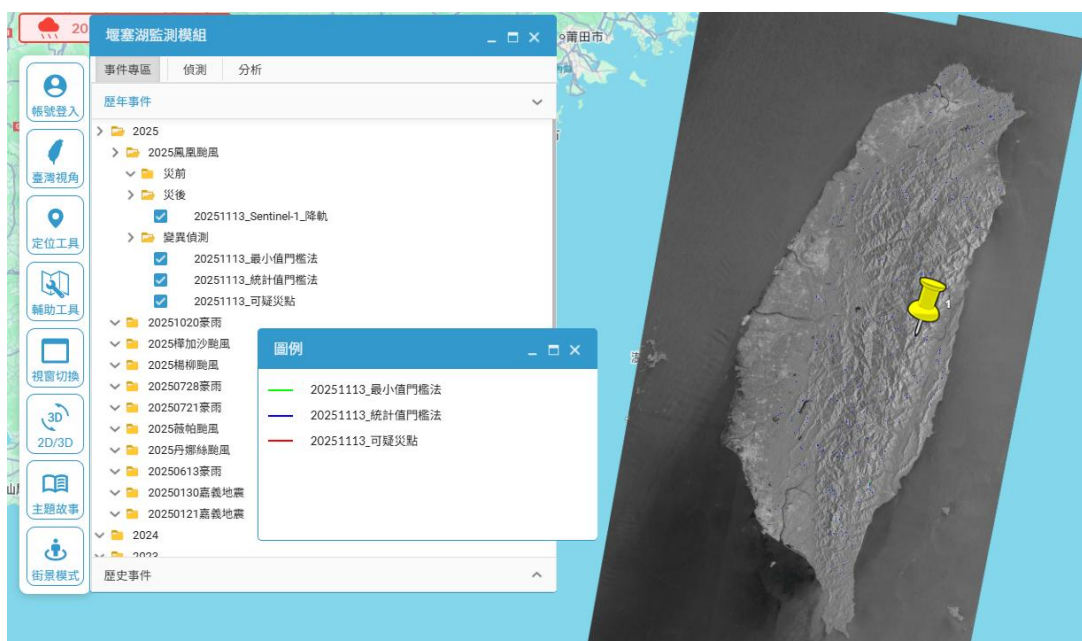


圖 3-70 2025 年 11 月 13 日拍攝之 Sentinel-1 影像透過最小值門檻法與統計值門檻法篩選之區域圖層展示於巨量空間資訊系統

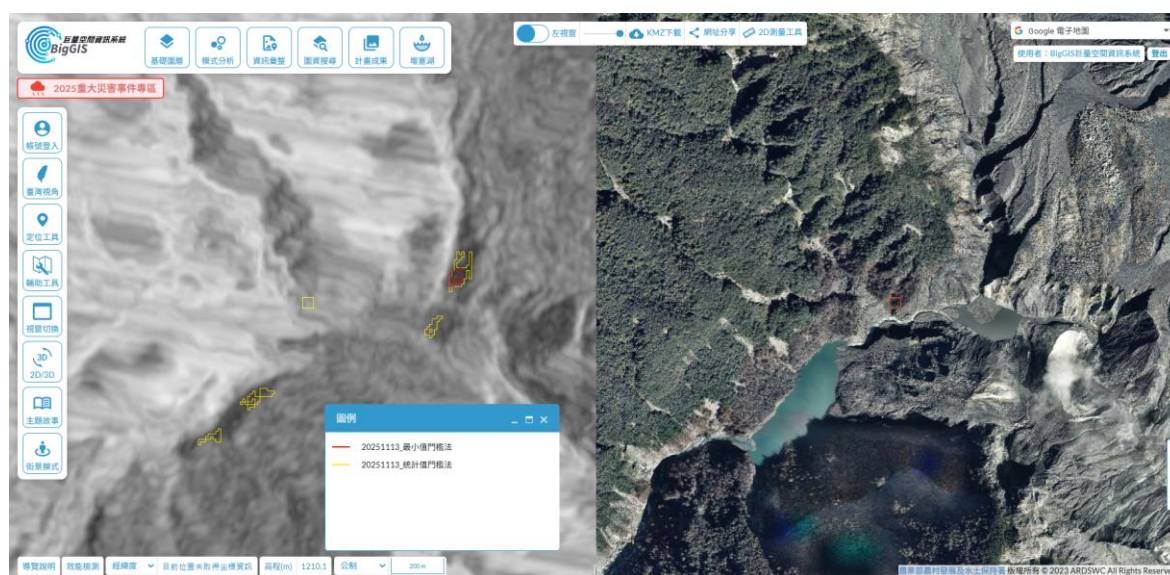


圖 3-71 2025 年 11 月 13 日 Sentinel-1 影像疑似堰塞湖水體災後光學影像確認(11 月 16 日農航所正射航照)

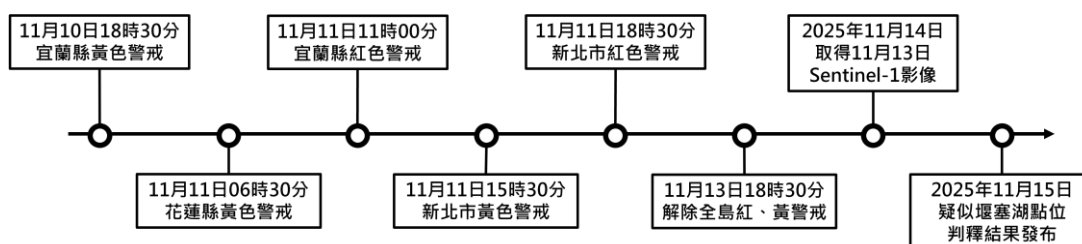


圖 3-72 鳳凰颱風警戒事件處理時間軸

十二、樂樂溪堰塞湖

樂樂溪堰塞湖位於花蓮縣卓溪鄉 (TWD97 坐標 266212, 2586461)，此區域位於 Sentinel-1 雷達影像疊置陰影區內，因此無法以 Sentinel-1 影像進行偵測。故於農村水保署接獲堰塞湖形成通報後，即以光學衛星影像進行監測，圖 3-73 為 2025 年 1 月 21(右圖)及 1 月 25 日(左圖)堰塞湖形成前後的 PlanetScope 影像。根據圖 3-74 2024 年 10 月 16 日(右圖)及 2025 年 4 月 14 日(左圖)前後期影像判釋，堰塞湖壩體料源可能為水體附近邊坡於康芮颱風、1112 豪雨、天兔颱風、0121 嘉義地震等事件後發生兩處崩塌擴大 16.55 ha (7.69 + 8.86)，造成土體運移堆積產生壩體。2025 年 5 月 3 日 PlanetScope 影像中可見堰塞湖水體已有溢流，水體面積約 3.16 公頃(圖 3-75)，6 月 11 日 PlanetScope 影像中堰塞湖水體面積縮小至約 2.45 公頃(圖 3-76)，6 月 16 日 PlanetScope 影像中堰塞湖水體已消失(圖 3-77)。樂樂溪堰塞湖事件光學衛星影像監測可見變化之時間軸如圖 3-78 所示，時間序列影像如圖 3-79 所示。

