



公開
密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：080701e200

行政院農業委員會林務局100年度科技計畫研究報告

計畫名稱：**航照數位多光譜影像於林地經營管理上之應用 (第3年/全程3年)**
(英文名稱) **Application of airborne multi-spectral imagery for the forest land management**

計畫編號：100農科-8.7.1-務-e2

全程計畫期間：自 98年1月1日 至 100年12月31日

本年計畫期間：自 100年1月1日 至 100年12月31日

計畫主持人：陳朝圳

研究人員：吳守從、陳建璋、謝依達、劉冠良、吳坤真、曾彥倫、劉宜婷、陳芷儀、黃雅莉、林子方、曾怡穎、蔡馨儀、余曙光、郭家和、廖晟淞

執行機關：屏東科技大學



1000527

摘要

農林航空測量所從94年起陸續採購定位定向慣性導航儀(Position and Orientation System, POS)、數位製圖相機(Digital Mapping Camera, DMC)、空載數位掃描儀(Airborne Digital Sensor, ADS)等先進航遙測製圖儀器，取代傳統的RMKTOP系列相機及DS-1260多光譜掃描儀。因此，為配合新設備所帶來的應用能量，對森林經營管理與土地現況進行監測，本計畫之工作重點及重要成果如下：

一、影像資料前期處理技術之研究

在陰影影像分類成果中顯示，陰影影像具有一定的分類能力，應歸功於12-bit之輻射解析力所呈現的資訊所致。

二、崩塌地與敏感區內地形變遷之研究

本研究以植生指數搭配非監督分類，以及配合圖徵後處理過濾，完成崩塌地分類模組，以及後續製圖流程，建立崩塌地製圖標準程序，製圖成果可得陰影與非陰影區域影像的崩塌地資訊。並建議未來崩塌地製圖應先進行自動分類，再以人工數化編修，以取代以往全程數化方式。本研究亦完成全台事業區崩塌地製圖。

三、運用航照數位多光譜影像進行災害監測之研究：

森林火災區位製圖，採用植生指數差值法搭配非監督分類，再以圖徵後處理，可有效偵測受災區位。本研究完成火災區位分類模組，並建立火災區位製圖標準程序。

四、航照數位影像在林地分類上之研究

林地影像分類的流程中，採用多樣分析技術，逐一提升分類精度。高解析度影像分類須考慮十分繁複之因子與分類方法組合，並配合專家知識，如以單一的分類模式進行，所得精度有限。

Abstract

Aerial survey office, Forestry Bureau has successively procured Position and Orientation System(POS), Digital Mapping Camera(DMC), Airborne Digital Sensor(ADS) and other advanced photogrammetry mapping apparatus from 2005, in order to replacing traditional RMKTOP cameras and DS-1260 multi-spectral scanner. Therefore, in order to match up the new equipment to bring more applications, for forest management and land use monitoring, the major object of the works and the important results in this plan were draw as below:

1. Image data pre-processing technology

The results of image classification of shadow showed that the classification of the shadow image have a certain capacity. It was due to the information of 12-bit radiation resolution.

2. Using airborne multi-spectral imagery to monitor landslide and susceptibility area of topography changes

We used vegetation index with unsupervised classification and feature post-processing filter, to build the landslide classification model, and the subsequent mapping process. We established a standard procedure for landslide mapping. Mapping results can be obtained the landslide information of shadow and non-shadow image. We suggested that landslide mapping should be automatically classified first, and then the digital editing by manual to replace the whole digital editing by manual.

3. Using airborne multi-spectral imagery for disaster monitoring

We used vegetation index difference with unsupervised classification and feature post-processing filter. This procedure can obtain the forest fire area effective. We

completed the forest fire detection model; we also established a standard procedure for forest fire area detection.

4. Using airborne multi-spectral imagery for forest land classification

In forest land classification process, we used various analytical techniques step by step to increase the classification accuracy. High resolution image classification needed to consider very complex factors and combination of classification techniques, and also with expert knowledge. However, using a single classification technique would take limited result.

目錄

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 摘要..... | I |
| Abstract..... | II |
| 目錄..... | IV |
| 表目錄..... | VIII |
| 圖目錄..... | XIII |
| 第一章 緒論 | 1 |
| 1.1 計畫緣起..... | 1 |
| 1.2 計畫目標..... | 2 |
| 1.3 重要工作項目及實施方法..... | 3 |
| 1.4 預定交付成果及評估指標..... | 7 |
| 第二章 文獻回顧 | 8 |
| 2.1 影像陰影處理..... | 8 |
| 2.2 崩塌地自動分類..... | 9 |
| 2.3 變遷偵測..... | 11 |
| 2.4 物件導向影像分類..... | 13 |
| 第三章 影像資料前期處理技術之研究 | 15 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 3.1 陰影處理技術試驗..... | 15 |
| 3.1.1 陰影影像偵測..... | 15 |
| 3.1.2 陰影影像恢復..... | 19 |
| 3.1.3 陰影影像分類..... | 22 |
| 第四章 崩塌地與敏感區內地形變遷之研究..... | 25 |
| 4.1 崩塌地自動分類測試..... | 25 |
| 4.1.1 陰影與非陰影區域崩塌地自動分類測試..... | 25 |
| 4.1.2 成果誤差分析..... | 28 |
| 4.2 崩塌地圖層建置流程..... | 32 |
| 4.2.1 崩塌地分類標準作業流程..... | 32 |
| 4.2.2 崩塌地分類模組..... | 38 |
| 4.3 全台事業區崩塌地分類作業執行..... | 39 |
| 4.3.1 全台事業區崩塌地製圖..... | 39 |
| 4.3.2 崩塌地成果精度檢核..... | 56 |
| 4.4 崩塌地敏感分析..... | 71 |
| 4.4.1 不安定指數法..... | 71 |
| 4.4.2 崩塌敏感區域案例分析..... | 75 |
| 第五章 航照數位多光譜影像進行災害監測之研究..... | 93 |

| | |
|--|------------|
| 5.1 火災災區光譜特徵分析..... | 93 |
| 5.1.1 火災前後光譜變化分析..... | 93 |
| 5.1.2 火災前後雙光譜圖分析..... | 94 |
| 5.1.3 火災前後火災影像變化..... | 95 |
| 5.2 火災災區製圖技術..... | 100 |
| 5.2.1 火災災區變遷偵測技術..... | 100 |
| 5.2.2 火災災區自動變遷偵測標準作業流程..... | 106 |
| 5.2.3 火災災區製圖案例分析..... | 110 |
| 5.2.4 火災災區製圖誤差討論..... | 117 |
| 5.3 火燒嚴重度分類技術..... | 119 |
| 5.3.1 火燒嚴重度分類技術..... | 119 |
| 5.3.2 火燒嚴重度分類案例分析..... | 120 |
| 5.3.3 火燒嚴重度誤差討論..... | 125 |
| 第六章 航照數位影像在林地分類上之研究..... | 127 |
| 6.1 地真資料與土地利用分類類別..... | 128 |
| 6.1.1 地真資料..... | 128 |
| 6.1.2 土地利用分類類別..... | 128 |
| 6.2 物件基礎影像分析法(Object-Based Image Analysis, OBIA).... | 130 |

| | |
|---------------------------|------------|
| 6.2.1 指數計算..... | 130 |
| 6.2.2 影像物件化..... | 133 |
| 6.3 影像光譜特徵分析..... | 140 |
| 6.4 訓練樣區評估..... | 144 |
| 6.5 知識庫分類法..... | 145 |
| 6.6 林地分類案例分析..... | 147 |
| 6.6.1 大甲溪事業區樣區..... | 147 |
| 6.6.2 阿里山事業區樣區..... | 163 |
| 6.6.3 烏來事業區樣區..... | 170 |
| 6.7 分類成果評估..... | 175 |
| 第七章 結論..... | 180 |
| 參考文獻..... | 193 |
| 附錄 A 現場地真檢核資料 | |
| 附錄 B 崩塌地區位自動分類工作手冊 | |
| 附錄 C 火災區位自動分類工作手冊 | |
| 附錄 D 建議事項及辦理情形 | |

表目錄

| | |
|---|----|
| 表 3-1 陰影偵測成果之誤差矩陣····· | 18 |
| 表 3-2 不同陰影恢復方法於各波段之恢復成果····· | 20 |
| 表 3-3 各處理陰影分類成果····· | 23 |
| 表 4-1 陰影偵測誤差矩陣····· | 28 |
| 表 4-2 非陰影區域崩塌地偵測誤差矩陣表····· | 29 |
| 表 4-3 陰影區域崩塌地偵測誤差矩陣表····· | 29 |
| 表 4-4 分離處理陰影崩塌地偵測誤差矩陣表····· | 30 |
| 表 4-5 未分離處理陰影影像崩塌地偵測誤差矩陣表····· | 31 |
| 表 4-6 既有圖層過濾之保留土地使用類型編碼表····· | 35 |
| 表 4-7 崩塌地基礎資料欄位····· | 37 |
| 表 4-8 圖幅編號 95184014 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)··· | 58 |
| 表 4-9 圖幅編號 95191024 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)··· | 59 |
| 表 4-10 圖幅編號 95192020 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)··· | 60 |
| 表 4-11 圖幅編號 95192030 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)··· | 61 |
| 表 4-12 圖幅編號 95193004 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)··· | 62 |
| 表 4-13 圖幅編號 95192019 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)··· | 63 |
| 表 4-14 圖幅編號 95193042 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)··· | 64 |

| | |
|---|-----|
| 表 4-15 圖幅編號 95193066 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)... | 65 |
| 表 4-16 圖幅編號 95192028 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)... | 66 |
| 表 4-17 圖幅編號 96203064 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)... | 67 |
| 表 4-18 圖幅編號 96212043 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)... | 68 |
| 表 4-19 玉山氣象站雨量統計..... | 76 |
| 表 4-20 崩塌潛勢因子權重值表(觀高區域)..... | 80 |
| 表 4-21 新增崩塌地於崩塌敏感等級之分布面積(觀高區域)..... | 82 |
| 表 4-22 廬山氣象站雨量資料..... | 84 |
| 表 4-23 崩塌潛勢因子權重值表(廬山區域) | 85 |
| 表 4-24 新增崩塌地於崩塌敏感等級之分布面積(廬山區域)..... | 86 |
| 表 4-25 梨山氣象站雨量資料..... | 89 |
| 表 4-26 阿里山氣象站雨量資料..... | 91 |
| 表 5-1 火災前後各林型波譜值統計..... | 94 |
| 表 5-2 火災前後各林型光譜夾角..... | 97 |
| 表 5-3 各波段校正迴歸式(大埔事業區第 227、228 林班)..... | 103 |
| 表 5-4 各波段校正迴歸式(大埔事業區第 110 林班)..... | 103 |
| 表 5-5 各波段校正迴歸式(大甲溪事業區第 66 林班)..... | 104 |
| 表 5-6 各波段校正迴歸式(金山礮嘴山)..... | 104 |

| | |
|---|-----|
| 表 5-7 誤差矩陣(大埔事業區第 227、228 林班)····· | 110 |
| 表 5-8 各林型受災面積(大埔事業區第 227、228 林班)····· | 111 |
| 表 5-9 誤差矩陣(大埔事業區 110 林班)····· | 112 |
| 表 5-10 各林型受災面積(大埔事業區 110 林班)····· | 113 |
| 表 5-11 誤差矩陣(大甲溪事業區第 66 林班)····· | 114 |
| 表 5-12 各林型受災面積(大甲溪事業區第 66 林班)····· | 115 |
| 表 5-13 誤差矩陣(金山礮嘴山)····· | 116 |
| 表 5-14 火燒嚴重度航照判釋原則(Brais et al., 2000)····· | 119 |
| 表 5-15 火燒嚴重度誤差矩陣(大埔事業區第 227、228 林班)····· | 121 |
| 表 5-16 火燒嚴重度誤差矩陣(大埔事業區第 110 林班)····· | 122 |
| 表 5-17 火燒嚴重度誤差矩陣(大甲溪事業區第 66 林班)····· | 123 |
| 表 5-18 火燒嚴重度誤差矩陣(金山礮嘴山)····· | 124 |
| 表 6-1 本研究所採用之土地利用/覆蓋分類系統····· | 129 |
| 表 6-2 區塊面積切割參數設定····· | 133 |
| 表 6-3 原始影像採用切割參數設定····· | 134 |
| 表 6-4 不同切割尺度之切割區塊數比較表····· | 134 |
| 表 6-5 區塊資訊遺失面積····· | 147 |
| 表 6-6 影像切割尺度 200 Duncan's 檢定表····· | 141 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 表 6-7 影像切割尺度 400Duncan's 檢定表 | 142 |
| 表 6-8 區塊面積計算 Duncan's 檢定表 | 143 |
| 表 6-9 大甲溪事業區樣區影像資訊名稱表 | 148 |
| 表 6-10 疊合 26 波段影像分離度檢定表 | 150 |
| 表 6-11 疊合影像 26 波段訓練樣區混淆矩陣 | 151 |
| 表 6-12 陰影偵測精度表 | 153 |
| 表 6-13 植生及非植生地偵測精度表 | 154 |
| 表 6-14 草本植生地之分類精度表 | 156 |
| 表 6-15 木本植生地之誤差矩陣表 | 157 |
| 表 6-16 非植生區域之誤差矩陣表 | 159 |
| 表 6-17 合併植生區域及非植生區域之分類誤差矩陣表 | 161 |
| 表 6-18 阿里山事業區樣區影像資訊名稱表 | 165 |
| 表 6-19 疊合 14 波段影像分離度檢定表 | 166 |
| 表 6-20 疊合影像 14 波段訓練樣區誤差矩陣表 | 166 |
| 表 6-21 阿里山試驗樣區-誤差矩陣 | 168 |
| 表 6-22 阿里山樣區-第四次森林資源調查類別誤差矩陣 | 169 |
| 表 6-23 烏來事業區樣區影像資訊名稱表 | 172 |
| 表 6-24 疊合 22 波段影像分離度檢定表 | 173 |

表 6-25 疊合影像 22 波段訓練樣區誤差矩陣表.....173

表 6-27 烏來樣區誤差矩陣.....174

圖目錄

| | |
|--|----|
| 圖 1-1 全台事業區崩塌地分類之標準作業執行研究流程圖 | 4 |
| 圖 1-2 運用數值航照進行災害監測研究流程圖 | 5 |
| 圖 1-3 航照數位影像在林地分類研究流程圖 | 6 |
| 圖 3-1 陰影處理技術試驗流程 | 15 |
| 圖 3-2 亮度值之直方圖 (紅光, 綠光, 藍光和近紅外光 4 個波段之平均值) 以及陰影門檻值 778 (紅線) | 17 |
| 圖 3-3 陰影偵測成果。A 為亮度值影像 (顏色較深代表陰影); B 為利用亮度值法於陰影偵測之成果 (白色代表陰影區) | 17 |
| 圖 3-4 直方圖匹配圖示 | 19 |
| 圖 3-5 陰影恢復成果與細部放大圖; A 為原多光譜影像; B 為 LCC 恢復陰影影像; C 為直方圖匹配恢復陰影影像 | 21 |
| 圖 4-1 陰影崩塌地分析樣區, (a) 為 2008 年 12 月 27 日拍攝之 ADS-40 影像, (b) 為 2008 年 9 月 21 日拍攝之 ADS-40 影像 | 25 |
| 圖 4-2 崩塌地偵測成果, (a)、(d) 為為陰影分離處理偵測成果套疊陰影較多的 2008 年 12 月 27 日影像, (b)、(e) 為陰影分離處理偵測成果套疊陰影較少的 2008 年 12 月 27 日影像, (c)、(f) 為陰影未分離處理偵測成果套疊陰影較少的 2008 年 12 月 27 日影像 | 30 |
| 圖 4-3 崩塌地分類標準作業流程 | 33 |
| 圖 4-4 烏來事業區成果(採用影像:DMC 影像) | 40 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 圖 4-5 文山事業區成果(採用影像:DMC 影像) | 40 |
| 圖 4-6 大溪事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 41 |
| 圖 4-7 竹東事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 41 |
| 圖 4-8 南庄事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 42 |
| 圖 4-9 大湖事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 42 |
| 圖 4-10 大安溪事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 43 |
| 圖 4-11 八仙山事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 43 |
| 圖 4-12 大甲溪事業區成果(採用影像:ADS-40 影像)..... | 44 |
| 圖 4-13 濁水溪事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 44 |
| 圖 4-14 埔里事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 45 |
| 圖 4-15 丹大事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 45 |
| 圖 4-16 巒大事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 46 |
| 圖 4-17 阿里山事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 46 |
| 圖 4-18 玉山事業區成果(採用影像:採用影像:DMC 影像)..... | 47 |
| 圖 4-19 大埔事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 47 |
| 圖 4-20 玉井事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 48 |
| 圖 4-21 旗山事業區成果(採用影像:ADS-40 影像)..... | 48 |
| 圖 4-22 荖濃溪事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 49 |

| | | |
|--------|--|----|
| 圖 4-23 | 潮州事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 49 |
| 圖 4-24 | 大武事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 50 |
| 圖 4-25 | 關山事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 50 |
| 圖 4-26 | 成功事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 51 |
| 圖 4-27 | 玉里事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 51 |
| 圖 4-28 | 秀姑巒事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 52 |
| 圖 4-29 | 林田山事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 52 |
| 圖 4-30 | 木瓜山事業區成果(DMC 影像)..... | 53 |
| 圖 4-31 | 立霧溪事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 53 |
| 圖 4-32 | 和平事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 54 |
| 圖 4-33 | 太平山事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 54 |
| 圖 4-34 | 羅東事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 55 |
| 圖 4-35 | 宜蘭事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 55 |
| 圖 4-36 | 圖幅編號 95184014 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/10 拍攝)..... | 58 |
| 圖 4-37 | 圖幅編號 95191024 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2008/08/27 拍攝)..... | 59 |
| 圖 4-38 | 圖幅編號 95192020 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/16 拍攝)..... | 60 |

- 圖 4-39 圖幅編號 95192030 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/16 拍攝).....61
- 圖 4-40 圖幅編號 95193004 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/10 拍攝).....62
- 圖 4-41 圖幅編號 95192019 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/16 拍攝).....63
- 圖 4-42 圖幅編號 95193042 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/10 拍攝).....64
- 圖 4-43 圖幅編號 95193066 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/10 拍攝).....65
- 圖 4-44 圖幅編號 95192028 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/16 拍攝).....66
- 圖 4-45 圖幅編號 96203064 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/31 拍攝).....67
- 圖 4-46 圖幅編號 96212043 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/05/03 拍攝).....68
- 圖 4-47 崩塌地圈繪成果比較，紅線為人工數化，藍線為自動分類，自動分類的成果細膩度較高.....69
- 圖 4-48 形狀複雜崩塌地自動分類成果.....70
- 圖 4-49 觀高工作站崩塌分布圖，藍框範圍為觀高工作站位置；(a)為 ADS-40 正射影像(2009/01/02)，其崩塌地偵測成果；(b)為 ADS-40 正射影像(2009/08/25)，與其崩塌地偵測成果；(c)為 DMC 正射影像

| | |
|--|----|
| (2010/01/16)，與其崩塌地偵測成果····· | 75 |
| 圖 4-50 觀高工作站局部區域崩塌地分布圖，藍框範圍為觀高工作站位置；(a)為 ADS-40 正射影像(2009/01/02)，(d)為其 NDVI 影像，(g)為其崩塌地偵測成果；(b)為 ADS-40 正射影像(2009/08/25)，(e)為其 NDVI 影像，(h)為其崩塌地偵測成果；(c)為 ADS-40 正射影像(2010/01/16)，(f)為其 NDVI 影像，(i)為其崩塌地偵測成果····· | 77 |
| 圖 4-51 觀高工作站區域崩塌地變遷;(a)2009/01/02 到 2009/08/25 之間的崩塌地變遷情形,(c)為其區域放大; (b) 2009/08/25 到 2010/01/16 之間的崩塌地變遷情形,(d)為其區域放大····· | 78 |
| 圖 4-52 觀高工作站 3D 套繪圖，紅線為 50m 等高線····· | 79 |
| 圖 4-53 觀高工作站區域裸露地變化情形····· | 80 |
| 圖 4-54 觀高區域崩塌潛感圖····· | 81 |
| 圖 4-55 廬山地區崩塌地分布圖····· | 82 |
| 圖 4-56 廬山地區崩塌地變遷····· | 83 |
| 圖 4-57 廬山地區崩塌敏感圖····· | 85 |
| 圖 4-58 梨山地區多期崩塌分布圖····· | 87 |
| 圖 4-59 梨山地區崩塌地變遷分布圖····· | 88 |
| 圖 4-60 阿里山區域裸露地偵測成果····· | 90 |
| 圖 4-61 祝山火車站周遭崩塌情形····· | 92 |

| | |
|--|-----|
| 圖 5-1 雙光譜圖 | 96 |
| 圖 5-2 天然草生地影像與其植生指標 | 98 |
| 圖 5-3 天然闊葉混淆林影像與其植生指標 | 98 |
| 圖 5-4 麻竹林影像與其植生指標 | 99 |
| 圖 5-5 大埔事業區 227、228 林班火災樣區位置圖 | 100 |
| 圖 5-6 大埔事業區 110 林班火災樣區位置圖 | 101 |
| 圖 5-7 大甲溪事業區 66 林班火災樣區位置圖 | 102 |
| 圖 5-8 金山礮嘴山火災樣區 | 102 |
| 圖 5-9 火災區位自動分類標準作業流程 | 107 |
| 圖 5-10 NDVI 計算成果 (Pre-NDVI, 災前 NDVI; Post-NDVI, 災後 NDVI; dNDVI, 差異 NDVI) | 110 |
| 圖 5-11 大埔事業區第 227、228 林班火災自動偵測成果圖 | 111 |
| 圖 5-12 NDVI 計算成果 (Pre-NDVI, 災前 NDVI; Post-NDVI, 災後 NDVI; dNDVI, 差異 NDVI) | 112 |
| 圖 5-13 大埔事業區 110 林班火災自動偵測成果圖 | 113 |
| 圖 5-14 NDVI 計算成果 (Pre-NDVI, 災前 NDVI; Post-NDVI, 災後 NDVI; dNDVI, 差異 NDVI) | 114 |
| 圖 5-15 大甲溪事業區 66 林班火災自動偵測成果圖 | 115 |
| 圖 5-16 金山火災自動偵測成果圖 | 116 |

| | |
|---|-----|
| 圖 5-17 火災自動偵測成果比對····· | 117 |
| 圖 5-18 各嚴重度之訓練樣區影像；(a) 重嚴重度區域之災前影像、(b) 中嚴重度區域之災前影像、(c) 輕嚴重度區域之災前影像、(d) 重嚴重度區域之災後影像、(e) 中嚴重度區域之災後影像、(f) 輕嚴重度區域之災後影像····· | 120 |
| 圖 5-19 火燒嚴重度分布圖(大埔事業區 227、228 林班)····· | 121 |
| 圖 5-20 火燒嚴重度分布圖 (大埔事業區第 110 林班)····· | 122 |
| 圖 5-21 火燒嚴重度分布圖(大甲溪事業區第 66 林班)····· | 123 |
| 圖 5-22 火燒嚴重度分布圖(金山礮嘴山)····· | 124 |
| 圖 6-1 影像分類之操作流程····· | 127 |
| 圖 6-2 區塊面積特徵化處理流程····· | 132 |
| 圖 6-3 A1、A2 為切割尺度 200 及尺度 400 於針葉樹林型的切割情形，B1、B2 為切割尺度 200 及尺度 400 於闊葉樹林型之切割情形····· | 135 |
| 圖 6-4 崩塌地及濕地之邊界偵測情形，上圖為切割尺度 200 下圖為切割尺度 400····· | 136 |
| 圖 6-5 人工設施區域之影像切割情形，左圖為切割尺度 200 右圖為尺度 400····· | 137 |
| 圖 6-6 物件繼承示意圖；左圖為原始影像，中間為影像切割之情形，右圖為繼承各波段資訊後之物件影像····· | 137 |
| 圖 6-7 資訊修復流程圖····· | 138 |

| | |
|--|-----|
| 圖 6-8 影像修復之成果圖；圖 A 為影像修復前，圖 B 為影像修復後..... | 139 |
| 圖 6-9 半自動式建置知識庫 (劉致岡，1999)..... | 145 |
| 圖 6-10 知識庫軟體操作介面..... | 146 |
| 圖 6-11 大甲溪事業區樣區位置圖..... | 147 |
| 圖 6-12 大甲溪事業區樣區輔助圖層..... | 149 |
| 圖 6-13 分層式分類概念圖..... | 150 |
| 圖 6-14 左上圖為亮度值影像，右上圖為陰影門檻值之選定左下圖，為原始影像，右下圖為陰影偵測情形..... | 152 |
| 圖 6-15 左圖為原始影像，右圖為植生及非植生地偵測情形..... | 153 |
| 圖 6-16 左圖為原始影像，右圖為木本植生及草本植生地偵測情形..... | 154 |
| 圖 6-17 左圖為原始影像，右圖為草本植生地之..... | 155 |
| 圖 6-18 左圖為原始影像，右圖為木本植生地之分類..... | 157 |
| 圖 6-19 左圖為原始影像，右圖為非植生區域分類成果圖..... | 159 |
| 圖 6-20 左圖為原始影像，右圖合併植生及非植生區域之成果圖..... | 160 |
| 圖 6-21 阿里山樣區位置圖..... | 163 |
| 圖 6-22 阿里山樣區之地物類別..... | 164 |
| 圖 6-23 阿里山樣區地真資料..... | 164 |

| | |
|--|-----|
| 圖 6-24 阿里山樣區輔助圖層····· | 165 |
| 圖 6-25 阿里山樣區之分類成果圖····· | 168 |
| 圖 6-26 阿里山樣區-第四次森林資源調查類別分類成果圖····· | 169 |
| 圖 6-27 烏來樣區位置圖····· | 170 |
| 圖 6-28 烏來樣區地真圖····· | 171 |
| 圖 6-29 大甲溪事業區樣區-闊葉樹之樹冠區域分類混淆情形，圖 a 為原始影像、b 為切割尺度 200 物件影像、c 為切割尺度 400 物件影像、d 為影像分類圖····· | 176 |
| 圖 6-30 烏來事業區樣區-闊葉樹類別之分類混淆情形，圖 a 為原始影像、b 為物件影像、c 為影像分類圖····· | 177 |
| 圖 6-31 阿里山事業區樣區-針葉樹類別誤受情形，圖 a 為原始影像、b 為物件影像、c 為影像分類圖····· | 178 |

目錄

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 摘要..... | I |
| Abstract..... | II |
| 目錄..... | IV |
| 表目錄..... | VIII |
| 圖目錄..... | XIII |
| 第一章 緒論 | 1 |
| 1.1 計畫緣起..... | 1 |
| 1.2 計畫目標..... | 2 |
| 1.3 重要工作項目及實施方法..... | 3 |
| 1.4 預定交付成果及評估指標..... | 7 |
| 第二章 文獻回顧 | 8 |
| 2.1 影像陰影處理..... | 8 |
| 2.2 崩塌地自動分類..... | 9 |
| 2.3 變遷偵測..... | 11 |
| 2.4 物件導向影像分類..... | 13 |
| 第三章 影像資料前期處理技術之研究 | 15 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 3.1 陰影處理技術試驗..... | 15 |
| 3.1.1 陰影影像偵測..... | 15 |
| 3.1.2 陰影影像恢復..... | 19 |
| 3.1.3 陰影影像分類..... | 22 |
| 第四章 崩塌地與敏感區內地形變遷之研究..... | 25 |
| 4.1 崩塌地自動分類測試..... | 25 |
| 4.1.1 陰影與非陰影區域崩塌地自動分類測試..... | 25 |
| 4.1.2 成果誤差分析..... | 28 |
| 4.2 崩塌地圖層建置流程..... | 32 |
| 4.2.1 崩塌地分類標準作業流程..... | 32 |
| 4.2.2 崩塌地分類模組..... | 38 |
| 4.3 全台事業區崩塌地分類作業執行..... | 39 |
| 4.3.1 全台事業區崩塌地製圖..... | 39 |
| 4.3.2 崩塌地成果精度檢核..... | 56 |
| 4.4 崩塌地敏感分析..... | 71 |
| 4.4.1 不安定指數法..... | 71 |
| 4.4.2 崩塌敏感區域案例分析..... | 75 |
| 第五章 航照數位多光譜影像進行災害監測之研究..... | 93 |

| | |
|--|------------|
| 5.1 火災災區光譜特徵分析..... | 93 |
| 5.1.1 火災前後光譜變化分析..... | 93 |
| 5.1.2 火災前後雙光譜圖分析..... | 94 |
| 5.1.3 火災前後火災影像變化..... | 95 |
| 5.2 火災災區製圖技術..... | 100 |
| 5.2.1 火災災區變遷偵測技術..... | 100 |
| 5.2.2 火災災區自動變遷偵測標準作業流程..... | 106 |
| 5.2.3 火災災區製圖案例分析..... | 110 |
| 5.2.4 火災災區製圖誤差討論..... | 117 |
| 5.3 火燒嚴重度分類技術..... | 119 |
| 5.3.1 火燒嚴重度分類技術..... | 119 |
| 5.3.2 火燒嚴重度分類案例分析..... | 120 |
| 5.3.3 火燒嚴重度誤差討論..... | 125 |
| 第六章 航照數位影像在林地分類上之研究..... | 127 |
| 6.1 地真資料與土地利用分類類別..... | 128 |
| 6.1.1 地真資料..... | 128 |
| 6.1.2 土地利用分類類別..... | 128 |
| 6.2 物件基礎影像分析法(Object-Based Image Analysis, OBIA).... | 130 |

| | |
|---------------------------|------------|
| 6.2.1 指數計算 | 130 |
| 6.2.2 影像物件化 | 133 |
| 6.3 影像光譜特徵分析 | 140 |
| 6.4 訓練樣區評估 | 144 |
| 6.5 知識庫分類法 | 145 |
| 6.6 林地分類案例分析 | 147 |
| 6.6.1 大甲溪事業區樣區 | 147 |
| 6.6.2 阿里山事業區樣區 | 163 |
| 6.6.3 烏來事業區樣區 | 170 |
| 6.7 分類成果評估 | 175 |
| 第七章 結論 | 180 |
| 參考文獻 | 193 |
| 附錄 A 現場地真檢核資料 | |
| 附錄 B 崩塌地區位自動分類工作手冊 | |
| 附錄 C 火災區位自動分類工作手冊 | |
| 附錄 D 建議事項及辦理情形 | |

表目錄

| | |
|---|----|
| 表 3-1 陰影偵測成果之誤差矩陣····· | 18 |
| 表 3-2 不同陰影恢復方法於各波段之恢復成果····· | 20 |
| 表 3-3 各處理陰影分類成果····· | 23 |
| 表 4-1 陰影偵測誤差矩陣····· | 28 |
| 表 4-2 非陰影區域崩塌地偵測誤差矩陣表····· | 29 |
| 表 4-3 陰影區域崩塌地偵測誤差矩陣表····· | 29 |
| 表 4-4 分離處理陰影崩塌地偵測誤差矩陣表····· | 30 |
| 表 4-5 未分離處理陰影影像崩塌地偵測誤差矩陣表····· | 31 |
| 表 4-6 既有圖層過濾之保留土地使用類型編碼表····· | 35 |
| 表 4-7 崩塌地基礎資料欄位····· | 37 |
| 表 4-8 圖幅編號 95184014 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)··· | 58 |
| 表 4-9 圖幅編號 95191024 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)··· | 59 |
| 表 4-10 圖幅編號 95192020 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)··· | 60 |
| 表 4-11 圖幅編號 95192030 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)··· | 61 |
| 表 4-12 圖幅編號 95193004 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)··· | 62 |
| 表 4-13 圖幅編號 95192019 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)··· | 63 |
| 表 4-14 圖幅編號 95193042 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)··· | 64 |

| | |
|---|-----|
| 表 4-15 圖幅編號 95193066 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)... | 65 |
| 表 4-16 圖幅編號 95192028 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)... | 66 |
| 表 4-17 圖幅編號 96203064 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)... | 67 |
| 表 4-18 圖幅編號 96212043 面檢核誤差矩陣表(單位:平方公尺)... | 68 |
| 表 4-19 玉山氣象站雨量統計..... | 76 |
| 表 4-20 崩塌潛勢因子權重值表(觀高區域)..... | 80 |
| 表 4-21 新增崩塌地於崩塌敏感等級之分布面積(觀高區域)..... | 82 |
| 表 4-22 廬山氣象站雨量資料..... | 84 |
| 表 4-23 崩塌潛勢因子權重值表(廬山區域) | 85 |
| 表 4-24 新增崩塌地於崩塌敏感等級之分布面積(廬山區域)..... | 86 |
| 表 4-25 梨山氣象站雨量資料..... | 89 |
| 表 4-26 阿里山氣象站雨量資料..... | 91 |
| 表 5-1 火災前後各林型波譜值統計..... | 94 |
| 表 5-2 火災前後各林型光譜夾角..... | 97 |
| 表 5-3 各波段校正迴歸式(大埔事業區第 227、228 林班)..... | 103 |
| 表 5-4 各波段校正迴歸式(大埔事業區第 110 林班)..... | 103 |
| 表 5-5 各波段校正迴歸式(大甲溪事業區第 66 林班)..... | 104 |
| 表 5-6 各波段校正迴歸式(金山礮嘴山)..... | 104 |

| | |
|---|-----|
| 表 5-7 誤差矩陣(大埔事業區第 227、228 林班)····· | 110 |
| 表 5-8 各林型受災面積(大埔事業區第 227、228 林班)····· | 111 |
| 表 5-9 誤差矩陣(大埔事業區 110 林班)····· | 112 |
| 表 5-10 各林型受災面積(大埔事業區 110 林班)····· | 113 |
| 表 5-11 誤差矩陣(大甲溪事業區第 66 林班)····· | 114 |
| 表 5-12 各林型受災面積(大甲溪事業區第 66 林班)····· | 115 |
| 表 5-13 誤差矩陣(金山礮嘴山)····· | 116 |
| 表 5-14 火燒嚴重度航照判釋原則(Brais et al., 2000)····· | 119 |
| 表 5-15 火燒嚴重度誤差矩陣(大埔事業區第 227、228 林班)····· | 121 |
| 表 5-16 火燒嚴重度誤差矩陣(大埔事業區第 110 林班)····· | 122 |
| 表 5-17 火燒嚴重度誤差矩陣(大甲溪事業區第 66 林班)····· | 123 |
| 表 5-18 火燒嚴重度誤差矩陣(金山礮嘴山)····· | 124 |
| 表 6-1 本研究所採用之土地利用/覆蓋分類系統····· | 129 |
| 表 6-2 區塊面積切割參數設定····· | 133 |
| 表 6-3 原始影像採用切割參數設定····· | 134 |
| 表 6-4 不同切割尺度之切割區塊數比較表····· | 134 |
| 表 6-5 區塊資訊遺失面積····· | 147 |
| 表 6-6 影像切割尺度 200 Duncan's 檢定表····· | 141 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 表 6-7 影像切割尺度 400Duncan's 檢定表 | 142 |
| 表 6-8 區塊面積計算 Duncan's 檢定表 | 143 |
| 表 6-9 大甲溪事業區樣區影像資訊名稱表 | 148 |
| 表 6-10 疊合 26 波段影像分離度檢定表 | 150 |
| 表 6-11 疊合影像 26 波段訓練樣區混淆矩陣 | 151 |
| 表 6-12 陰影偵測精度表 | 153 |
| 表 6-13 植生及非植生地偵測精度表 | 154 |
| 表 6-14 草本植生地之分類精度表 | 156 |
| 表 6-15 木本植生地之誤差矩陣表 | 157 |
| 表 6-16 非植生區域之誤差矩陣表 | 159 |
| 表 6-17 合併植生區域及非植生區域之分類誤差矩陣表 | 161 |
| 表 6-18 阿里山事業區樣區影像資訊名稱表 | 165 |
| 表 6-19 疊合 14 波段影像分離度檢定表 | 166 |
| 表 6-20 疊合影像 14 波段訓練樣區誤差矩陣表 | 166 |
| 表 6-21 阿里山試驗樣區-誤差矩陣 | 168 |
| 表 6-22 阿里山樣區-第四次森林資源調查類別誤差矩陣 | 169 |
| 表 6-23 烏來事業區樣區影像資訊名稱表 | 172 |
| 表 6-24 疊合 22 波段影像分離度檢定表 | 173 |

表 6-25 疊合影像 22 波段訓練樣區誤差矩陣表.....173

表 6-27 烏來樣區誤差矩陣.....174

圖目錄

| | |
|--|----|
| 圖 1-1 全台事業區崩塌地分類之標準作業執行研究流程圖 | 4 |
| 圖 1-2 運用數值航照進行災害監測研究流程圖 | 5 |
| 圖 1-3 航照數位影像在林地分類研究流程圖 | 6 |
| 圖 3-1 陰影處理技術試驗流程 | 15 |
| 圖 3-2 亮度值之直方圖 (紅光, 綠光, 藍光和近紅外光 4 個波段之平均值) 以及陰影門檻值 778 (紅線) | 17 |
| 圖 3-3 陰影偵測成果。A 為亮度值影像 (顏色較深代表陰影); B 為利用亮度值法於陰影偵測之成果 (白色代表陰影區) | 17 |
| 圖 3-4 直方圖匹配圖示 | 19 |
| 圖 3-5 陰影恢復成果與細部放大圖; A 為原多光譜影像; B 為 LCC 恢復陰影影像; C 為直方圖匹配恢復陰影影像 | 21 |
| 圖 4-1 陰影崩塌地分析樣區, (a) 為 2008 年 12 月 27 日拍攝之 ADS-40 影像, (b) 為 2008 年 9 月 21 日拍攝之 ADS-40 影像 | 25 |
| 圖 4-2 崩塌地偵測成果, (a)、(d) 為為陰影分離處理偵測成果套疊陰影較多的 2008 年 12 月 27 日影像, (b)、(e) 為陰影分離處理偵測成果套疊陰影較少的 2008 年 12 月 27 日影像, (c)、(f) 為陰影未分離處理偵測成果套疊陰影較少的 2008 年 12 月 27 日影像 | 30 |
| 圖 4-3 崩塌地分類標準作業流程 | 33 |
| 圖 4-4 烏來事業區成果 (採用影像: DMC 影像) | 40 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 圖 4-5 文山事業區成果(採用影像:DMC 影像) | 40 |
| 圖 4-6 大溪事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 41 |
| 圖 4-7 竹東事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 41 |
| 圖 4-8 南庄事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 42 |
| 圖 4-9 大湖事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 42 |
| 圖 4-10 大安溪事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 43 |
| 圖 4-11 八仙山事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 43 |
| 圖 4-12 大甲溪事業區成果(採用影像:ADS-40 影像)..... | 44 |
| 圖 4-13 濁水溪事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 44 |
| 圖 4-14 埔里事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 45 |
| 圖 4-15 丹大事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 45 |
| 圖 4-16 巒大事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 46 |
| 圖 4-17 阿里山事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 46 |
| 圖 4-18 玉山事業區成果(採用影像:採用影像:DMC 影像)..... | 47 |
| 圖 4-19 大埔事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 47 |
| 圖 4-20 玉井事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 48 |
| 圖 4-21 旗山事業區成果(採用影像:ADS-40 影像)..... | 48 |
| 圖 4-22 荖濃溪事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 49 |

| | | |
|--------|--|----|
| 圖 4-23 | 潮州事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 49 |
| 圖 4-24 | 大武事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 50 |
| 圖 4-25 | 關山事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 50 |
| 圖 4-26 | 成功事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 51 |
| 圖 4-27 | 玉里事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 51 |
| 圖 4-28 | 秀姑巒事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 52 |
| 圖 4-29 | 林田山事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 52 |
| 圖 4-30 | 木瓜山事業區成果(DMC 影像)..... | 53 |
| 圖 4-31 | 立霧溪事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 53 |
| 圖 4-32 | 和平事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 54 |
| 圖 4-33 | 太平山事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 54 |
| 圖 4-34 | 羅東事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 55 |
| 圖 4-35 | 宜蘭事業區成果(採用影像:DMC 影像)..... | 55 |
| 圖 4-36 | 圖幅編號 95184014 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/10 拍攝)..... | 58 |
| 圖 4-37 | 圖幅編號 95191024 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2008/08/27 拍攝)..... | 59 |
| 圖 4-38 | 圖幅編號 95192020 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/16 拍攝)..... | 60 |