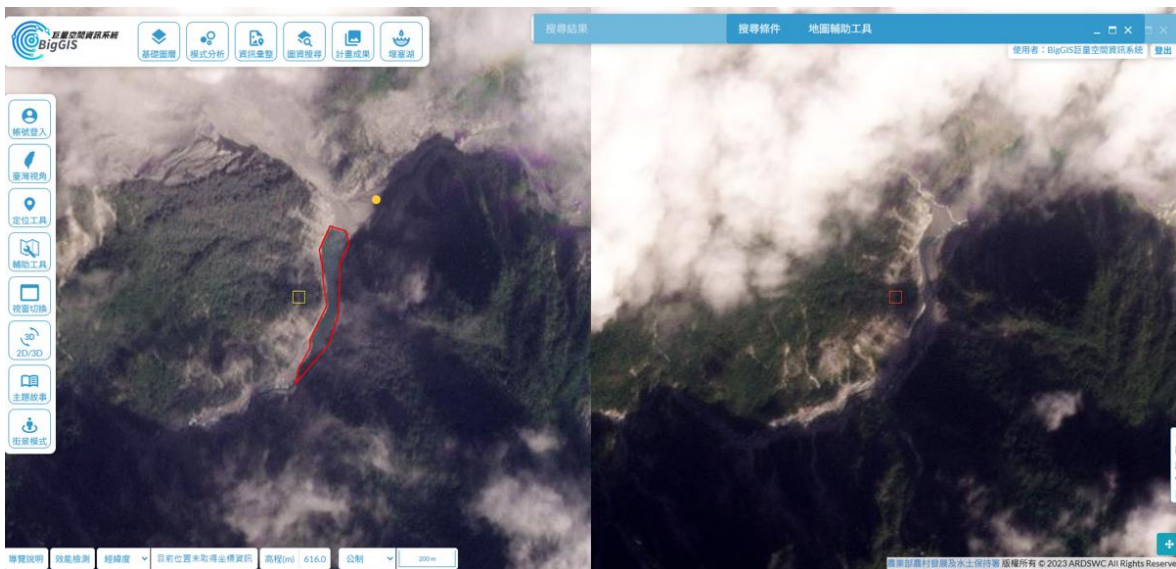


圖 3-73 樂樂溪堰塞湖生成前後 PlanetScope 影像

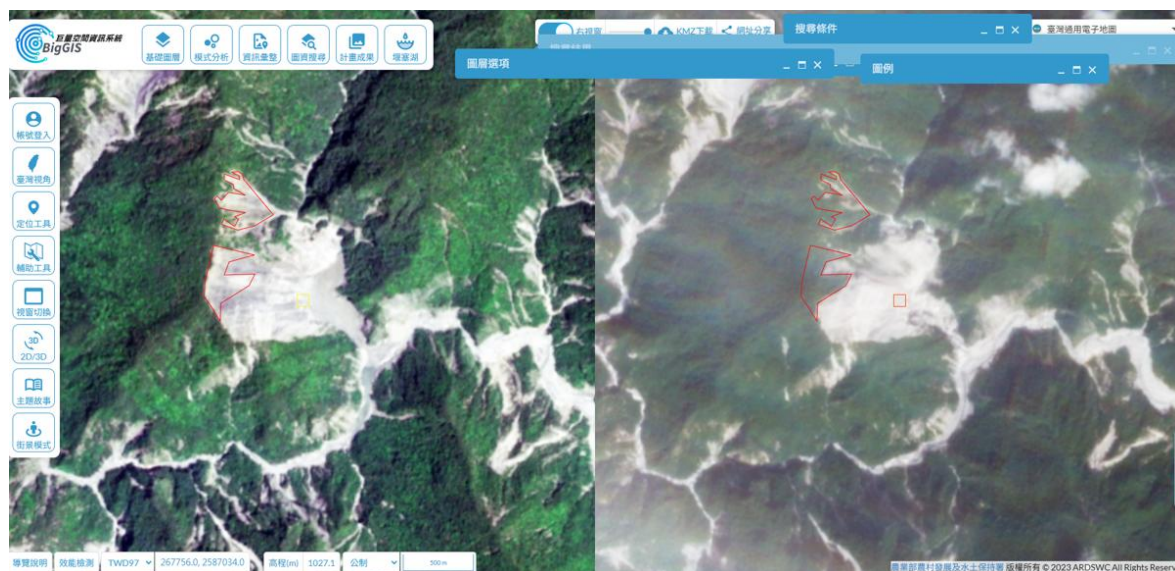


圖 3-74 樂樂溪堰塞湖壩體料源崩塌發生前後 Sentinel-2 影像

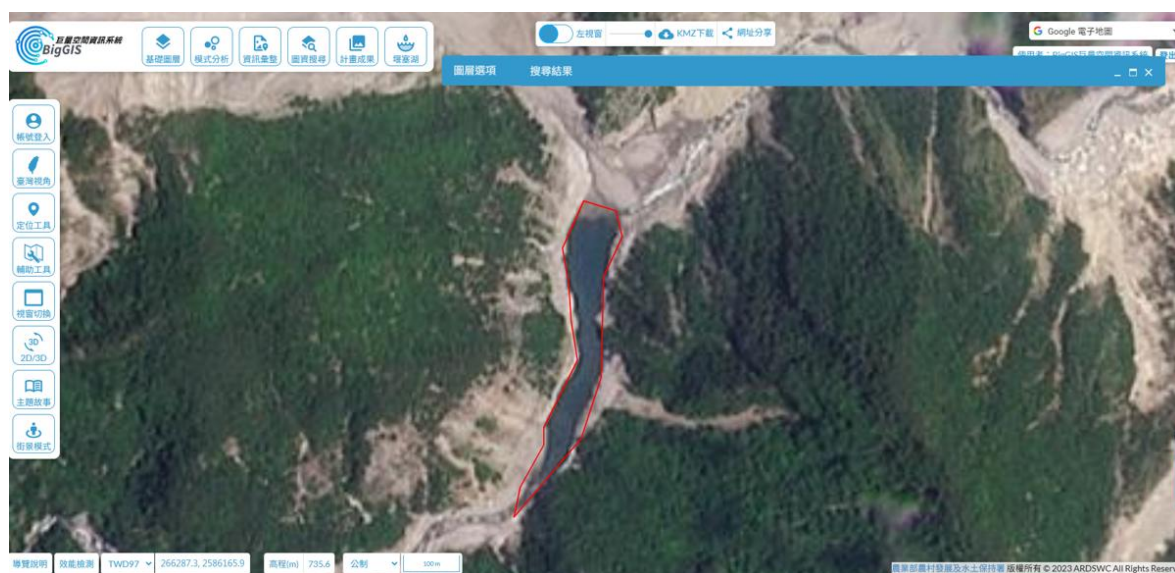


圖 3-75 樂樂溪堰塞湖 2025 年 5 月 3 日 PlanetScope 影像

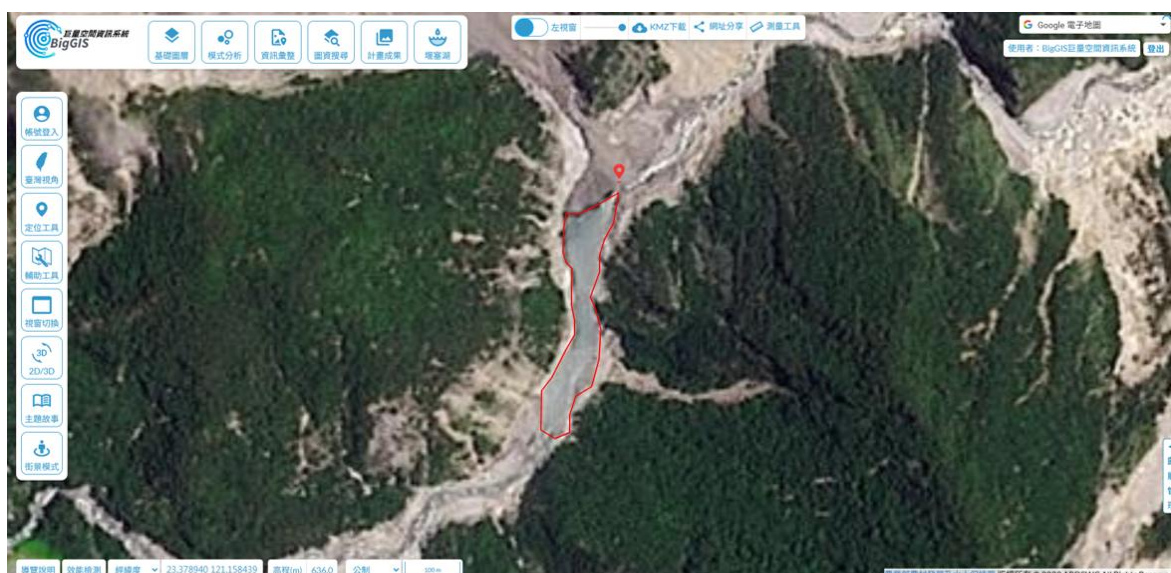


圖 3-76 樂樂溪堰塞湖 2025 年 6 月 11 日 PlanetScope 影像