- 圖 4-39 圖幅編號 95192030 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/16 拍攝)……………61
- 圖 4-40 圖幅編號 95193004 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/10 拍攝)……………62
- 圖 4-41 圖幅編號 95192019 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/16 拍攝)……………63
- 圖 4-42 圖幅編號 95193042 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/10 拍攝)……………64
- 圖 4-43 圖幅編號 95193066 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/10 拍攝)……………65
- 圖 4-44 圖幅編號 95192028 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/16 拍攝)……………66
- 圖 4-45 圖幅編號 96203064 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/31 拍攝)……………67
- 圖 4-46 圖幅編號 96212043 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/05/03 拍攝)……………68
- 圖 4-47 崩塌地圈繪成果比較，紅線為人工數化，藍線為自動分類，自動分類的成果細膩度較高……………69
- 圖 4-48 形狀複雜崩塌地自動分類成果……………70
- 圖 4-49 觀高工作站崩塌分布圖，藍框範圍為觀高工作站位置；(a)為 ADS-40 正射影像(2009/01/02)，其崩塌地偵測成果；(b)為 ADS-40 正射影像(2009/08/25)，與其崩塌地偵測成果；(c)為 DMC 正射影像

| | |
|--|----|
| (2010/01/16)，與其崩塌地偵測成果····· | 75 |
| 圖 4-50 觀高工作站局部區域崩塌地分布圖，藍框範圍為觀高工作站位置；(a)為 ADS-40 正射影像(2009/01/02)，(d)為其 NDVI 影像，(g)為其崩塌地偵測成果；(b)為 ADS-40 正射影像(2009/08/25)，(e)為其 NDVI 影像，(h)為其崩塌地偵測成果；(c)為 ADS-40 正射影像(2010/01/16)，(f)為其 NDVI 影像，(i)為其崩塌地偵測成果····· | 77 |
| 圖 4-51 觀高工作站區域崩塌地變遷;(a)2009/01/02 到 2009/08/25 之間的崩塌地變遷情形,(c)為其區域放大; (b) 2009/08/25 到 2010/01/16 之間的崩塌地變遷情形,(d)為其區域放大····· | 78 |
| 圖 4-52 觀高工作站 3D 套繪圖，紅線為 50m 等高線····· | 79 |
| 圖 4-53 觀高工作站區域裸露地變化情形····· | 80 |
| 圖 4-54 觀高區域崩塌潛感圖····· | 81 |
| 圖 4-55 廬山地區崩塌地分布圖····· | 82 |
| 圖 4-56 廬山地區崩塌地變遷····· | 83 |
| 圖 4-57 廬山地區崩塌敏感圖····· | 85 |
| 圖 4-58 梨山地區多期崩塌分布圖····· | 87 |
| 圖 4-59 梨山地區崩塌地變遷分布圖····· | 88 |
| 圖 4-60 阿里山區域裸露地偵測成果····· | 90 |
| 圖 4-61 祝山火車站周遭崩塌情形····· | 92 |

| | |
|--|-----|
| 圖 5-1 雙光譜圖 | 96 |
| 圖 5-2 天然草生地影像與其植生指標 | 98 |
| 圖 5-3 天然闊葉混淆林影像與其植生指標 | 98 |
| 圖 5-4 麻竹林影像與其植生指標 | 99 |
| 圖 5-5 大埔事業區 227、228 林班火災樣區位置圖 | 100 |
| 圖 5-6 大埔事業區 110 林班火災樣區位置圖 | 101 |
| 圖 5-7 大甲溪事業區 66 林班火災樣區位置圖 | 102 |
| 圖 5-8 金山礮嘴山火災樣區 | 102 |
| 圖 5-9 火災區位自動分類標準作業流程 | 107 |
| 圖 5-10 NDVI 計算成果 (Pre-NDVI, 災前 NDVI; Post-NDVI, 災後 NDVI; dNDVI, 差異 NDVI) | 110 |
| 圖 5-11 大埔事業區第 227、228 林班火災自動偵測成果圖 | 111 |
| 圖 5-12 NDVI 計算成果 (Pre-NDVI, 災前 NDVI; Post-NDVI, 災後 NDVI; dNDVI, 差異 NDVI) | 112 |
| 圖 5-13 大埔事業區 110 林班火災自動偵測成果圖 | 113 |
| 圖 5-14 NDVI 計算成果 (Pre-NDVI, 災前 NDVI; Post-NDVI, 災後 NDVI; dNDVI, 差異 NDVI) | 114 |
| 圖 5-15 大甲溪事業區 66 林班火災自動偵測成果圖 | 115 |
| 圖 5-16 金山火災自動偵測成果圖 | 116 |

| | |
|--|-----|
| 圖 5-17 火災自動偵測成果比對 | 117 |
| 圖 5-18 各嚴重度之訓練樣區影像；(a) 重嚴重度區域之災前影像、(b) 中嚴重度區域之災前影像、(c) 輕嚴重度區域之災前影像、(d) 重嚴重度區域之災後影像、(e) 中嚴重度區域之災後影像、(f) 輕嚴重度區域之災後影像 | 120 |
| 圖 5-19 火燒嚴重度分布圖(大埔事業區 227、228 林班) | 121 |
| 圖 5-20 火燒嚴重度分布圖 (大埔事業區第 110 林班) | 122 |
| 圖 5-21 火燒嚴重度分布圖(大甲溪事業區第 66 林班) | 123 |
| 圖 5-22 火燒嚴重度分布圖(金山礮嘴山) | 124 |
| 圖 6-1 影像分類之操作流程 | 127 |
| 圖 6-2 區塊面積特徵化處理流程 | 132 |
| 圖 6-3 A1、A2 為切割尺度 200 及尺度 400 於針葉樹林型的切割情形，B1、B2 為切割尺度 200 及尺度 400 於闊葉樹林型之切割情形 | 135 |
| 圖 6-4 崩塌地及濕地之邊界偵測情形，上圖為切割尺度 200 下圖為切割尺度 400 | 136 |
| 圖 6-5 人工設施區域之影像切割情形，左圖為切割尺度 200 右圖為尺度 400 | 137 |
| 圖 6-6 物件繼承示意圖；左圖為原始影像，中間為影像切割之情形，右圖為繼承各波段資訊後之物件影像 | 137 |
| 圖 6-7 資訊修復流程圖 | 138 |

| | |
|--|-----|
| 圖 6-8 影像修復之成果圖；圖 A 為影像修復前，圖 B 為影像修復後..... | 139 |
| 圖 6-9 半自動式建置知識庫 (劉致岡，1999)..... | 145 |
| 圖 6-10 知識庫軟體操作介面..... | 146 |
| 圖 6-11 大甲溪事業區樣區位置圖..... | 147 |
| 圖 6-12 大甲溪事業區樣區輔助圖層..... | 149 |
| 圖 6-13 分層式分類概念圖..... | 150 |
| 圖 6-14 左上圖為亮度值影像，右上圖為陰影門檻值之選定左下圖，為原始影像，右下圖為陰影偵測情形..... | 152 |
| 圖 6-15 左圖為原始影像，右圖為植生及非植生地偵測情形..... | 153 |
| 圖 6-16 左圖為原始影像，右圖為木本植生及草本植生地偵測情形..... | 154 |
| 圖 6-17 左圖為原始影像，右圖為草本植生地之..... | 155 |
| 圖 6-18 左圖為原始影像，右圖為木本植生地之分類..... | 157 |
| 圖 6-19 左圖為原始影像，右圖為非植生區域分類成果圖..... | 159 |
| 圖 6-20 左圖為原始影像，右圖合併植生及非植生區域之成果圖..... | 160 |
| 圖 6-21 阿里山樣區位置圖..... | 163 |
| 圖 6-22 阿里山樣區之地物類別..... | 164 |
| 圖 6-23 阿里山樣區地真資料..... | 164 |

| | |
|--|-----|
| 圖 6-24 阿里山樣區輔助圖層····· | 165 |
| 圖 6-25 阿里山樣區之分類成果圖····· | 168 |
| 圖 6-26 阿里山樣區-第四次森林資源調查類別分類成果圖····· | 169 |
| 圖 6-27 烏來樣區位置圖····· | 170 |
| 圖 6-28 烏來樣區地真圖····· | 171 |
| 圖 6-29 大甲溪事業區樣區-闊葉樹之樹冠區域分類混淆情形，圖 a 為原始影像、b 為切割尺度 200 物件影像、c 為切割尺度 400 物件影像、d 為影像分類圖····· | 176 |
| 圖 6-30 烏來事業區樣區-闊葉樹類別之分類混淆情形，圖 a 為原始影像、b 為物件影像、c 為影像分類圖····· | 177 |
| 圖 6-31 阿里山事業區樣區-針葉樹類別誤受情形，圖 a 為原始影像、b 為物件影像、c 為影像分類圖····· | 178 |

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

隨著科學技術的精進，航遙測技術發展至今日，應用航遙測影像進行土地利用變遷研究或林業災害監測等，均成為可信賴的專業技術，從中所萃取而得的訊息，可為森林資源調查之重要資訊來源。

我國現行可供使用的被動式航遙測資料，主要可分為兩大類分別為衛星影像資料及航空影像資料；國內衛星影像資料主要採用SPOT、QuickBird、IKONOS、LANDSAT、MODIS、福衛二號衛星影像等資料；而航空影像則由早期的底片記錄資料，直到近年儀器的更新轉變為數值航照影像資料。

農林航空測量所於2007年5月購置Z/I DMC航照數位相機，2007年12月購置Leica ADS40空載數位掃描儀，分別安裝於Beechcraft 350及Beechcraft 200航遙測飛機上，取代傳統的RMKTOP系列相機及DS-1260多光譜掃描儀，使得航空攝影邁入數位新紀元。此兩款數位相機不需底片沖洗作業，拍攝完畢後，僅需經後處理軟體操作，即可得到12 bit及4波段 (Red、Green、Blue、NIR)之影像，並具有極高的空間解析度(25cm~30cm)，大幅提升了拍攝影像之空間、輻射、光譜解析度。此外，透過定位定向慣性導航儀之輔助，可取得攝影曝光瞬間的位置與姿態參數，節省後續之空中三角測量平差作業所需的人力及時間，亦大幅提升農林航空測量所的製圖能量，使成果能更即時及更有效率的提供至更多的應用層面。

大規模的自然資源調查，常需耗費大量人力、物資及時間。利用航照數位多光譜技術，可得到高空間解析度、多光譜資訊、12bit輻射解析力，作為進行製圖、國土監測及規劃、森林資源調查、樹種判別、偵察農林天然災情、協助稻作面積調查及林木病蟲等研究發展之用，所以具有極高的潛力。

1.2 計畫目標

本計畫之執行，乃為建立高精度森林製圖及探討防災新技術，並提供高效率的環境監測技術，其主要工作內容乃為配合第四次森林資源調查，針對森林進行林型、林相部份的先期分類研究工作；另為建置全台崩塌地資料庫、建立緊急災害分析機制，以航照數位多光譜影像進行先驅性探討，重點包括下列三大部份：

- 一、 崩塌地與敏感區內地形變遷之研究
- 二、 災害監測之研究
- 三、 林地分類之研究

本年為三年研究計畫的第三年，針對數值航測技術於崩塌、災害區變遷、林地分類之應用，目前已建立主要核心技術，可執行大面積資料，故在一百年度計畫目標：

- 一、 進行全台灣有林事業區範圍之崩塌地分類，完成崩塌地分類模組與工作手冊，並建立災害及崩塌地資料庫更新機制。
- 二、 運用即時拍攝之災區航照數位多光譜影像，利用災害區位影像變遷分析進行災區判釋，並完成火災區位分類模組與工作手冊。
- 三、 針對植生類別分類方法進行分析，並以物件導向分類技術、分層式分類技術、決策樹分類技術，納入多樣分類參數，同時配合地理環境因子資訊、GIS 圖層資訊，以第四次森林資源調查林地分類類別進行影像分類，並以檢定調查資料進行比對，以建立林地分類標準作業流程。

1.3 重要工作項目及實施方法

一、 全台事業區崩塌地分類之標準作業執行

(一) 崩塌地分類模組暨工作手冊更新編修

針對去年度崩塌地分類模組進行編修動作，並同時將工作手冊進行編修，將流程簡化改善，以完成標準作業流程。

(二) 全台事業區崩塌地分類作業執行

利用分類模組依標準作業流程進行全台事業區崩塌地分類作業，依各國有林事業區為分析單位，逐事業區執行崩塌地分類作業。

(三) 災害及崩塌地資料庫更新機制

將災害及崩塌地圖層資訊，建構其屬性欄位及架構，以及資料庫之更新機制，並提出災害及崩塌地資料庫構想書，以利資料庫建立與資料維護更新。

(四) 崩塌敏感區域案例分析

針對觀高工作站、阿里山、梨山、廬山等區域進行崩塌敏感區之研究，利用自動製圖技術，偵測地表小型裸露特徵，並以不安定指數法進行崩塌敏感區域評估。

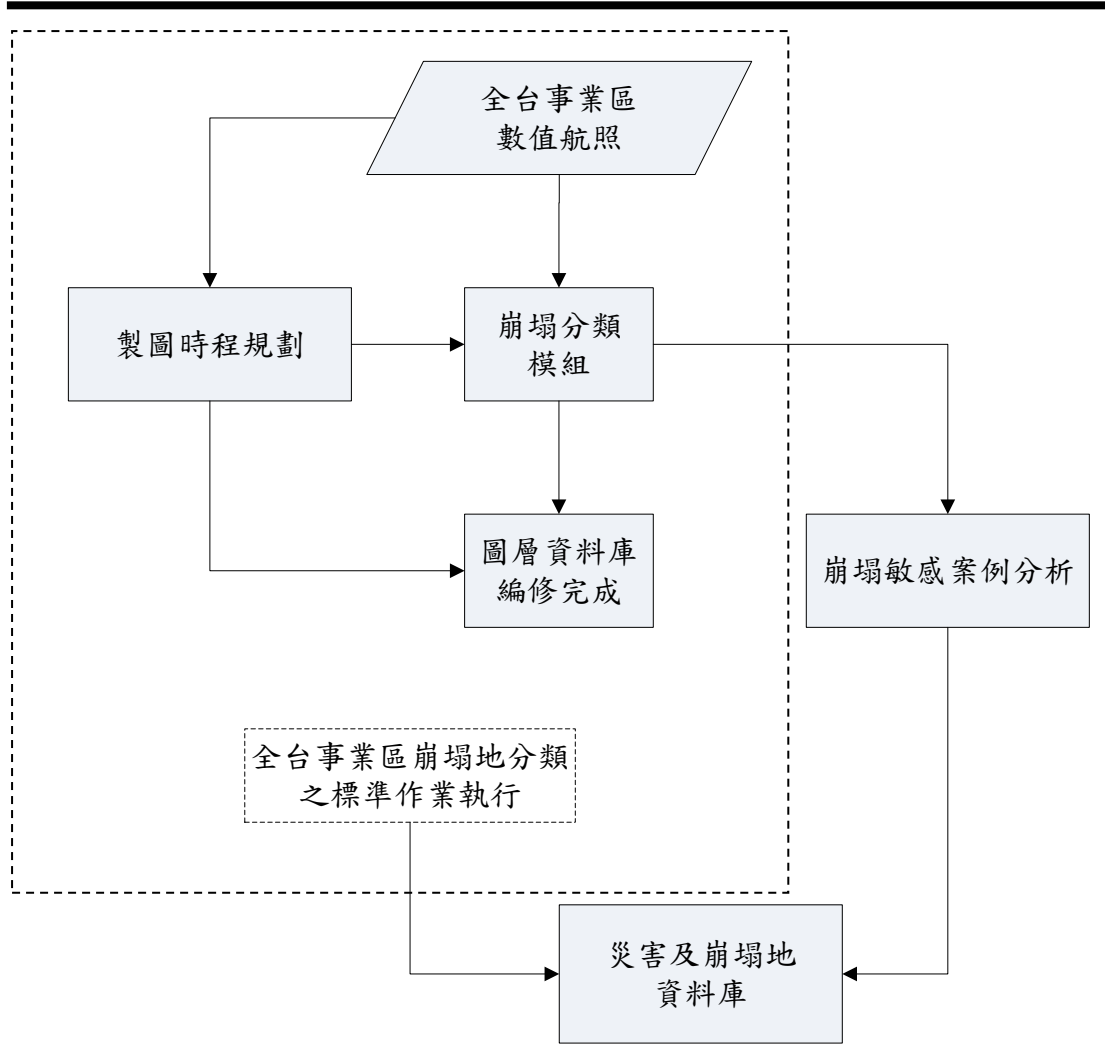


圖1-1 全台事業區崩塌地分類之標準作業執行研究流程圖

二、 運用航照數位多光譜影像進行災害監測

(一) 火災區位分類模組暨工作手冊更新編修

針對去年度火災區位分類模組進行編修動作，改善變遷分析誤差，減少分類雜訊，納入陰影誤差處理，並將流程簡化改善，並同時將工作手冊進行編修，以完成標準作業流程。

(二) 即時火災區位判釋作業

災害影像取得後，進行災害區位判釋作業，快速產生災害區位圖層，利用現有 GIS 圖層資訊估算受災面積及地類植生受

害種類統計等。

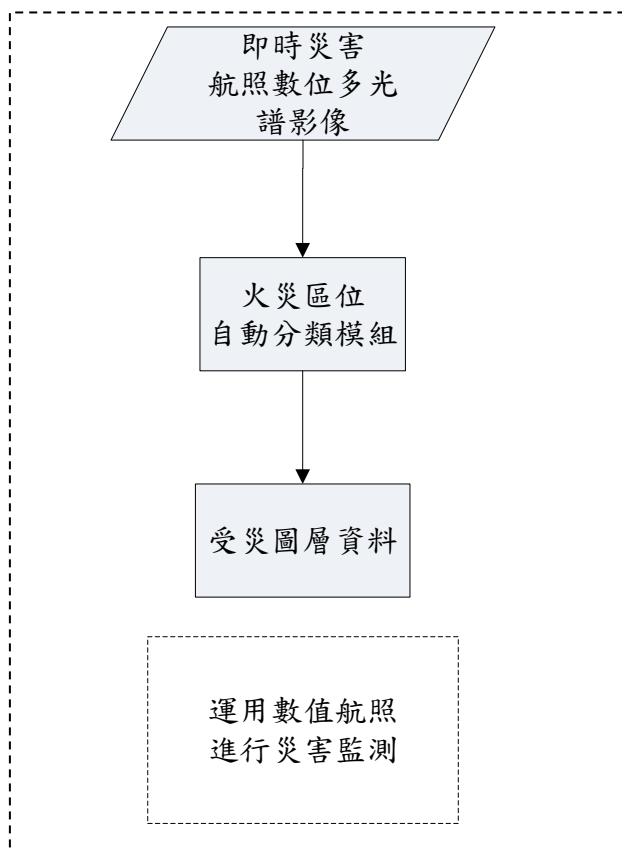


圖1-2 運用數值航照進行災害監測研究流程圖

三、 航照數位影像在林地分類上之研究

(一) 植生類別分類研究

在植生類別分類具有許多分類混淆，針對易混淆植生類別進行分析，以針葉樹、闊葉樹、竹林類別之區分，進行切割方法與尺度測試，並以紋理與光譜指數分析其差異性，以建立區分機制。

(二) 物件導向分類法進行林地分類

應用物件導向分類技術、分層式分類技術、決策樹分類技術，再以各物件之光譜特徵、紋理特徵、形狀特徵為分類參數，納入植生類別分類方法，同時配合地理環境因子資訊、GIS

圖層資訊，以第四次森林資源調查林地分類類別進行影像分類，並以檢定調查資料進行比對。

(三) 建置林地分類之標準作業流程

整合主要分類模式，整合可行性分類類別，整合林地分類架構，除利於提高林地分類之執行效率，並可有效建立林地分類之作業流程。

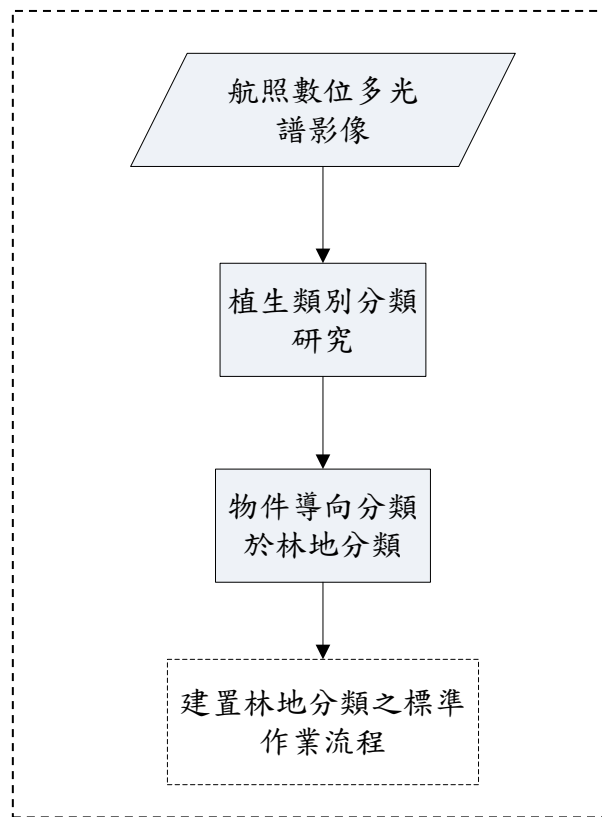


圖1-3 航照數位影像在林地分類研究流程圖

1.4 預定交付成果及評估指標

一、 預定交付成果：

- (1) 崩塌地分類模組一式。
- (2) 崩塌地分類標準作業工作手冊一式。
- (3) 全台國有林事業區崩塌地圖層一式。
- (4) 災害及崩塌地資料庫更新機制。
- (5) 火災區位分類模組一式。
- (6) 火災區位分類標準作業工作手冊一式。
- (7) 林地分類之標準作業流程一式。

二、 評估指標：

(1)期中審查標準

- A. 完成 17 個國有林事業區崩塌地圖層。
- B. 建立陰影崩塌地分類流程。
- C. 崩塌地分類模組暨工作手冊。
- E. 火災區位分類模組暨工作手冊。
- F. 植生類別分類研究成果評估。

(2)期末審查標準

- A. 完成 37 個國有林事業區崩塌地圖層。
- B. 陰影崩塌地分類模組暨工作手冊。
- C. 崩塌敏感區案例分析。
- D. 災害及崩塌地資料庫更新機制。
- E. 林地分類之標準作業流程建置。

第二章 文獻回顧

2.1 影像陰影處理

在航遙測光學影像中，陰影一直是變遷監測與影像分類等應用的影像雜訊，故而對影像中陰影區域的處理為一重要的課題，高空間解析力影像會嚴重受到陰影之影響。關於遙測影像陰影之研究，多將陰影問題分為於陰影偵測與陰影恢復兩面像(Dare, 2005)。對於土地利用分類之應用，針對陰影部分，通常被列為未分類(unclassified)或乾脆直接簡單的分為陰影一類(Shackelford and Davis, 2003)。然而較少研究針對陰影偵測與陰影恢復對於土地利用分類之效益進行評估(Zhou *et al.*, 2009)。對於陰影內物體的判釋與分類具有極大的難度，由於陰影內物體的光譜資訊的減少或完全喪失(Dare, 2005)。

在陰影偵測的方法中，Zhou *et al.* (2009)運用亮度值法(Brightness Method)配合統計門檻值進行陰影偵測，乃利用直方圖的山谷兩峰間之值作為陰影和非陰影之門檻，能有效分離陰影以及非陰影區塊。

一般陰影影像亮度的恢復，乃利用模式將陰影影像之像元值拉近非陰影影像之像元值。Sarabandi *et al.* (2004)比較 Gamma Correction, Linear-Correlation Correction, Histogram Matching 三種陰影校正方法之恢復效果，結果 Linear-Correlation Correction 之校正效果優於其他兩種方法，其陰影恢復之 DN 值較接近非陰影區域之 DN 值。

高解析力影像常常受到陰影影響，特別在表面起伏大的地區，因此在做影像分類前，可將陰影的輻射值恢復，或者將陰影區域分開進行影像分類處理(Zhou *et al.*, 2009)。Zhou *et al.* (2009) 透過分層式的架構進行多光譜數值航照分類，其方法乃先將陰影及非陰影影像分開，隨後加入 NDVI 影像及光達資料，架構陰影及非陰影影像土地覆蓋類型分類流程圖。

由上述說明可知，影像分類應先進行陰影處理，同時架構一套陰影及非陰影影像分類流程，以必要之資料與分類方法加以處理。

2.2 崩塌地自動化分類

利用航遙測資料進行崩塌地監測，乃以影像分析取得崩塌地圖層作為依據，而國內應用航遙測資料來調查崩塌地分布的問題，已有相當多的研究成果。在傳統上透過崩塌地航照判釋，利用航照立體對的觀察方式，能夠呈現出立體的地形起伏狀態，助於崩塌地判釋工作之準確度，唯崩塌地航照判釋需要許多時間上的耗費。

國內應用衛星影像資料來調查崩塌地分布的問題，已有相當多的研究成果，且能快速且自動化產製崩塌地分布，孔德懷(2004)曾以 6 期 SPOT 衛星影像為材料，應用常態化差異植生指標(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)及影像相減法(Image Subtraction)，取得崩塌地之分類圖層，藉以進行台灣清水溪集水區崩塌地變遷特性偵測；而江山宏(2005)則利用 1999 至 2003 年之多期 SPOT 衛星影像，透過 NDVI 之變遷分析與植生回復率計算，探討台灣南投九九峰地區之崩塌區位變化與植生恢復情形；江陽聖等 (2007)以 SPOT 衛星影像為材料，利用 NDVI 門檻值配合坡度門檻值判釋崩塌地，並應用數值地形模型探討崩塌發生的區位特徵，制定出崩塌地判釋標準流程；楊孟學等(2009) 選定龍王颱風襲台後之 SPOT 影像以及空載光達(LiDAR)數值地形模型及其衍生地形指標等，進行自動分類之探討，其中利用地形指標輔助 SPOT 原始四波段分類，以 DEM 坡度在最大概似分類法下輔助效果最佳，能減少 27%以上的誤判，坡度輔助資料可大幅提升判釋的精度；劉守恆和林慶偉(2004) 以 SPOT 影像資料進行崩塌地自動判釋，研究中利用 SPOT 影像近紅外光與紅光之比值進行比值轉換處理，有效提升判釋之準確度，分類後生產者準確度可提高到 50%，並將坡度小於 10 度之非崩塌地濾除，可以進一步提升生產者準確度到 76%。SPOT 衛星影像利用植生指標並配合坡度資料進行崩塌地自動判釋能有效判釋崩塌地。

蕭國鑫等(2003)曾探討 SPOT 影像對小型崩塌地的辨識率，結果判釋所得之崩塌地數量遠低於航照判釋之成果；劉守恆和林慶偉(2004)指出 以 SPOT 影像資料為基礎的分類法其生產者與使用者準確度之平均值可達到 70%，但是在實際應用上卻與理論值有 20%~40%的誤差，無法滿足實際應用的要求。而誤判來源多為河床、裸露地，其主要的因素，以及空間解析力不足所造成的混和像元效應 (劉守恆和林慶偉 2004；楊孟學等 2009)。上述之研究都是利用 SPOT 衛

星影像進行分析，惟利用 SPOT 衛星影像進行崩塌地判釋，其精度受空間解析力影響，較小之崩塌地範圍往往無法取得。蕭國鑫等 (2003)曾探討 SPOT 衛星影像對小型崩塌地(<486.75m²)的辨識率，結果判釋所得之崩塌地數量遠低於航照判釋之成果，如需得到較高精度之崩塌地分布圖，仍需航照之高空間解析力。故利用中解析力的 SPOT 衛星影像進行崩塌地判釋，其精度有其侷限性，故提高影像之空間解析度預期能提供更豐富的空間資訊，如需得到較高精度之崩塌地分布圖，仍需航照之高空間解析力。

Bühler *et al.* (2009) 運用 ADS40 空載數位掃描儀之多光譜與高空間解析力之特性，結合方向性、紋理、光譜、地形資訊進行雪崩位置自動化判釋，並利用物件導向分類法進行製圖以及分析，可有效獲得高精度之雪崩位置圖。莊子嫻 (2009)利用 1994 年、1999 年、2002 年、2006 年 4 期航空影像進行綠覆比對，並利用物件導向分類依影像的顏色、形狀、紋理特性進行影像自動判釋，歷次天災後崩塌裸露區域，探討裸露地分布和地形因子。

航照多光譜影像具有高空間解析力及多光譜資訊之特性，可如一般多光譜衛星影像進行波譜指標之計算，由此以其進行崩塌地相關研究之探討，可獲致較佳成果。

2.3 變遷偵測

Stow et al. (2008)以兩期數位航照多光譜影像監測灌叢棲地，其方法乃利用該航照多光譜波段特性計算 NDVI 指標，同時利用物件導向分類鑑別方法，以影像變遷分析灌叢棲地之長期變遷情形。黃國楨等人(2004)利用不同時期的航空照片，透過掃描數值化、正射投影與套疊分析等技術，與 GIS 相互配合，用以監測大鵬灣地區過去 21 年間之土地利用的時空變化情形，結果確可達環境監測之目的。Zhou et al. (2008) 利用兩期航照數位多光譜影像監測土地利用變遷情形，其方法利用影像分類法進行土地利用分類，再以影像變遷分析取得變遷區位，並同時比較像元式分類、物件導向分類之成果，其中以物件導向分類配合影像變遷分析，可得最佳之土地利用變遷監測成果。

航遙測技術於火災區位之製圖，多集中在使用低、中解析度多光譜衛星資料，如利用 National Oceanic and Atmospheric Administration/Advanced Very High Resolution Radiometer (NOAA/AVHRR) (Kasischke *et al.*, 1993; Rimmel and Perera, 2001)、SPOT-VEGETATION (Fraser *et al.*, 2000)、Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) (Zhan *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2008)、SPOT (林朝欽等, 2005; Fox *et al.*, 2008)、Landsat (Richards, 1984; Garcia and Caselles, 1991; Garcia-Haro *et al.*, 2001; Miller and Yool, 2002) 等進行相關議題探討，然上述衛星之空間解析力介於 10m 至 1Km 之間，其解析力並無法勾勒出如人工數位化航空照片之火災細節。然回顧前人，較少討論或應用已日漸成熟之高解析度航攝數位影像進行火災製圖，其空間解析力可達 10-30cm，並可取得多光譜資訊，提供了影像數值分析的潛力，故可如光譜衛星影像般進行火災災區製圖與監測。

火災製圖多以變遷偵測(change detection)進行，比較不同時間軸間地物空間變化之情形，變遷偵測所採用的方法繁多，如影像差值法(image differencing)、植生指標差值法(vegetation differencing) (Mas, 1999; Garcia-Haro *et al.*, 2001; Fox *et al.*, 2008)、主成份分析法(principal components analysis, PCA) (Richards, 1984; Mas, 1999; Garcia-Haro *et al.*, 2001)、光譜變化向量分析法(spectral change vector analysis, SCVA) (Zhan *et al.*, 2000; Garcia-Haro *et al.*, 2001; Chen *et al.*, 2003; 陳可薰, 2006)等均屬之，然上述方法須藉由試誤法、參照影像統計值、訓練樣本統計值(Singh, 1989; Chen *et al.*, 2003; 陳可薰, 2006; 鄧淑萍, 2010)等方式設定門

閾值以區分變遷與非變遷區域，使得受災區域自動化製圖相對困難；而非監督分類法(unsupervised classification)可分類影像並提取地表覆蓋訊息，如反覆自我組織分析技術(iterative self-organizing data analysis technique, ISODATA)僅需給定欲分類的數目，分類器將自動指定各類別光譜中心的初始值，同時反覆疊代運算以修正光譜中心值，如滿足收斂條件即可將影像依群集特性自動分類(Tou and Gonzalez, 1974)，因此應用於受災區域自動化製圖相對可行。

2.4 物件導向影像分類

近年來，採用物件導向觀念來進行影像分類相關的研究很多，物件導向影像分類模式多應用於高空間解析力影像。物件導向影像處理，主要利用一種影像單位物件分割技術，除光譜特徵外，並透過影像質地(Texture)、形狀(Shape)、鄰近關係和階層關係等組成分類特性，再依照不同的重要性，由使用者設定權重進行地物分類。物件具有多邊形的特性，利用影像區塊可以提供形狀的因子，如長寬比、面積周長比等條件(Baatz *et al.*, 2004)。

莊雲翰(2002)以 IKONOS 衛星影像，使用物件導向方法以及知識庫系統的概念應用於影像分類判釋，其處理的過程主要分為影像分割(Image Segmentation)與知識庫分類兩部分。影像分割的過程中可加入光譜值與形狀的條件，使分割後的每一區塊具有光譜及形狀的屬性；產生區塊影像後，再利用知識庫(Knowledge-base)來進行辨識，在知識庫的設計中可加入多種條件來幫助判釋。高解析力衛星影像中，除了原有的光譜特性外，加入形狀的因子，有助於地物的判釋，提升分類成果的精度(Martha *et al.*, 2010)。而使用階層式分析的知識庫，確實對較複雜影像的分析有所幫助(洪凱政，2009；Martha *et al.*, 2010)。鄧佩欣、李瑞陽(2007)以物件導向的分類方式，進行台灣地區土地利用分類，並探討分類過程中物件之階層關係，藉以建立土地利用合理分類架構；陳坤鈺、李瑞陽(2007)使用物件導向式分類法，進行國家公園土地覆蓋類型分類，同時輔以空間特徵進行影像分類；Walter (2004) 透過物件導向式概念進行土地利用變遷偵測，其方法乃結合 GIS 資料於影像中建立物件關係，並利用最大概似法以物件最小分類單元進行影像分類，結果顯示透過物件導向式分類法進行影像分類，其分類精度優於以像元為最小分類單元的成果；Tansey *et al.* (2009) 利用物件導向分類法，以 ADS40 航照多光譜影像進行農地土地利用分類，得到極佳的分類成果。雷祖強等(2009)利用高解析度數值航照影像(ADS-40)，針對水稻以逐像元與區域化分類概念進行問題比較，研究結果顯示透過區塊化物件分類模式可萃取出完整度的水稻坵塊，分類精度可從 92.6% (Pixel-based)提高到 95.3% (Region-based)，對於高解析度數值航照影像進行土地利用分類以物件導向的方式為佳。Erikson (2004) 使用高解析力多光譜航照，並利用物件導向技術對該影像資料進行影像自動分類，分割出各樹種的樹冠範圍，並使用四種不同的影像分類基準，其樹冠影像的

分類基準是根據樹冠部份的顏色、形狀及大小資料，最後所得之樹種分類總體精度為 77%。

綜上所述，以數位航照多光譜影像為材料，結合物件導向分類方法，將可有效獲致較佳之分類成果。

第三章 影像資料前期處理技術之研究

3.1 陰影處理技術試驗

陰影區域分析，由陰影自動判釋、陰影區域恢復與陰影區域分類三部分進行測試，評估陰影對影像分類所造成之影響，並建構陰影區域的分類流程，陰影分析流程如圖3-1。

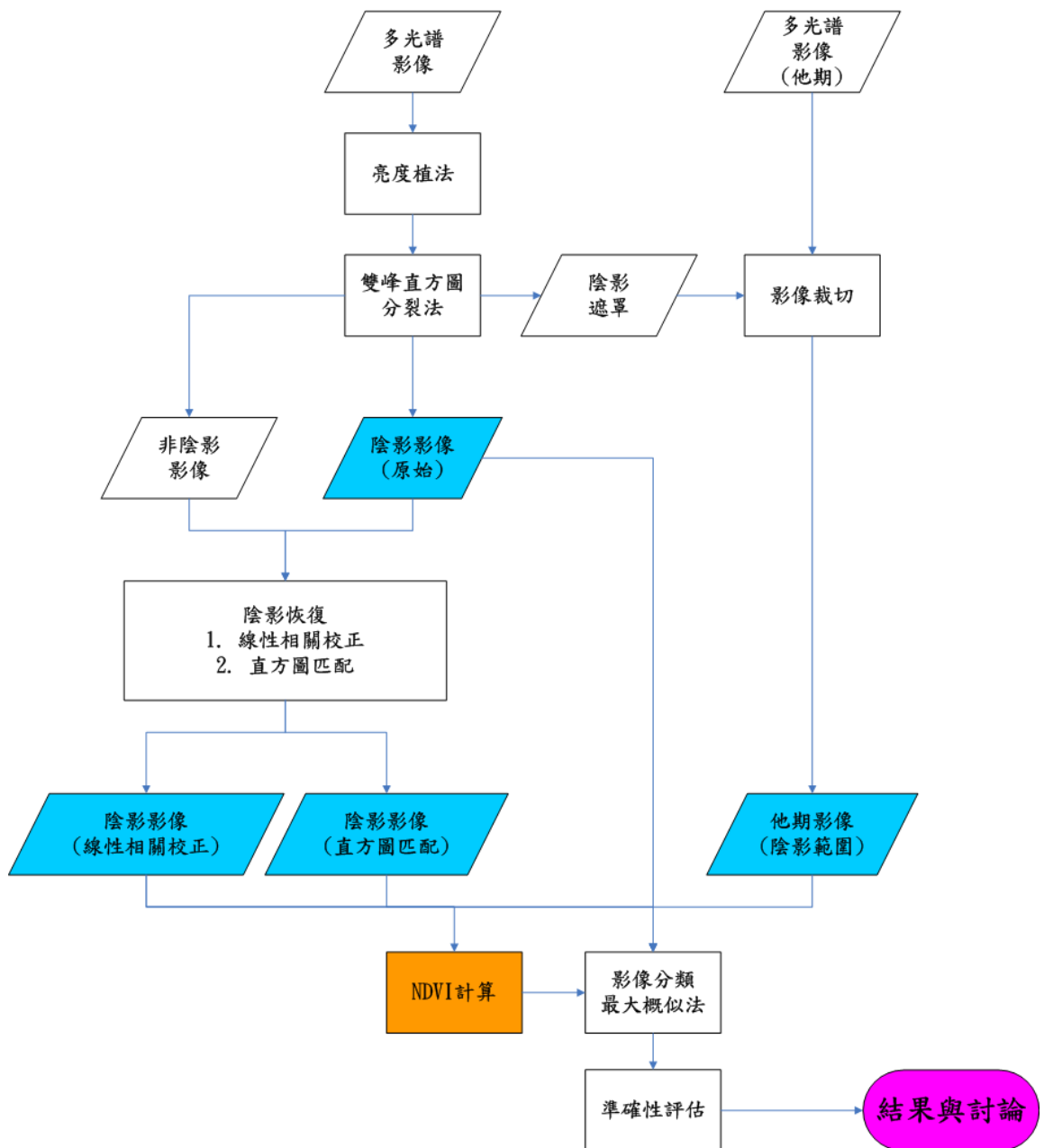


圖 3-1 陰影處理技術試驗流程

3.1.1 陰影影像偵測

因太陽角度與地形所造成的陰影，對於後續影像分析會造成誤差，因此陰影資料的偵測為首要工作。

本研究採用 12-bit 之 ADS40 影像為材料，12-bit 資料能提供較佳輻射解析能力，以利實現後續陰影區域的分類，拍攝日期為 2008 年 9 月 21 日。

陰影區域之判釋採用亮度值法進行，將影像分為陰影區域及非陰影區域，亮度值的計算公式如下：

$$Brightness = \frac{RED + GREEN + BLUE + NIR}{4} \quad (\text{式 3-1})$$

Brightness 為亮度值，RED 為紅光波段，GREEN 為綠光波段，BLUE 為藍光波段，NIR 為近紅外光波段。

由於陰影與非陰影區域之亮度值會呈現雙峰分布，因此能利用雙峰直方圖分裂法(bimodal histogram splitting method)判斷陰影與非陰影區域之亮度值門檻(Zhou et al., 2009)。設定門檻值後即進行陰影區域與非陰影區域的影像裁切，其中陰影影像用以作為後續陰影區域校正之分析材料，非陰影影像則作為後續影像分類之材料。

所得成果利用誤差矩陣評估陰影偵測成果，檢核點資料選取係以逢機點位產生驗證點位資料，以原光譜影像進行人工判釋，以確認評估點為是否為陰影，利用總體準確度(Overall Accuracy)、使用者精度(User's Accuracy)、生產者精度(Producer's Accuracy)、及 Kappa 值，檢測陰影偵測的準確度。

圖 3-2 為研究地區的亮度值之灰階直方圖(即紅光，綠光，藍光和近紅外光 4 個波段之平均值)，可看到直方圖之分布呈現有兩個波峰，值較低的波峰範圍為陰影之數值範圍，兩個峰值間的波谷即為陰影之門檻，為了區分的陰影和非陰影區，設置一個亮度值之門檻值，透過雙峰直方圖分裂法設定門檻值 778 為區分門檻。

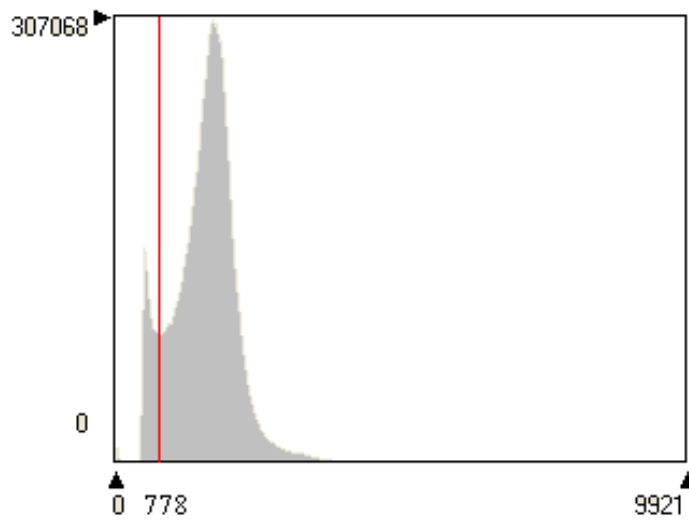


圖 3-2 亮度值之直方圖 (紅光, 綠光, 藍光和近紅外光 4 個波段之平均值) 以及陰影門檻值 778 (紅線)

圖 3-3 A 為亮度值影像, 經由亮度值之運算, 陰影區域之灰階值呈現較低之狀態。圖 3-3 B 為陰影偵測成果, 利用亮度值法配合門檻值可有效區分陰影及非陰影。

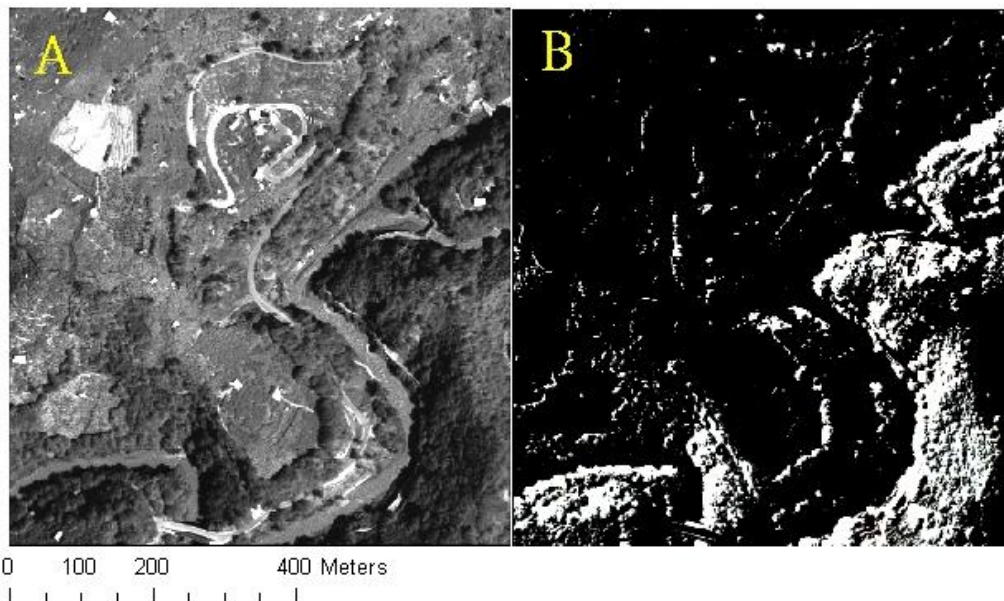


圖 3-3 陰影偵測成果。A 為亮度值影像 (顏色較深代表陰影); B 為利用亮度值法於陰影偵測之成果 (白色代表陰影區)

為了評估陰影偵測成果，利用誤差矩陣進行準確性評估，由表 3-1 為利用亮度值法進行陰影偵測之誤差矩陣，總體精度達到 99.00%，而 Kappa 值為 0.98。

表 3-1 陰影偵測成果之誤差矩陣

| Classified Data | Reference Data | | User's accuracy (%) |
|---|----------------|--------|---------------------|
| | Non-shadow | Shadow | |
| Non-shadow | 49 | 1 | 98.00 |
| Shadow | 0 | 50 | 100.00 |
| Producer's accuracy (%) | 100.00 | 98.04 | |
| Overall accuracy: 99.00%; Kappa statistic: 0.9800 | | | |

結果顯示利用亮度值法進行陰影偵測具有高準確度，本研究所採用的陰影偵測方法，亦於許多前人研究中(Shu and Freeman, 1990; Shettigara and Sumerling, 1998; Dare, 2005; Chen *et al.*, 2007) 被成功地應用。透過亮度值法將陰影與非陰影區分，並產生陰影遮罩(shadow mask)，將原影像進行陰影影像與非陰影影像之裁切，以利後續陰影處理流程。

3.1.2 陰影區域恢復

由於 12-bit 之 ADS40 影像，能提供較佳之輻射解析能力，為提取 ADS 40 影像中之陰影資訊，本研究嘗試以恢復陰影影像的輻射值，利用直方圖匹配(Histogram Matching)與線性相關校正法(Linear-Correlation Correction; LCC)進行陰影區域校正，並針對兩方法之校正效益進行評估。

1. 直方圖匹配

直方圖匹配經常作為相鄰影像拼接或應用多期遙測影像進行動態變化研究時，所用之相對輻射糾正方法，透過直方圖匹配可以部分消除由於太陽高度角或大氣影響造成的影像的效果差異，本研究期望能利用此法將陰影效應去除，以達陰影資訊回覆之目的。將非陰影區為參考區，陰影區為目標區進行直方圖匹配，將陰影區域之光譜分佈映射到非陰影區之光譜分佈中(圖 3-4)。

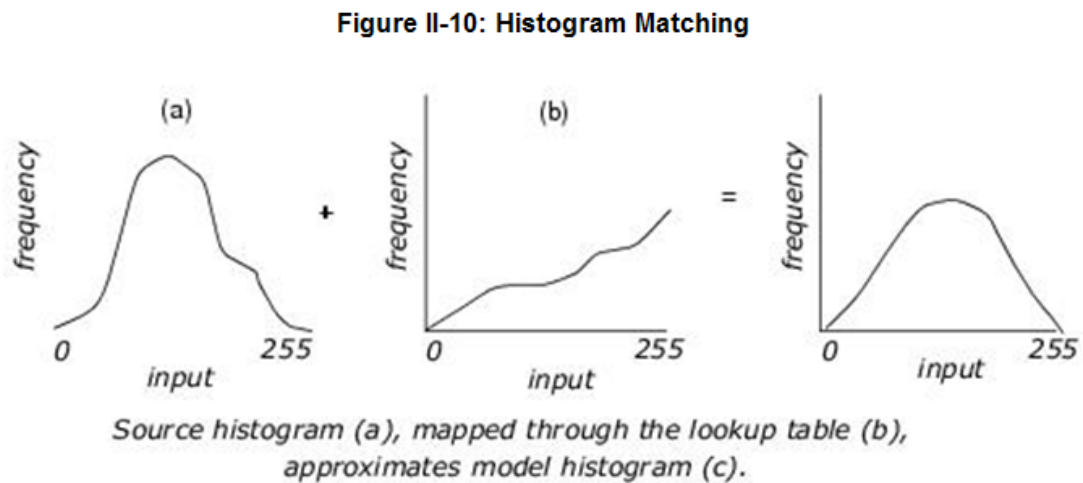


圖 3-4 直方圖匹配圖示

本研究將亮度值法所分離出來的陰影影像與非陰影影像，進行直方圖匹配，採用 ERDAS IMAGINE 遙測影像處理軟體中 Histogram Matching 功能，將非陰影區設為參考影像，陰影區設為目標影像，採相同波段對匹配，並測試此法於陰影區域校正的效益。

2.線性相關校正法

線性相關校正法(Linear-Correlation Correction; LCC)也被稱為均值和方差變換(mean and variance transformation)(Dare, 2005)，線性相關校正法假設陰影區域與非陰影區域的輻射值為線性關係(Sarabandi *et al.*, 2004; Zhou *et al.*, 2009)。公式如下：

$$DN_{Restoration} = \frac{Shadow_{SD}}{NonShadow_{SD}} (DN_{Shadow} - Shadow_M) + NonShadow_M \quad (式 3-2)$$

$DN_{Restoration}$ 為陰影恢復像元值； DN_{Shadow} 為原陰影像元值； $Shadow_{SD}$ 和 $NonShadow_{SD}$ 分別為陰影區與非陰影區像元標準偏差； $Shadow_M$ and $NonShadow_M$ 分別為陰影區與非陰影區像元平均值。

為了恢復的陰影區的 DN 值，本研究嘗試利用直方圖匹配(Histogram Matching)與線性相關校正法(Linear-Correlation Correction; LCC)進行陰影區域恢復，並針對兩方法之校正效益進行評估。

表 3-2 為各波段於各種陰影恢復方法於各波段的像元值，可透過數值的變化了解陰影恢復之情形。相較各波段在陰影與非陰影區域的平均值，陰影區域的像元值在各波段呈現較低之情形，故陰影對於數值影像具有很大影響。相較各波段在 LCC 與直方圖匹配的平均值對非陰影區域的平均值，LCC 在紅光、綠光的平均值皆明顯較直方圖匹配為接近非陰影區域之平均值；在藍光部分 LCC 與直方圖匹配的恢復效果差異不大，LCC 稍比直方圖匹配接近非陰影區域之平均值；僅在近紅外光部分直方圖匹配較 LCC 為佳，但差異不大。

表 3-2 不同陰影恢復方法於各波段之恢復成果

| Correction Method | Shadow DN Value | | | |
|--------------------|-----------------|--------|--------|--------|
| | Red | Green | Blue | NIR |
| Original shadow | 335 | 551 | 807 | 679 |
| Linear Correlation | 1063 | 1417 | 1180 | 2686 |
| Histogram Matching | 882 | 1323 | 1174 | 2760 |
| Non-shadow area | (1088) | (1466) | (1292) | (2865) |

圖 3-5 為 LCC 與直方圖匹配陰影恢復之恢復影像，比較各處理之成果，可看見不同的恢復技術對陰影恢復之效益，陰影恢復後可呈現部分陰影內的細部地物。

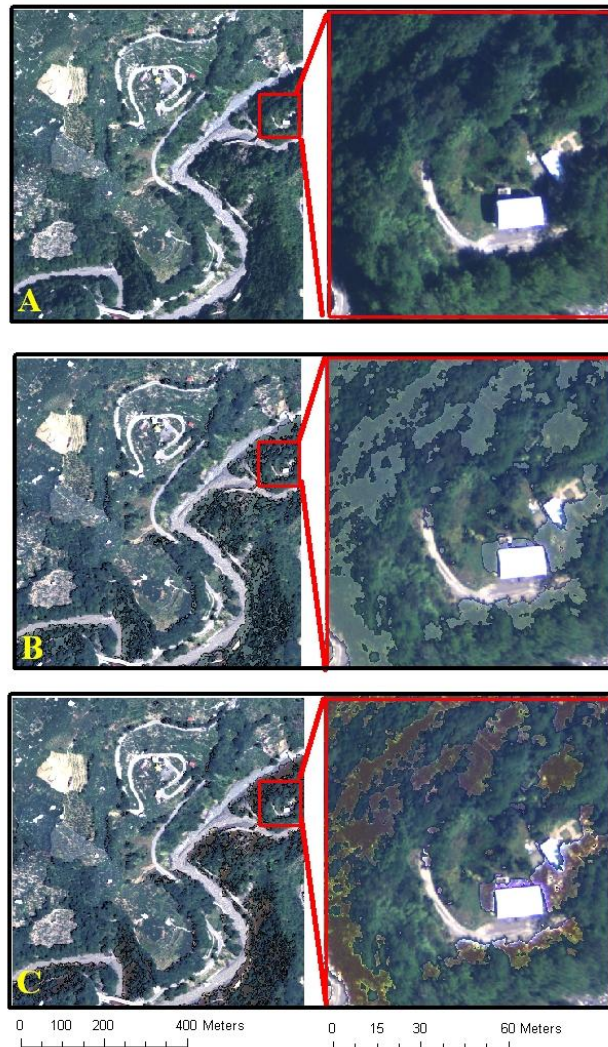


圖 3-5 陰影恢復成果與細部放大圖; A 為原多光譜影像; B 為 LCC 恢復陰影影像; C 為直方圖匹配恢復陰影影像

LCC 的陰影恢復效果比直方圖匹配好，直方圖匹配可用來做陰影恢復，但效果仍以 LCC 為佳，許多研究指出利用 LCC 進行陰影恢復明顯優於直方圖匹配 (Shu and Freeman, 1990; Sarabandi *et al.*, 2004; Dare, 2005)，本研究之成果與前人研究相符。然而將恢復影像進行影像分類，其成果對分類是否有助益，仍尚需評估，固本研究於下部分繼續將恢復影像納入影像分類。

3.1.3 陰影影像分類

對於土地利用分類之應用，針對陰影部分，通常被列為未分類(unclassified)或乾脆直接簡單的分為陰影一類，較少研究針對陰影恢復對於土地利用分類之效益進行評估。因此本研究針對航照數位多光譜影像之陰影部分進行分類，並比較多樣處理方法之效益，以及採用下列影像進行影像分類測試：

1. 原陰影影像與其 NDVI

利用陰影偵測所切取之陰影影像(4 波段-R, G, B, NIR)進行影像分類，並同時計算其影像之 NDVI，另將 NDVI 進行影像分類。

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (\text{式 3-3})$$

NDVI 為常態化差異植生指標，NIR 為近紅外光波段，R 為紅光波段。

2. 線性相關校正陰影影像與其 NDVI

利用線性相關校正的陰影恢復影像(4 波段-R, G, B, NIR)進行影像分類，並同時計算其影像之 NDVI，另將 NDVI 進行影像分類。

3. 直方圖匹配陰影影像與其 NDVI

利用直方圖匹配的陰影恢復影像(4 波段-R, G, B, NIR)進行影像分類，並同時計算其影像之 NDVI，另將 NDVI 進行影像分類。

4. 填補他期少陰影影像與其 NDVI

利用陰影遮罩(shadow mask)切取它期航帶重疊之少陰影影像(拍攝日期為 2008 年 8 月 26 日，DMC 影像，4 波段-R, G, B, NIR)，再將切取影像進行影像分類，並同時計算其影像之 NDVI，另將 NDVI 進行影像分類。

將上述各 4 種處理方法與其 NDVI，共 8 種影像進行影像分類，分類方法採用監督性分類(Supervised Classification)的最大概似法 (Maximum Likelihood Method) 進行研究區之土地覆蓋分類，選取適當之訓練樣區，將植生與非植生兩類分出，並選取 180 個驗證點進行準確性評估，以他期的少陰影影像作為檢核基準，並比較各種影像之分類精度。

在陰影區域影像分類的結果中，以填補他期少陰影影像所得分類結果最佳，無論採 4 波段或使用 NDVI 進行分類皆可達 95% 以上之總體分類精確度(表 3-3)，由於填補他其影像已免除了陰影的干擾，在 Zhou *et al.* (2009) 之研究亦指出陰影的處理最佳方案，即為利用它期之無陰影重疊影像納入分類。然而在取得他期少陰影影像有諸多限制，如影像的取得性，航照無法像衛星影像可快速同訪相同地區，他期影像的取得較不易；他期影像當日拍攝時間點必須與當期不同，由於太陽角度不同，影像中陰影產生的方位會有差異，影像才能填補；兩期影像不能間隔太久時間，地物變遷會造成後續分類誤差。上述諸多限制指出，雖採他期影像填補進行陰影分類可得較高精度，在務實上操作為較不實際之作法。

表 3-3 各處理陰影分類成果

| 影像_分類法 | 處理 | 總體精確度 | kappa 值 |
|------------|------------------|--------|---------|
| 4 波段_最大概似法 | 原陰影影像 | 86.67% | 0.64 |
| | 線性相關校正陰影影像 | 86.67% | 0.64 |
| | 直方圖匹配陰影影像 | 88.33% | 0.69 |
| | 填補他期少陰影影像 | 95.56% | 0.88 |
| NDVI_最大概似法 | 原陰影影像(NDVI) | 89.44% | 0.71 |
| | 線性相關校正陰影影像(NDVI) | 87.78% | 0.65 |
| | 直方圖匹配陰影影像(NDVI) | 74.44% | 0.46 |
| | 填補他期少陰影影像(NDVI) | 97.78% | 0.94 |

在 4 波段最大概似法的成果中，原陰影影像與線性相關校正的總體精度相同(表 3-3)。由於線性相關校正是利用陰影與非陰影影像的全域均值與標準偏差進行轉換，主要為一維的數值轉換，各影像數值間的比例關係不變，故在做最大概似法分類的結果會與原陰影影像相同；而在直方圖匹配的結果中，較原陰影影像的處理些微的提升了一些精度，但與其他成果(原陰影影像與線性相關校正) 差異不大。在原陰影影像與兩種陰影恢復影像的分類成果差異不大，結果與 Zhou *et*

al. (2009)之研究相符，陰影恢復對於後續影像分類之助益不大，與原陰影影像成果相似。

在 NDVI 最大概似法的成果中，線性相關校正的總體精度較原陰影影像的精度低，直方圖匹配的總體精度亦較原陰影影像的精度低，由於進行陰影恢復會改變陰影影像的值域狀況，且各波段不一，故會改變陰影影像的波譜分布與結構，故影像經由恢復後再進行各波段間的比值計算(如 NDVI)，會產生不確定性的比值影像，故對後續的分類有影響。由 NDVI 分類的成果中，兩種陰影恢復方法產生負面之效益，經由陰影恢復改變了 NDVI 之波譜特性，以致對植生與非植生的鑑別力下降。

在成果中，植生與非植生的分類，如撇開填補他期少陰影影像的方法，則以原陰影影像的 NDVI 的分類成果最佳。原陰影影像具一定的可分類精度，由於 12-bit 的影像資料，相較於一般 8-bit 衛星影像資料(如 SPOT 衛星影像)，12-bit 影像的陰影值域範圍仍較寬廣，故陰影影像的確存在著一定的分類能力。

在陰影影像分類成果中顯示，陰影影像具有一定的分類能力，應歸功於 12-bit 之輻射解析力所呈現的資訊所致。陰影影像經使用線性相關及直方圖匹配影像恢復處理技術後，在視覺上看似有所助益，但在電腦影像自動分類之助益由實驗數據顯示與原陰影影像分類所得效果差異不大，但填補他期影像可達最高之分類精度(表 3-3)，然而在實際應用上限制較多，故在務實操作上可將原陰影影像分離出，再進行植生與非植生之分類處理。

第四章 崩塌地與敏感區內地形變遷之研究

4.1 崩塌地自動分類測試

4.1.1 陰影與非陰影區域崩塌地自動分類測試

A. 測試樣區

本研究採用之 ADS-40 影像進行陰影、非陰影區域崩塌地自動分類測試。陰影區域之崩塌地的精度評估，需有一幅無陰影且相近日期之影像作為檢核資料，故選取 2008 年 12 月 27 日、2008 年 9 月 21 日兩期相同位置之 ADS-40 航帶影像進行分析，藉由不同時間、不同陽光照射角度所拍攝的影像，陰影產生的位置不同，以陰影較少的影像作為評估陰影崩塌地的基準，如圖 1 所示，因此本研究以 2008 年 12 月 27 日之影像作為為分類影像，其陰影分布較多，2008 年 9 月 21 日影像作為檢核陰影區崩塌地分類成果之影像，其陰影分布較少(圖 4-1)。

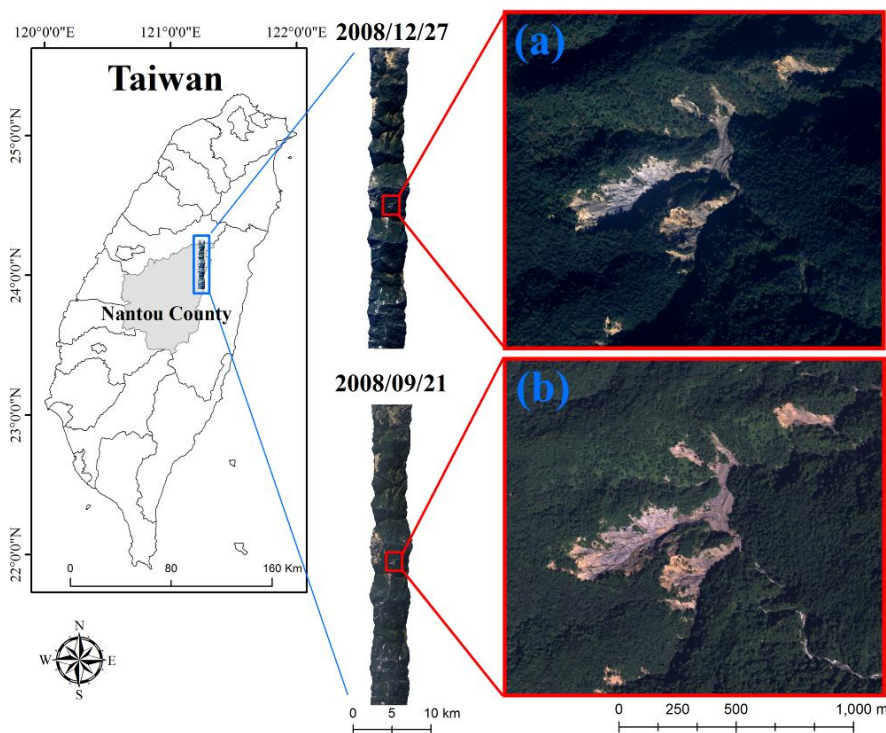


圖4-1 陰影崩塌地分析樣區，(a)為2008年12月27日拍攝之ADS-40影像，(b)為2008年9月21日拍攝之ADS-40影像

B. 陰影偵測

因太陽角度與地形所造成的陰影，對於後續影像分析會造成誤差，因此陰影資料的自動偵測與過濾十分重要，且對後續分析影響甚大。本研究採用能提供較佳幅射解析能力之 12-bit 之 ADS-40 影像為材料，考慮其對陰影門檻值之敏感度較高，乃利用亮度值法(Brightness)進行陰影區域之判釋，並將影像分為陰影區域及非陰影區域，亮度值的公式如式 3-1。

利用雙峰直方圖分裂法(Bimodal Histogram Splitting Method)對灰階影像之直方圖判斷陰影區域與非陰影區域之門檻值。設定門檻值後即進行陰影區域與非陰影區域的影像分開，分別將陰影影像、非陰影影像作為後續影像分類之材料。

C. 非陰影區域崩塌地偵測

將陰影分離後之非陰影影像納入下列分析，以取得非陰影區域分類成果。

(A) 植生指數增揚

因綠色植物具有吸收藍光、紅光及強烈反射紅外光之特性，故可以使用可見光與近紅外光之比值或差值，來判別植生反射量之多寡，即 NDVI 值。NDVI 的公式如式 3-3。

NDVI 的公式中利用(NIR-R)即能偵測植物生長量之特性，但將其式子再除以(NIR+R)之目的在於使其正規化，正規化的用途是防止除以零的數值誤差，並使比值能限於-1 與+1 之間以方便做比較；所以 NDVI 之值域介於-1~1 之間，小於零的像元值，通常屬於非植生之雲層、水域、道路、和建築物以及開闢地之土壤反應等像元。利用影像紅光與近紅外光波段計算 NDVI 值，以增揚植生與非植生之波譜差異，以利後續分類。

(B) 非監督式分類

為執行崩塌地自動判釋之程序，故以非監督分類進行之。非監督式分類利用數學運算檢查影像像元，呈現影像上的自然群集，利用群集分析(Cluster Analysis)方式，接收使用者欲安置該數目的群集數，反覆計算，以達最高波譜分離，模組

採用群集分析中的 ISODATA(Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique)分類演算法執行。

將前步驟計算之 NDVI 影像納入非監督分類,將 NDVI 值介於-1 與 1 之間的值域進行分群。利用 ISODATA 非監督分類進行 18 類組的群聚,並選取 1 至 18 類組中之 1、2 類組合併為非植生地之類組,而以 3-18 類組合併為植生地類組,將非植生地之類組獨立分類出來,可得到非植生區域的資料,此 18 類組取 2 類組為重複測試決定之經驗分群數。類組合併後即可將影像粗分為植生與非植生兩部分,即可得到初步之裸露地判釋成果。並將初步偵測的裸露地網格資料轉換為向量資料,以 ArcGIS 網格轉向量工具執行,以利後續圖資過濾。

(C) 圖層過濾

上述步驟中初步得到的裸露地向量資料,因裸露地中可能包含有水域、建築、道路以及休耕期間之農業用地等,皆不屬於崩塌地之類型,故應再進行既有圖層之過濾,將非屬於崩塌地類型之範圍濾除,所得之成果可大幅去除非崩塌地類型之裸露地區域。

本研究在進行既有圖層過濾的作業中,採用國土利用調查圖層,其中保留了森林使用土地類型以及其他土地使用類型,將農地、人工建物等其餘的土地利用類型皆濾除。將前步驟轉化出的初步裸露地與經篩選的國土利用圖層採用相交(Intersect)功能,以過濾掉非屬於崩塌地之範圍,使崩塌地分類的成果精準度提高。

D. 陰影區域崩塌地偵測

陰影區域之崩塌地偵測與非陰影區域之分析流程相同,先將陰影區域影像納入植生指數增揚、非監督式分類、圖層過濾,以取得非陰影區域分類成果。

E. 陰影未分離處理即進行崩塌地偵測

上述之崩塌地偵測,將陰影與非陰影分開來進行分類,本研究亦測試未將陰

影分離，而將影像直接進行分類流程，以比較其精度之差異。分析流程亦與陰影與非陰影崩塌地偵測的流程相同，亦先將影像納入植生指數增揚、非監督式分類、圖層過濾，最後取得分類成果。

F. 精度評估

為了評估陰影偵測、崩塌地偵測成果，利用誤差矩陣比較檢核資料(地真資料)與分類影像中相對應點的分類成果是否為同一類型，非陰影區域採用 2008 年 12 月 27 日之影像作為檢核地真，陰影區域則利用 2008 年 9 月 21 日影像作為檢核地真，進行人工判釋，檢核點資料的選取，以逢機產生之 400 點位資料，利用誤差矩陣評估總體準確度、生產者精度、使用者精度及 Kappa 值，分別檢測成果之分類準確度。

4.1.2 成果誤差分析

A. 陰影偵測成果

為了評估陰影偵測成果，利用誤差矩陣進行準確性評估，表 4-1 為利用亮度值法進行陰影偵測之誤差矩陣，總體精度達到 98.75%，而 Kappa 值為 0.98，所得精度高，可供後續分類利用。

表 4-1 陰影偵測誤差矩陣

| | 陰影 | 非陰影 | 總和 | 使用者精度 | 誤授率 |
|-------|--------|--------|-----|---------|--------|
| 陰影 | 197 | 3 | 200 | 98.50% | 1.5% |
| 非陰影 | 2 | 198 | 200 | 99.00% | 1% |
| 總和 | 199 | 201 | | | |
| 生產者精度 | 98.99% | 98.51% | | Kappa 值 | 0.98 |
| 漏授率 | 1.01% | 1.49% | | 總體精度 | 98.75% |

B. 崩塌地偵測成果

本研究進行陰影區域、非陰影區域崩塌地偵測，以及未處理陰影之影像的崩塌地偵測。非陰影區域崩塌地偵測的總體精度為 91.25%，Kappa 值為 0.83(表

4-2)；陰影區域崩塌地偵測的總體精度為 85.00%，Kappa 值為 0.70(表 4-3)。在精度評估的成果中，陰影區域資料的總體精度達 85%，此為一般 8-bit 遙測資料較難達到的成果，可見 12-bit 的影像資料確實對於陰影區域的分類具有可行性。陰影區域、非陰影區域崩塌地偵測成果圖如圖 4-2，可見陰影區域的崩塌地確實被分出，且成果相當正確。

表 4-2 非陰影區域崩塌地偵測誤差矩陣表

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|-------|-------|-----|----------|--------|
| 崩塌 | 171 | 33 | 204 | 83.82 | 16.18 |
| 非崩塌 | 2 | 194 | 196 | 98.98 | 1.02 |
| 總和 | 173 | 227 | | | |
| 生產者精度(%) | 98.84 | 85.46 | | Kappa 值 | 0.83 |
| 漏授率(%) | 1.6 | 14.54 | | 總體精度 | 91.25% |

表 4-3 陰影區域崩塌地偵測誤差矩陣表

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|-------|-------|-----|----------|--------|
| 崩塌 | 145 | 54 | 199 | 72.86 | 27.13 |
| 非崩塌 | 6 | 195 | 201 | 97.01 | 2.99 |
| 總和 | 151 | 249 | | | |
| 生產者精度(%) | 96.03 | 78.31 | | Kappa 值 | 0.70 |
| 漏授率(%) | 3.97 | 21.69 | | 總體精度 | 85.00% |

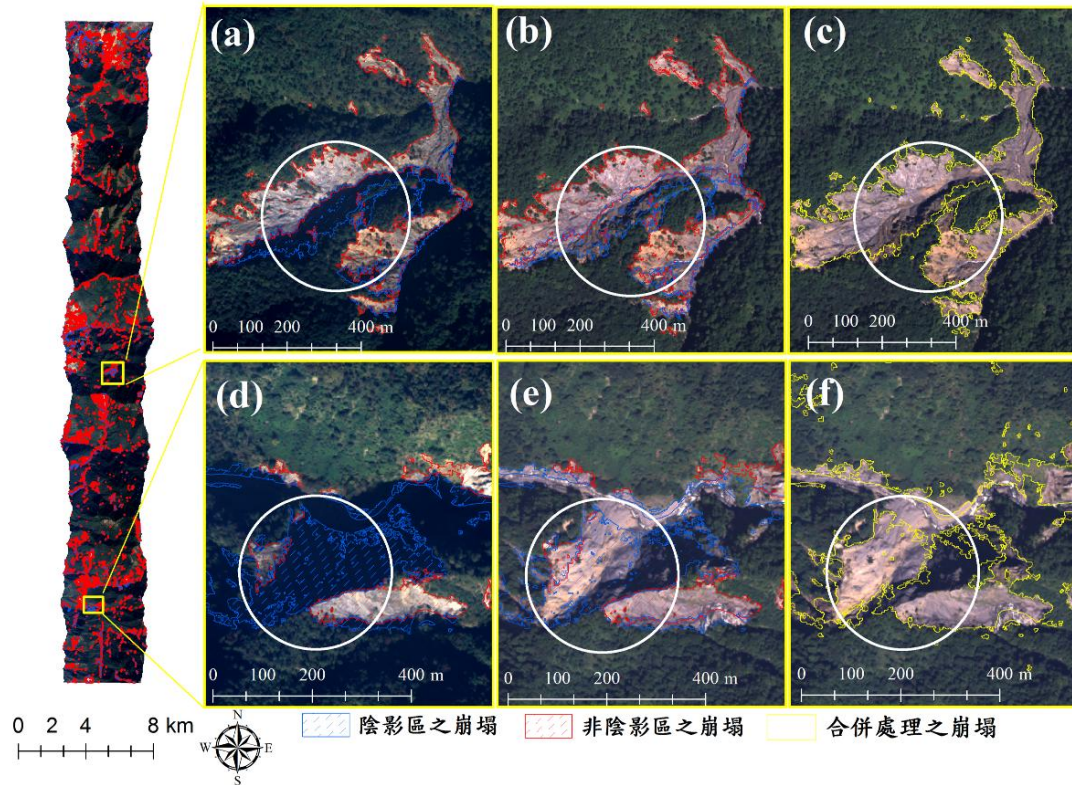


圖4-2 崩塌地偵測成果，(a)、(d)為為陰影分離處理偵測成果套疊陰影較多的2008年12月27日影像，(b)、(e)為陰影分離處理偵測成果套疊陰影較少的2008年9月21日影像，(c)、(f)為陰影未分離處理偵測成果套疊陰影較少的2008年9月21日影像

本研究比較崩塌地偵測是否分離陰影處理的精度差異，分離陰影處理的崩塌地偵測之總體精度為 88.13%，Kappa 值為 0.76 (表 4-4)；未分離陰影處理的崩塌地偵測之總體精度為 87.63%，Kappa 值為 0.75 (表 4-5)。分類成果圖如圖 4-2。

表 4-4 分離處理陰影崩塌地偵測誤差矩陣表

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|-------|-------|-----|----------|--------|
| 崩塌 | 316 | 87 | 403 | 78.41 | 21.59 |
| 非崩塌 | 8 | 389 | 397 | 97.98 | 2.02 |
| 總和 | 324 | 476 | | | |
| 生產者精度(%) | 97.53 | 81.72 | | Kappa 值 | 0.76 |
| 漏授率(%) | 2.47 | 18.28 | | 總體精度 | 88.13% |

表 4-5 未分離處理陰影影像崩塌地偵測誤差矩陣表

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|-------|-------|-----|----------|--------|
| 崩塌 | 297 | 72 | 369 | 80.49 | 19.51 |
| 非崩塌 | 27 | 404 | 431 | 93.74 | 6.27 |
| 總和 | 324 | 476 | | | |
| 生產者精度(%) | 91.67 | 84.87 | | Kappa 值 | 0.75 |
| 漏授率(%) | 8.33 | 15.13 | | 總體精度 | 87.63% |

在精度評估的成果中可知，陰影分離處理與否所得的成果，分離處理精度較高，因陰影影像應分開處理，所得結果較佳。

但考慮到大面積的影像製圖，陰影分開處理的流程較繁複，在試驗中未分開與分開處理的差異僅有 0.5%，為簡化製圖流程，將影像直接納入未分離陰影之分類流程，亦可達可接受之精度，陰影區域之崩塌地可同時分出，故後續分類模組皆採用此模式進行，此乃效率與誤差上的妥協，建議未來將陰影分離處理為佳。

C. 現場地真檢核

本研究為確認偵測崩塌地之真實性，亦前往崩塌地試驗樣區進行地真檢核，可見各地物之真實情形，調查時間為 2011 年 9 月 16 至 2011 年 9 月 17，檢核成果如附錄 A(附表一至附表二)。

4.2 崩塌地圖層建置流程

4.2.1 崩塌地分類標準作業流程

A. 崩塌地分類流程

崩塌地自動分類採用正射影像進行作業，並採用下列兩種影像種類執行：

- ADS-40 航攝數位影像

影像格式: ADS-40 L2 五千分之一圖幅大小正射影像。空間解析度: 0.25m。光譜解析度: 4 波段(第一波段紅光波段、第二波段綠光波段、第三波段藍光波段、第四波段近紅外光波段)。輻射解析度: 12-bit 或 16-bit。

- DMC 航攝數位影像

影像格式: DMC 五千分之一圖幅大小正射影像。空間解析度: 0.25m。光譜解析度: 4 波段(第一波段紅光波段、第二波段綠光波段、第三波段藍光波段、第四波段近紅外光波段)。輻射解析度: 12-bit 或 16-bit。

崩塌地圖層建置流程中，採用分層分類法(Stratified Classification)進行影像分類，同時針對崩塌地類別之波譜反應特性，以不同方式逐一過濾分類影像，以期降低類別間誤判現象，並確實有效地篩選崩塌區域。

崩塌地分類模組以兩套軟體組成，其一為 ERDAS IMAGINE，於模組中專職網格資料處理，其一為 ESRI ArcGIS，於模組中專職向量資料處理(圖 4-3)。

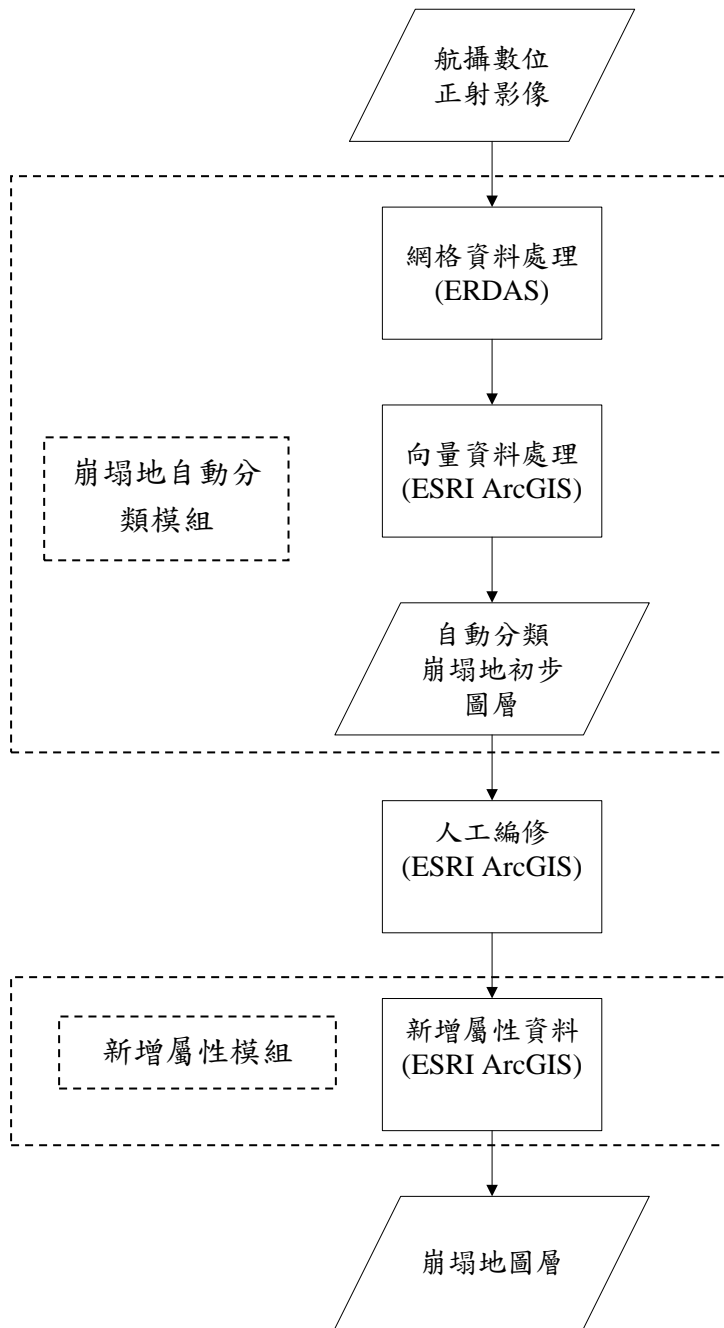


圖 4-3 崩塌地分類標準作業流程

主要採用兩步驟進行分析，第一步驟採用 ERDAS IMAGINE 執行，主要進行網格資料處理，第二步驟採用 ESRI ArcGIS 執行，主要進行向量資料處理，本研究採用兩模組分段執行，其中主要分析步驟如下：

(A) 植生指標計算(ERDAS)

因綠色植物具有吸收藍光、紅光及強烈反射紅外光之特性，故可以使用可見光與近紅外光之比值或差值，來判別植生反射量之多寡，即 NDVI 值，適用於長期監測植生生長與變遷之變化。NDVI 值之計算方式如式 1。

(B) 非監督式分類(ERDAS)

為執行崩塌地自動判釋之程序，故以非監督分類進行之。非監督式分類利用數學運算檢查影像像元，呈現影像上的自然群集，利用群集分析(Cluster Analysis)方式，接收使用者欲安置該數目的群集數，反覆計算，以達最高波譜分離，模組採用群集分析中的 ISODATA(Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique)分類演算法執行。

將前步驟計算之 NDVI 影像納入非監督分類，將 NDVI 值介於-1 與 1 之間的值域進行分群。利用 ERDAS IMAGINE 中的 ISODATA 非監督分類進行 18 類組的群聚。此 18 類組為重複測試決定之經驗分群數。

(C) 類組合併(ERDAS)

將 18 類組的網格資料以 ERDAS 進行類組合併，選取 1 至 18 類組中之 1、2 類組合併為非植生地之類組，而以 3-18 類組合併為植生地類組，並將植生地類組合併設定為無資料，將非植生地之類組獨立分類出來，可得到非植生區域的資料，此 18 類組取 2 類組為重複測試決定之經驗分群數。類組合併後作為 NDVI 值門檻值，即可將影像粗分為植生與非植生兩部分，即可得到初步之裸露地判釋成果。

(D) 網格至向量轉換(ArcGIS)

將初步偵測的裸露地網格資料轉換為向量資料，以 ArcGIS 網格轉向量工具執行，以利後續圖資過濾。

(E) 既有圖層過濾(ArcGIS)

上述步驟中初步得到的裸露地向量資料，因裸露地中可能包含有水域、建築、道路以及休耕期間之農業用地等，皆不屬於崩塌地之類型，故應再進行既有圖層之過濾，將非屬於崩塌地類型之範圍濾除，所得之成果可大幅去除非崩塌地類型之裸露地區域。

本研究在進行既有圖層過濾的作業中，採用國土利用調查圖層，其中保留了森林使用土地類型以及其他土地使用類型，即為欄位為 LCODE_C3 的編碼 020101、020102、020103、020104、020201、020202、020203、020204、020301、020302、020303、020304、090402、090403，表 4-6 為上述編碼所屬地類及編碼，其為我們判定為存有崩塌地之土地使用類型，而其餘的土地利用類型皆不採用，因此將其他類別濾除。將前步驟轉化出的初步裸露地向量資料與經篩選的國土利用圖層採用相交(Intersect)功能，此作業程序可以再一次過濾掉非屬於崩塌地之範圍，使崩塌地分類的成果精準度提高。

表 4-6 既有圖層過濾之保留土地使用類型編碼表

| 保留土地利用類型 | 編碼 |
|------------|--------|
| 天然針葉樹純林 | 020101 |
| 天然闊葉樹純林 | 020102 |
| 天然竹林 | 020103 |
| 天然竹針闊葉混淆林 | 020104 |
| 人工針葉樹純林 | 020201 |
| 人工闊葉樹純林 | 020202 |
| 人工竹林 | 020203 |
| 人工竹針闊葉樹混淆林 | 020204 |
| 伐木跡地 | 020301 |
| 苗圃 | 020302 |
| 防火線 | 020303 |
| 土場 | 020304 |
| 崩塌地 | 090402 |
| 礁岩 | 090403 |

(F)分類圖徵後處理(ArcGIS)

在進行分類圖網格資料轉成向量資料時，影像分類後常會出現許多不合理之圖徵，如出現分類圖之空洞，以及相鄰圖徵區域的不連續，鋸齒狀邊界，這種現象容易使區塊不完整以及增加錯判率，會影響崩塌地自動判釋程序之整體精準度結果，故應進行分類後處理。故本研究採用 ArcGIS 軟體內之圖徵聚集(Aggregate Polygon)功能，將圖徵進行聚集與補洞，亦進行最小面積過濾，國內以航照判釋崩塌地的最小面積由 200-1000 m² (謝寶珊等，2006；李馨慈等，2006)，本研究將圖徵小餘 300 m² 之小型裸露地濾除，以大幅減少雜訊，再以圖徵簡化功能進行邊界簡化。

(G) 成果編修

將自動分類成果套疊分析影像，進行成果編修，依各圖幅逐步檢視，利用 ArcGIS 圖層編修功能，把偵測錯誤之圖徵濾除。

(H) 檔案與屬性資料建置

為有效利用崩塌地基礎資料，提供未來崩塌地圖形資料、崩塌地屬性資料之間鏈結，並參考現有圖層之欄位，以整合崩塌地基礎資訊欄位。崩塌地圖層資料主要以下列條件構成。

- 坐標系統：以 TWD97 為基準。
- 使用之影像規格：4 波段多光譜數值航攝影像(ADS-40, DMC)；基本圖比例尺 1/5000 圖幅範圍地面解析度為 0.25 公尺；正射影像之含雲量低於 10%。
- 資料庫架構：崩塌地圖層依 1/5000 圖幅大小之 Shapefile 方式儲存，各圖層依檔案名辨識，檔名由”1/5000 圖幅框編號_拍攝日期”此兩段所構成。