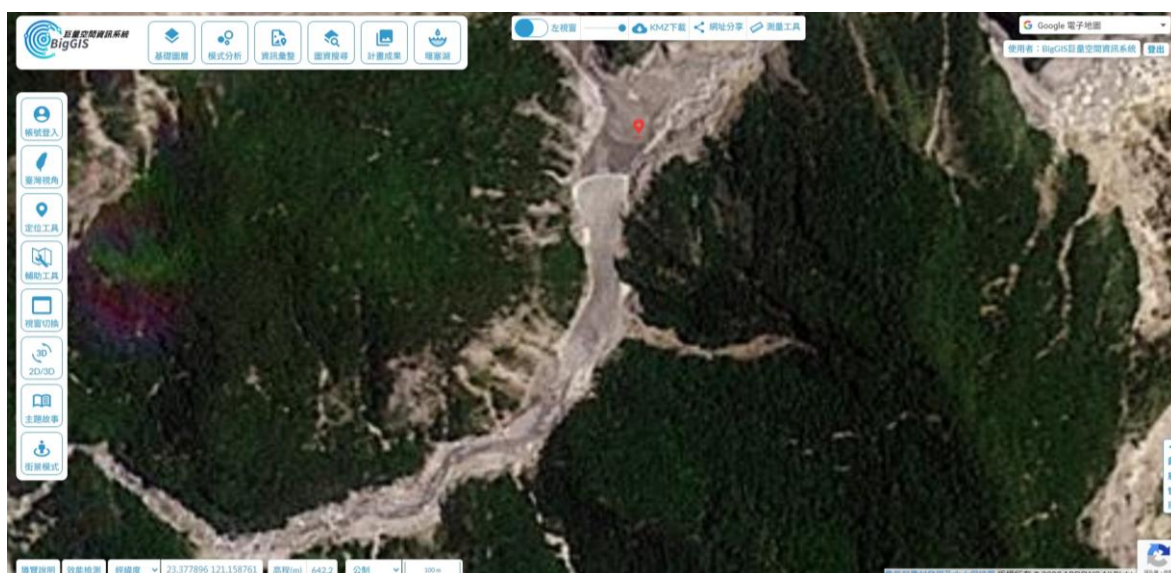


圖 3-77 樂樂溪堰塞湖 2025 年 6 月 16 日 PlanetScope 影像

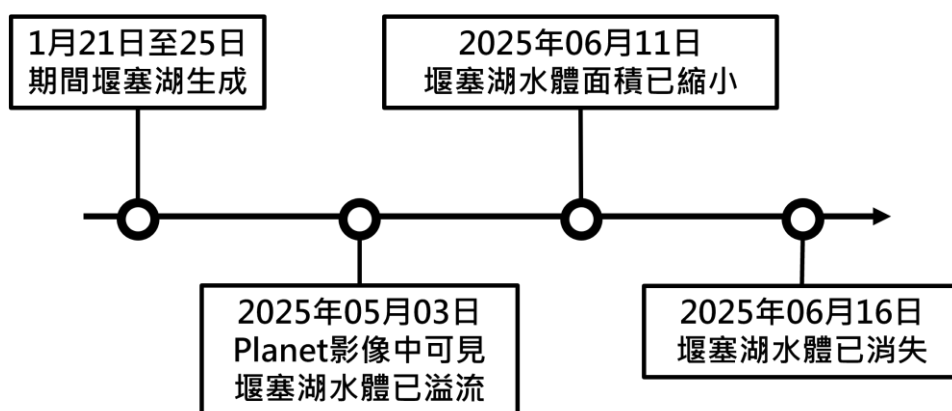


圖 3-78 樂樂溪堰塞湖事件處理時間軸

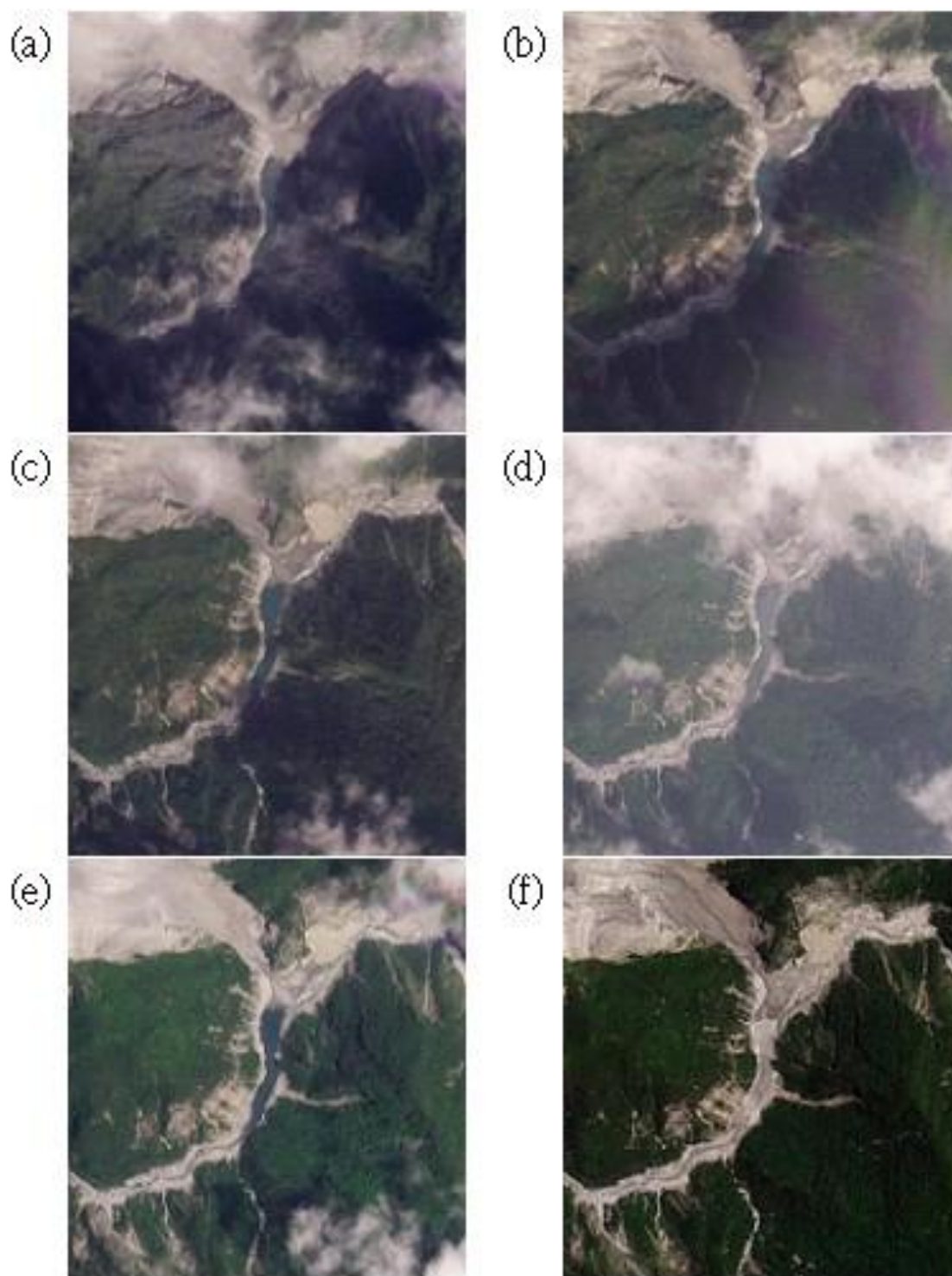


圖 3-79 樂樂溪堰塞湖事件時間序列影像，(a) 0125 PlanetScope、(b)0220 PlanetScope、(c) 0309 PlanetScope、(d) 0404 PlanetScope、(e) 0503 PlanetScope、(f) 0616 PlanetScope