如 96213078_20080921.shp

1/5000 圖幅編號

拍攝日期

以及其他 Shapefile 之同名附檔(.sbn、.sbx、.dbf)。

- 圖資屬性與欄位資料：圖資資料格式常用的型態有整數(Integer)、雙精倍浮點數(double)及字串(String)，整數型態不具有小數位數，例如次序、整數數量或類別，雙精倍浮點數可計量 15 位具正負號的數字，小數位數可以自訂，但總位數不變，字串可記錄各類文字或數字，數字不具大小關係，且前面的「0」不會被忽略。向量圖層之屬性包含影像日期、座標、投影面積、坡面面積、最低高程、平均坡度、危險度(表 4-7)。

表 4-7 崩塌地基礎資料欄位

| 屬性資料 欄位名稱 | 屬性資料 對照意義 | 欄位 型態 | 欄位 長度 | 欄位資訊 | 範例 | 產生方法 |
|--------------|---------------------------|----------|----------|------------------------------------|------------|-----------------------------------|
| DATE | 影像日期 | Date | 8 | 影像所拍攝日期 | yyyymmdd | - |
| X | 橫座標 | Double | 9 | 由該筆崩塌向量圖層 的質心(centroid)座標 | 221016.45 | Arc GIS: Polygon to point |
| Y | 縱座標 | Double | 10 | | 2448510.44 | |
| Area | 投影面積 (m ²) | Double | 18 | 崩塌多邊形投影面積 | 5000.1234 | Arc GIS: Calculate geometry |
| Slope_Area | 坡面面積 (m ²) | Double | 18 | 由崩塌多邊形之平均 坡度及投影面積計算 | 5000.1234 | Arc GIS: Field calculator |
| Slope | 平均坡度 (deg) | Double | 6 | 由 DTM 產製之坡度 圖計算該筆崩塌多邊 形之平均坡度 | 12.34 | Arc GIS: Zonal statistics |
| Min_dtm | 最低高程 (m) | Double | 8 | 由 DTM 計算該筆崩 塌多邊形之最低高 程。 | 1234.56 | Arc GIS: Zonal statistics |
| Danger | 危險度 | String | 2 | - | y | - |

- 更新機制:崩塌地圖層的更新於影像拍攝後，依農航所既定製圖流程，在正射影像產製後立即製作崩塌地圖層並納入資料庫，採立即更新方式，使用者可依圖層之空間分布、時間序列自行定義使用圖層。

4.2.2 崩塌地分類模組

崩塌地分類模組的模組可參閱崩塌地區位自動分類工作手冊，如附錄 B。

4.3 全台事業區崩塌地分類作業執行

4.3.1 全台事業區崩塌地製圖

依標準作業流程進行全台事業區崩塌地分類作業，以各國有林事業區為分析單位，逐事業區執行崩塌地分類作業。團隊依期末進度完成各事業區範圍數值航攝影像的崩塌地分類作業分析。全台事業區崩塌地分類作業中，有 5 個事業區因缺乏符合之影像，故並無成果，包括屏東事業區、恆春事業區、台東事業區、延平事業區、南澳事業區，故團隊完成其餘 32 個事業區的崩塌地圖層。

完成的 32 個事業區包含烏來事業區、文山事業區、大溪事業區、竹東事業區、南庄事業區、大湖事業區、大安溪事業區、八仙山事業區、大甲溪事業區、濁水溪事業區、埔里事業區、丹大事業區、巒大事業區、阿里山事業區、玉山事業區、大埔事業區、玉井事業區、旗山事業區、荖濃溪事業區、潮州事業區、大武事業區、關山事業區、成功事業區、玉里事業區、秀姑巒事業區、林田山事業區、木瓜山事業區、立霧溪事業區、和平事業區、太平山事業區、羅東事業區、宜蘭事業區，各事業區採用 DMC、ADS-40 數值航攝影像，各事業區崩塌地分析成果套繪圖如圖 4-4 至圖 4-35。

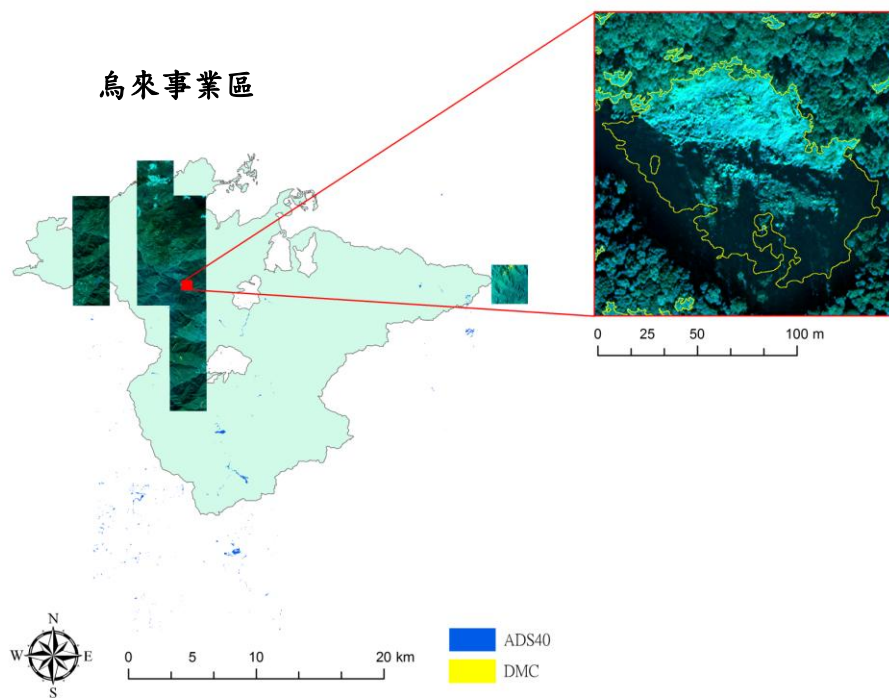


圖 4-4 烏來事業區成果(採用影像:DMC、ADS-40 影像)

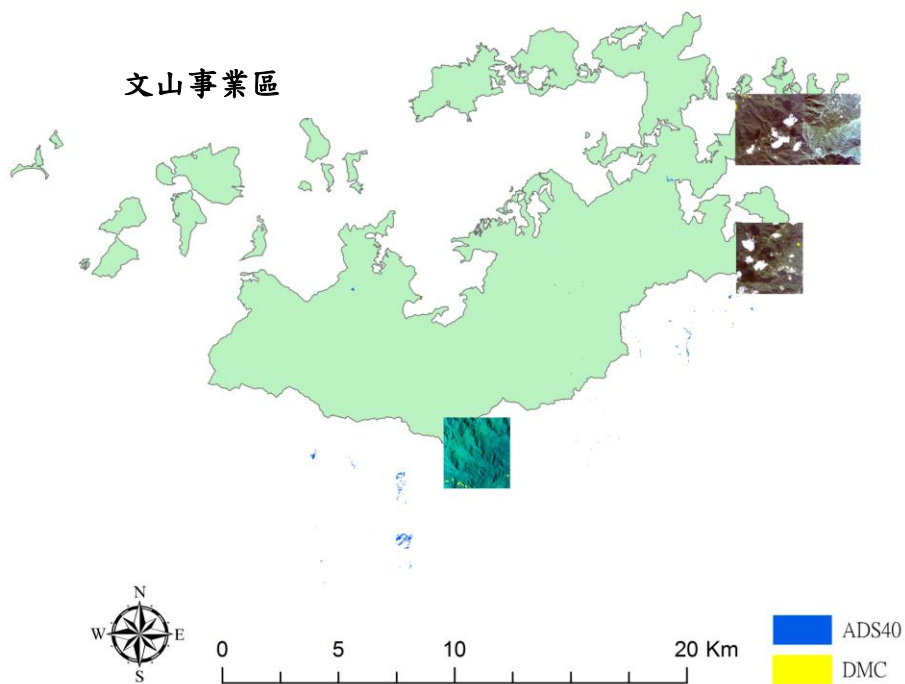


圖 4-5 文山事業區成果(採用影像:DMC、ADS-40 影像)

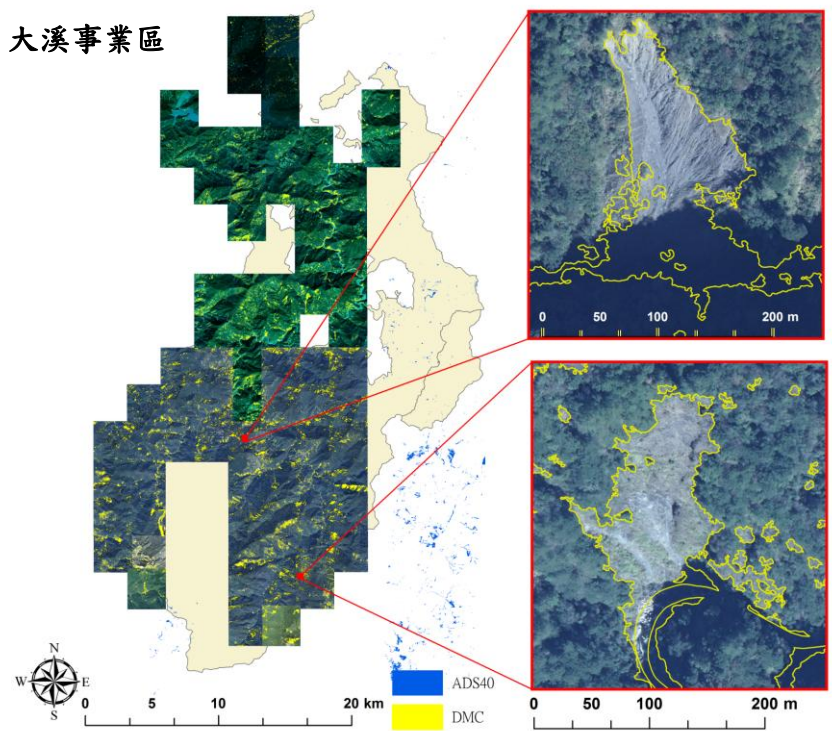


圖 4-6 大溪事業區成果(採用影像:DMC、ADS-40 影像)

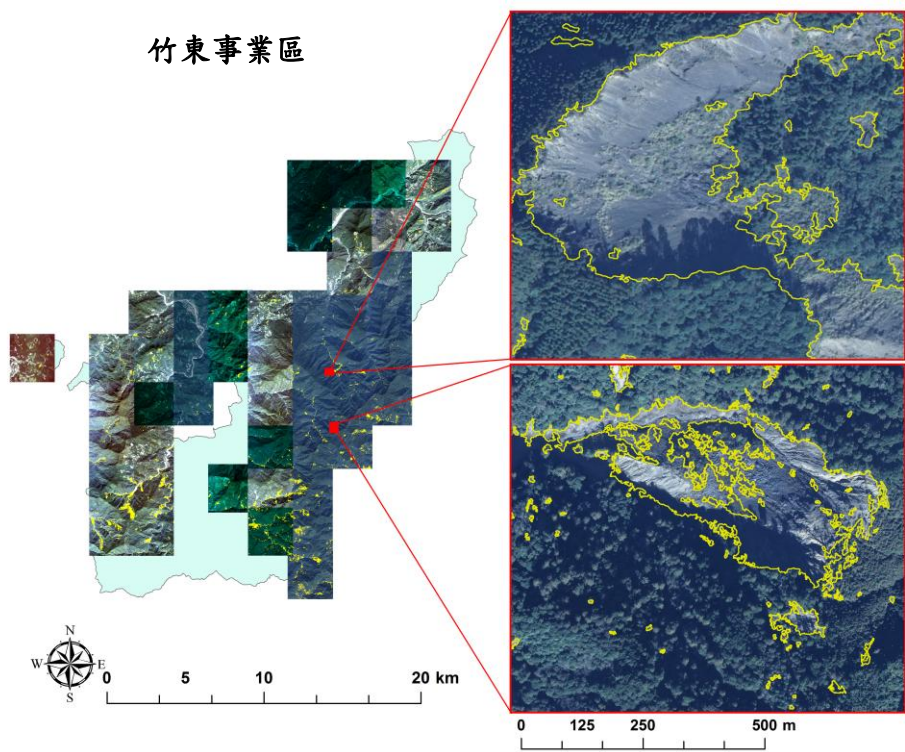


圖 4-7 竹東事業區成果(採用影像:DMC 影像)

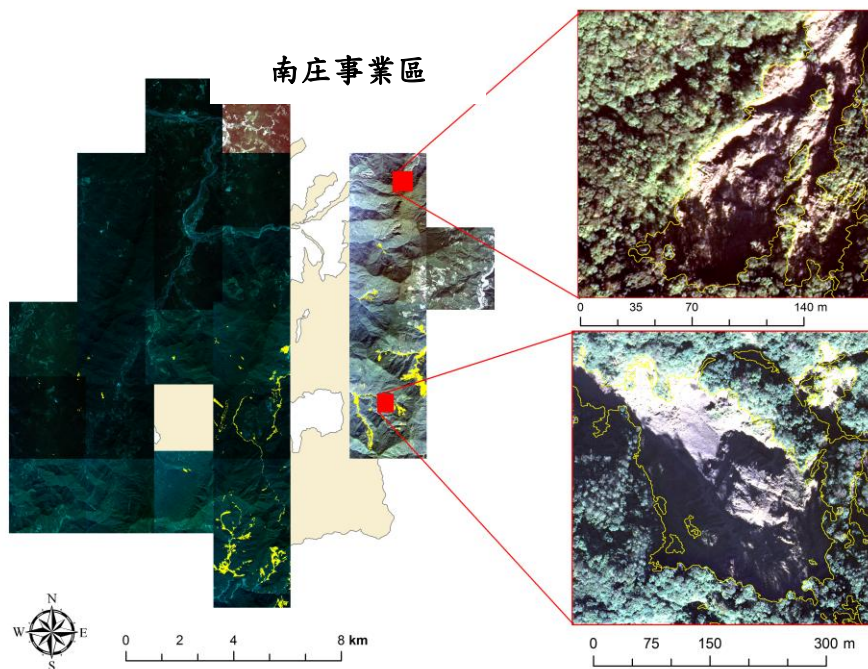


圖 4-8 南庄事業區成果(採用影像:DMC 影像)

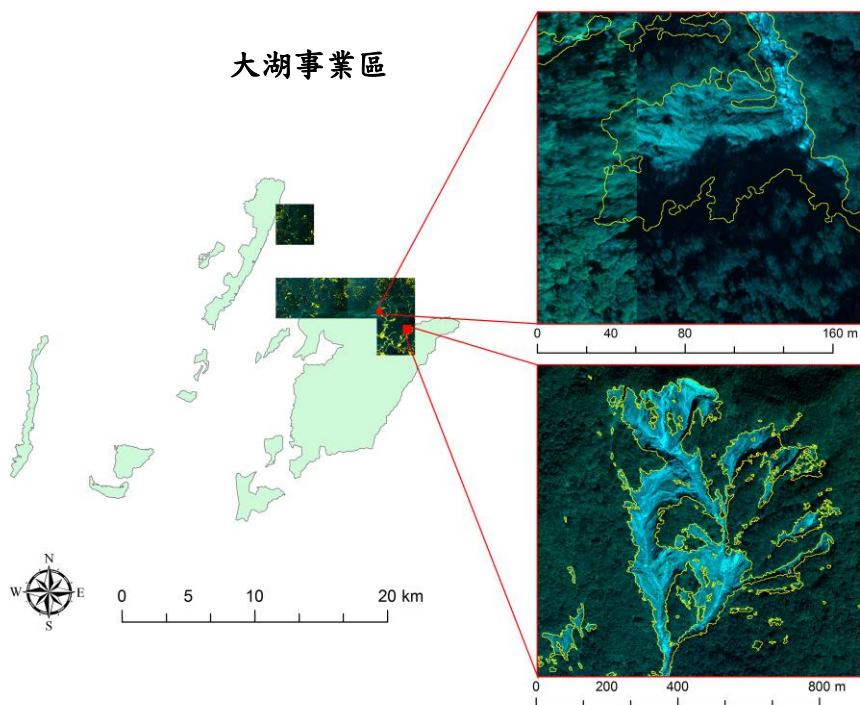


圖 4-9 大湖事業區成果(採用影像:DMC 影像)

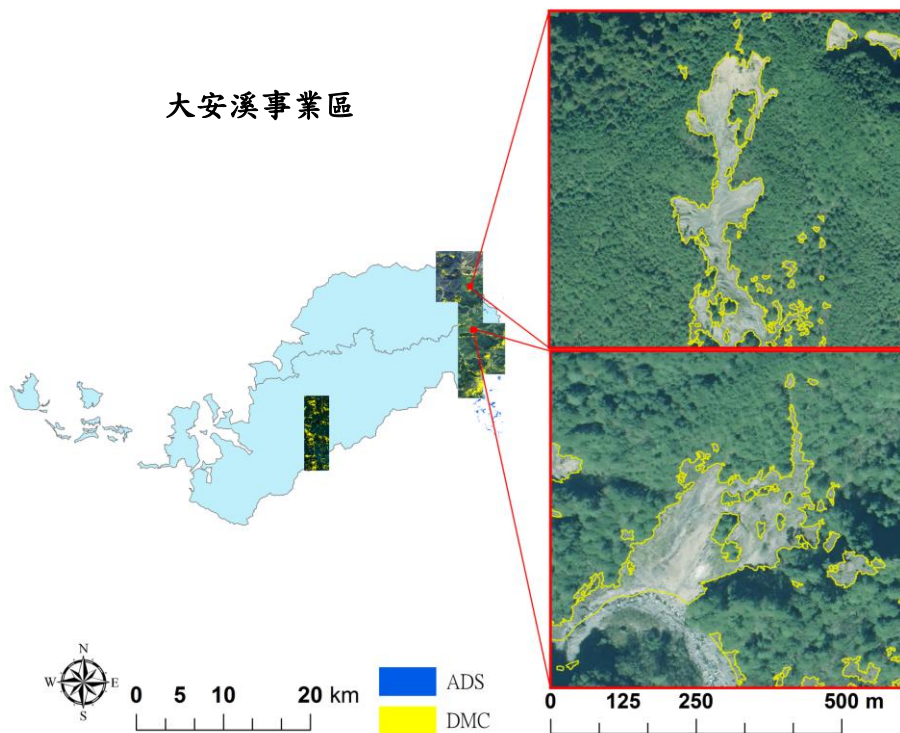


圖 4-10 大安溪事業區成果(採用影像:DMC、ADS-40 影像)

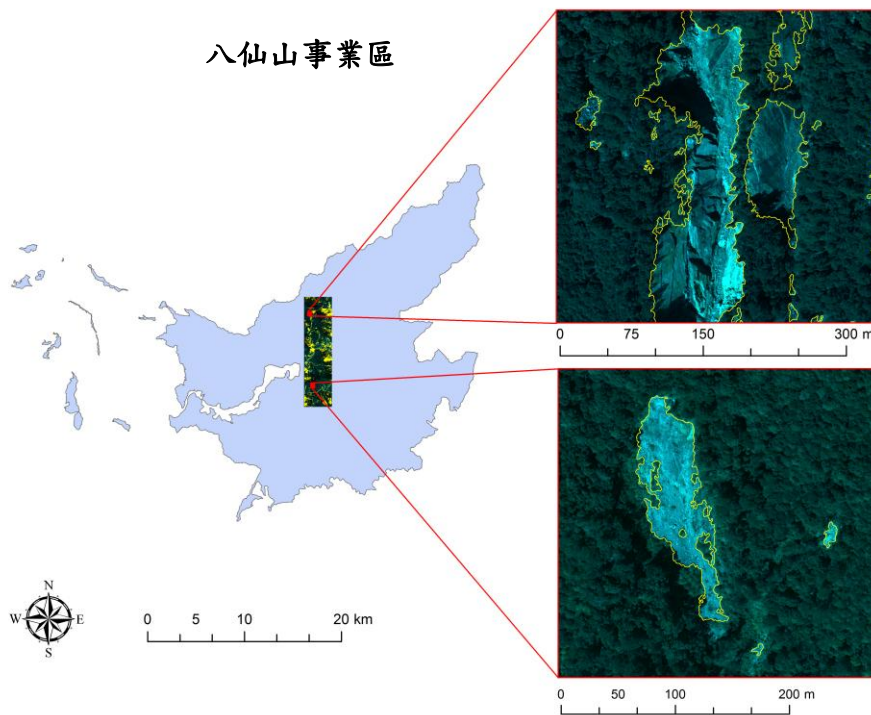


圖 4-11 八仙山事業區成果(採用影像:DMC 影像)

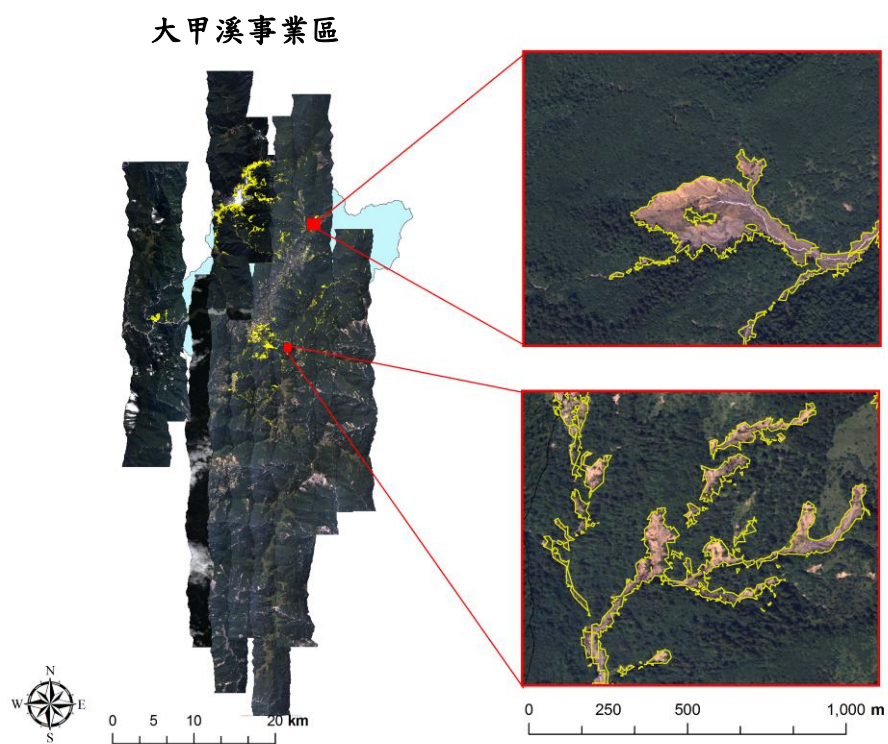


圖 4-12 大甲溪事業區成果(採用影像:ADS-40 影像)

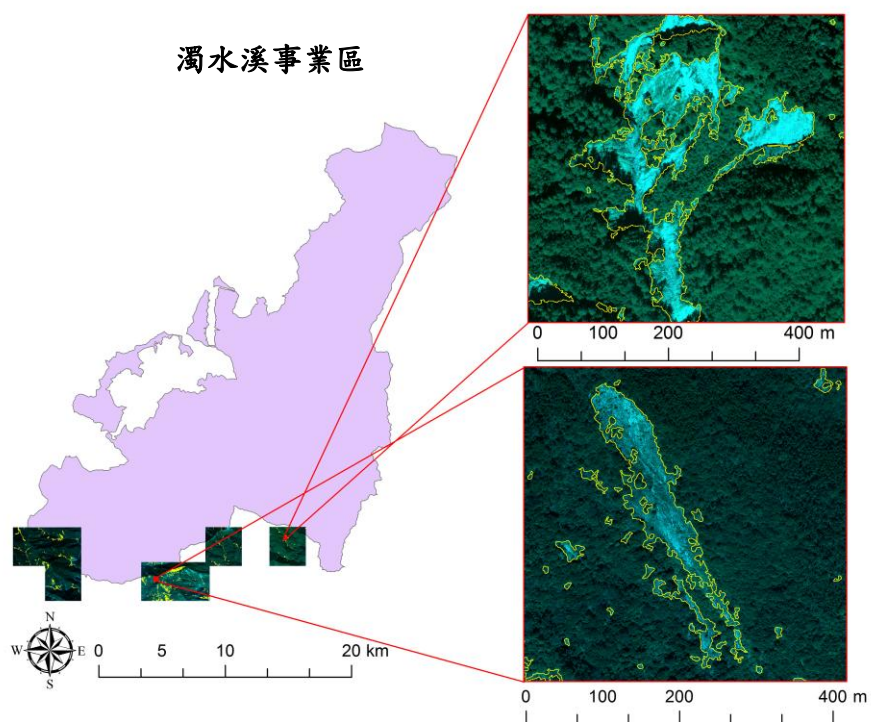


圖 4-13 濁水溪事業區成果(採用影像:DMC 影像)

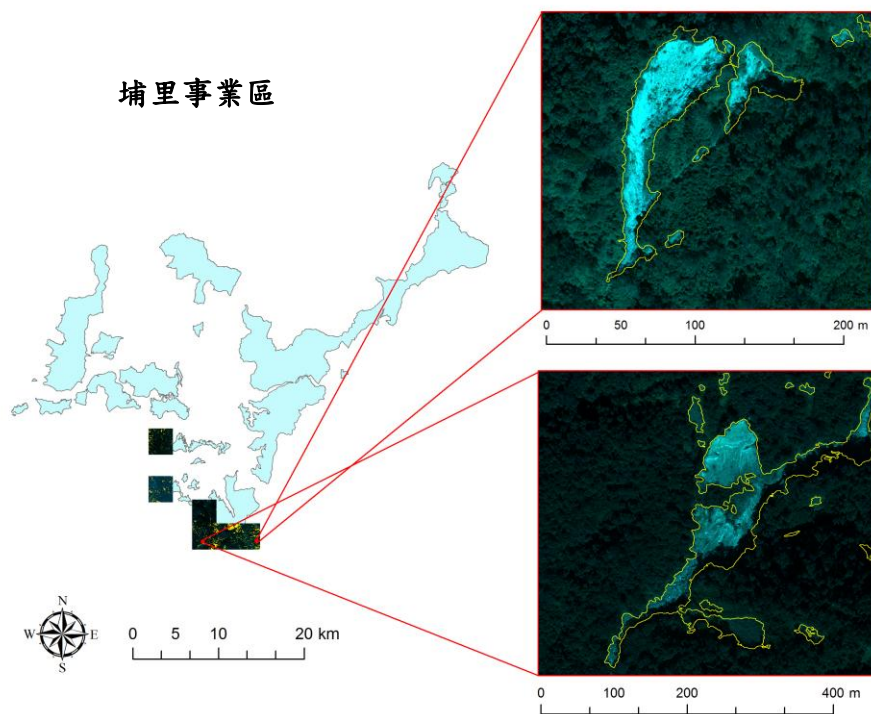


圖 4-14 埔里事業區成果(採用影像:DMC 影像)

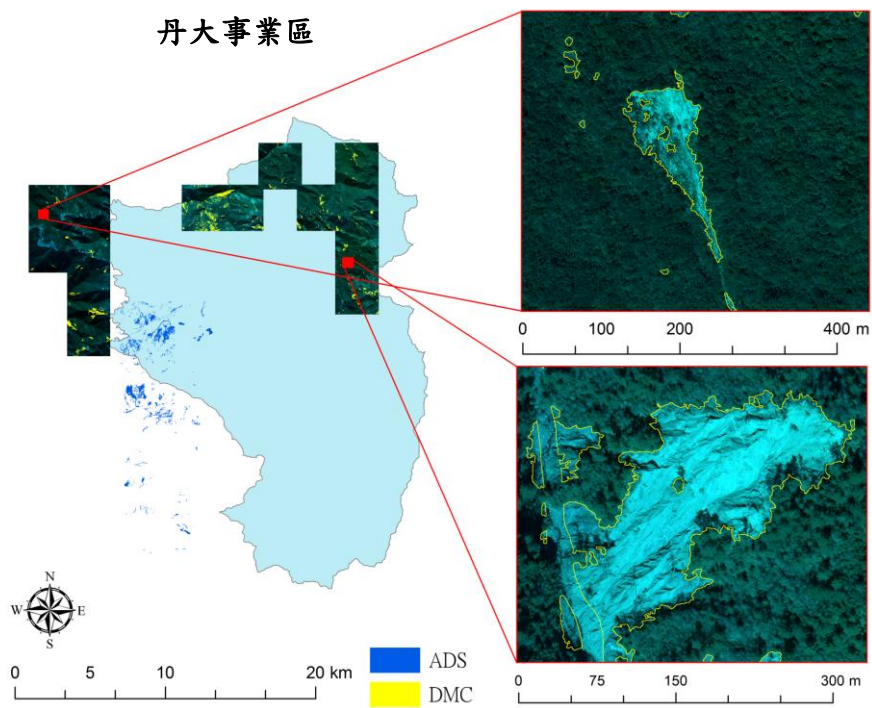


圖 4-15 丹大事業區成果(採用影像:DMC、ADS-40 影像)

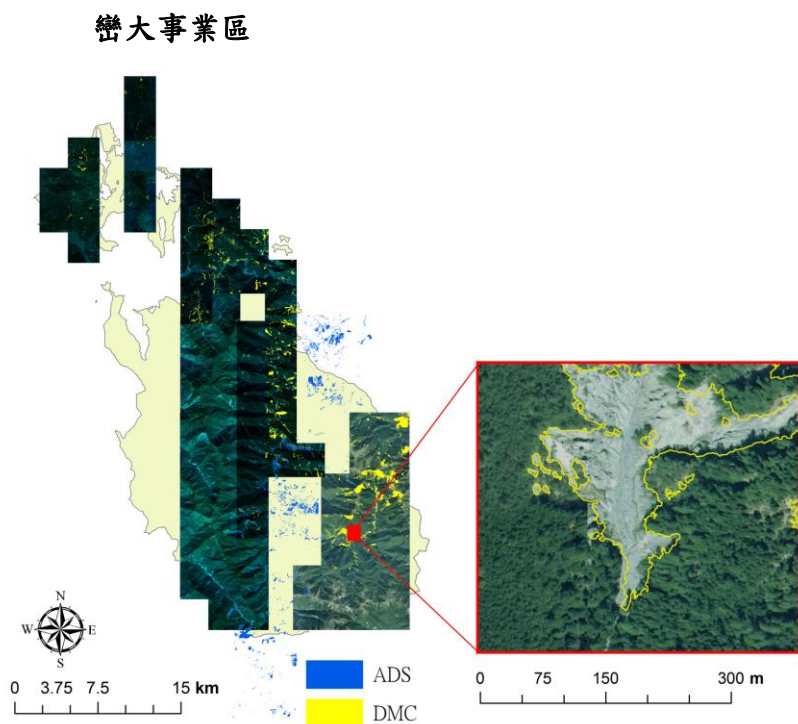


圖 4-16 巒大事業區成果(採用影像:DMC、ADS-40 影像)

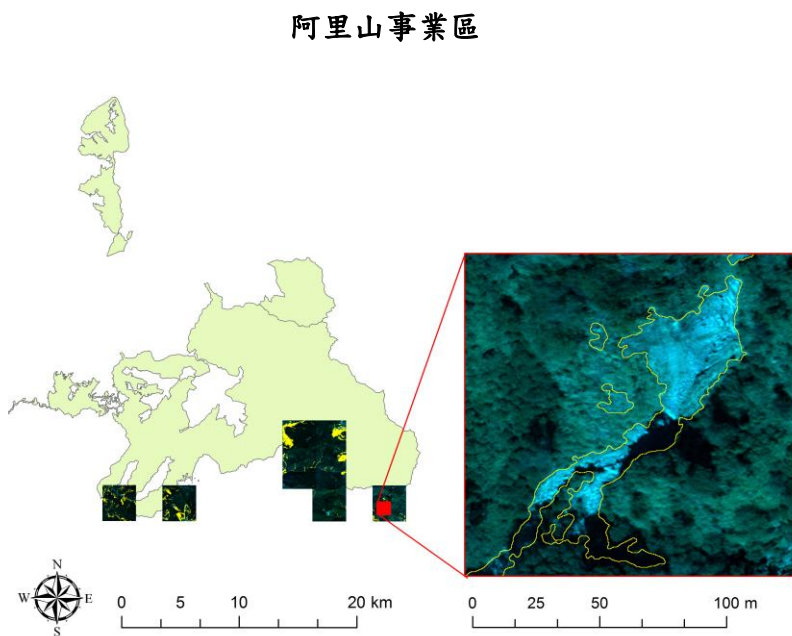


圖 4-17 阿里山事業區成果(採用影像:採用影像:DMC 影像)

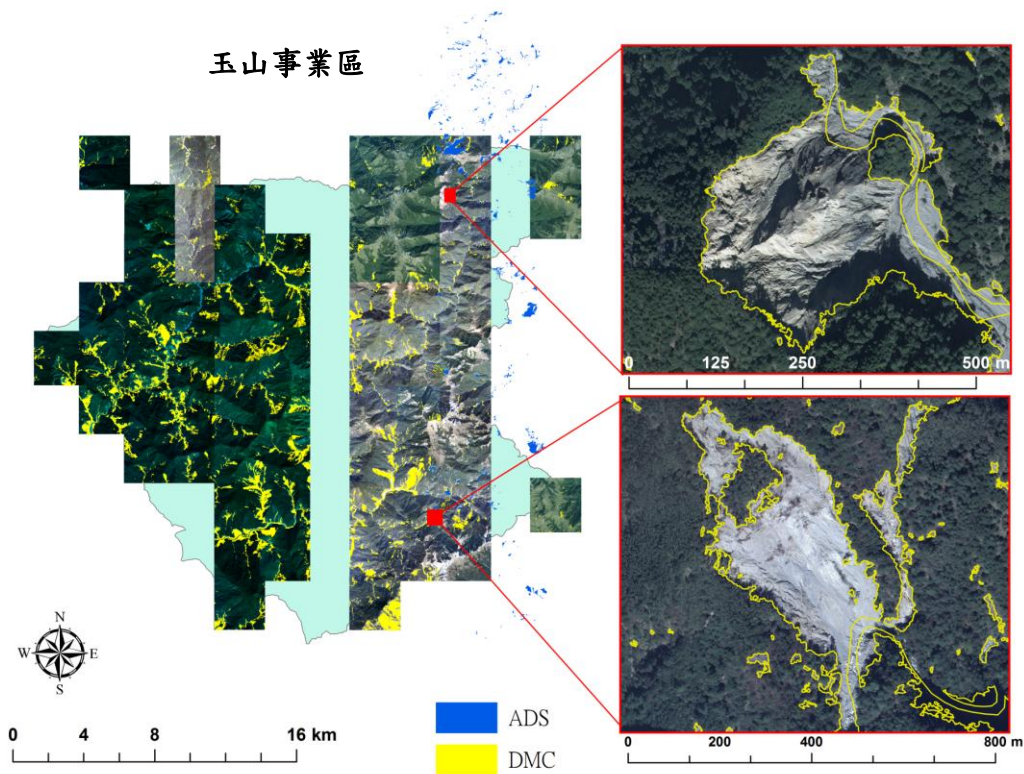


圖 4-18 玉山事業區成果(採用影像:採用影像:DMC、ADS-40 影像)

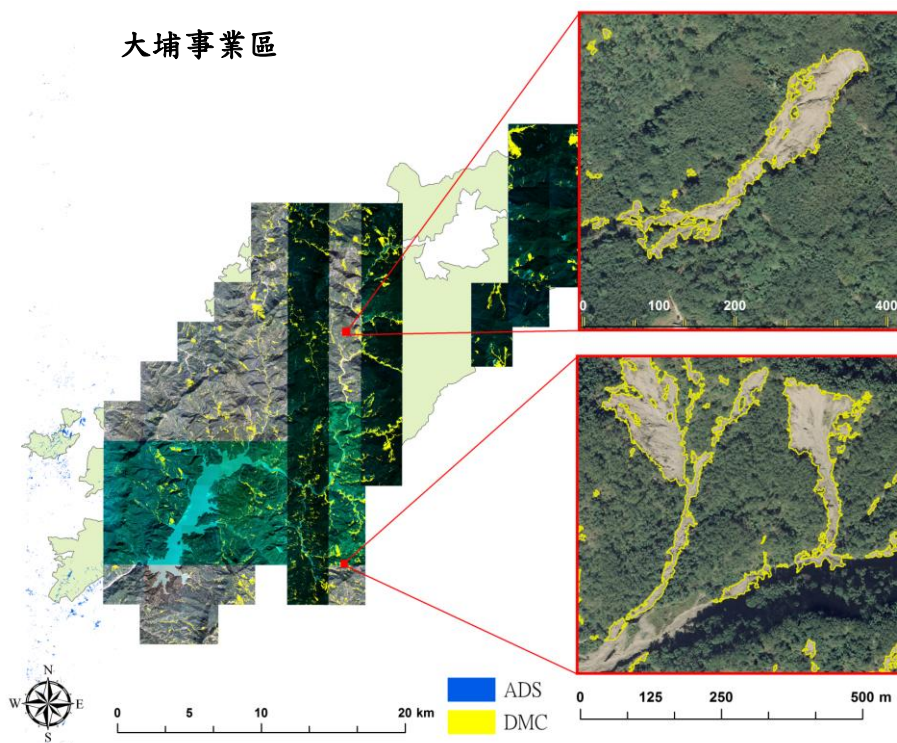


圖 4-19 大埔事業區成果(採用影像:DMC、ADS-40 影像)

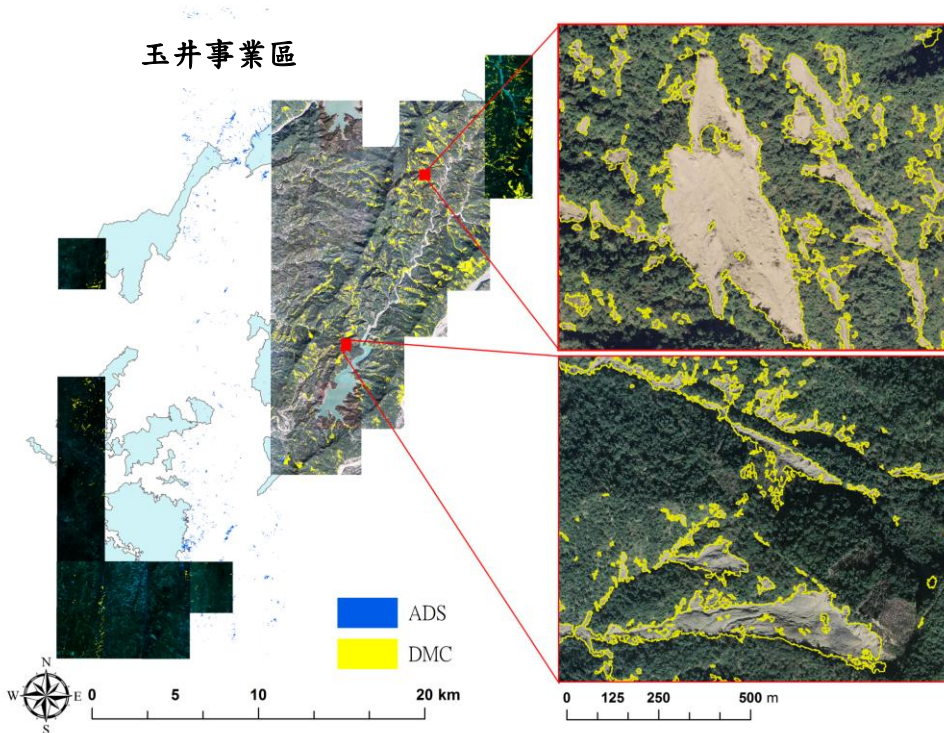


圖 4-20 玉井事業區成果(採用影像:DMC、ADS-40 影像)

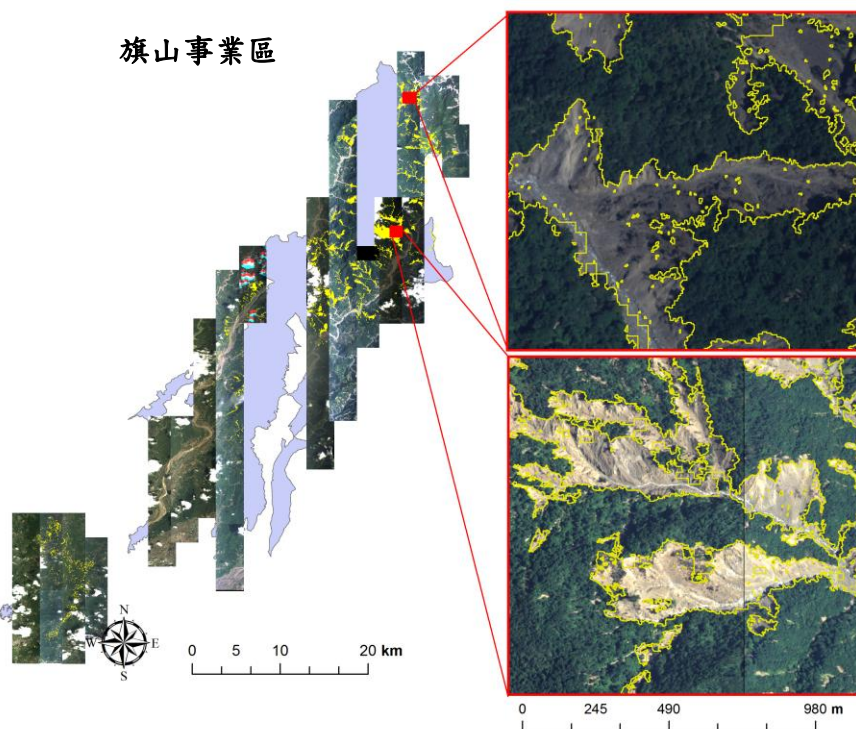


圖 4-21 旗山事業區成果(採用影像:ADS-40 影像)

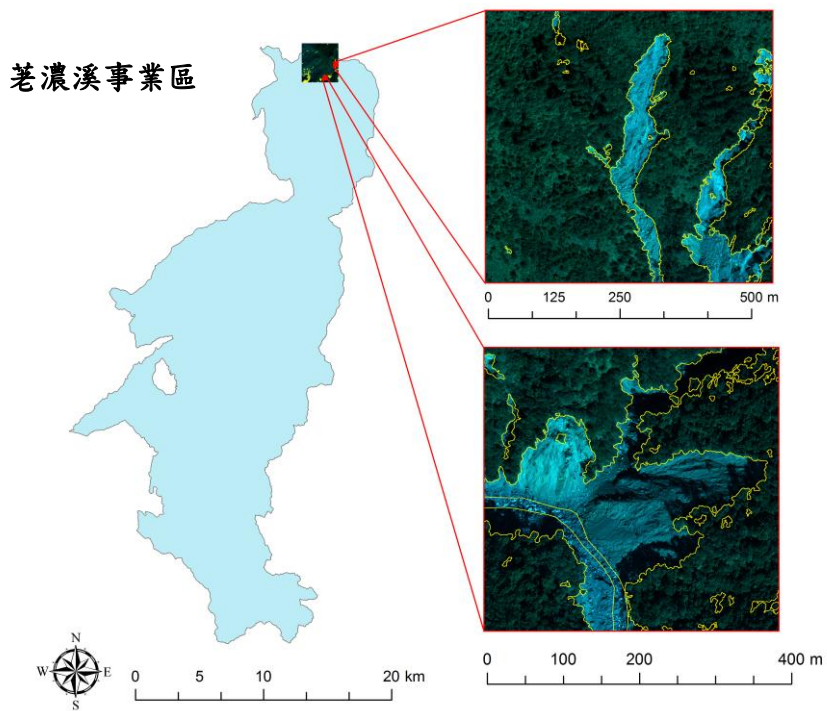


圖 4-22 老濃溪事業區成果(採用影像:DMC 影像)

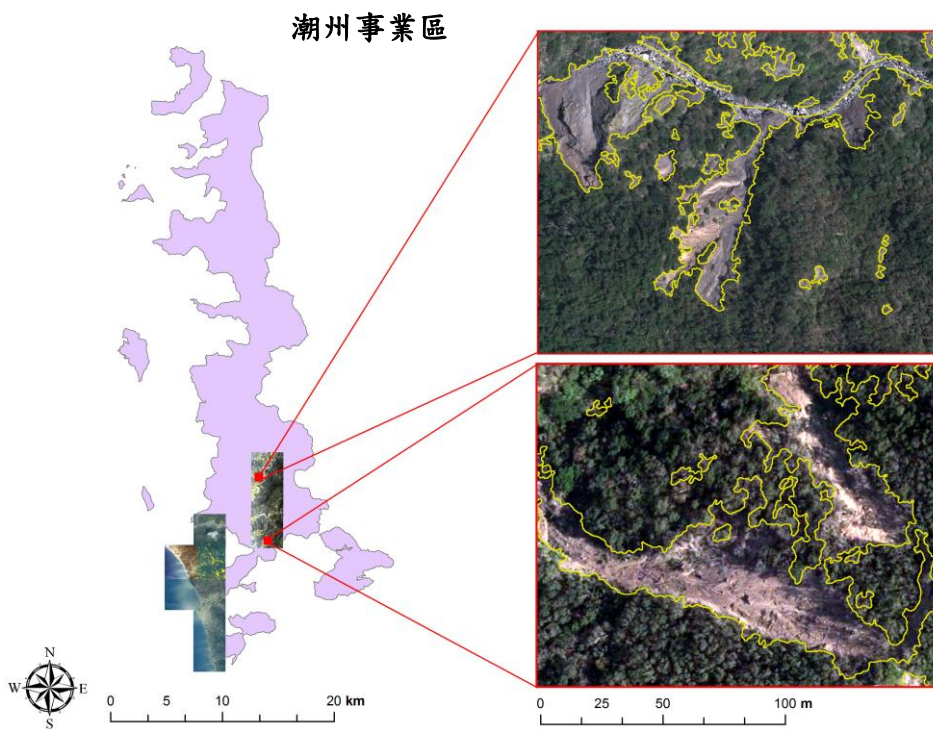


圖 4-23 潮州事業區成果(採用影像:DMC 影像)

大武事業區

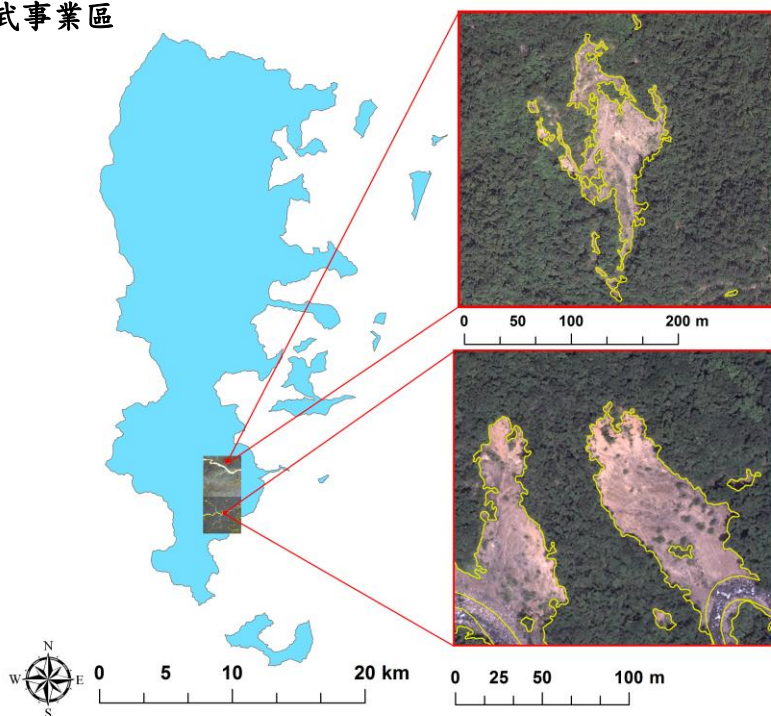


圖 4-24 大武事業區成果(採用影像:DMC 影像)

關山事業區

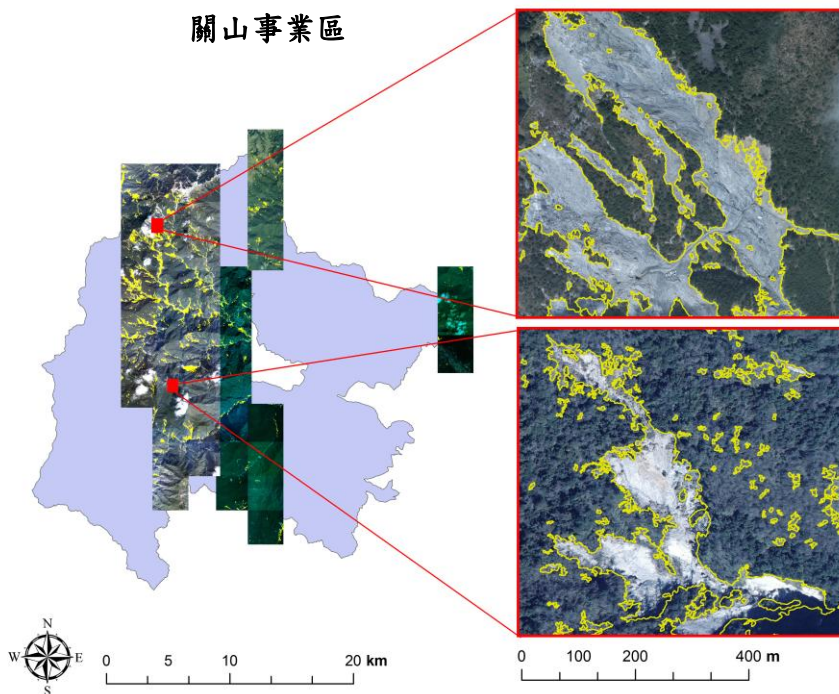


圖 4-25 關山事業區成果(採用影像:DMC 影像)

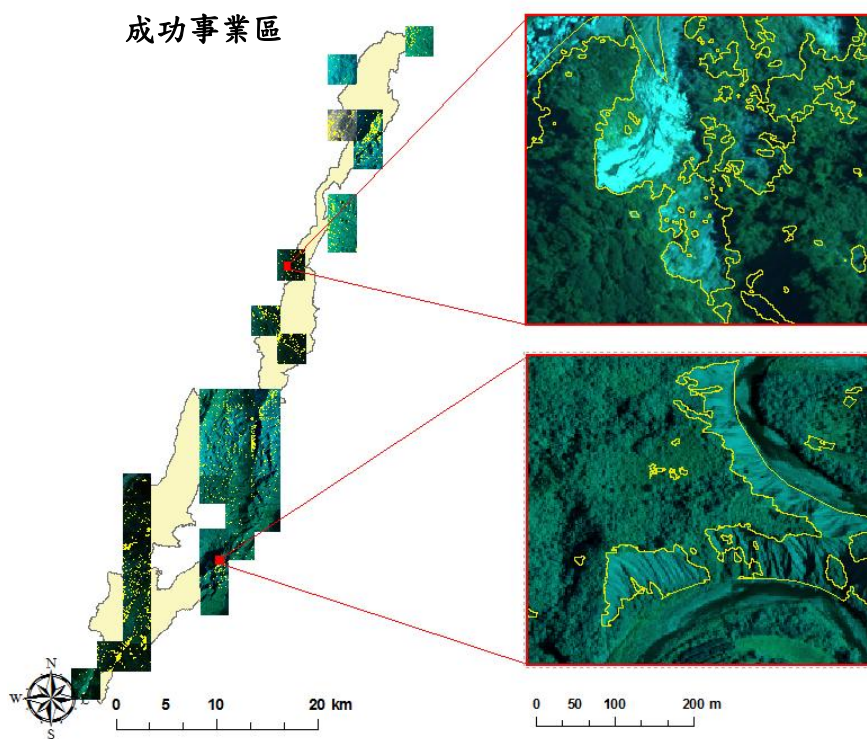


圖 4-26 成功事業區成果(採用影像:DMC 影像)

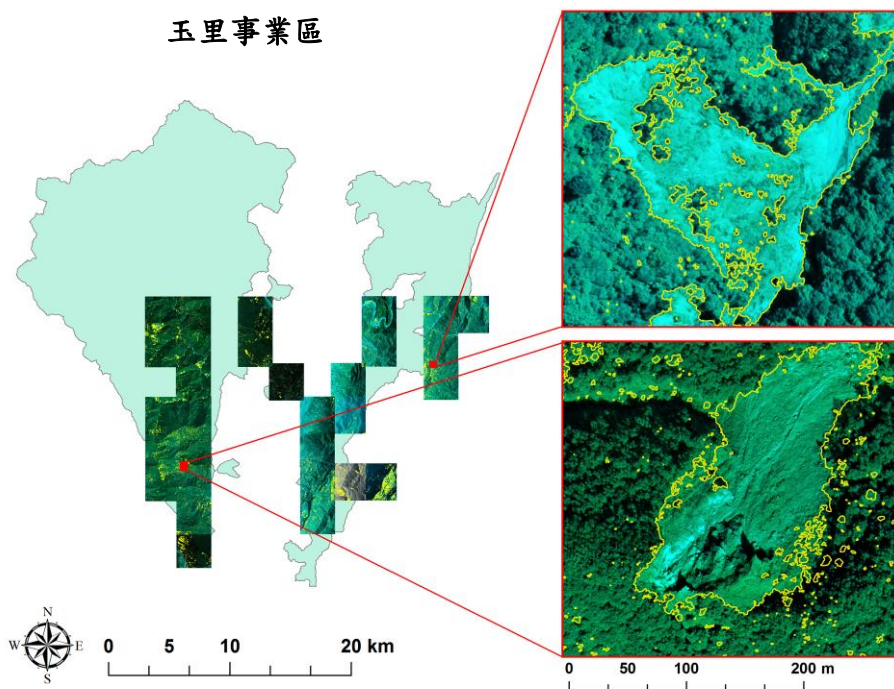


圖 4-27 玉里事業區成果(採用影像:DMC 影像)

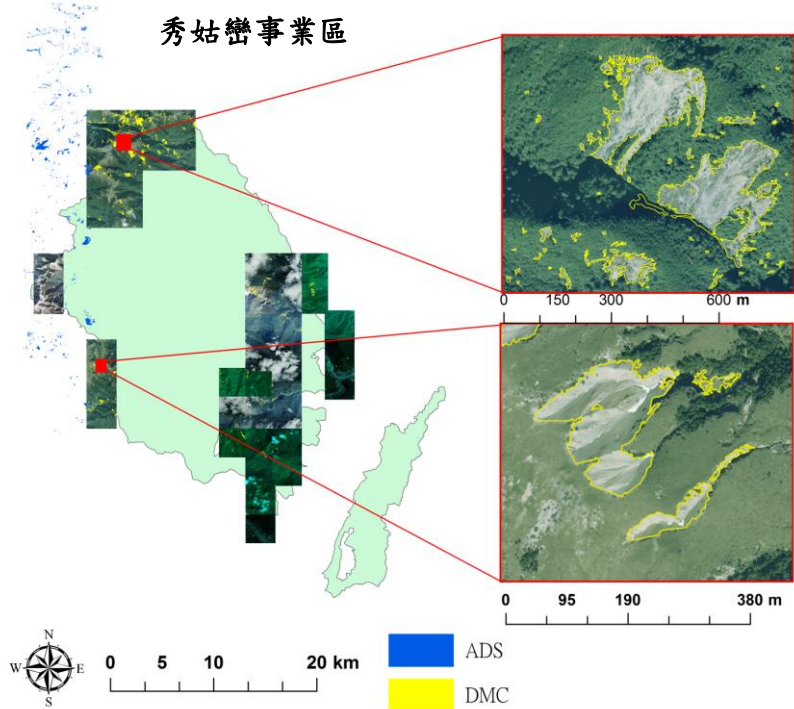


圖 4-28 秀姑巒事業區成果(採用影像:DMC、ADS-40 影像)

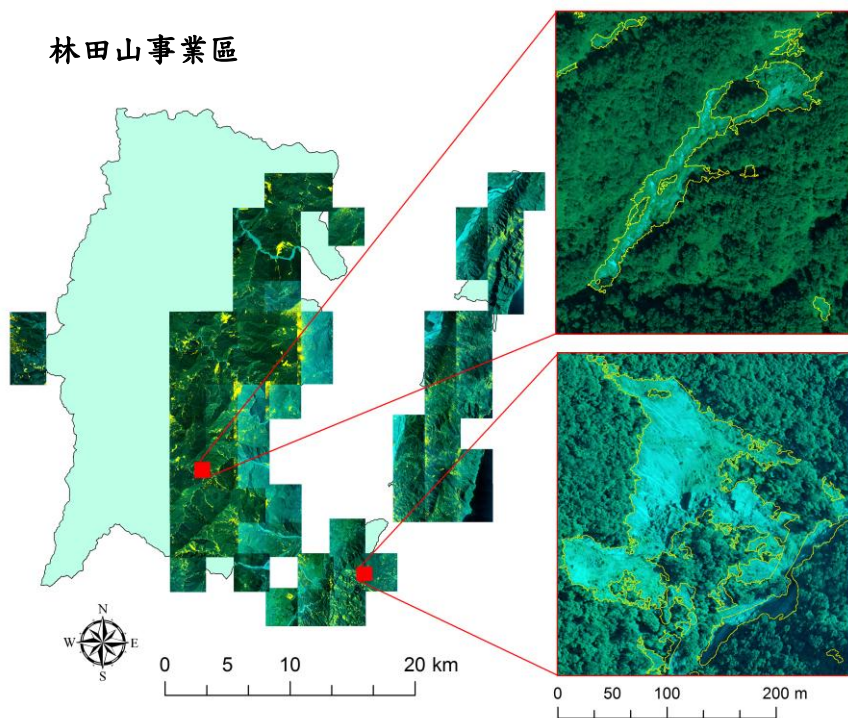


圖 4-29 林田山事業區成果(採用影像:DMC 影像)

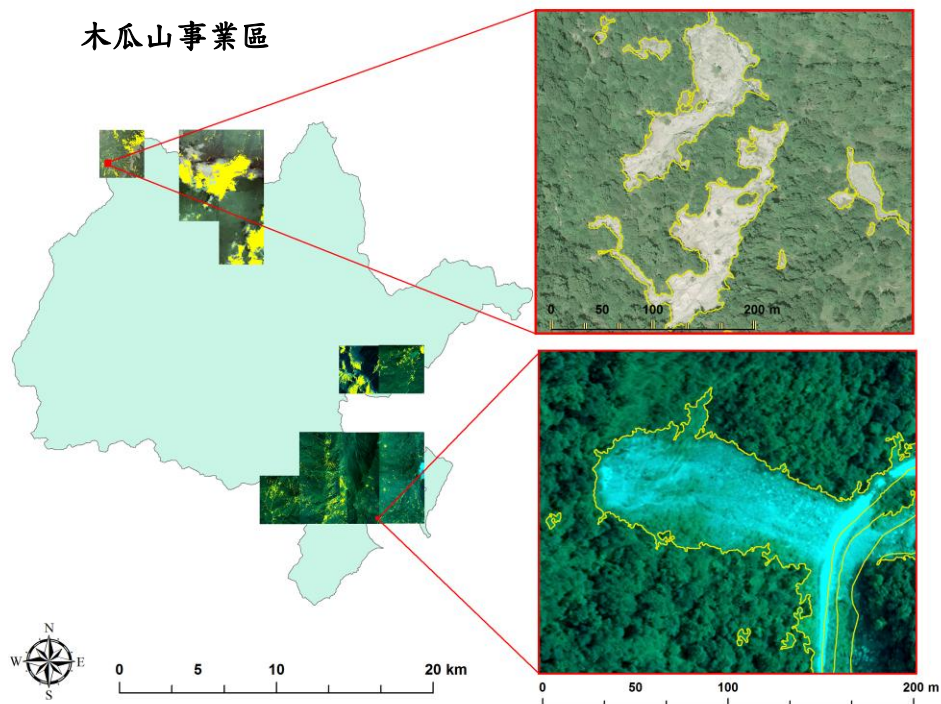


圖 4-30 木瓜山事業區成果(DMC 影像)

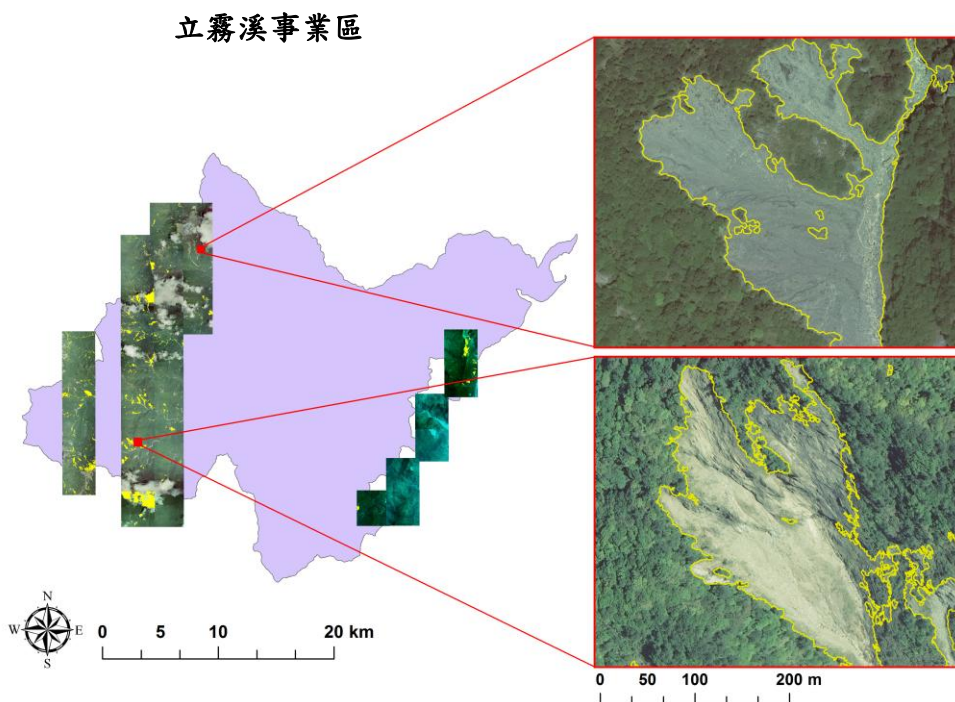


圖 4-31 立霧溪事業區成果(採用影像:DMC 影像)

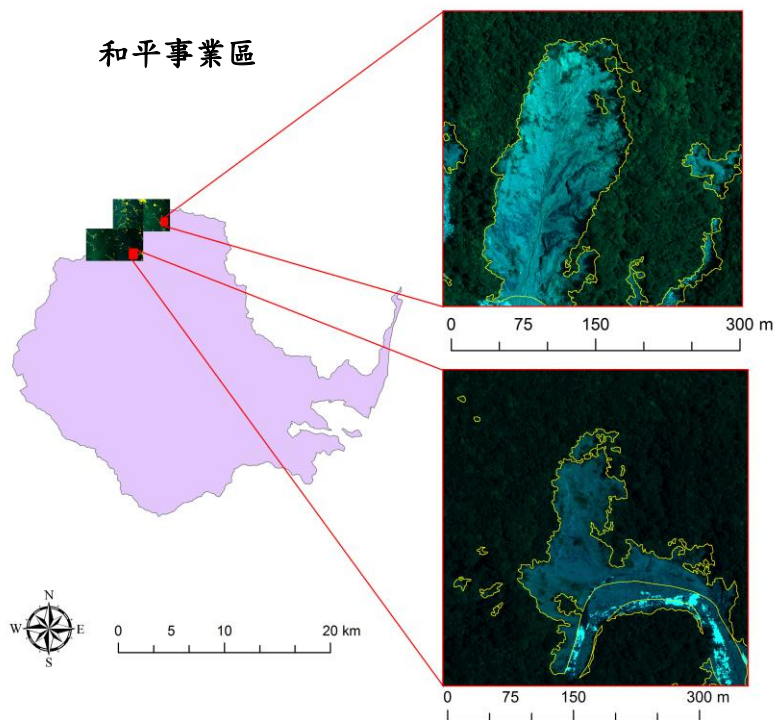


圖 4-32 和平事業區成果(採用影像:DMC 影像)

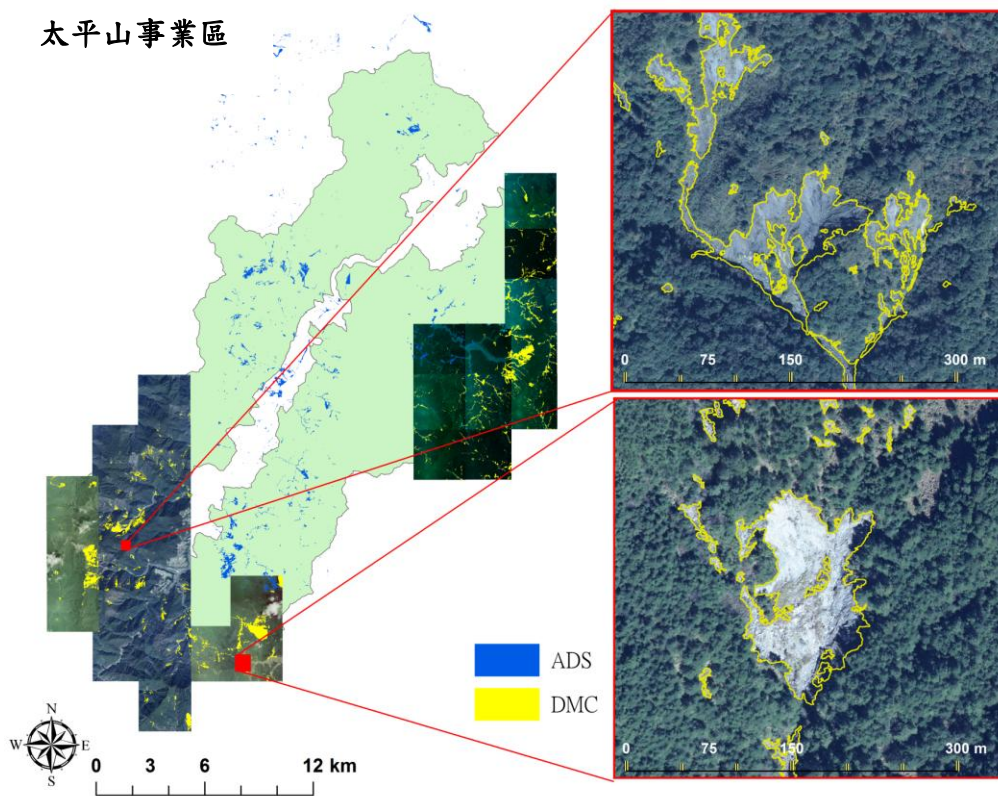


圖 4-33 太平山事業區成果(採用影像:DMC、ADS-40 影像)

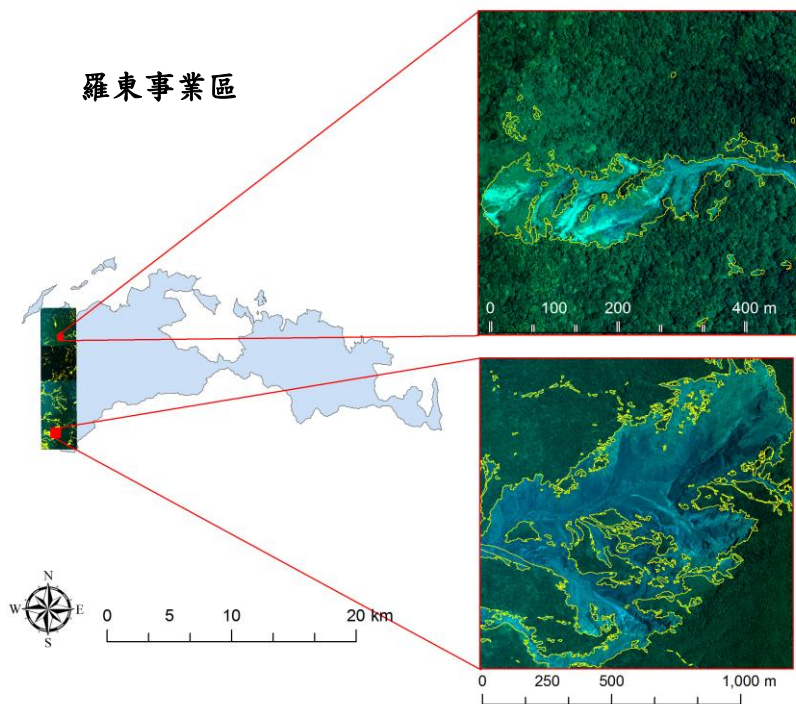


圖 4-34 羅東事業區成果(採用影像:DMC 影像)

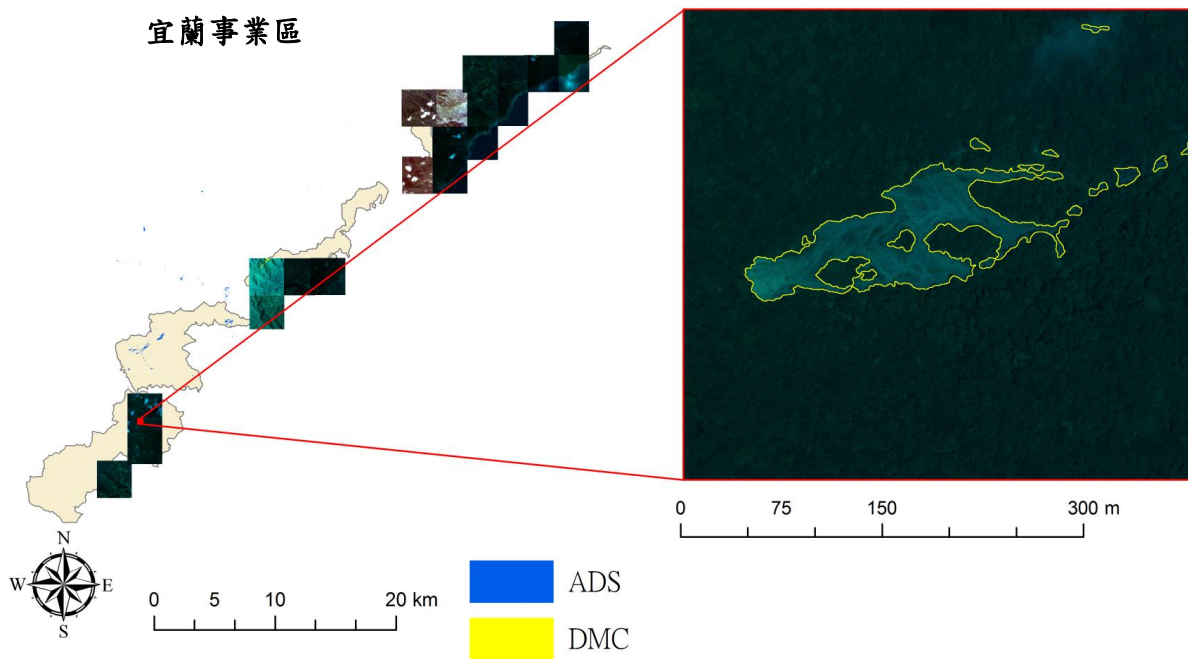


圖 4-35 宜蘭事業區成果(採用影像:DMC、ADS-40 影像)

4.3.2 崩塌地成果精度檢核

本研究為評估崩塌地自動分類之精度，採用嚴格的面檢核方式評估分類成果的精度，將人工數化的崩塌地圖層做為評估依據，本研究以農航所提供之八八風災崩塌地圖層做為基底進行人工二次判釋編修，針對細部區域及誤漏授情形進行人工編修，將八八風災崩塌地圖層套疊於分析影像上逐步編修，以利提升地真資料精度。

為使製圖成果能有效率檢核精度，本研究以 1/5000 圖幅為分析單位，將各分析圖號列表，用亂數表隨機選取檢核分析之圖幅。32 個事業區 1/5000 之圖幅，隨機選取 11 幅 1/5000 圖幅影像進行面檢核，並編修各選取圖幅之地真資料，以利檢核。

評估方式以誤差矩陣(Error Matrix)進行準確性評估，所使用的指標分別有生產者精度、使用者精度、漏授誤差、誤授誤差、總體精度以及 Kappa 值，藉以瞭解分類結果與真實類別漏受與誤受的關係，其演算法分如下(式 3 到式 8)：

生產者精度(Producer's Accuracy, PA)

$$PA = \frac{\sum_{i=1}^N X_{ii}}{\sum_{i=1}^N X_{i+}} \times 100\% \quad (\text{式 3})$$

漏授誤差(Omission Error, OE)

$$OE = 1 - PA \quad (\text{式 4})$$

使用者精度(User's Accuracy, UA)

$$UA = \frac{\sum_{i=1}^N X_{ii}}{\sum_{i=1}^N X_{i+}} \times 100\% \quad (\text{式 5})$$

誤授誤差(Commission Error, CE)

$$CE = 1 - UA \quad (\text{式 6})$$

總體精度(Overall Accuracy, OA)

$$OA = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{ii} \times 100\% \quad (\text{式 7})$$

X_{ii} 誤差矩陣第 i 列第 i 行之值， X_{i+} 第 i 列之非斜線上之像元總數， X_{+i} 第 i 行之非斜線上之像元總數， N 評估像元總數， n 總分類組數。

Kappa 值主要是表示分類法與完全隨機分類比較，其所減少錯誤的百分比，例如分類法之分類結果 Kappa 值 0.70，表示其分類法與隨機分類比較，避免了 70% 的錯誤，Kappa 值之演算公式如式 8。

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r E_{ii} - \sum_{i=1}^r (E_{i+} \times E_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (E_{i+} \times E_{+i})} \times 100\% \quad (\text{式 8})$$

\hat{K} 為 Kappa 指標， N 為觀測樣本數， r 為誤差矩陣之行數(row)， X_{ii} 為誤差矩陣第 i 行 i 列元素， X_{i+} 為誤差矩陣第 i 列之和， X_{+i} 為誤差矩陣第 i 行之和。

1. 圖幅編號：95184014

圖幅編號 95184014 的偵測成果與地真資料如圖 4-36，面檢核誤差矩陣如表 4-8。

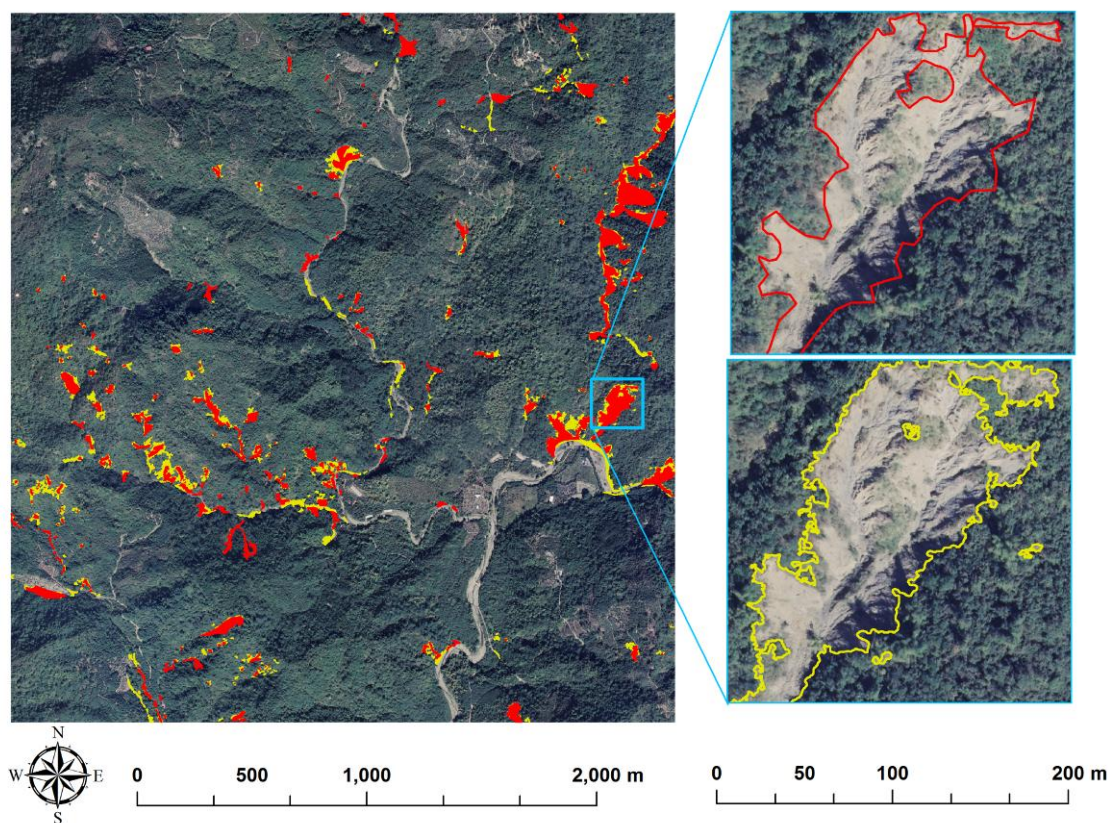


圖 4-36 圖幅編號 95184014 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/10 拍攝)

表4-8 圖幅編號95184014面檢核誤差矩陣表（單位：平方公尺）

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|--------|---------|---------|----------|--------|
| 崩塌 | 129113 | 87503 | 216616 | 59.60 | 40.40 |
| 非崩塌 | 57867 | 8642934 | 8700801 | 99.33 | 0.67 |
| 總和 | 186980 | 8730437 | | | |
| 生產者精度(%) | 69.05 | 99.00 | | Kappa 值 | 0.63 |
| 漏授率(%) | 30.95 | 1.00 | | 總體精度 | 98.37% |

2. 圖幅編號：95191024

圖幅編號 95191024 的偵測成果與地真資料如圖 4-37，面檢核誤差矩陣如表 4-9。

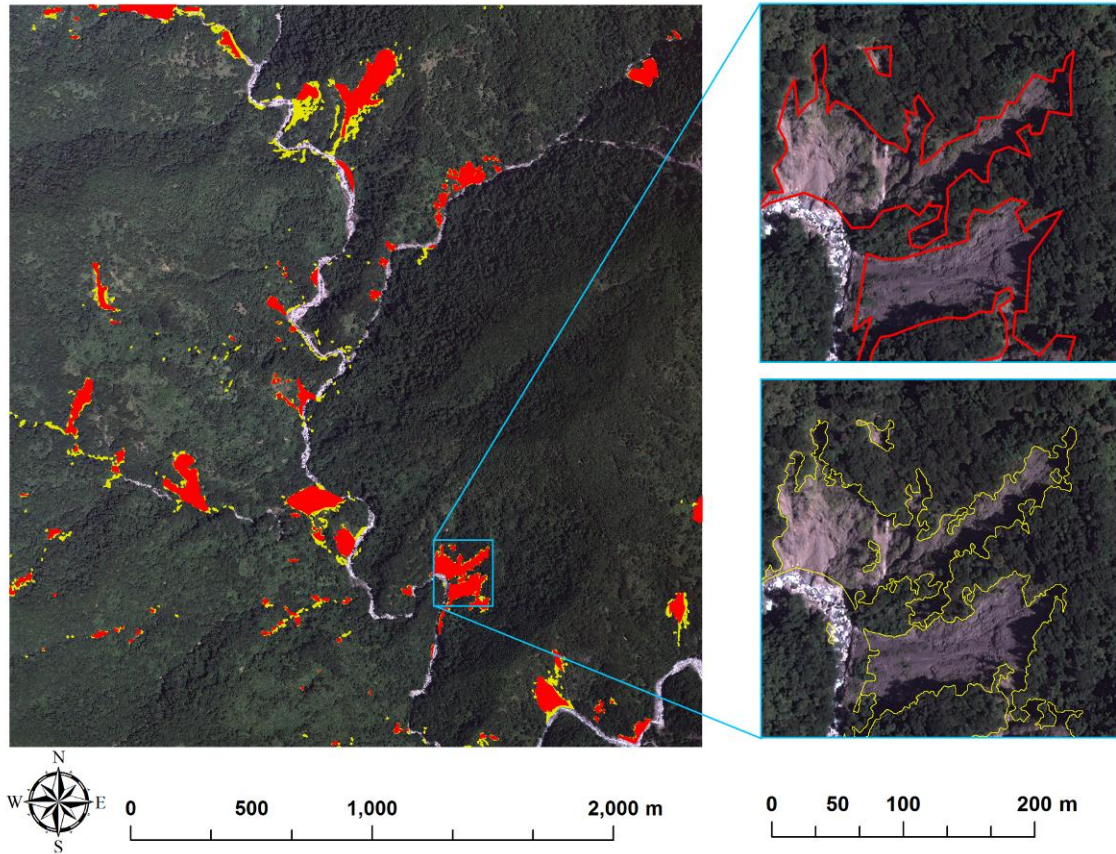


圖 4-37 圖幅編號 95191024 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2008/08/27 拍攝)

表4-9 圖幅編號95191024面檢核誤差矩陣表（單位：平方公尺）

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|--------|---------|---------|----------|--------|
| 崩塌 | 151155 | 38386 | 222003 | 68.09 | 31.91 |
| 非崩塌 | 70848 | 8519441 | 8557827 | 99.55 | 0.45 |
| 總和 | 189541 | 8590289 | | | |
| 生產者精度(%) | 79.75 | 99.18 | | Kappa 值 | 0.73 |
| 漏授率(%) | 20.25 | 0.83 | | 總體精度 | 98.76% |

3. 圖幅編號：95192020

圖幅編號 95192020 的偵測成果與地真資料如圖 4-38，面檢核誤差矩陣如表 4-10。

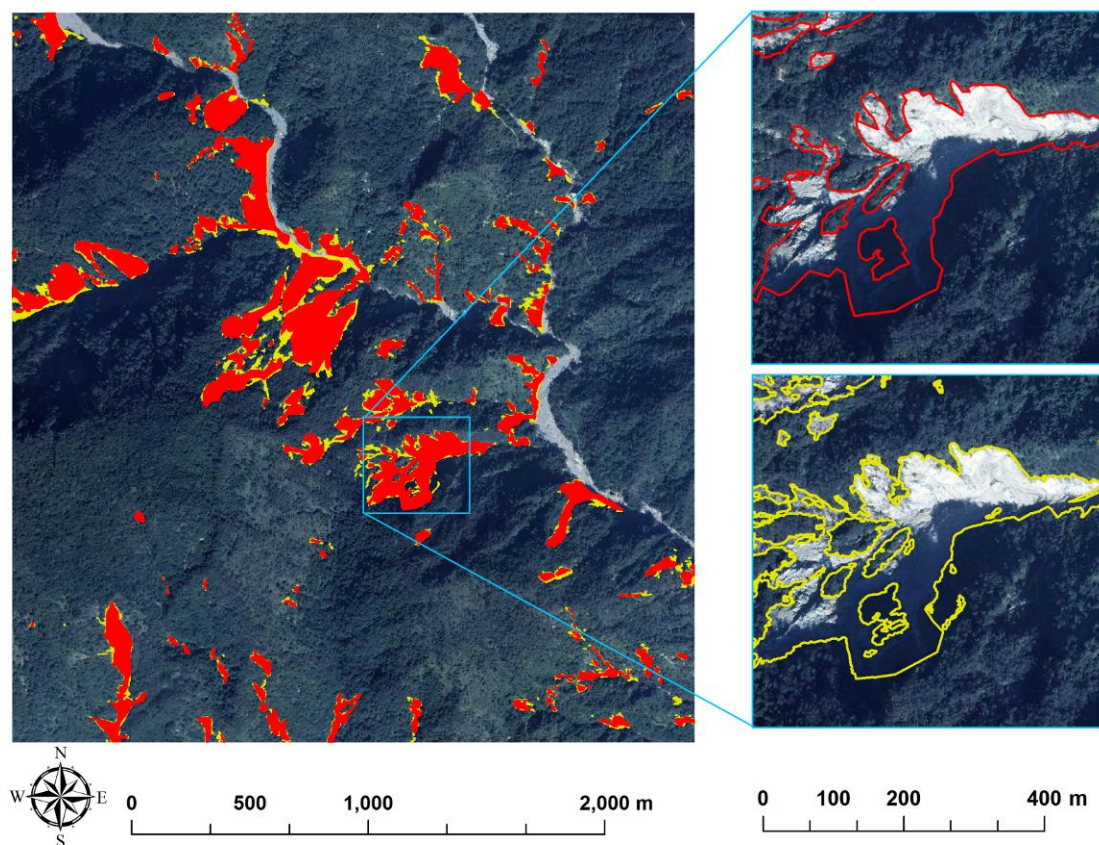


圖 4-38 圖幅編號 95192020 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/16 拍攝)