十三、泰崗溪堰塞湖

泰崗溪堰塞湖位於新竹縣尖石鄉 (TWD97 坐標 284890, 2717504)，此區域位於 Sentinel-1 雷達影像疊置陰影區內，因此無法以 Sentinel-1 影像進行偵測。故於農村水保署接獲堰塞湖形成通報後，即以光學衛星影像進行監測，圖 3-80 為 2024 年 10 月 22(左圖)及 11 月 4 日(右圖)堰塞湖形成前後的 PlanetScope 影像。2025 年颱風豪雨事件後，持續以光學衛星影像進行監測，於 5 月 14 日 Sentinel-2(圖 3-81)、6 月 21 日 PlanetScope(圖 3-82)、7 月 23 日 Sentinel-2(圖 3-83)及 11 月 17 日 PlanetScope 影像(圖 3-84)中可見堰塞湖已溢流水體面積維持約 1 公頃。泰崗溪堰塞湖事件光學衛星影像監測時間軸如圖 3-85 所示，影像時間序列如圖 3-86 所示。

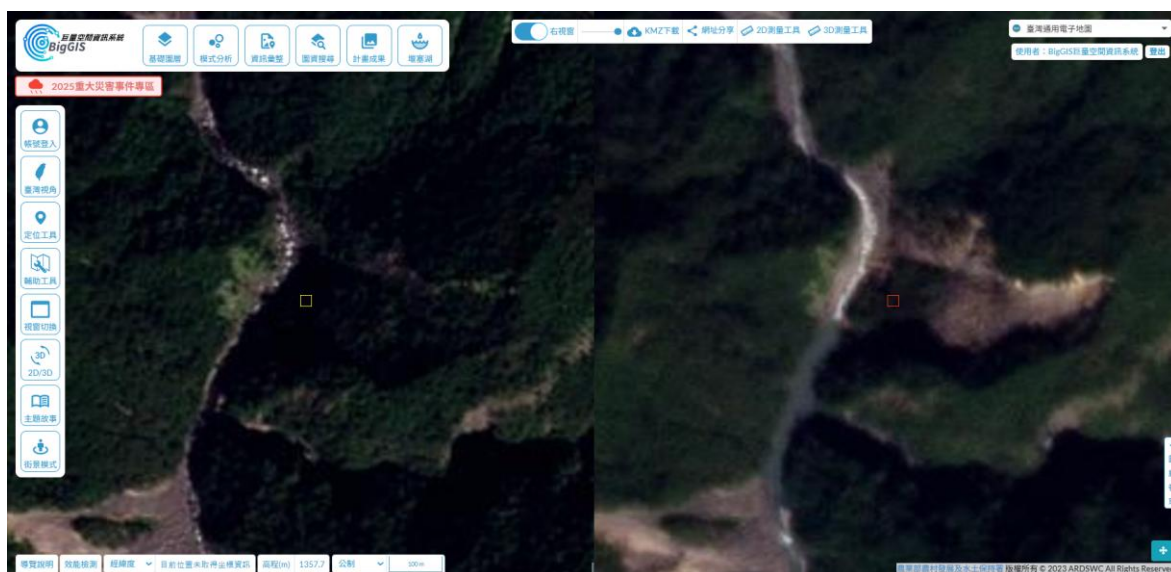


圖 3-80 泰崗溪堰塞湖生成前後 PlanetScope 影像

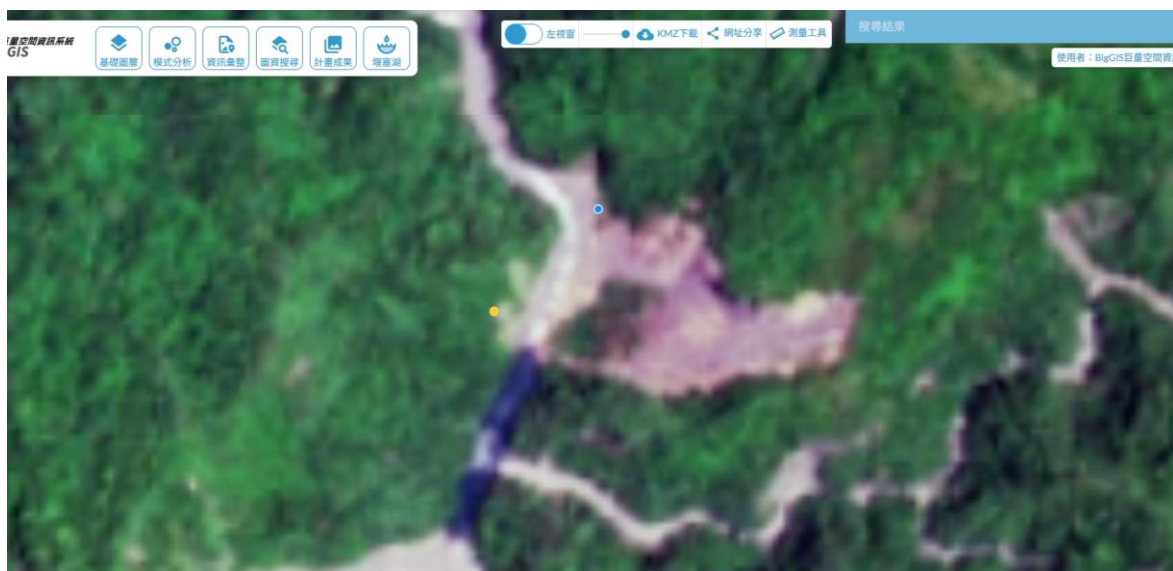