表4-10 圖幅編號95192020面檢核誤差矩陣表（單位：平方公尺）

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|--------|---------|---------|----------|--------|
| 崩塌 | 530938 | 138252 | 669190 | 79.34 | 20.66 |
| 非崩塌 | 70695 | 8176965 | 8247660 | 99.14 | 0.86 |
| 總和 | 601633 | 8315217 | | | |
| 生產者精度(%) | 88.25 | 98.34 | | Kappa 值 | 0.82 |
| 漏授率(%) | 11.75 | 1.66 | | 總體精度 | 97.66% |

4. 圖幅編號： 95192030

圖幅編號 95192030 的偵測成果與地真資料如圖 4-39，面檢核誤差矩陣如表 4-11。

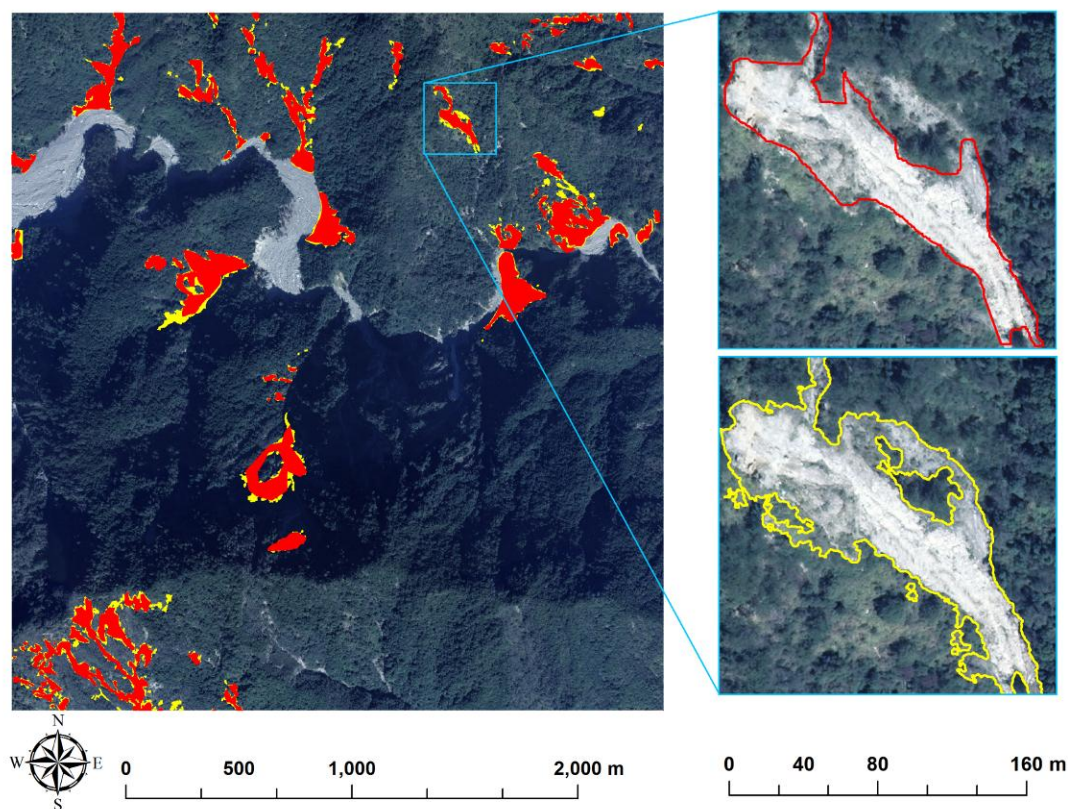


圖 4-39 圖幅編號 95192030 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/16 拍攝)

表4-11 圖幅編號95192030面檢核誤差矩陣表（單位：平方公尺）

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|--------|---------|---------|----------|--------|
| 崩塌 | 324413 | 79656 | 404069 | 80.29 | 19.71 |
| 非崩塌 | 33838 | 8479117 | 8512955 | 99.60 | 0.40 |
| 總和 | 358251 | 8558773 | | | |
| 生產者精度(%) | 90.55 | 99.07 | | Kappa 值 | 0.84 |
| 漏授率(%) | 9.45 | 0.93 | | 總體精度 | 98.73% |

5. 圖幅編號： 95193004

圖幅編號 95193004 的偵測成果與地真資料如圖 4-40，面檢核誤差矩陣如表 4-12。

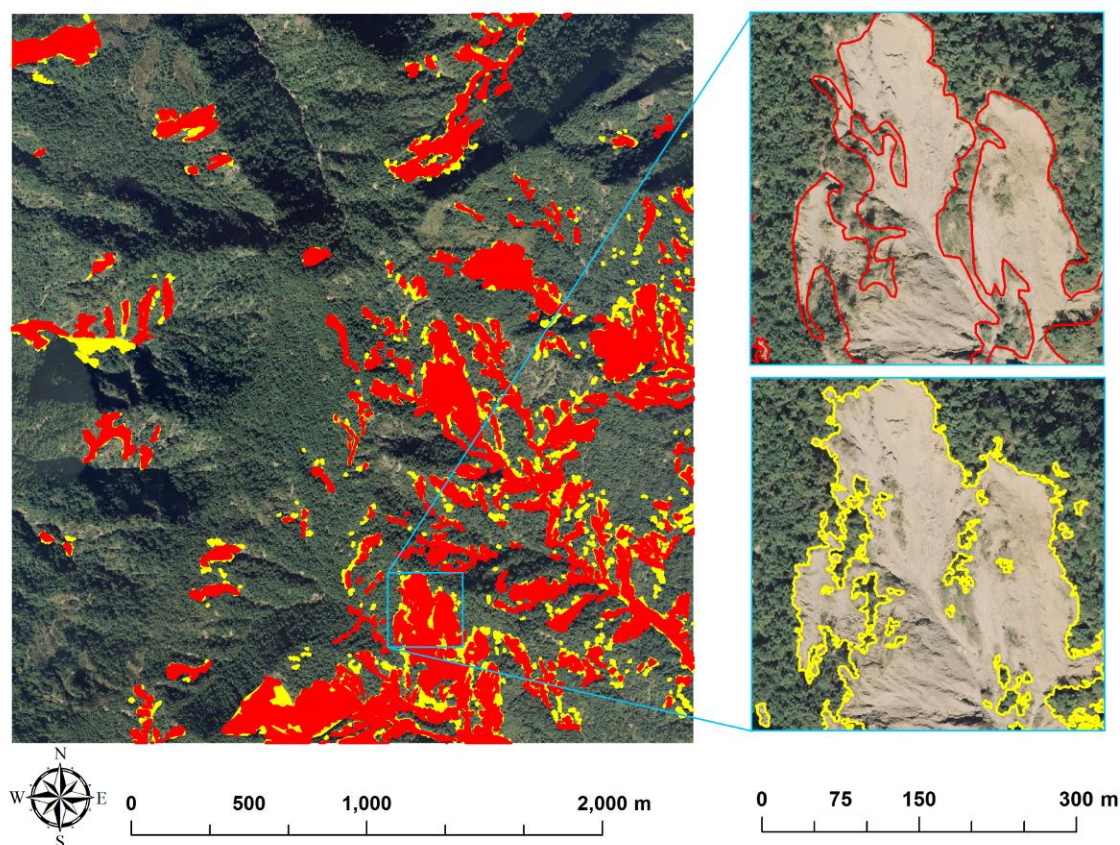


圖 4-40 圖幅編號 95193004 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/10 拍攝)

表4-12 圖幅編號95193004面檢核誤差矩陣表（單位：平方公尺）

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|--------|---------|---------|----------|--------|
| 崩塌 | 747485 | 231290 | 978775 | 76.37 | 23.63 |
| 非崩塌 | 225916 | 7720062 | 7945978 | 97.16 | 2.84 |
| 總和 | 973401 | 7951352 | | | |
| 生產者精度(%) | 76.79 | 97.09 | | Kappa 值 | 0.74 |
| 漏授率(%) | 23.21 | 2.91 | | 總體精度 | 94.88% |

231290

6. 圖幅編號：95192019

圖幅編號 95192019 的偵測成果與地真資料如圖 4-41，面檢核誤差矩陣如表 4-13。

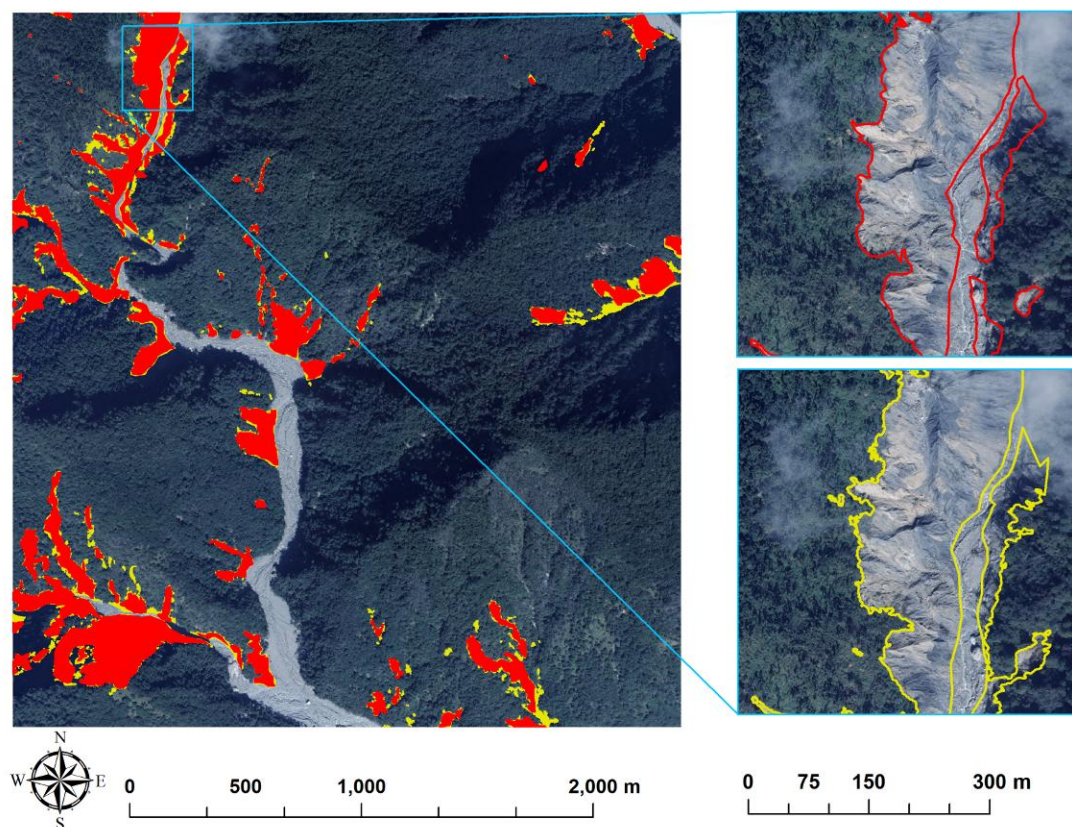


圖 4-41 圖幅編號 95192019 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/16 拍攝)

表4-13 圖幅編號95192019面檢核誤差矩陣表（單位：平方公尺）

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|--------|---------|---------|----------|--------|
| 崩塌 | 524741 | 111471 | 636212 | 82.48 | 17.52 |
| 非崩塌 | 54364 | 8226311 | 8280675 | 99.34 | 0.66 |
| 總和 | 579105 | 8337782 | | | |
| 生產者精度(%) | 90.61 | 98.66 | | Kappa 值 | 0.85 |
| 漏授率(%) | 9.39 | 1.34 | | 總體精度 | 98.14% |

7. 圖幅編號： 95193042

圖幅編號 95193042 的偵測成果與地真資料如圖 4-42，面檢核誤差矩陣如表 4-14。

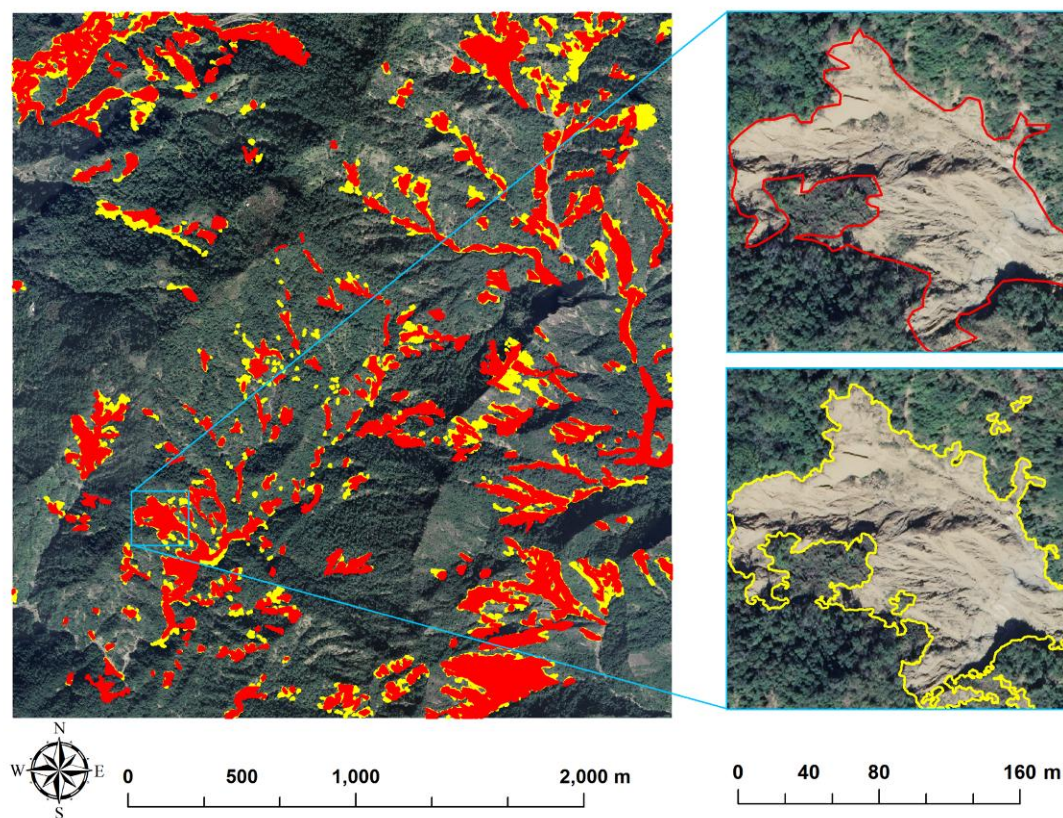


圖 4-42 圖幅編號 95193042 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/10 拍攝)

表4-14 圖幅編號95193042面檢核誤差矩陣表（單位：平方公尺）

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|--------|---------|---------|----------|--------|
| 崩塌 | 632236 | 269723 | 901959 | 70.10 | 29.90 |
| 非崩塌 | 176417 | 7839116 | 8015533 | 97.80 | 2.20 |
| 總和 | 808653 | 8108839 | | | |
| 生產者精度(%) | 78.18 | 96.67 | | Kappa 值 | 0.71 |
| 漏授率(%) | 21.82 | 3.33 | | 總體精度 | 95.00% |

8. 圖幅編號： 95193066

圖幅編號 95193066 的偵測成果與地真資料如圖 4-43，面檢核誤差矩陣如表 4-15。

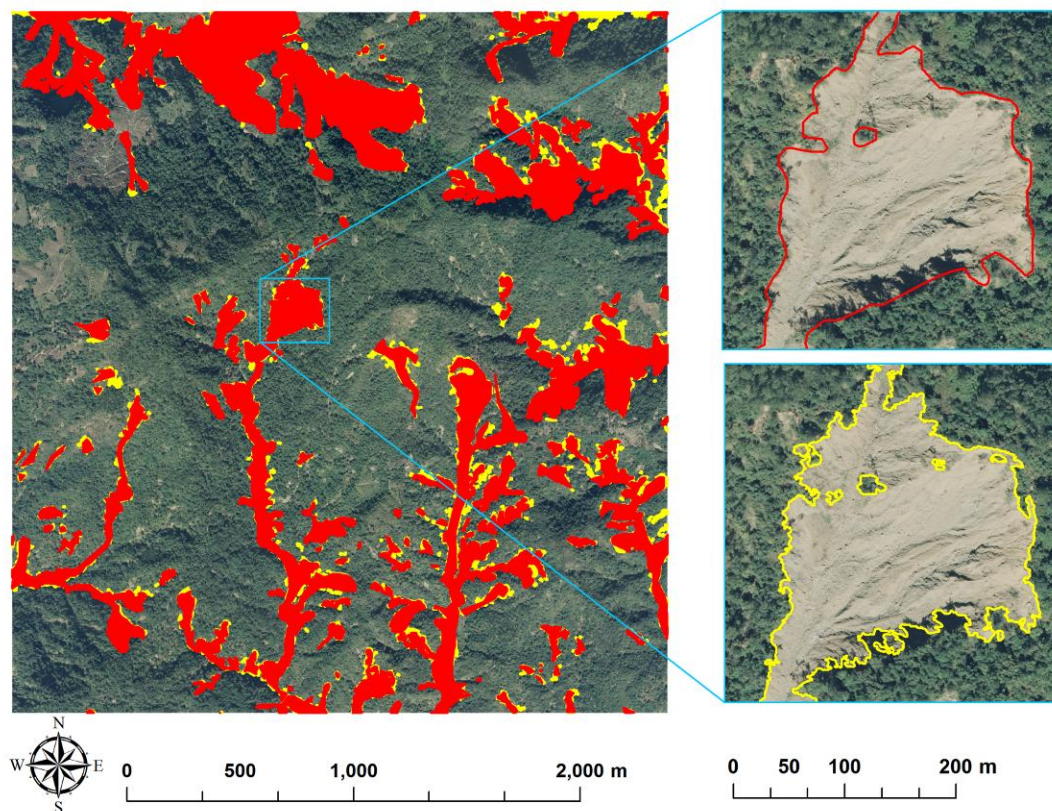


圖 4-43 圖幅編號 95193066 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/10 拍攝)

表4-15 圖幅編號95193066面檢核誤差矩陣表（單位：平方公尺）

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|---------|---------|---------|----------|--------|
| 崩塌 | 950917 | 503123 | 1454040 | 65.40 | 34.60 |
| 非崩塌 | 143592 | 7324257 | 7467849 | 98.08 | 1.92 |
| 總和 | 1094509 | 7827380 | | | |
| 生產者精度(%) | 86.88 | 93.57 | | Kappa 值 | 0.70 |
| 漏授率(%) | 13.12 | 6.43 | | 總體精度 | 92.75% |

9. 圖幅編號： 95192028

圖幅編號 95192028 的偵測成果與地真資料如圖 4-44，面檢核誤差矩陣如表 4-16。

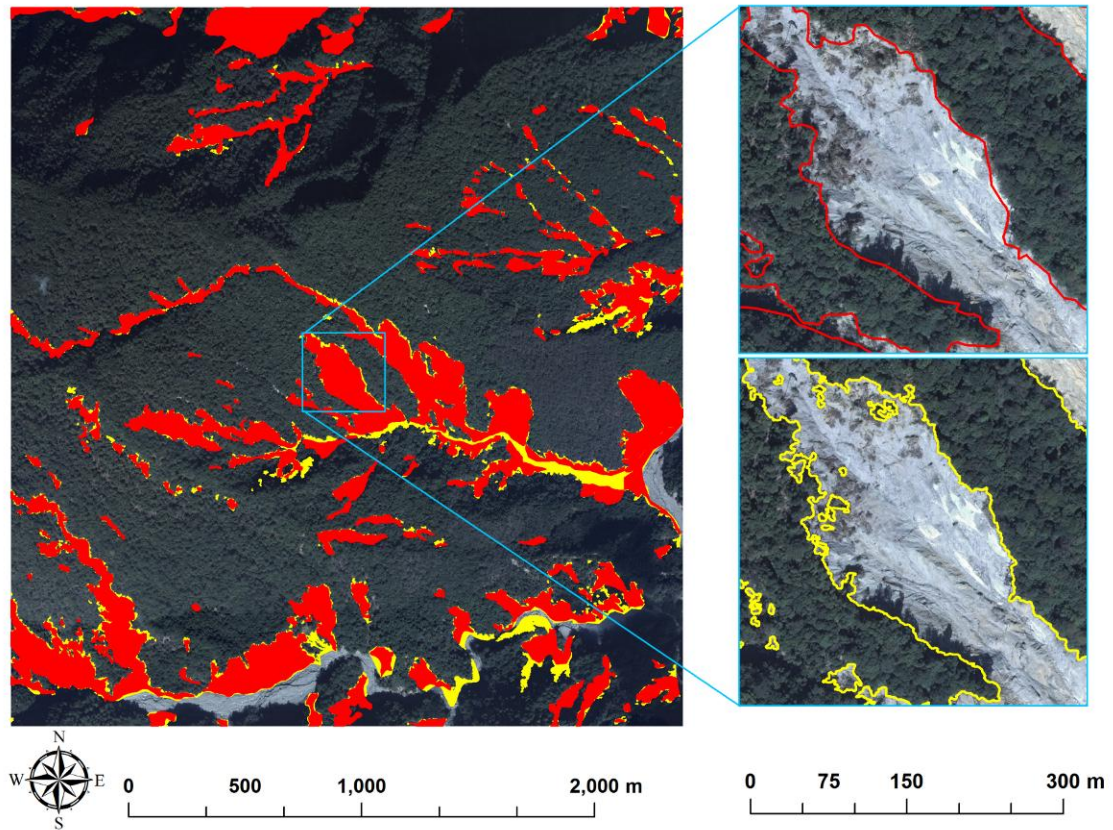


圖 4-44 圖幅編號 95192028 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/16 拍攝)

表4-16 圖幅編號95192028面檢核誤差矩陣表（單位：平方公尺）

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|---------|---------|---------|----------|--------|
| 崩塌 | 962495 | 264581 | 1227076 | 78.44 | 21.56 |
| 非崩塌 | 185869 | 7504112 | 7689981 | 97.58 | 2.42 |
| 總和 | 1148364 | 7768693 | | | |
| 生產者精度(%) | 83.81 | 96.59 | | Kappa 值 | 0.78 |
| 漏授率(%) | 16.19 | 3.41 | | 總體精度 | 94.95% |

10. 圖幅編號： 96203064

圖幅編號 96203064 的偵測成果與地真資料如圖 4-45，面檢核誤差矩陣如表 4-17。

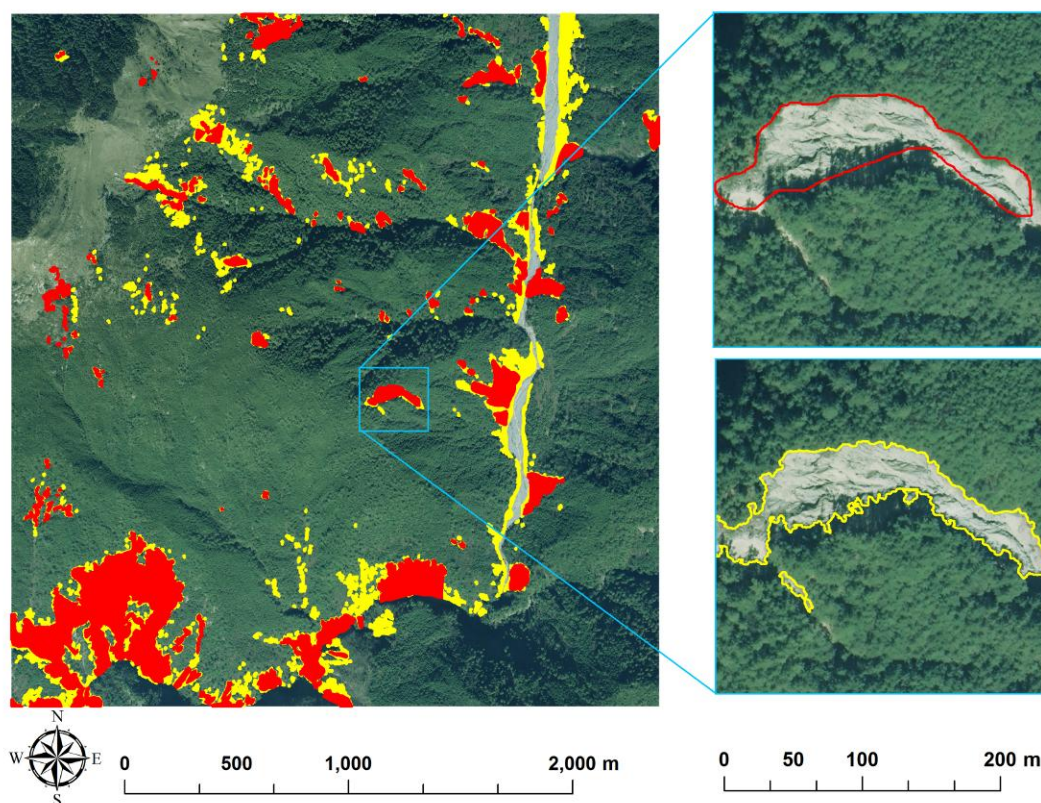


圖 4-45 圖幅編號 96203064 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/01/31 拍攝)

表4-17 圖幅編號96203064面檢核誤差矩陣表（單位：平方公尺）

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|--------|---------|---------|----------|--------|
| 崩塌 | 425803 | 231750 | 657553 | 64.76 | 35.24 |
| 非崩塌 | 71950 | 8187568 | 8259518 | 99.13 | 0.87 |
| 總和 | 497753 | 8419318 | | | |
| 生產者精度(%) | 85.55 | 97.25 | | Kappa 值 | 0.72 |
| 漏授率(%) | 14.45 | 2.75 | | 總體精度 | 96.59% |

11. 圖幅編號： 96212043

圖幅編號 96212043 的偵測成果與地真資料如圖 4-46，面檢核誤差矩陣如表 4-18。

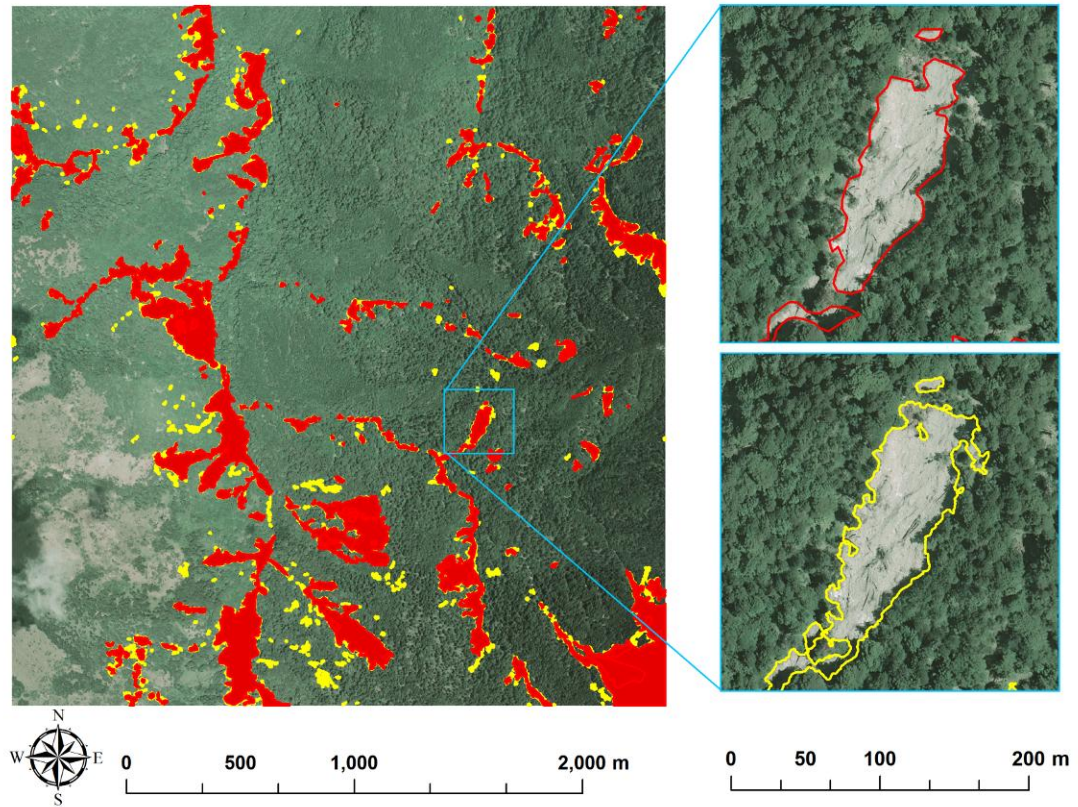


圖 4-46 圖幅編號 96212043 之檢核成果，紅色區塊為數化編修成果，黃色區塊為自動分類成果(DMC 影像，2010/05/03 拍攝)

表4-18 圖幅編號96212043面檢核誤差矩陣表（單位：平方公尺）

| | 崩塌 | 非崩塌 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|--------|---------|---------|----------|--------|
| 崩塌 | 607038 | 111876 | 718914 | 84.44 | 15.56 |
| 非崩塌 | 111576 | 7983186 | 8094762 | 98.62 | 1.38 |
| 總和 | 718614 | 8095062 | | | |
| 生產者精度(%) | 84.47 | 98.62 | | Kappa 值 | 0.83 |
| 漏授率(%) | 15.53 | 1.38 | | 總體精度 | 97.47% |

本研究採用嚴格的面檢核，總體精度平均為 96.66%，誤授率平均為 23.94%，漏授率平均為 19.40%，後續再以人工編修方式可得理想之成果。

由各圖可見自動分類的製圖細膩度比人工數化方式為佳，本研究亦觀察自動分類的誤差來源有河道變遷地、新增農地的誤授，此類為圖層過濾無法避免之情形，須以人工編修去除；部分為小型崩塌地造成的誤授，主要是人工數化圖層所忽略之區域，此類為系統之誤差；部分為枯木、陰影亦會帶來一些誤授；因陰影區域的崩塌地無法以人工數化判釋，而並未數化，因此帶來了誤授誤差；一部分的誤漏授為自動分類邊界的細膩度高於人工數化邊界，導致自動分類與人工數化邊界的不穩合，因以人工數化過於細部之邊界，有其難度，而導致邊界的誤漏授交替，所有圖徵的誤差累加帶來誤漏授情形。

一般以人工數化方式進行崩塌地製圖可得較高精度，然本研究自動分類成果的製圖細膩度明顯已較人工數化方式為高，可確實將影像中實際的邊界圈繪出來(圖 4-47)，且自動化，可免除人工數化的品質取決於操作者的經驗及技術純熟度之限制，以及疲勞帶來的概約化情形。人工數化過程中因人為因素，致使細微變化難以圈繪，如形狀複雜之崩塌地，以手工圈繪將會耗費相當多時間，以自動分類較容易勝任此類工作(圖 4-48)。

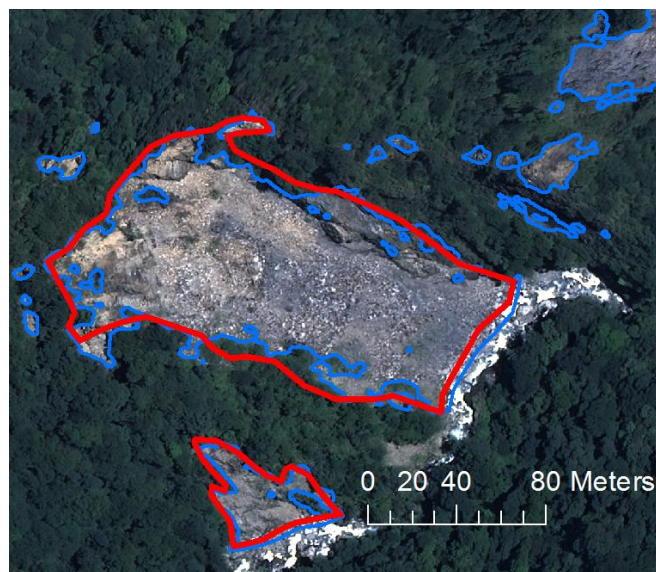


圖 4-47 崩塌地圈繪成果比較，紅線為人工數化，藍線為自動分類，自動分類的成果細膩度較高

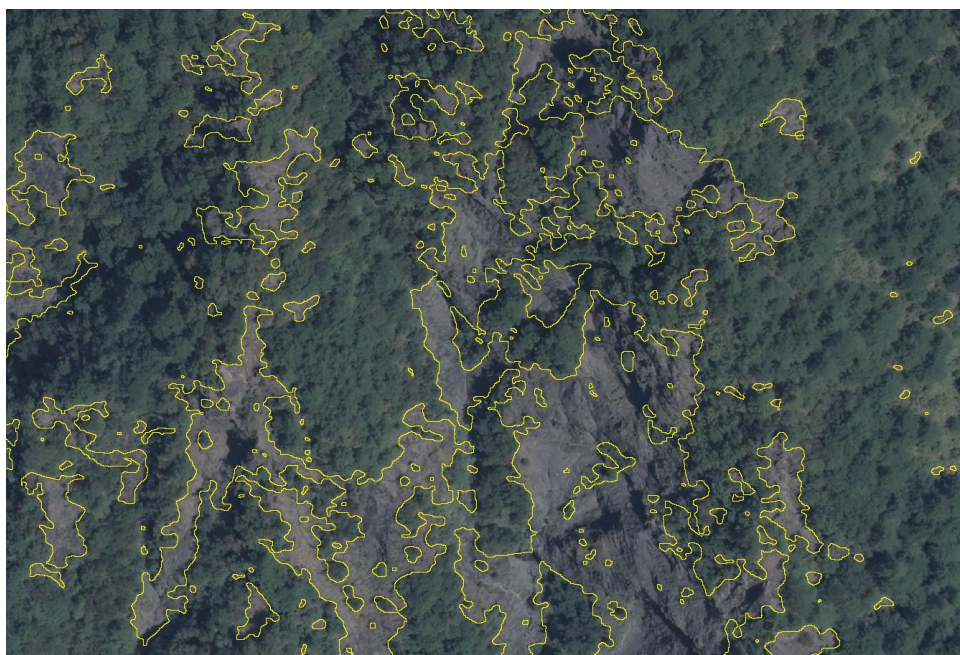


圖 4-48 形狀複雜崩塌地自動分類成果

雖自動製圖仍有一些限制，如圖層過濾無法切除的河道變遷地、新增農地、雲、部分枯木、陰影等誤授，仍須數化編修去除，主要的誤差以誤授為主而漏授較少，編修之工作量較低。利用高解析力影像進行自動分類，所得結果可呈現細微變化成果，以補人工數化之不足。本研究顯示未來崩塌地製圖應先進行自動分類，再進行人工編修數化，以取代以往全程數化方式。

4.4 崩塌地敏感分析

4.4.1 不安定指數法

本研究採用不安定指數法(Dangerous Value Method, DVM)進行崩塌地潛勢推估，該方法屬於多變量分析法(Multivariate Analysis)，計算邊坡崩塌影響因子之變異性，估算其影響變異值，並依照變異值大小排列判定其影響權重比例，給予各因子不同權重之評分值，進而推導出可適性高之多元非線性數學模式(簡李濱 1992)。該方法透過因子指數運算，可獲得邊坡崩塌潛勢值，在各崩塌潛勢因子分級圖層建立完成後，將研究區內崩塌地圖層與各影響因子分級圖層進行疊合分析，以量化各崩塌影響因子與崩塌地間的關係。

A. 崩塌因子圖層

崩塌地的形成與週遭的地理環境因子有關，因此本研究建構各項地理環境因子資料，包含高程、坡度、坡向、地表起伏度、地表粗糙度、地質、距道路建築距離、距農地距離距、距水系距離、距嶺線距離等。利用自動分類的崩塌圖層針對高程、坡度、坡向、地表起伏度、地表粗糙度、地質、距道路建築距離、距農地距離距、距水系距離、距嶺線距離等因子進行崩塌地潛勢推估。各因子圖層製作方法如下：

1. 高程：本研究係利用 20m × 20m 之數值地形模型做為高程資料。
2. 坡度、坡向：本研究係以 20m × 20m 之數值地形模型為材料，利用 Arc GIS 軟體之 Slope、Aspect 空間分析模組，以移動視窗演算坡度、坡向。
3. 地表起伏度：地表起伏度之計算，係採用高程圖層，以 Arc GIS 軟體之 Focal Statistics 空間分析模組，透過圓形移動視窗計算視窗內

坡度之標準偏差值，以代表地表起伏變化程度，作為地表粗糙度。

4. 地表粗糙度：地表粗糙度之計算，係採用坡度圖層，以 Arc GIS 軟體之 Focal Statistics 空間分析模組，透過圓形移動視窗計算視窗內坡度之標準偏差值，以代表坡度變化程度，作為地表粗糙度。
5. 地質：本研究所採用之地質圖，係以中央地質調查所製作之全台五十萬分之一地質圖層作為分析依據。
6. 距道路距離、距水系距離、距農地距離：係利用道路、水系圖層、國土利用調查圖層的農業用地範圍，以 Arc GIS 軟體的環域分析工具(buffer)，計算距道路、距水系、距農業用地距離圖層。
7. 距嶺線距離：本研究數化航空照片方式繪製嶺線，套疊 20m × 20m 之數值地形模型輔助判釋嶺線位置，以 Arc GIS 軟體的環域分析工具(buffer)，計算距嶺線距離圖層。

B. 不安定指數法

不安定指數法(Dangerous Value Method)計算步驟如下 (簡李濱, 1992):

(A) 崩塌潛感因子之計算

崩塌潛感因子評分乃利用各發生崩塌的密度為衡量的基準。崩塌密度值之計算式如下：

$$G_i = \frac{G_1}{G_{total}} \quad (\text{式 4-1})$$

式中， G_i 代表第 i 級崩壞網格密度， G_1 代表第 i 級該分級崩塌網格數， G_{total} 則代表該分級網格總數。

為了比較不同因子間崩塌地分佈的特性，將崩壞網格密度 G_i 依公式進行正規化，並定義為崩壞百分比 S_i ，計算式如下：

$$S_i = \frac{G_i}{\sum G_i} \quad (\text{式 4-2})$$

式中， S_i 代表第 i 級崩壞百分比， G_i 代表該分級崩壞網格密度， $\sum G_i$ 則代表崩壞網格密度和。

對於山崩潛感因子，採用崩壞網格密度來表示因子之強弱特性，同時將所有崩壞網格特性對應至 1~10 之間，即可求得不安定指數值，計算式如下：

$$D_i = \frac{9(S_i - S_{\min})}{S_{\max} - S_{\min}} + 1 \quad (\text{式 4-3})$$

式中， D_i 代表各類因子之不安定指數， S_i 代表崩塌網格密度或百分比， S_{\max} 與 S_{\min} 分別代表各類因子分級中崩壞網格密度或百分比之最大與最小者。

(B) 各因子權重值之計算

利用各類因子分級所得的崩壞百分比，計算該項目因子之變異係數(V)，代表因子分級發生崩塌機率的靈敏度，當離散係數較小時，各分類(級)發生崩壞機率相近，表示此因子之分類無法將崩壞機率高的地區決定出來；反之，若離散係數較大者，則可利用此因子的分級方式訂出因子分級對山崩所造成的影響，故可以利用影響因子變異係數的計算，作為各因子權重的比較值，計算式如下：

$$V = \frac{\sigma}{X} \times 100\% \quad (\text{式 4-4})$$

利用各因子所計算出的變異係數，除以全部變異係數值之總和，即可得該因子之權重值，計算如下：

$$W_j = \frac{V_j}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n} \quad (\text{式 4-5})$$

式中， W_j 第 j 各因子之權重值， V_j 為第 j 各因子之變異係數。

(C) 崩塌潛感值計算

將各項因子配合不安定指數計算，求得集水區之潛在崩塌狀況，用以評估坡地安定程度，計算如下：

$$D_{total} = D_1^{W_1} \times D_2^{W_2} \times D_3^{W_3} \times \dots \times D_n^{W_n} \quad (\text{式 4-6})$$

式中， D_{total} 為崩塌潛感值， D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_n 為各崩塌影響因子之評分值， W_1 、 W_2 、 W_3 為各崩塌影響因子之權重值。

(D) 崩塌潛感分級

各影響因子經由不安定指數值相乘運算後，利用自然分群法 (Jenk's Natural Break) 分級，將崩塌潛感等級劃分為五個敏感區域，分別為低潛勢區、中低潛勢區、中潛勢區、中高潛勢區以及高潛勢區，並針對其結果加以分析與討論。

4.4.2 崩塌敏感區域案例分析

崩塌敏感區之研究以觀高工作站、廬山、阿里山區域、梨山為研究區域，以多期航照資料進行分析，利用崩塌地製圖技術，製作各期崩塌地圖，再以套疊分析探討各期崩塌地變遷，以不安定指數法進行崩塌潛勢推估，利用第一期崩塌地圖層資料針對地理環境因子圖層來進行崩塌預測，再以後期新增崩塌地檢核正確率。

A. 觀高工作站

(A) 變遷分析

本研究以三期航照資料分析觀高工作站區域崩塌地變遷，以 2009 年 1 月 2 日拍攝之 ADS-40 影像為第一期、2009 年 8 月 25 日拍攝之 ADS-40 影像為第二期、2010 年 1 月 16 日拍攝之 DMC 影像為第三期，以崩塌地製圖流程進行崩塌地製圖，取得各期之崩塌地範圍，以了解崩塌地之變化情形，成果如圖 4-49。

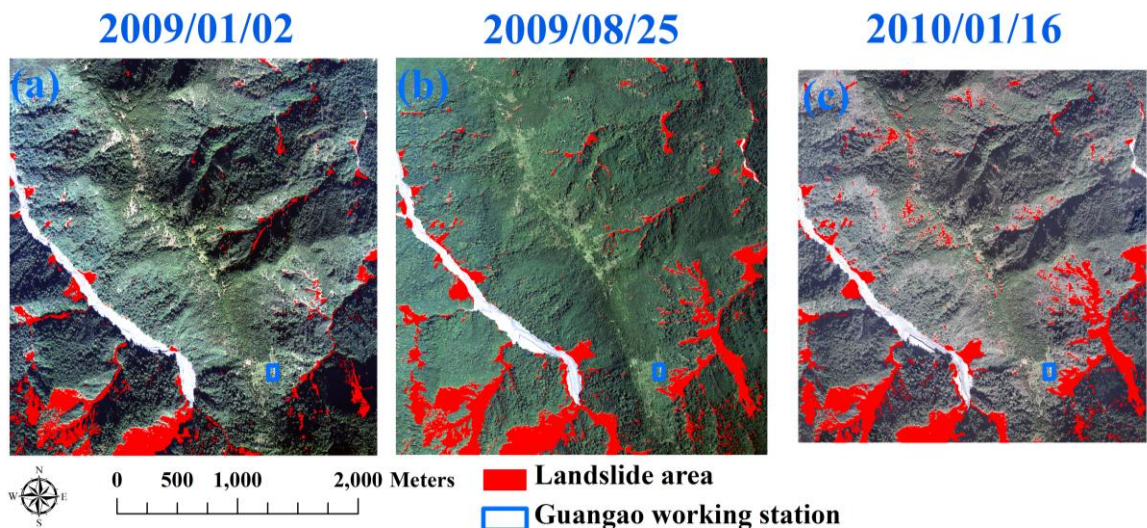


圖 4-49 觀高工作站崩塌分布圖，藍框範圍為觀高工作站位置；(a)為 ADS-40 正射影像(2009/01/02)，其崩塌地偵測成果；(b)為 ADS-40 正射影像(2009/08/25)，與其崩塌地偵測成果；(c)為 DMC 正射影像(2010/01/16)，與其崩塌地偵測成果

比較三期的偵測成果，可發現第二期的偵測成果明顯較第一期的偵測成果新

增許多崩塌地，推測其大量新增崩塌應與 2009 年 8 月的莫拉克(MORAKOT)風災有關，另比對鄰近區域玉山氣象站的雨量資料，在第一期至第二期之間總共有 3299.8mm 的降雨記錄(表 4-19)，其間有蓮花颱風影響期間(2009/06/19 至 2009/06/22)有 209.5 mm 的降雨記錄、莫拉克颱風影響期間(2009/08/07 至 2009/08/10)有 2093.4 mm 降雨的降雨記錄，其中莫拉克颱風在四日間即產生如此大之降雨，故在造成觀高區域大量的崩塌。

表 4-19 玉山氣象站雨量統計

| 期間 | 總降雨量(mm) | 發生事件 |
|-------------------------|----------|------------|
| 2009/01/02 至 2009/08/25 | 3299.8 | 蓮花颱風、莫拉克颱風 |
| 2009/08/25 至 2010/01/16 | 311.5 | 芭瑪颱風 |

比較第二、三期的偵測成果，第三期除在小部分區域發生部分擴崩的現象，其大部份區域仍與第二期之崩塌範圍相差不大，本研究亦比對第二期至第三期之間的玉山氣象站雨量資料，在之間總共有 311.5mm 的降雨記錄，期間僅經歷芭瑪颱風，影響期間(2009/10/03 至 2009/10/6)有 90.5mm 降雨的降雨記錄。相較於第一期至第二期期間的總降雨量，相差 20 倍以上，故在此時期間之降雨量相對平緩，故此時期間新增崩塌較少。然而第二、三期之間崩塌範圍變化不大，代表將近 5 個月之間植群自然恢復情形不佳，故崩塌地表面土石可能仍受到沖蝕，故此區域仍在不穩定之狀況。

觀察觀高工作站局部區域，可看到在觀高工作站的坡面下方(東南方)，在第二期時產生大量崩塌，第三期時則變化較少，部分區域發生擴崩情形(圖 4-50)。研究中亦計算各期之 NDVI 值以觀察地表植生狀況，以了解地表植生的變化情形，崩塌區域的 NDVI 值較低，NDVI 影像上會呈現黑色色階，NDVI 值亦可呈現在陰影區域內植生與非植生的分布情形(圖 4-50)。

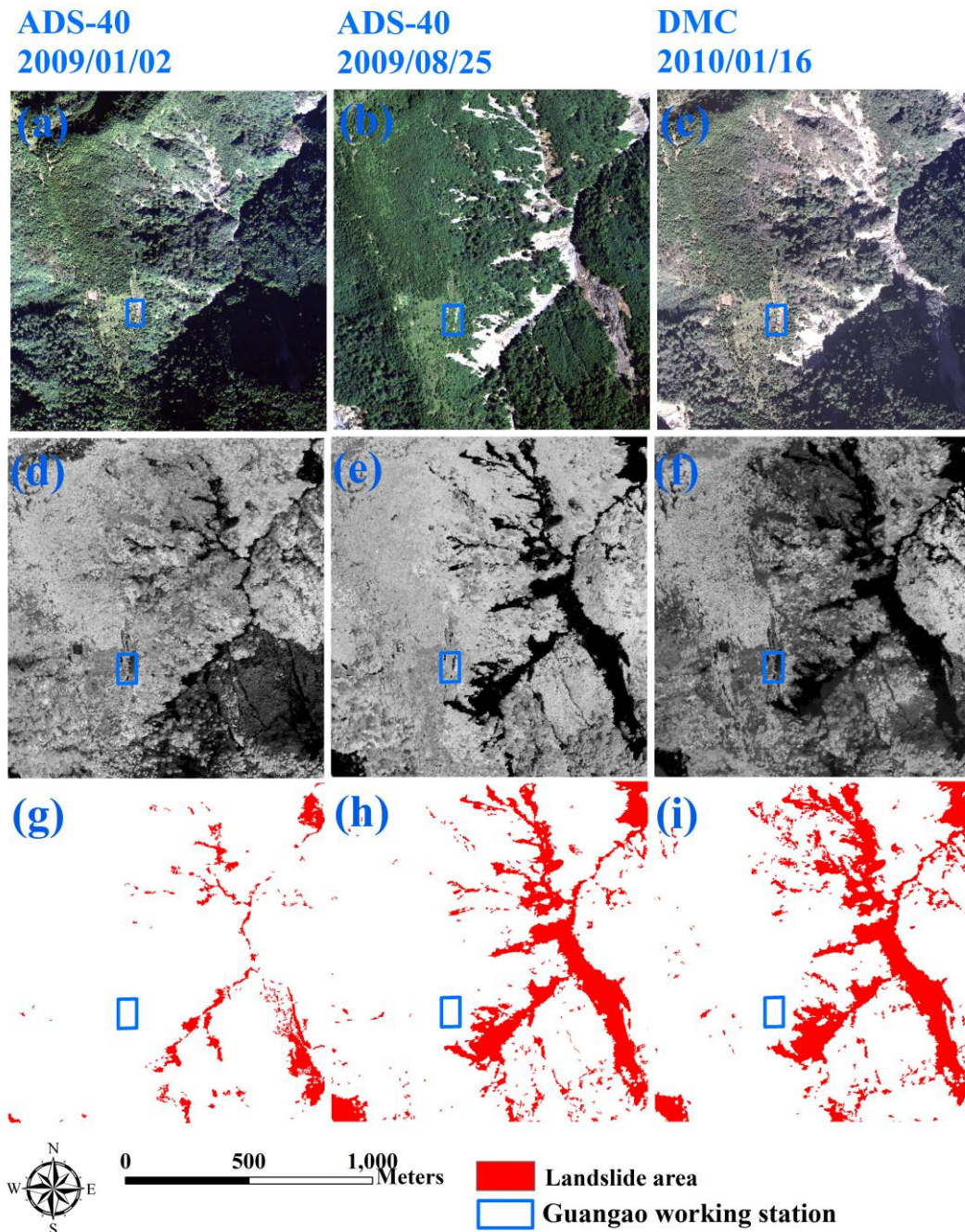


圖 4-50 觀高工作站局部區域崩塌地分布圖，藍框範圍為觀高工作站位置；(a)為 ADS-40 正射影像(2009/01/02)，(d)為其 NDVI 影像，(g)為其崩塌地偵測成果；(b)為 ADS-40 正射影像(2009/08/25)，(e)為其 NDVI 影像，(h)為其崩塌地偵測成果；(c)為 ADS-40 正射影像(2010/01/16)，(f)為其 NDVI 影像，(i)為其崩塌地偵測成果

本研究利用前後期崩塌地圖層進行套疊分析，取得崩塌地兩段時期的變遷情形，可透過新增崩塌、不變崩塌、植生恢復三種狀態了解觀高地區崩塌地的變化，在 2009/01/02 到 2009/08/25 期間產生大量新增崩塌，而在 2009/08/25 到 2010/01/16

之間主要為不變崩塌，代表舊崩塌地持續產生土石滑動，而植生恢復情形較差(圖 4-51)。

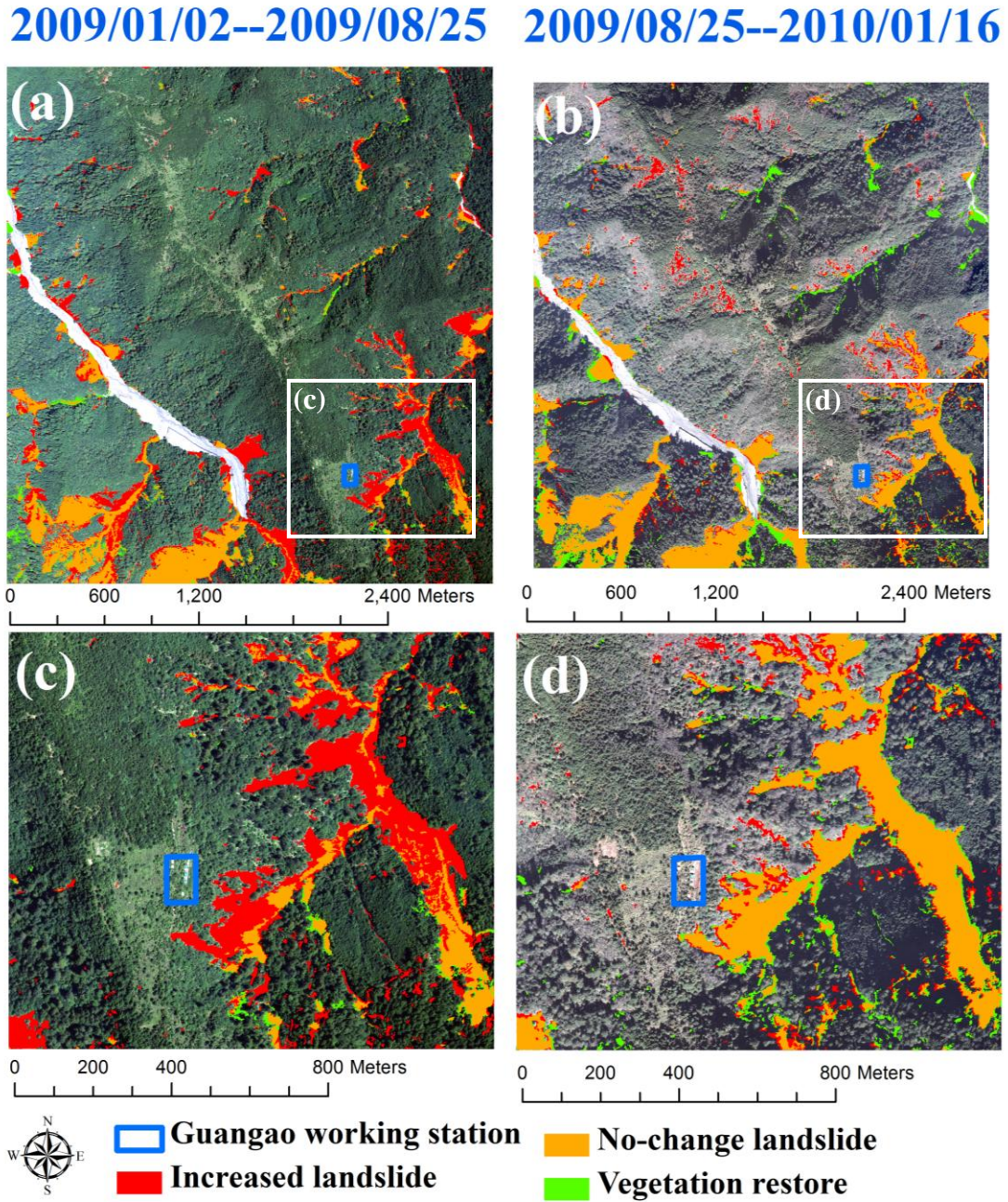


圖 4-51 觀高工作站區域崩塌地變遷;(a)2009/01/02 到 2009/08/25 之間的崩塌地變遷情形,(c)為其區域放大;(b) 2009/08/25 到 2010/01/16 之間的崩塌地變遷情形,(d)為其區域放大

2009 年莫拉克颱風在關高區域造成崩塌災情，崩塌情形可能危及觀高工作站區域之安全，本研究利用 3 期影像以及數值地形資料，以觀高工作站鄰近區域，製作 3D 立體模型來觀察崩塌災害，可看到在第二期影像的 3D 套繪圖中，觀高工作站坡面下緣 50 公尺處有一個大型崩塌地，崩塌地位於較陡的區域，觀高工作站位於此崩塌地相同坡面上方，本區崩塌仍屬於不穩定狀態，故觀高工作站所屬位置相當危險(圖 4-52)。

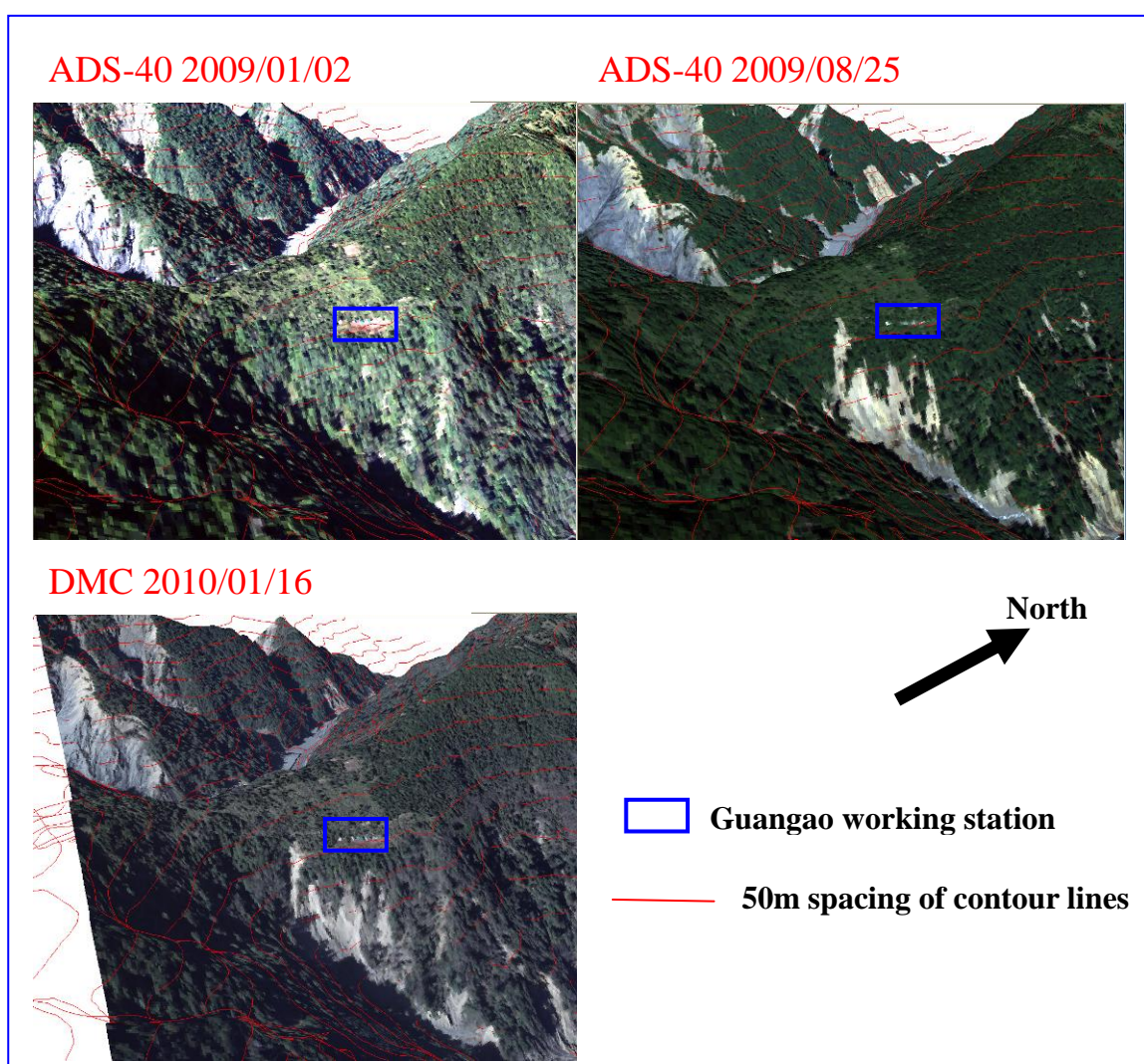


圖 4-52 觀高工作站 3D 套繪圖，紅線為 50m 等高線

本研究亦比較觀高工作站坡面下緣區域的變化，利用自動分類之裸露地，觀察在崩塌前期的一些地表特徵，工作站坡面下緣於第一期時具有許多小型裸露地(圖 4-53)，經細部觀察，似乎有部分土砂滑動的跡象，同區域在第二期的 DMC 影像中則產生新增崩塌情形。

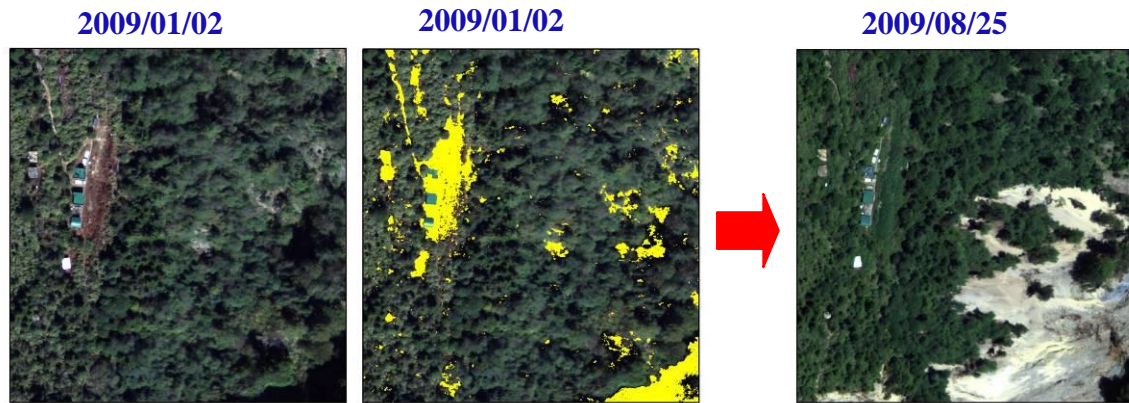


圖 4-53 觀高工作站區域裸露地變化情形

(B) 崩塌敏感推估

本研究以不安定指數法進行崩塌潛勢推估，利用第一期崩塌地圖層資料(2009/01/02)針對高程、坡度、坡向、地質、地表粗糙度、地表起伏度、距嶺線距離、距水系距離等資訊來進行崩塌預測。

表 4-20 為各潛感因子之變異數和權重值，其主要是以計算崩壞百分比的變異係數，可決定出各崩塌潛勢因子間的權重。各因子權重值大小依序為：地質>距嶺線距離>高程>坡向>坡度>地表起伏度>距水系距離>地表粗糙度。依各潛感因子權重值大小關係可知各因子對於崩塌的影響程度差異，其中觀高地區的崩塌受到地質之影響程度最大。

表 4-20 崩塌潛勢因子權重值表(觀高區域)

| 因子 | 變異係數 | 權重值 |
|-------|----------|----------|
| 地質 | 66.70056 | 0.179322 |
| 距嶺線距離 | 59.71581 | 0.160544 |
| 高程 | 54.06043 | 0.14534 |
| 坡向 | 52.98418 | 0.142446 |
| 坡度 | 46.93569 | 0.126185 |
| 地表起伏度 | 32.47019 | 0.087295 |
| 距水系距離 | 30.36649 | 0.081639 |
| 地表粗糙度 | 28.72539 | 0.077227 |

經由八個影響因子間不安定指數值相乘運算後，本研究利用臨界值法(Jenk's Natural Break)分級，將崩塌潛感等級劃分為五個敏感區域，分別為低潛勢區、中低潛勢區、中潛勢區、中高潛勢區以及高潛勢區，並產生崩塌潛感圖。在崩塌潛感圖中大部分的新增崩塌地發生在中潛感等級以上(圖 4-54)。

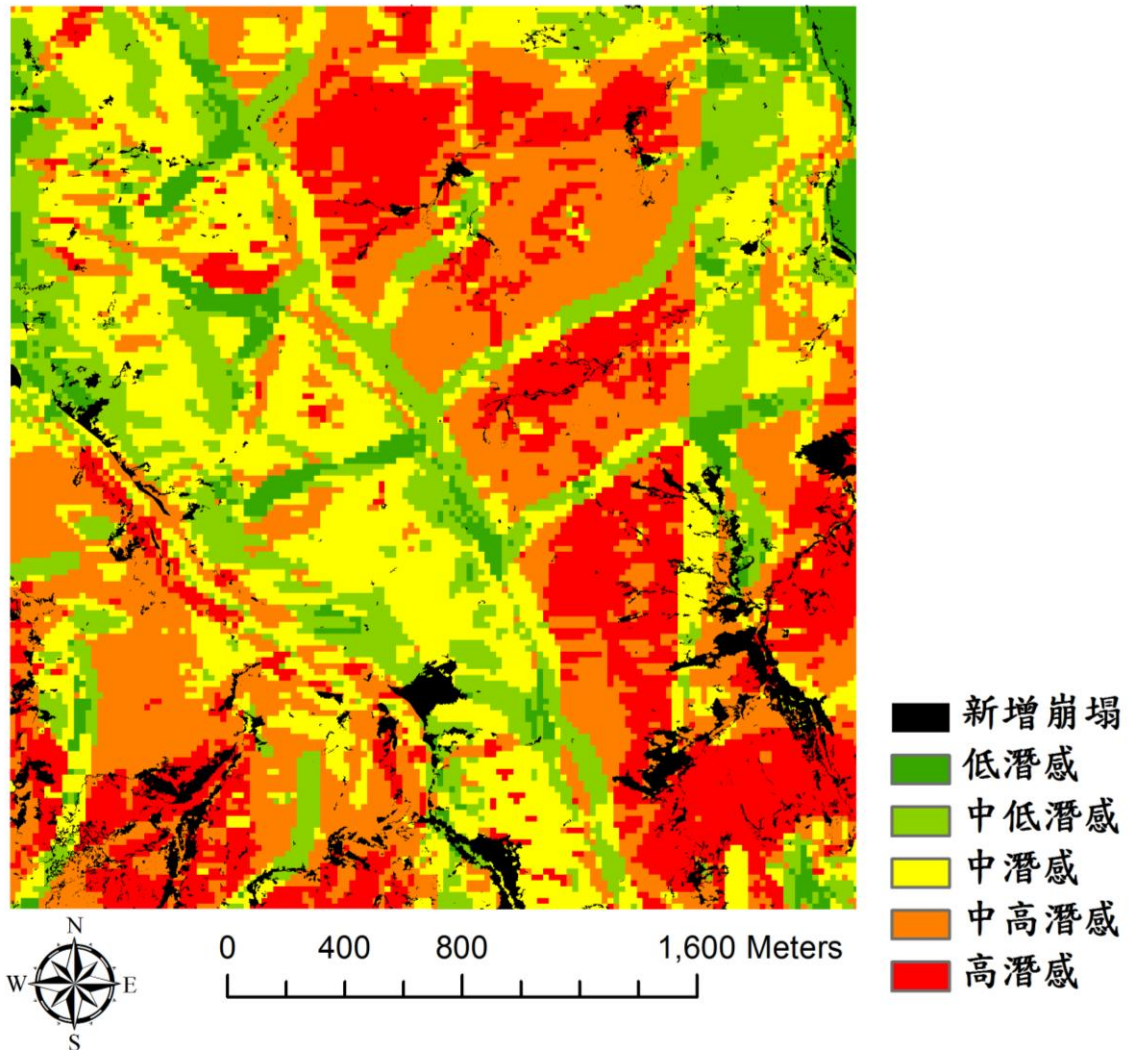


圖 4-54 觀高區域崩塌潛感圖

本研究再以 2009,01,02 到 2009,08,25 之間發生的新增崩塌地進行準確評估，評估新增崩塌地在各潛感等級的面積分布，並計算各潛感等級所佔之面積比例。成果中，中潛感等級以上正確預測 83.60% (19.88%+33.10%+30.62%)新增崩塌

地，其崩塌地預測正確率良好(表 4-21)。

表 4-21 新增崩塌地於崩塌敏感等級之分布面積(觀高區域)

| | 平方公尺 | 百分比(%) |
|------|--------|--------|
| 低潛感 | 15246 | 3.08 |
| 中低潛感 | 65995 | 13.32 |
| 中潛感 | 98506 | 19.88 |
| 中高潛感 | 164011 | 33.10 |
| 高潛感 | 151733 | 30.62 |

B. 廬山

(A) 變遷分析

本研究以兩期數位航照分析廬山地區崩塌地的變遷，其中以 2009 年 9 月 6 日拍攝之 ADS-40 影像為第一期資料，而以 2010 年 6 月 19 日拍攝之 DMC 影像為第二期資料，並依照崩塌地製圖流程產生兩期崩塌地分布圖層，各期崩塌地分布圖如圖 4-55。

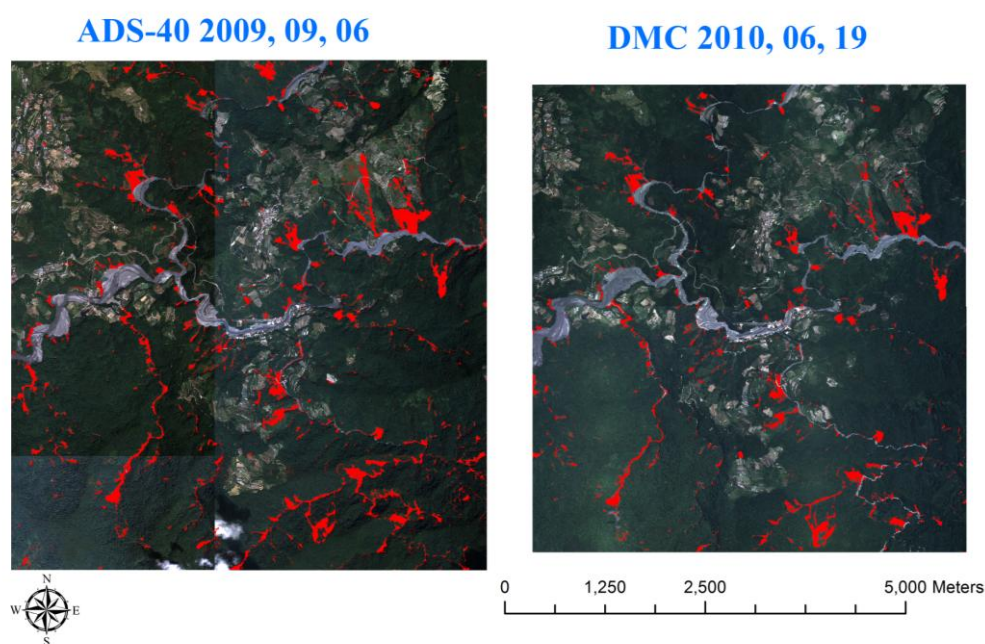


圖 4-55 廬山地區崩塌地分布圖

本研究利用前後期崩塌地圖層進行套疊分析，取得崩塌地兩段時期的變遷情形，可透過新增崩塌、不變崩塌、植生恢復三種狀態了解廬山地區崩塌地的變化。由兩期的變遷資訊可看出，不變崩塌佔較大的比例，可以看出如果颱風豪雨持續對本區沖蝕，崩塌地並還沒有穩定的趨勢(圖 4-56)。

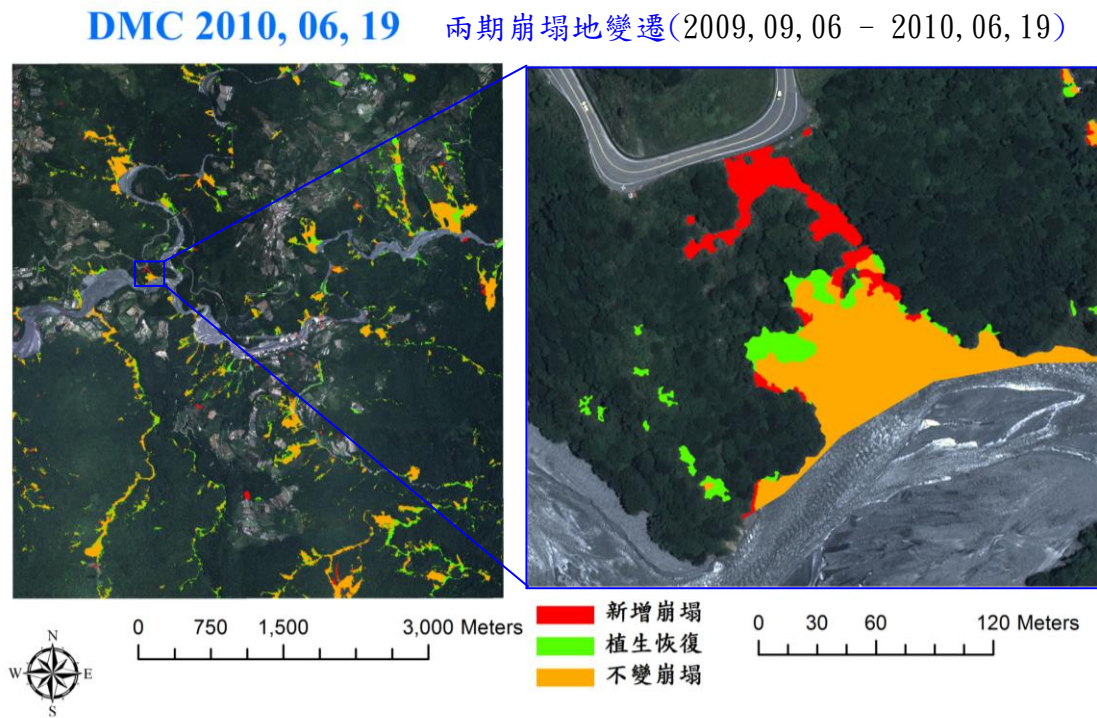


圖 4-56 廬山地區崩塌地變遷

二期間的崩塌地變化情形以不變崩塌地為主，比對鄰近區域廬山氣象站的雨量資料，二期間總共有 729.2mm 的降雨記錄(表 4-22)，其間有僅有芭瑪颱風影響台灣 (2009/10/3 至 2009/10/6)，但並沒有對廬山地區造成影響(僅有 16.2mm 降雨量)，二期間各月份皆有少量的降雨，並無明顯的暴雨現象，故在此期間新增崩塌較少，如未來發生暴雨事件，廬山地區的崩塌情形可能會繼續擴大。

表 4-22 廬山氣象站雨量資料

| 日期 | 降雨量(mm) |
|--------------------|---------|
| 2009 年 9 月(6-31 日) | 144.4 |
| 10 月 | 27.4 |
| 11 月 | 31.5 |
| 12 月 | 64 |
| 2010 年 1 月 | 138 |
| 2 月 | 36 |
| 3 月 | 124 |
| 4 月 | 88 |
| 5 月 | 54.8 |
| 6 月(1-19 日) | 19.8 |
| 累計 | 729.2 |

(B) 崩塌敏感推估

本研究以不安定指數法進行崩塌潛勢推估，利用 2009,09,06 崩塌地圖層資料針對高程、坡度、坡向、地表粗糙度、地表起伏度、距道路建築距離、距嶺線距離、距水系距離、距農地距離等資訊來進行崩塌預測。

計算崩壞百分比的變異係數，可決定出各崩塌潛勢因子間的權重，各潛感因子之變異數和權重值分析成果如表 4-23。各因子權重值大小依序為：高程>坡向>地表起伏度>距嶺線距離>距水系距離>距道路建築距離>距農田距離>地表粗糙度>坡度。然而一般影響崩塌地最重要因子應為地質，因本研究區域全區屬於廬山層，地質因子相同，故未將地質納入分析，故廬山地區崩塌的重要因子，除地質因子外，高程為較重要之因子。

表4-23 崩塌潛勢因子權重值表(廬山區域)

| 因子 | 變異係數 | 權重值 |
|---------|----------|----------|
| 高程 | 60.12621 | 0.171157 |
| 坡向 | 57.00244 | 0.162265 |
| 地表起伏度 | 49.46229 | 0.140801 |
| 距崩線距離 | 41.93492 | 0.119373 |
| 距水系距離 | 38.22246 | 0.108805 |
| 距道路建築距離 | 32.37299 | 0.092154 |
| 距農田距離 | 31.94582 | 0.090938 |
| 地表粗糙度 | 25.60188 | 0.072879 |
| 坡度 | 14.62404 | 0.041629 |

經由九個影響因子間不安定指數值相乘運算後，本研究利用臨界值法（Jenks Natural Break）分級，將崩塌潛感等級劃分為五個敏感區域，分別為低潛勢區、中低潛勢區、中潛勢區、中高潛勢區以及高潛勢區，並產生崩塌潛感圖。在崩塌潛感圖中大部分的新增崩塌地發生在中潛感等級以上(圖 4-57)。

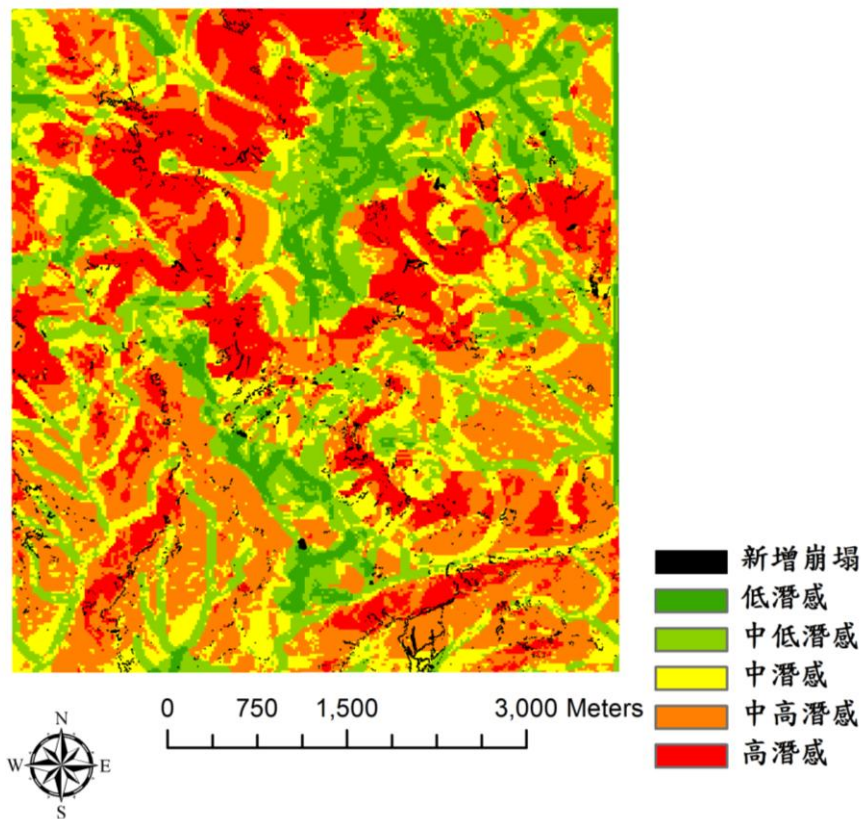


圖4-57 廬山地區崩塌敏感圖

本研究以 2009,09,06 至 2010,06,19 之間發生的新增崩塌地進行準確評估，評估新增崩塌地在各潛感等級的面積分布，並計算各潛感等級所佔之面積比例，統計成果如表 4-24。

表 4-24 新增崩塌地於崩塌敏感等級之分布面積(廬山區域)

| | 平方公尺 | 百分比(%) |
|------|----------|--------|
| 低潛感 | 4811.63 | 6.75 |
| 中低潛感 | 5855.38 | 8.17 |
| 中潛感 | 16608.37 | 23.18 |
| 中高潛感 | 23938.92 | 33.41 |
| 高潛感 | 20432.46 | 28.52 |

成果中，新增崩塌地主要分布在中潛感等級以上，中潛感等級以上正確預測 85.11% (23.18%+33.41%+28.52%) 新增崩塌地，其崩塌地預測正確率良好(表 4-24)。

C. 梨山

(A) 變遷分析

本研究以三期數位航照分析梨山地區崩塌地的變遷，其中以 2008 年 9 月 21 日拍攝之 ADS-40 影像為第一期資料，而以 2009 年 9 月 6 日拍攝之 ADS-40 影像與日期相近的 2009 年 9 月 16 日拍攝之 DMC 影像組合為第二期資料，以及以 2010 年 6 月 19 日拍攝之 DMC 影像為第三期資料，並依照崩塌地製圖流程產生三期崩塌地分布圖層，各期崩塌地分布圖如圖 4-58。

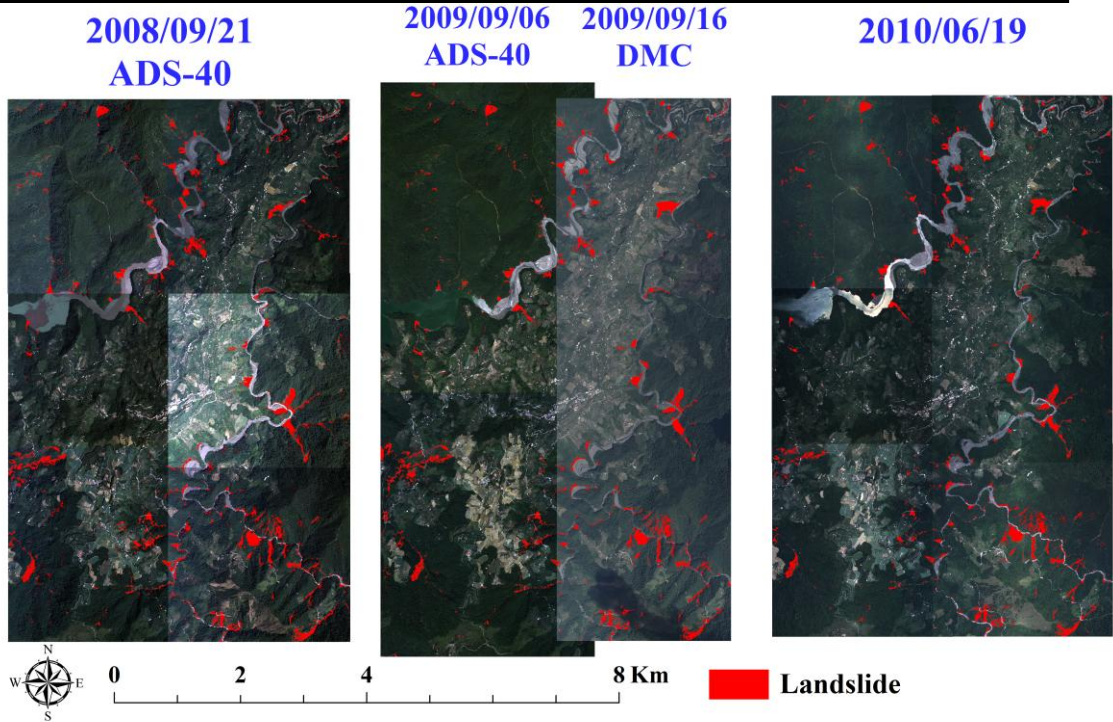


圖 4-58 梨山地區多期崩塌分布圖

本研究亦利用前後期崩塌地圖層進行套疊分析，取得崩塌地兩段時期的變遷情形，可透過新增崩塌、不變崩塌、植生恢復三種狀態了解梨山地區崩塌地的變化(圖 4-59)。

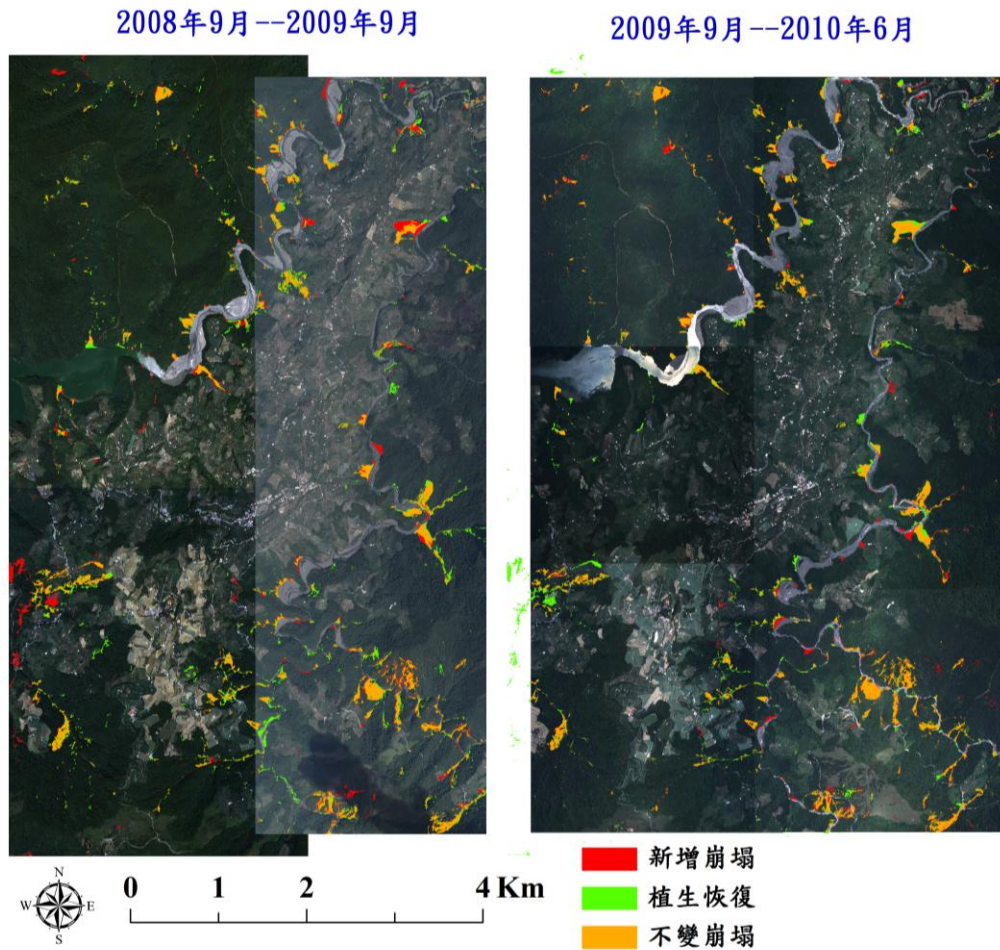


圖 4-59 梨山地區崩塌地變遷分布圖

比對鄰近區域梨山氣象站的雨量資料，在第一期至第二期之間總共有 2350.1mm 的降雨記錄(表 4-25)，其間有蕃蜜、蓮花、莫拉克、芭瑪颱風影響台灣，但是對梨山地區並無影響，颱風期間降雨量都很低(蕃蜜 4.9mm、蓮花 14.4 mm、莫拉克 6.1 mm)，每月的降雨量主要以 200mm 左右分布；而在第二期至第三期之間總共有 1297.1mm 的降雨記錄(表 4-25)，其間僅有芭瑪颱風影響台灣，但是對梨山地區並無影響，颱風期間降雨量低(芭瑪 13.6 mm)，每月的降雨量主要約以 150mm 左右分布。