圖 3-81 泰崗溪堰塞湖 2025 年 5 月 14 日 Sentinel-2 影像

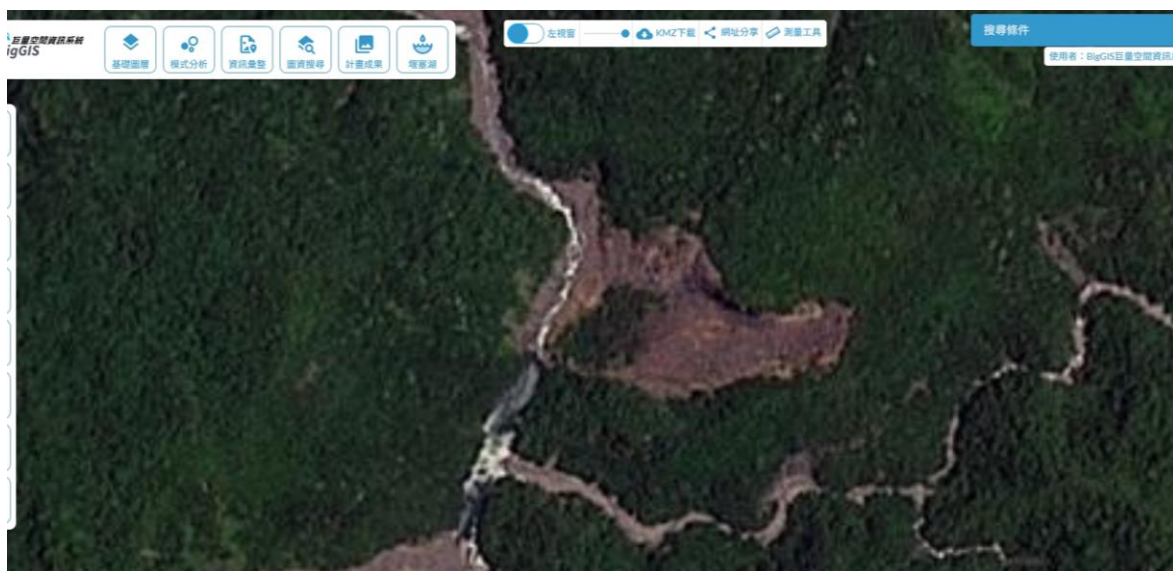


圖 3-82 泰崗溪堰塞湖 2025 年 6 月 21 日 PlanetScope 影像

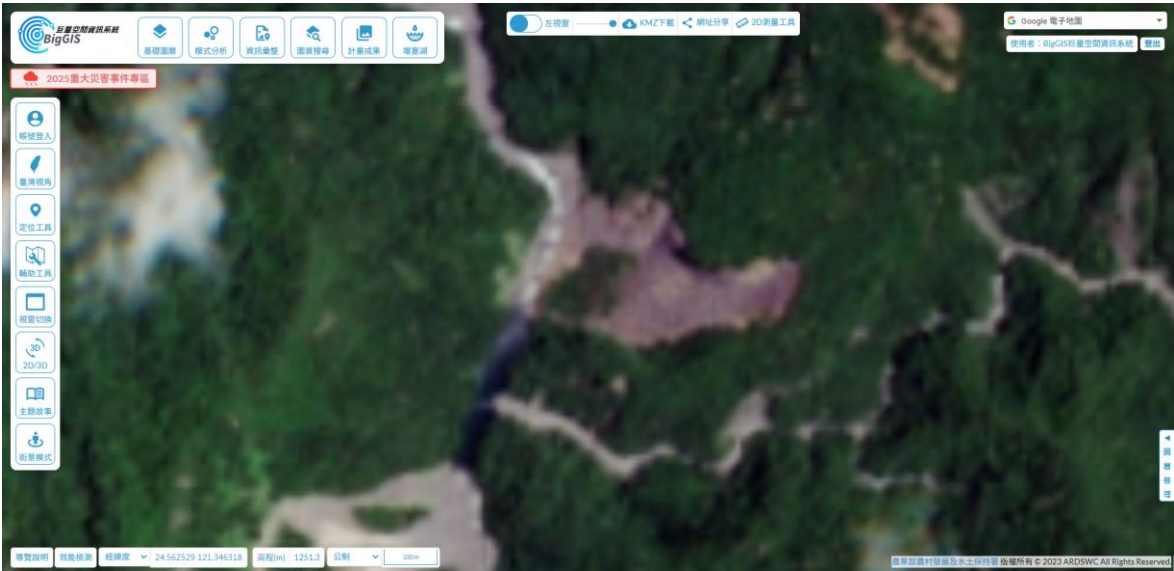


圖 3-83 泰崗溪堰塞湖 2025 年 7 月 23 日 Sentinel-2 影像

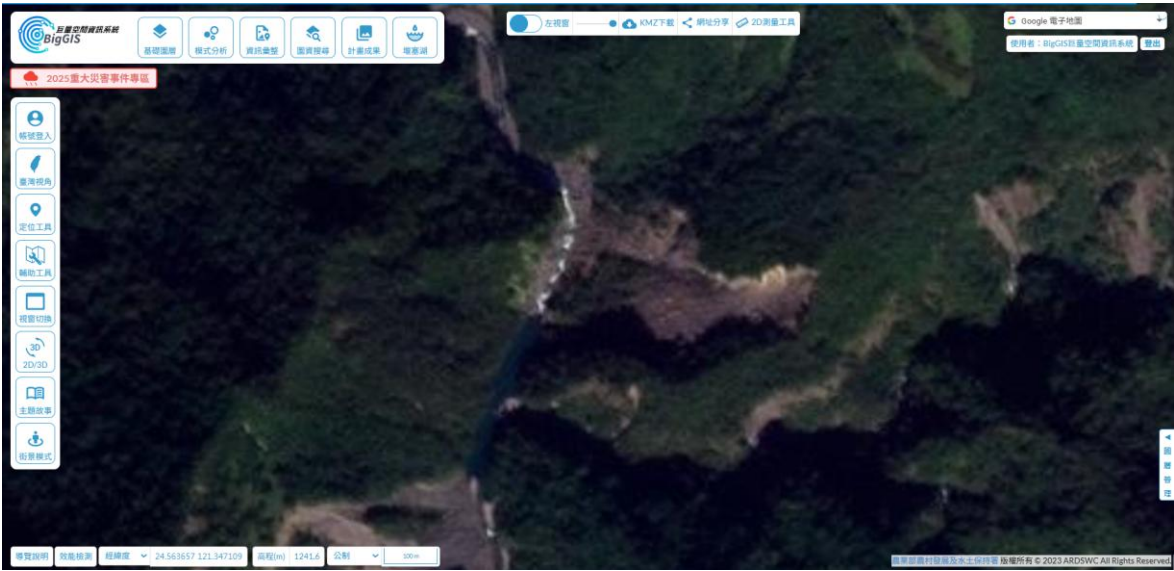


圖 3-84 泰崗溪堰塞湖 2025 年 11 月 17 日 PlanetScope 影像

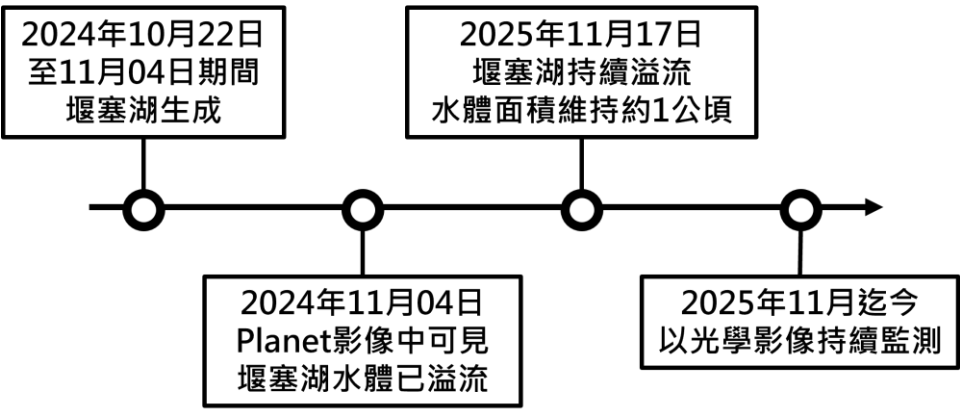


圖 3-85 泰崗溪堰塞湖事件處理時間軸

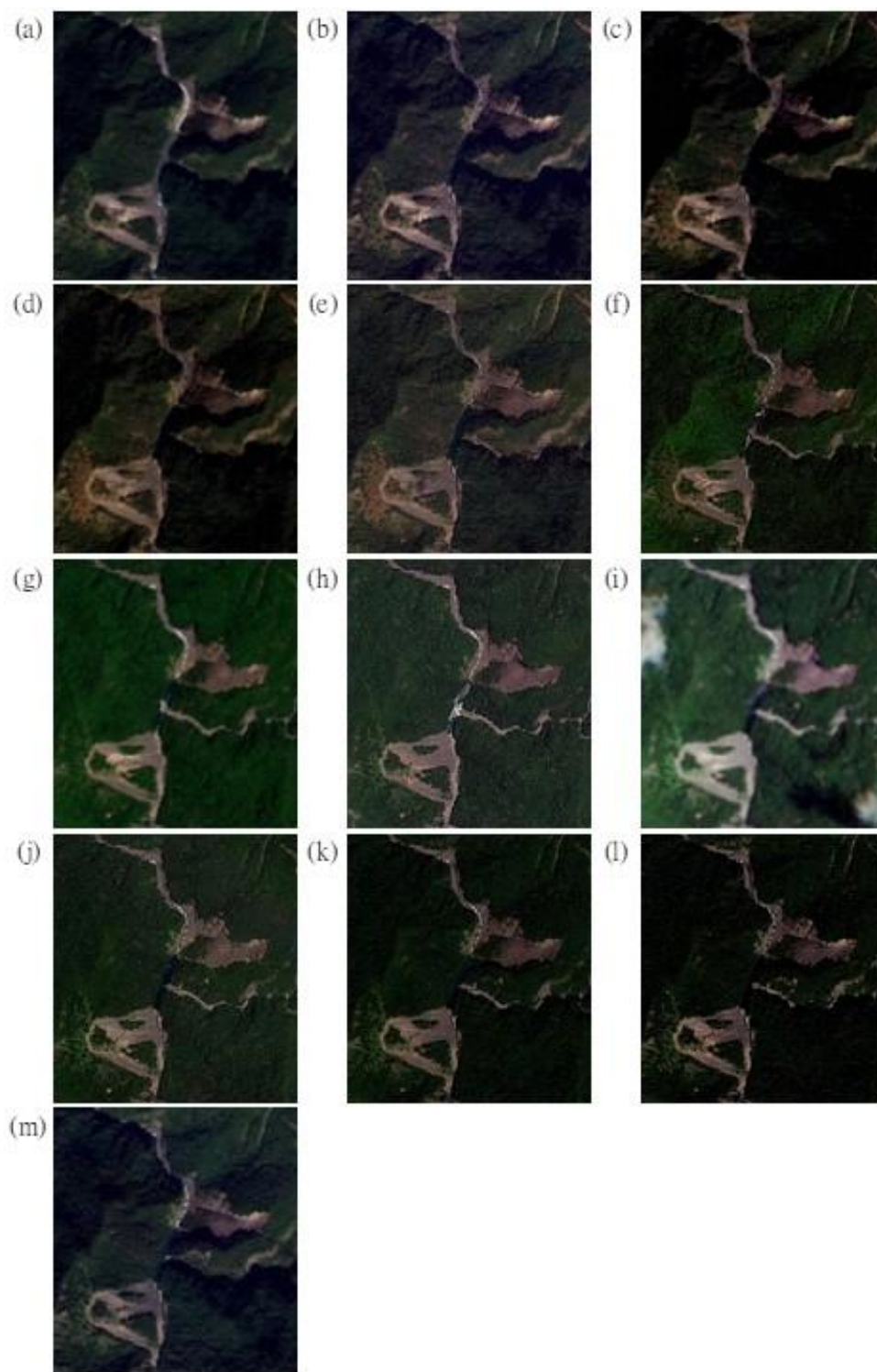


圖 3-86 泰崗溪堰塞湖事件時間序列影像，(a) 20241104 PlanetScope、
(b) 20241209 PlanetScope、(c) 20250114 PlanetScope、(d) 20250211
PlanetScope、(e) 20250310 PlanetScope、(f) 20250414 PlanetScope、(g)
20250514 PlanetScope、(h)20250621 PlanetScope、(i) 20250723
Sentinel-2、(j) 20250808 PlanetScope、(k) 20250910 PlanetScope、(l)
20251007 PlanetScope、(m) 20251117 PlanetScope

十四、立霧溪堰塞湖

立霧溪堰塞湖位於花蓮縣秀林鄉 (TWD97 坐標 306496, 2674464)，此區域位於 Sentinel-1 雷達影像疊置陰影區內，因此無法以 Sentinel-1 影像進行偵測。故於農村水保署接獲堰塞湖形成通報後，即以光學衛星影像進行監測，圖 3-87 為 2025 年 10 月 16(左圖)及 10 月 18 日(右圖)堰塞湖形成前後的 PlanetScope 影像。堰塞湖形成後經過連日降挖與引流工程，壩體已於 10 月 29 日完全被沖毀，圖 3-88 為 11 月 17 日 PlanetScope 影像。立霧溪堰塞湖事件光學衛星影像監測時間軸如圖 3-89 所示。

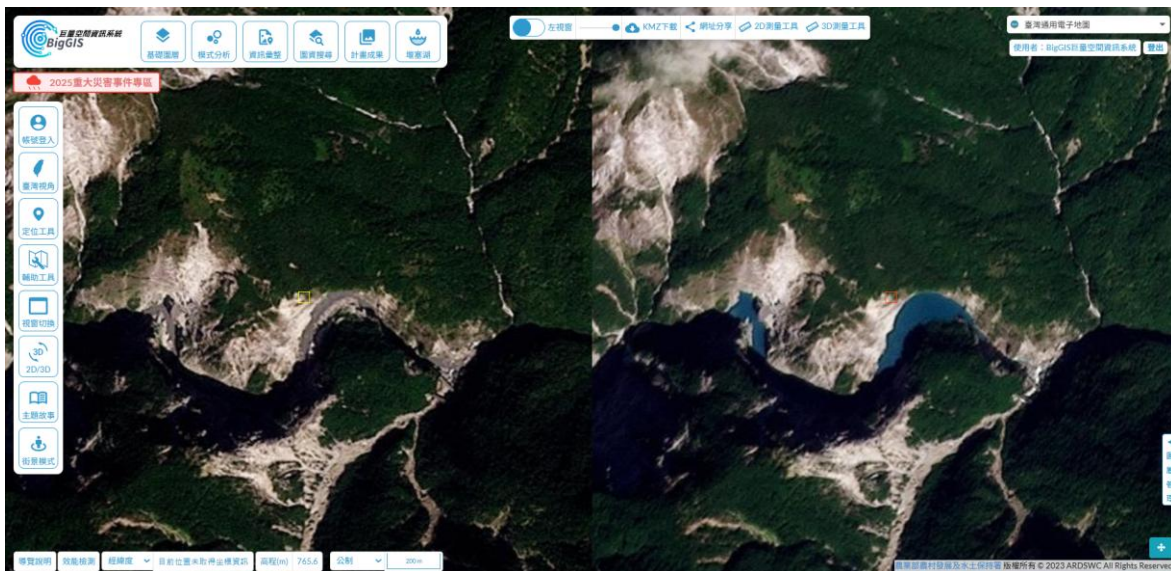


圖 3-87 立霧溪堰塞湖生成前後 PlanetScope 影像

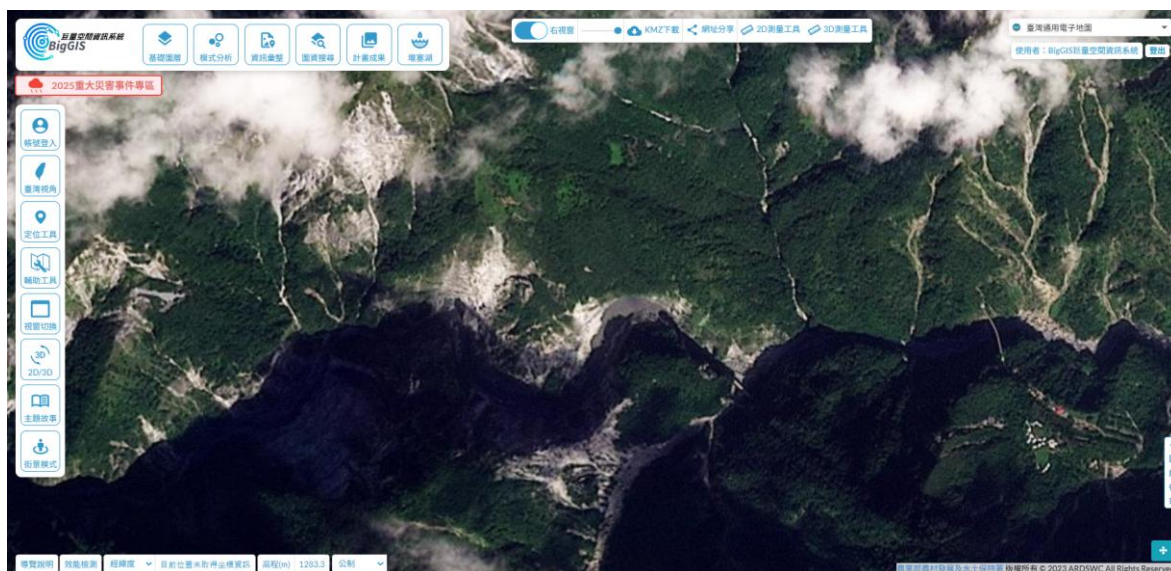


圖 3-88 立霧溪堰塞湖 2025 年 11 月 17 日 PlanetScope 影像

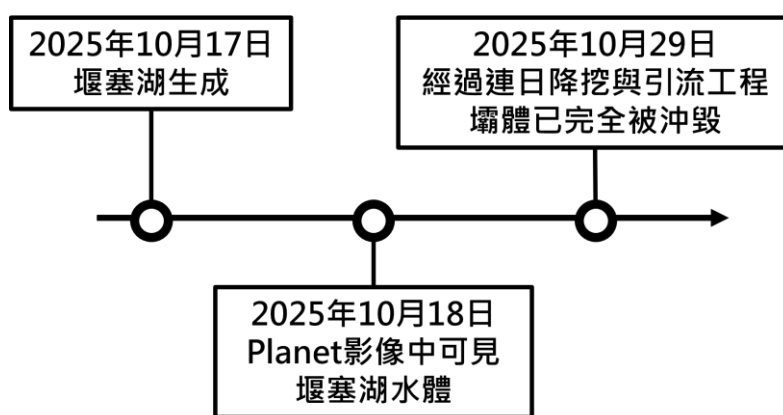


圖 3-89 立霧溪堰塞湖事件處理時間軸

堰塞湖偵測與人工判釋結果可於巨量空間資訊系統(BigGIS)中的堰塞湖偵測模組專區檢視(提供具權限之使用者登入後使用)，使用者亦可根據需求更換底圖，套疊各類核心圖層(如坡度圖、山坡地範圍等)、衛星影像以及 Sentinel-1 升、降軌之疊置陰影圖等堰塞湖偵測相關資訊，如圖 3-90 所示。

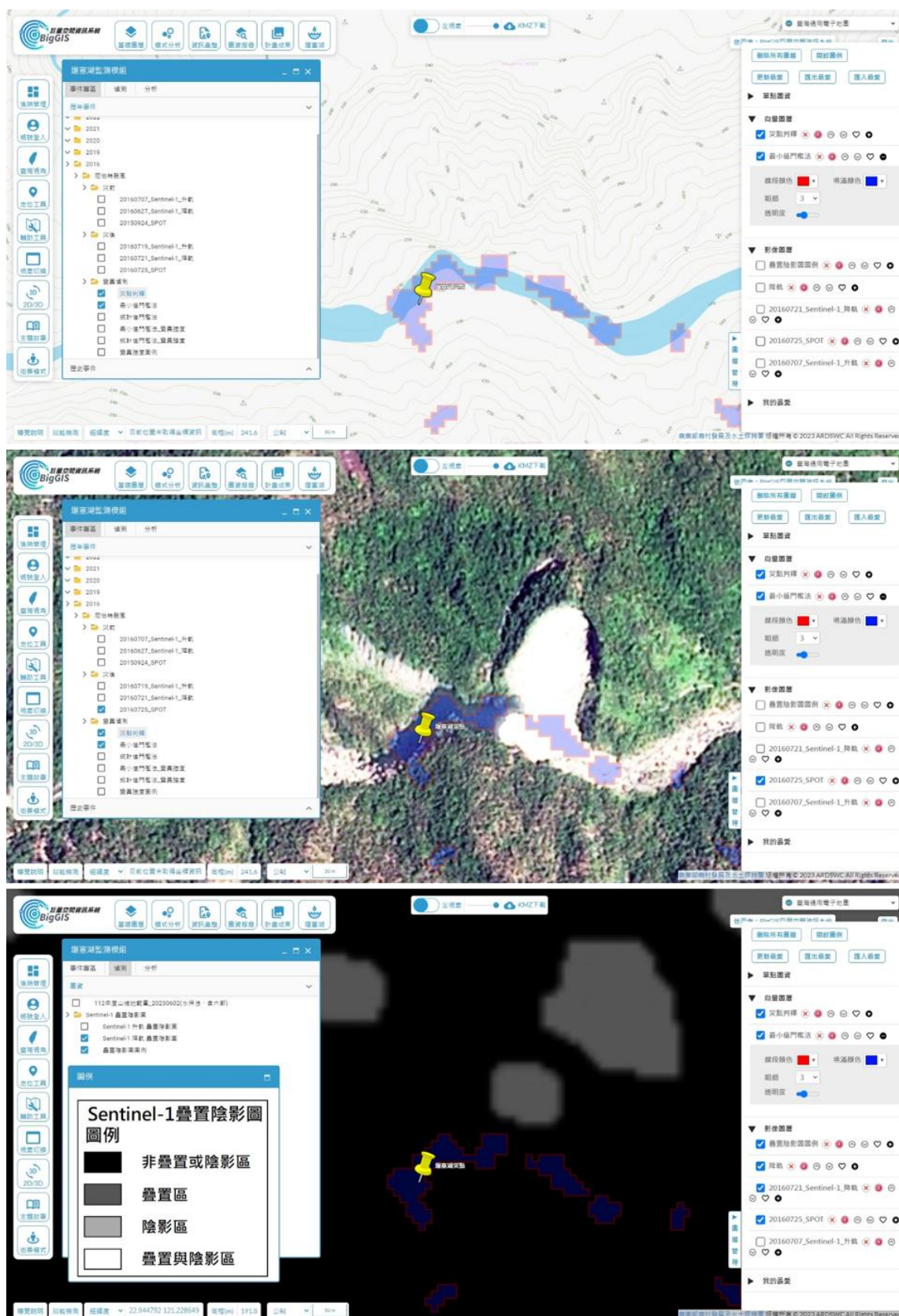


圖 3-90 堰塞湖偵測結果搭配各類圖資範例，上：臺灣通用電子地圖等高線資訊，中：SPOT 光學衛星影像，下：Sentinel-1 疊置陰影圖

定期（每 2 到 10 天）由歐洲太空總署(ESA)取得 Sentinel-1 SAR 升軌(ascending)及降軌(descending)資料，以利使用不同拍攝方向資料進行分析。定期取得中央氣象署或其他相關政府單位所公布之災害資訊，如強降雨、地震或是颱風等，以利核對降雨分布或地震震央周圍等區域，並根據堰塞湖偵測結果提出報告以進行堰塞湖之監測。

當強降雨或地震等災害資訊公布後，以災前、災後（或災中）之 Sentinel-1 同軌道同極化影像進行堰塞湖偵測工作，偵測到疑似堰塞湖的區域，則以該區域無雲的 Sentinel-2 災後影像或無人飛行載具空拍影像進行驗證。堰塞湖偵測結果可於災中或災後第一時間獲得關注區域是否形成堰塞湖，可提供災中或災後緊急應變較為即時之資料。若堰塞湖存在時間較長，可根據 Sentinel-2 影像及無人機空拍影像進行驗證，並持續監測直至其消失。

第四章 結論與建議

第一節 結論

- 一、本年度申購建置 1.5m 高解析度 SPOT-6 衛星遙測影像總面積 7,984 平方公里，以及 3-3.7m 中解析度 PlanetScope 衛星遙測影像，總面積 59,375 平方公里。
- 二、建置 114 年度開放衛星影像資料，總計 Landsat-8 影像 42 幅、Landsat-9 影像 40 幅、Sentinel-1A/C 影像 74 幅、Sentinel-2A/B/C 影像 70 幅，發布影像圖磚於巨量空間資訊系統，並於多元遙測影像申購模組提供下載服務。開放衛星影像下載建置總數已達一千餘幅，包含 Landsat-8：566 幅、Landsat-9：179 幅、Sentinel-2：608 幅以及 Sentinel-1：838 幅。
- 三、本期針對本署山坡地變異點監測計畫所提供之每月一期全島 SPOT 影像，結案前已取得至 2025 年 10 月之影像，皆已完成正規化、對比增揚、圖磚產製等處理收錄至本署空間資料庫，發布至 BigGIS，並可於多元模組申請下載利用。
- 四、應用不受雲層影響的雷達衛星影像之堰塞湖偵測模組，今年持續於汛期間進行全島堰塞湖的監測，根據馬太鞍溪堰塞湖偵測成果，調整水體偵測範圍，力求堰塞湖偵測無一遺漏。本年度完成 0121 地震、0130 地震、0613 豪雨、丹娜絲颱風、薇帕颱風、0721 豪雨、0728 豪雨、楊柳颱風、樺加沙颱風、1020 豪雨與鳳凰颱風等事件堰塞湖偵測工作。對於關注區域是否形成堰塞湖，提供災中或災後緊急應變較為即時之預警資料，可提供防減災工作一項利器。

第二節 建議

- 一、因應氣候快速變遷，地形地貌演變加速的趨勢，應持續擴充建置更多元多期衛星影像，供業務單位在執行業務時選用，以利進行變異分析比對，以及持續提供與其他系統平台衛星影像 API 介接服務，提供更即時更多元之遙測影像。
- 二、在署內歷史計畫空間圖資標準化建檔的過程中，發現歷年來已經累積許多超高解析度遙測影像圖資資料。建議持續將超高解析度遙測影像應用於需要高解析度影像進行判釋之相關工作，殘坡與河道堆積不安定土砂調查等。此外，應積極找尋國際上商用衛星適用於臺灣地區之超高解析度影像資料來源，並評估實際應用於支援署內業務之可行性。
- 三、使用不受天候影響的雷達衛星影像的堰塞湖偵測方法，持續於汛期期間進行偵測，提供災中、災後預警應變之資訊。Sentinel-1D 於本年度 11 月發射升空，建議引進 Sentinel-1D 相關資料，持續擴充雷達衛星偵測堰塞湖水體使用之統計資料庫，並以此資料提升堰塞湖偵測工作之時間頻率。
- 四、PlanetScope 每日再訪影像應用於堰塞湖與崩塌偵測/監測等工作雖是相當有用的利器，但也需耗費大量人力，建議未來工作可開發人工智慧模式，每日自動處理/偵測/監測等相關工作引進自動處理，以提升工作效能。
- 五、福衛八號衛星規劃以多衛星星系方式，於 2025 年至 2030 年陸續發射升空，能有效提供高頻率衛星影像，對於地表變異監測使用定能有相當的助益，建議後續可規劃建立定期與災後緊急取得福衛八號影像渠道，提升本署應變效能。

參考文獻

- Astrium, G.-I. E. (2012). Pléiades Imagery-User Guide.
- Chen, Z. Y., Ma, L. Q., Yu, S., Chen, S. J., Zhou, X. B., Sun, P., & Li, X. (2015). Back Analysis of the Draining Process of the Tangjiashan Barrier Lake. *Journal of Hydraulic Engineering*, 141(4). Retrieved from <Go to ISI>://WOS:000351458700003. doi:10.1061/(asce)hy.1943-7900.0000965
- DigitalGlobe. (2015). DigitalGlobe opens access to satellite data to support disaster response efforts in Nepal <http://blog.digitalglobe.com/2015/04/26/digitalglobe-opens-access-to-satellite-data-to-support-disaster-response-efforts-in-nepal/>.
- Gulácsi, A., & Kovács, F. (2020). Sentinel-1-Imagery-Based High-Resolution Water Cover Detection on Wetlands, Aided by Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 12(10), 1614.
- Haagsma, M. (2015). *Crop Monitoring with Radar; Correlation between SAR Polarimetric Response and Vegetation Indices*. Delft University of Technology.
- Liu, C.-C., & Chen, N.-Y. (2011). Responding to natural disasters with satellite imagery. *SPIE Newsroom*.
- Liu, C.-C., Chen, P.-L., Matsuo, T., & Chen, C.-Y. (2015). Rapidly responding to landslides and debris flow events using a low-cost unmanned aerial vehicle. *Journal of Applied Remote Sensing*, 9(1), 096016-096016. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1117/1.JRS.9.096016>. doi:10.1117/1.JRS.9.096016
- Liu, C.-C., Liu, J.-G., Lin, C.-W., Wu, A.-M., Liu, S.-H., & Shieh, C.-L. (2007). Image processing of FORMOSAT-2 data for monitoring South Asia tsunami. *International Journal of Remote Sensing*, 28(13), 3093-3111.
- Liu, C.-C., Nakamura, R., Ko, M.-H., Matsuo, T., Kato, S., Yin, H.-Y., & Huang, C.-S. (2017). Near Real-Time Browsable Landsat-8 Imagery. *Remote Sensing*, 9(1), 79. Retrieved from <http://www.mdpi.com/2072-4292/9/1/79>.
- Martinis, S. (2010). *Automatic near real-time flood detection in high resolution X-band synthetic aperture radar satellite data using context-based classification on irregular graphs*. (Dissertation, LMU Munich), Retrieved from <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:19-123731>
- Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N., & Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540(7633), 418-422. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/nature20584>. doi:10.1038/nature20584
- Peng, M., & Zhang, L. (2012). Breaching parameters of landslide dams. *Landslides*, 9(1), 13-31.
- Schuster, R. L., & Costa, J. E. (1986). *PERSPECTIVE ON LANDSLIDE DAMS*. Paper presented at the Landslide Dams: Processes, Risk, and Mitigation. Proceedings of a Session in Conjunction with the ASCE Convention.
- Selding, P. B. d. (2016). Korea's SI Imaging: DigitalGlobe is no longer alone in selling 50-cm imagery <http://spacenews.com/koreas-si-imaging-digitalglobe-is-no-longer-alone-in-selling-50-cm-imagery/>.
- Taghvakish, S. (2012). *Refined Freeman-Durden for harvest detection using POLSAR data*. (doctoral thesis), University of Calgary
- Toan, T. L. (2007). Introduction to SAR Remote Sensing. *ESA advanced training course on land remote sensing*.
- Twele, A., Cao, W., Plank, S., & Martinis, S. (2016). Sentinel-1-based flood mapping: a fully automated processing chain. *International Journal of Remote Sensing*, 37(13),

- 2990-3004.
- Ulaby, F. T., Moore, R. K., & Fung, A. K. (1982). *Microwave Remote Sensing Active and Passive-Volume II: Radar Remote Sensing and Surface Scattering and Emission Theory*: Addison-Wesley Publishing Company Advanced Book Program/World Science Division.
- USGS. (2008). Opening the Landsat Archive: U.S. Geological Survey Fact Sheet. 2008–3091, 2001 p.
- Yang, S.-H., Pan, Y.-W., Dong, J.-J., Yeh, K.-C., & Liao, J.-J. (2013). A systematic approach for the assessment of flooding hazard and risk associated with a landslide dam. *Natural Hazards*, 65(1), 41-62. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0344-9>. doi:10.1007/s11069-012-0344-9
- 內政部土地測量局. (2006). *e-GPS 衛星基準站即時動態定位系統-VBS-RTK 定位測試成果報告*. Retrieved from
- 內政部國家災害防救科技中心. (2015). *2015 年 4 月 25 日尼泊爾地震災害分析*. Retrieved from
- 農林航空測量所. (2017). 專業製圖介紹 <http://www.afasi.gov.tw/cate>.