由降雨資料可知梨山地區每月皆有穩定的降雨量，持續穩定的降雨對梨山地區的崩塌地發育具有影響，在各期間主要以不變崩塌地為主，亦有一些零星的新增崩塌地以及植生恢復的消長情形，此區域尚未到達穩定之狀況，未來如有暴雨

發生，崩塌情形可能會大量發生。

表 4-25 梨山氣象站雨量資料

| 日期 | 降雨量(mm) | 日期 | 降雨量(mm) |
|---------------------|---------|---------------------|---------|
| 2008 年 9 月(21-30 日) | 33 | 2009 年 9 月(17-31 日) | 97.1 |
| 10 月 | 249.3 | 10 月 | 209.3 |
| 11 月 | 177.2 | 11 月 | 71.5 |
| 12 月 | 175.8 | 12 月 | 73 |
| 2009 年 1 月 | 217.1 | 1 月 | 146.3 |
| 2 月 | 202 | 2 月 | 127.8 |
| 3 月 | 170.3 | 3 月 | 211.9 |
| 4 月 | 121.4 | 4 月 | 147.7 |
| 5 月 | 245.2 | 5 月 | 158.6 |
| 6 月 | 166.9 | 6 月(1-19 日) | 53.9 |
| 7 月 | 244.8 | | |
| 8 月 | 206.6 | | |
| 9 月(1-16 日) | 144.4 | | |
| 累計 | 2350.1 | 累計 | 1297.1 |

D. 阿里山

(A) 變遷分析

本研究以 2009 年 1 月 2 日 ADS-40 影像為第一期、2009 年 11 月 21 日 ADS-40 影像為第二期、2009 年 12 月 22 日 DMC 影像為第三期進行崩塌地分類製圖，除取得各期之崩塌地範圍，並比較三期資料間的地貌變化，所得成果如圖 4-60。

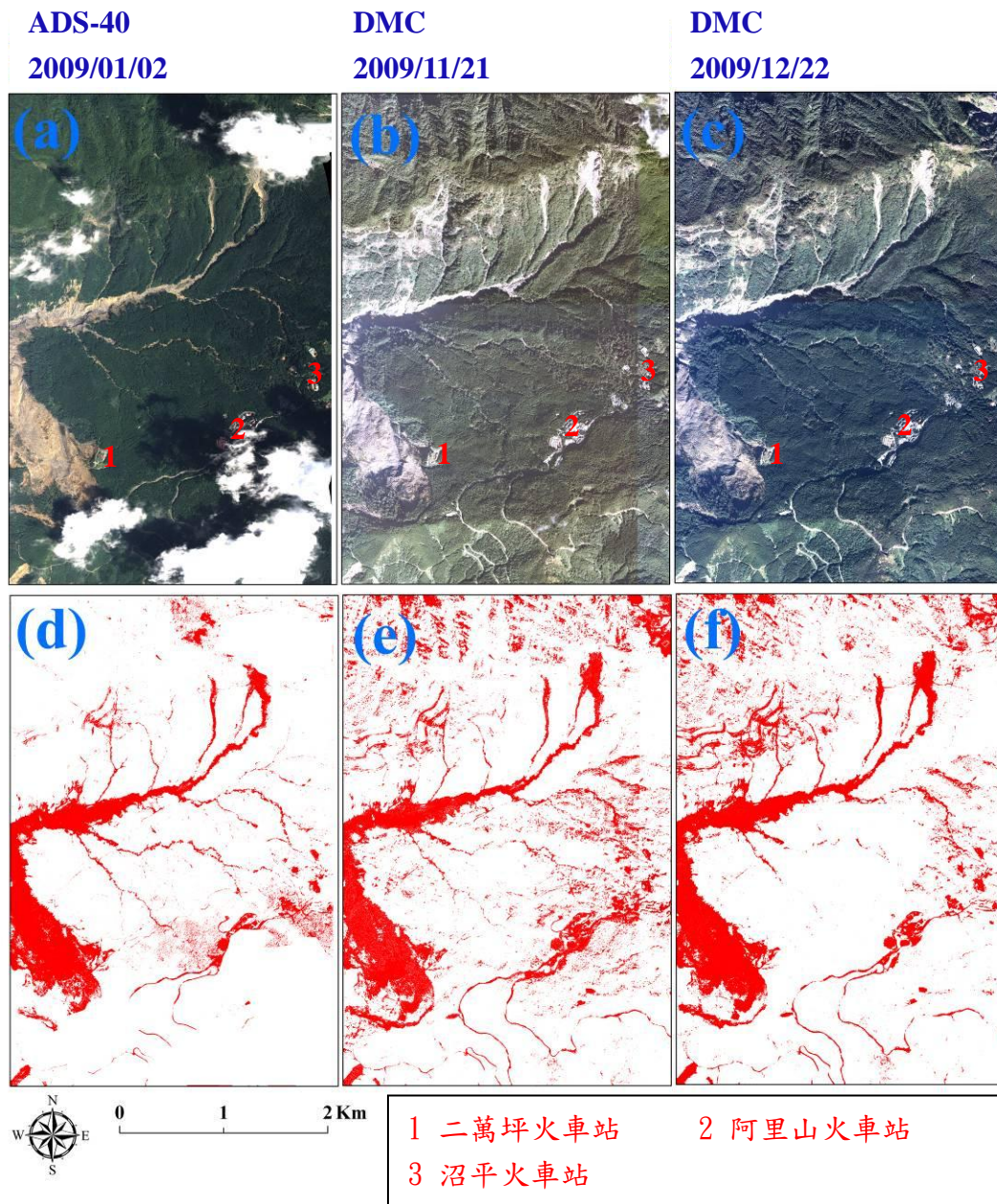


圖 4-60 阿里山區域裸露地偵測成果

在阿里山區域在各期間，舊有崩塌地上的植生恢復不佳，故此區舊崩塌地上土石可能仍持續在滑動中，在二萬坪火車站西向邊坡有一大型崩塌緊鄰火車站，此區未來是否具有危險，須深入評估(圖 4-60)。

比較三期的偵測成果，可發現第二期的偵測成果明顯較第一期的偵測成果發生新增崩塌、舊有崩塌擴大，推測其新增崩塌應與 2009 年 8 月的莫拉克 (MORAKOT) 風災有關，另比對鄰近區域阿里山氣象站的雨量資料，在第一期至

第二期之間總共有 5148.3mm 的降雨記錄，其間有蓮花颱風影響期間(2009/06/19 至 2009/06/22)有 281.5 mm 的降雨記錄、莫拉克颱風影響期間(2009/08/05 至 2009/10/06) 有 3059.5 mm 降雨的降雨記錄、芭瑪颱風(2009/10/03 至 2009/08/10) 有 151 mm 降雨的降雨記錄(表 4-26)，其中莫拉克颱風期間即產生如此大之降雨，故在造成阿里山區域大量的崩塌。

表 4-26 阿里山氣象站雨量統計

| 期間 | 總降雨量(mm) | 發生事件 |
|-------------------------|----------|--|
| 2009/01/02 至 2009/11/21 | 5148.3 | 蓮花颱風 281.5mm 莫拉克颱風 3059.5mm 芭瑪颱風 151mm |
| 2009/11/25 至 2010/12/22 | 58.5 | 無 |

在第二期與第三期間，並無明顯變化，主要以不變崩塌為主，因觀測的一個月間期較雨量較少，僅有 58.5mm。

本研究亦比對祝山火車站附近之崩塌狀況，祝山火車站旁亦有一大型崩塌，比對三時期之偵測成果，並比較各期 NDVI 影像，在第二期的偵測成果較第一期的偵測成果新增一些擴崩情形，此區未來是否亦具有危險，須深入評估(圖 4-61)。

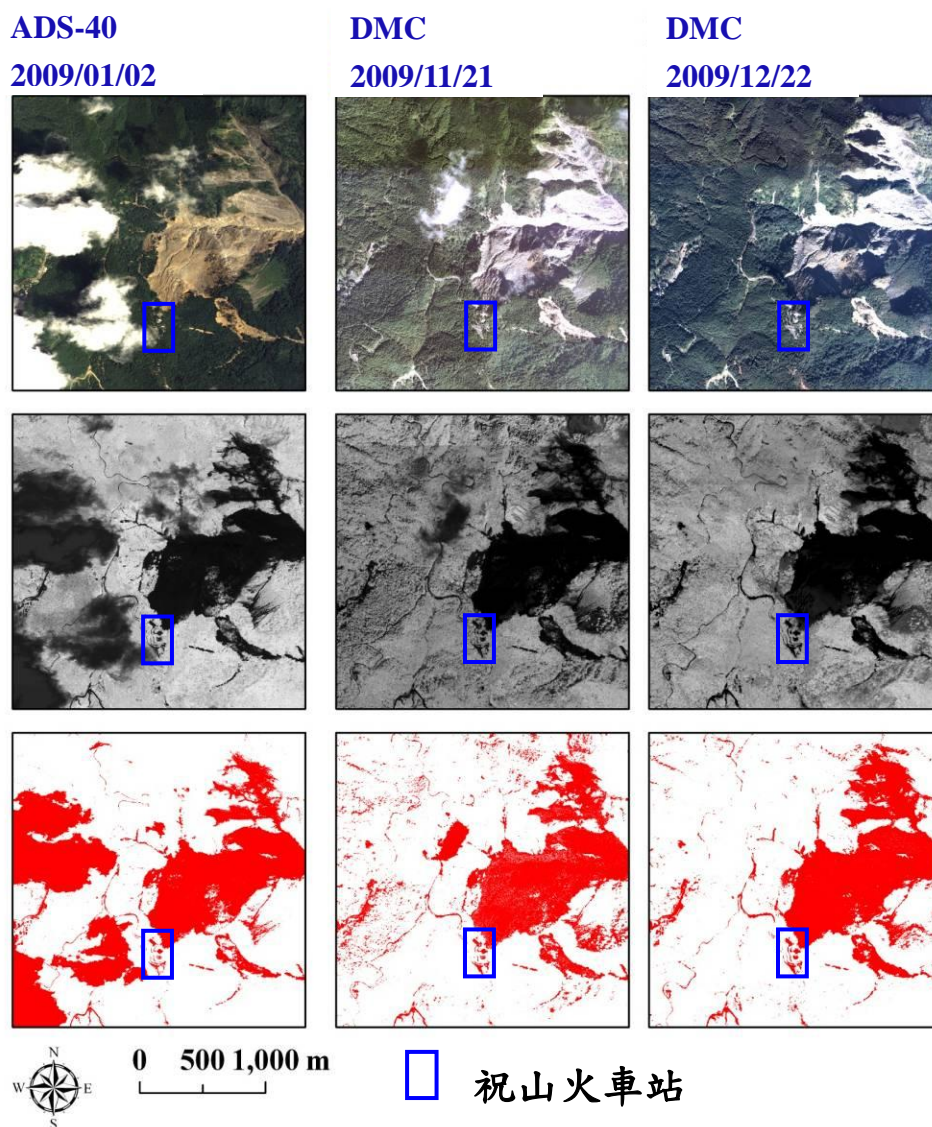


圖 4-61 祝山火車站周遭崩塌情形

第五章 航照數位多光譜影像進行災害監測之研究

林地災害種類繁多，如森林火災、森林病蟲害、崩塌、土石流、水災等等，因本研究所得資料有限，故選擇較易達成的森林火災研究，並在第五章進行深入探討，其他災害如崩塌已在第四章進行探討。

5.1 火災災區光譜特徵分析

本研究萃取大埔事業區火災跡地影像之多光譜值，同時分析其光譜特徵，藉以探討災害發生前後各光譜特徵值之變化情形及趨勢。大埔事業區火災跡地之植生類型以天然闊葉混淆林、天然草生地、麻竹林為主，故本研究亦針對各林型受災狀況進行探討，以下列方法以了解火災前後之植生光譜變化，以期能建構與火災災區光譜特徵之關係，並作為火災災區自動判釋之基礎。

5.1.1 火災前後光譜變化分析

分析火災前後各林型之光譜特徵變化，並透過光譜指標分析影像光譜特徵，萃取各林型火災前後各波段之像元值，以及 NDVI 植生指標值，檢視各光譜特徵於火災前後之變化。分別計算各波段平均值、標準偏差、平均值差異。

$$\text{平均值差異} = \text{災前平均值} - \text{災後平均值} \quad (\text{式 5-1})$$

表 5-1 指出，各林型近紅外光像元值皆呈現大幅下降，紅光像元值則大幅提升；而 NDVI 植生指標則呈現劇烈的下降變化。上述皆係地表植生量大幅減少所產生之結果，而各波段指數中以 NDVI 植生指標變動最大。

表 5-1 火災前後各林型波譜值統計

| 土地類別 | 波段 | 災前平均值, (標準偏差) | 災後平均值, (標準偏差) | 平均值差異 |
|-------|------|------------------|------------------|--------|
| 天然闊葉林 | NIR | 182.87, (29.63) | 115.31, (42.71) | 67.562 |
| | R | 75.60, (29.19) | 102.89, (30.27) | -27.29 |
| | G | 107.44, (29.03) | 111.90, (27.48) | -4.47 |
| | B | 92.24, (11.10) | 101.41, (16.24) | -9.18 |
| | NDVI | 0.44, (0.12) | 0.04, (0.13) | 0.39 |
| 草生地 | NIR | 202.64, (12.66) | 98.61, (12.66) | 104.03 |
| | R | 101.62, (19.79) | 116.58, (10.99) | -14.96 |
| | G | 132.82, (15.81) | 122.14, (9.70) | 10.68 |
| | B | 101.87, (6.076) | 112.33, (5.90) | -10.46 |
| | NDVI | 0.34, (0.09) | -0.085, (0.032) | 0.42 |
| 麻竹林 | NIR | 175.94, (35.25) | 138.49, (48.27) | 37.45 |
| | R | 71.30, (26.94) | 103.12, (35.80) | -31.82 |
| | G | 100.99, (28.20) | 113.17, (33.60) | -12.17 |
| | B | 90.47, (9.70) | 98.38, (17.00) | -7.91 |
| | NDVI | 0.44, (0.12) | 0.13, (0.12) | 0.30 |

5.1.2 火災前後雙光譜圖分析

影像上之紅光及近紅外光波段可表現出地表植生的特性，用以繪製成雙光譜圖(Bauer, 1975；Jensen, 2000)，應用此雙光譜圖及植生指標進行光譜分析，可有效觀測多期植生量之變化。由於受損林木會反應在紅光上，而健康林木或受害較輕林木則會反應在近紅外光上，形成在 NDVI 的等值線上不同的群落，因此進一步利用雙光譜圖(Bi-Spectral Plot)，以紅光為 X 軸，近紅外光為 Y 軸，光譜樣點與紅光軸夾角定義為光譜夾角 θ ，利用雙光譜特徵空間分佈可探討各類別光譜樣點在雙光譜圖上所具有之意義。

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} = \frac{\frac{NIR}{R} - 1}{\frac{NIR}{R} + 1} = \frac{\tan\theta - 1}{\tan\theta + 1} \quad (\text{式 5-2})$$

$$\tan\theta = \frac{1 + NDVI}{1 - NDVI} \quad (\text{式 5-3})$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1}\left(\frac{1 + NDVI}{1 - NDVI}\right) \quad (\text{式 5-4})$$

以 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 而言，則 $-1 < NDVI < 1$ ，若 NDVI 愈大， θ 也愈大，反之，則 θ 愈小。

本研究針對三類林型之火災跡地進行雙光譜圖分析，由雙光譜圖中可了解紅光與近紅外光的分布情形。在雙光譜圖分析成果中，三種林型類別在火災前後之雙光譜圖特徵的空間分布都是往無植生的土壤光譜曲線移動(圖 5-1)，其中天然闊葉混淆林與麻竹林的分布及變化情形較為一致，而草生地雙光譜圖特徵的空間分布則呈現大幅度的變化。

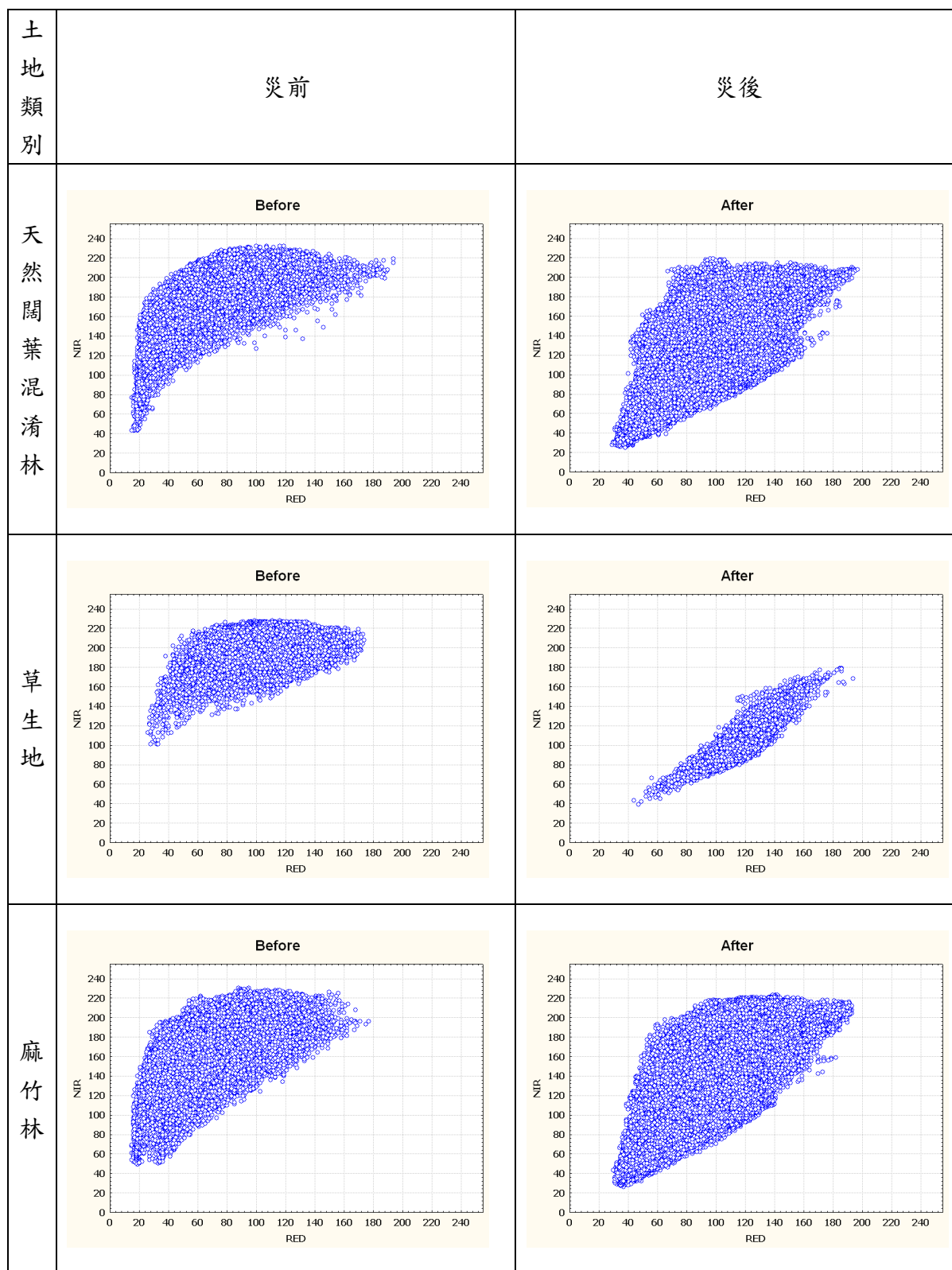


圖 5-1 雙光譜圖

表 5-2 為各林型的近紅外光於紅光的光譜夾角，可藉此探知火災前後植生反應變化，若 θ 愈大則植生反應越大，反之， θ 愈小則植生反應相對較小。由分析結果可知，草生地變化最大，其光譜夾角在災後下降了 23.64° ，天然闊葉混淆林下降 21.46° 次之，最後為麻竹林下降 16.34° ；無論何種林型，皆呈現光譜夾角大幅變小的情形，故植生量明顯下降(表 5-2)。

表 5-2 火災前後各林型光譜夾角

| | 天然闊葉混淆林 | 草生地 | 麻竹林 |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| 災前光譜夾角 θ | 68.75° | 63.78° | 68.75° |
| 災後光譜夾角 θ | 47.29° | 40.14° | 52.41° |
| 災前災後變化 (災前－災後) | 21.46° | 23.64° | 16.34° |

5.1.3 火災前後植生影像變化

多光譜影像在災前災後的變化十分明顯，NDVI 植生指標影像亦由白轉黑 (NDVI 值下降)。其中草生地呈現全面焚燒殆盡，且 NDVI 值在災後大幅下降；而天然闊葉混淆林則大部份焚燒殆盡，除部份闊葉樹尚存綠葉，竹林則呈現枯黃，其 NDVI 值亦在災後大幅下降；麻竹林亦大部份焚燒殆盡，且竹林呈現枯黃，其 NDVI 值亦在災後大幅下降(圖 5-2 至圖 5-4)。


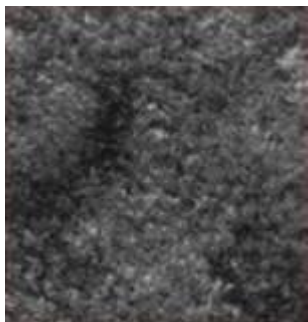


| 天然草生地 | 多光譜影像 | NDVI 影像 |
|-------|--|---|
| 火災前 |  |  |
| 火災後 |  |  |

圖 5-2 天然草生地影像與其植生指標


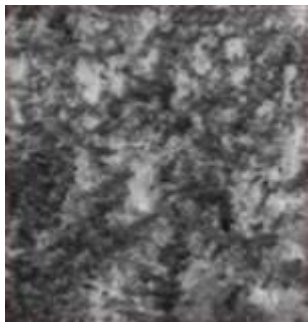
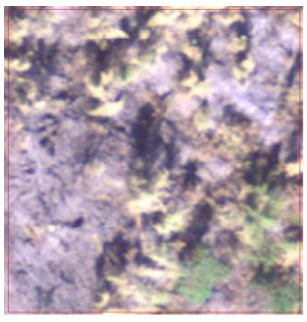
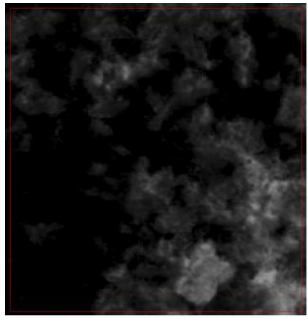
| 天然闊葉混淆林 | 多光譜影像 | NDVI 影像 |
|---------|---|--|
| 火災前 |  |  |
| 火災後 |  |  |

圖 5-3 天然闊葉混淆林影像與其植生指標

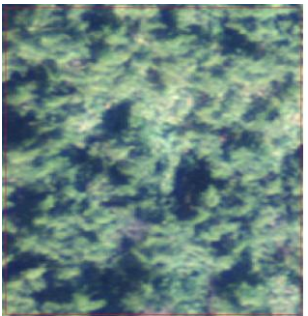
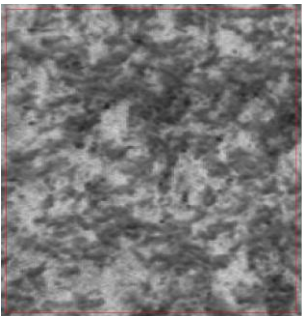

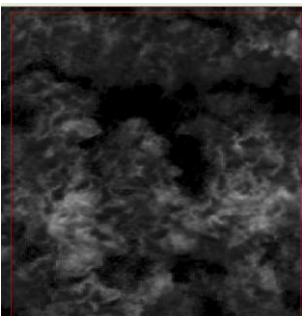
| 麻竹林 | 多光譜影像 | NDVI 影像 |
|-----|---|--|
| 火災前 |  |  |
| 火災後 |  |  |

圖 5-4 麻竹林影像與其植生指標

5.2 火災災區製圖技術

5.2.1 火災災區變遷偵測技術

A. 火災災區分析區域

(A)大埔事業區 227、228 林班火災樣區

位於中台灣嘉義縣的大埔事業區第 227、228 林班，於 2009 年 1 月 12 日發生森林火災，至 1 月 14 日火勢才撲滅，故本研究選取本區作為火災災害之監測研究分析樣區，並運用航照數位多光譜影像進行災害監測之研究(圖 5-5)。

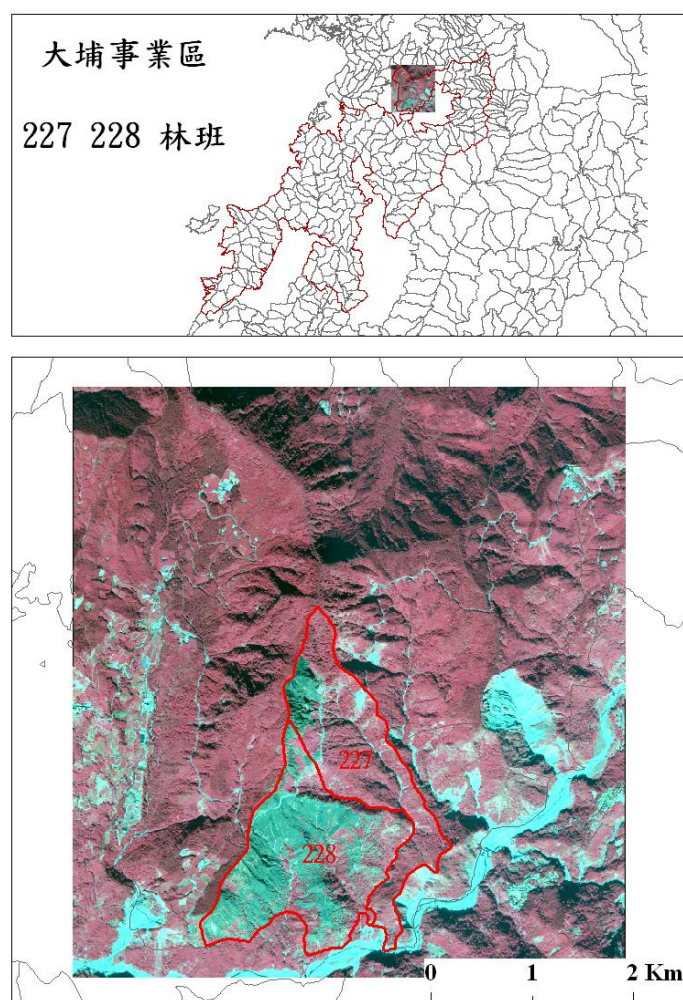


圖 5-5 大埔事業區 227、228 林班火災樣區位置圖

(B)大埔事業區 110 林班火災樣區

位於中台灣嘉義縣的大埔事業區第 110 林班，於 2009 年 2 月 18 日發生森林火災，故本研究選取本區作為火災災害之監測研究分析樣區，並運用航照數位多光譜影像進行災害監測之研究(圖 5-6)。

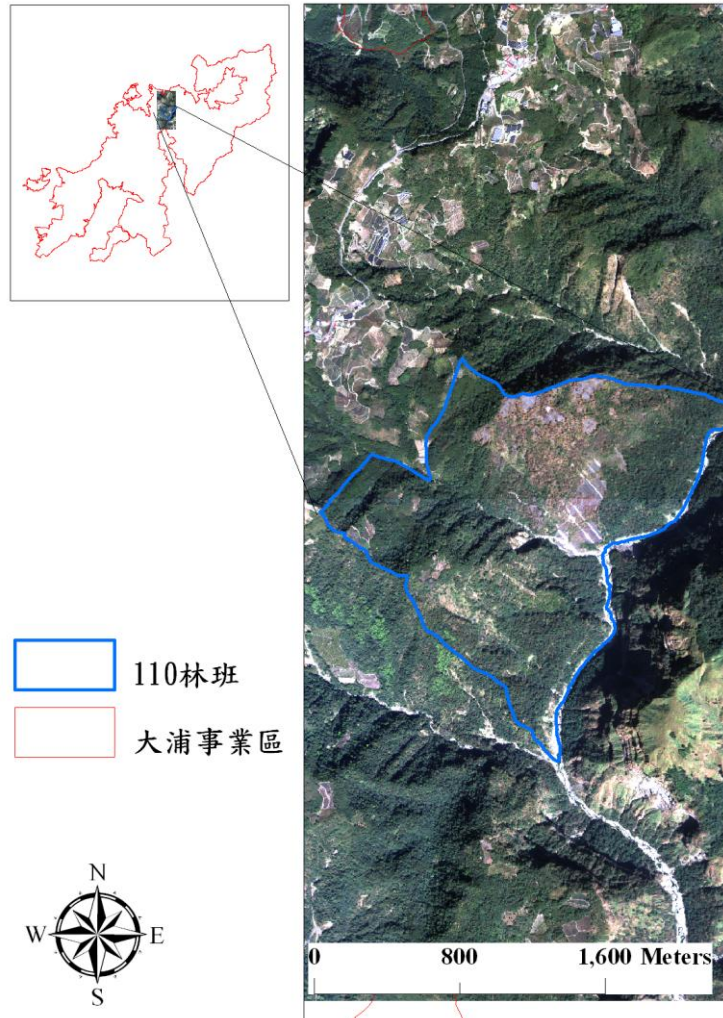


圖 5-6 大埔事業區 110 林班火災樣區位置圖

(C)大甲溪事業區 66 林班火災樣區

選取國有林大甲溪事業區 66 林班進行研究分析，於 2009 年 9 月 12 日發生森林火災，故本研究選取本區作為火災災害之監測研究分析樣區，並運用航照數位多光譜影像進行災害監測之研究(圖 5-7)。

林務局農林航空測量所

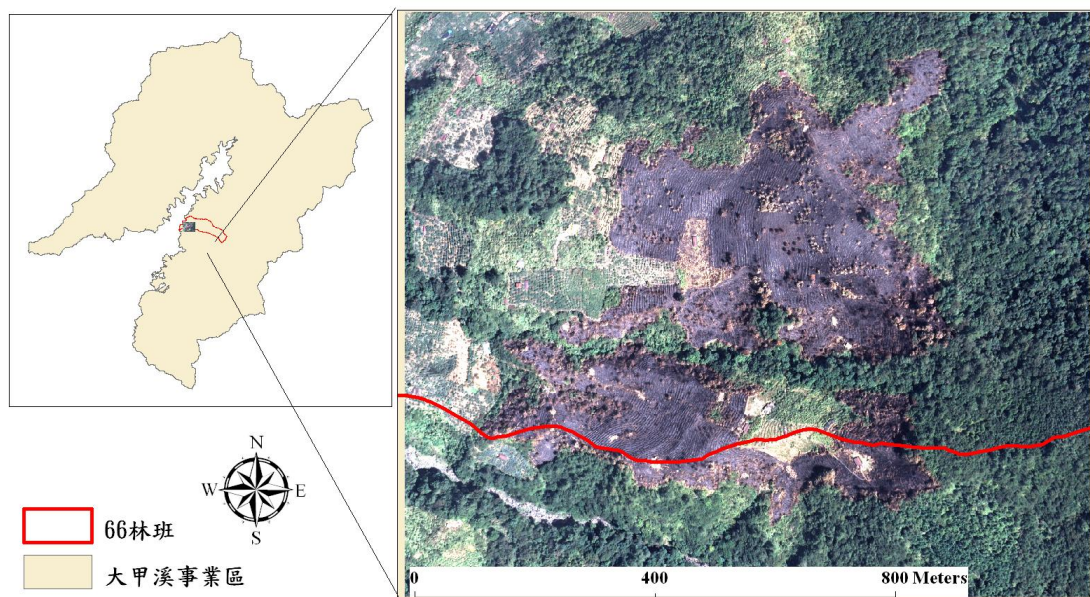


圖 5-7 大甲溪事業區 66 林班火災樣區位置圖

(D)金山磺嘴山火災樣區

選取金山磺嘴山火災樣區進行研究分析，於 2010 年 8 月 2 日發生森林火災，故本研究選取本區作為火災災害之監測研究分析樣區，並運用航照數位多光譜影像進行災害監測之研究(圖 5-8)。

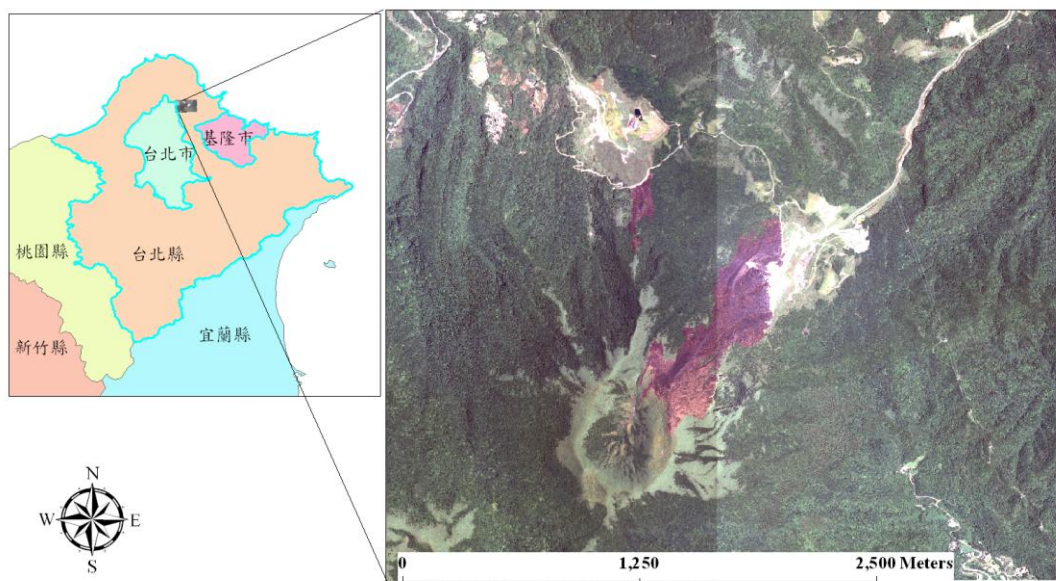


圖 5-8 金山磺嘴山火災樣區

B. 火災災區兩期影像相對輻射糾正

由於不同時期所拍攝之影像，其反射值會受到大氣輻射、地形效應、地被植物生長特性、林冠表層反射特性與太陽入射角、高度角、觀測角所影響，進而產生偏差量，故欲消除不同時期拍攝影像反射值之差異狀況，需先去除上述因子之干擾。

為進行兩期影像相對輻射糾正，本研究利用人工判釋，首先挑選不易隨時間而改變之地物(如建築物、道路等)作為校正區，共計選取 300 個樣點；以災後影像為參考影像，並藉線性迴歸推導兩期影像於各波段之迴歸式；最後將欲校正之災前影像代入所求得之迴歸式，即可將影像間的輻射偏差量加以降低(Schott *et al.*, 1988；鍾玉龍等，2006)。

為減少人工選取樣區的誤差，應將殘差較大者分別予以刪除，並重複進行迴歸分析，使其判別係數(R^2)達到 0.95 以上，本研究最後所得迴歸式之各判別係數(R^2)皆已達 0.95 以上，因此可採用其迴歸式進行影像相對輻射糾正(表 5-3 到表 5-6)。

表 5-3 各波段校正迴歸式(大埔事業區第 227、228 林班)

| 波段 | 迴歸式 | R^2 |
|------|---------------------|--------|
| 紅光 | $Y=0.8814X+25.3823$ | 0.9858 |
| 綠光 | $Y=0.918X+19.1406$ | 0.9840 |
| 藍光 | $Y=1.0099X+5.5296$ | 0.9903 |
| 近紅外光 | $Y=0.9075X+22.0665$ | 0.9941 |

$Y = 5$ March 2009 image; $X = 25$ October 2007 image.

表 5-4 各波段校正迴歸式(大埔事業區第 110 林班)

| 波段 | 迴歸式 | R^2 |
|------|----------------------|--------|
| 紅光 | $Y=1.0184X+177.4818$ | 0.9795 |
| 綠光 | $Y=1.0698X- 4.1695$ | 0.9637 |
| 藍光 | $Y=1.1081X-15.5161$ | 0.9644 |
| 近紅外光 | $Y=0.9585X+217.8564$ | 0.9743 |

$Y = 25$ February 2009 image; $X = 16$ January 2009 image.

表 5-5 各波段校正迴歸式(大甲溪事業區第 66 林班)

| 波段 | 迴歸式 | R ² |
|------|-----------------------|----------------|
| 紅光 | Y=12.8467X- 1148.9517 | 0.9860 |
| 綠光 | Y=16.3134X- 1087.832 | 0.9914 |
| 藍光 | Y=18.5468X-899.9686 | 0.9833 |
| 近紅外光 | Y=12.5672X-20.666 | 0.9912 |

Y = 25 February 2009 image; X= 26 August 2008 image.

表 5-6 各波段校正迴歸式(金山礮嘴山)

| 波段 | 迴歸式 | R ² |
|------|--------------------|----------------|
| 紅光 | Y=0.9293X+35.6186 | 0.9696 |
| 綠光 | Y=0.8868X- 67.4493 | 0.9704 |
| 藍光 | Y=0.83X-60.963 | 0.9508 |
| 近紅外光 | Y=0.6336X+248.6461 | 0.9522 |

Y = 10 August 2010 image; X= 3 December 2008 image.

C. 火災災區區位萃取

(A) dNDVI

影像輻射糾正完成後，及針對火災區位進行萃取，本研究採用 NDVI 進行變遷分析，由多波段之影像資料透過常態化差異植生指標轉換為單波段資料時，可消除部份空間及時間之變異(如地形效應及因季節不同之誤差)。將前期 NDVI 影像(*pre-NDVI*)減去後期 NDVI 影像(*post-NDVI*)，藉以取得 NDVI 之差異影像(*dNDVI*) (如式)。透過 *dNDVI* 影像可了解火災前後植生之變化情形，並利用門檻值萃取災害區域，繪製火災區域圖層。

$$dNDVI = pre-NDVI - post-NDVI \quad (式 5-5)$$

(B) ISODATA

本研究將 *dNDVI* 影像透過非監督分類法進行影像分類，將火災與非火災兩

類分出。ISODATA 分類法為群集分析 (cluster analysis) 之一種，ISODATA 為 K-mean 演算法的改進式。統計上進行分類或分組工作最常使用的方法即群集分析法，屬於影像分類中之非監督式分類法。群集分析的意義在於將未知類別的個體予於分組，使較相似之個體歸於同一類；其目標在使各組之組內變異小，而各組之組間變異大。

不同物體、不同波段會在影像中呈現不同的灰度值 (gray level)，灰度值代表著各點於各光譜的反射強度，而於影像分類中，各光譜以向量空間方式來表示，並在此空間中進行分類，目的是在於將影像中之相似之個體予以歸類。在 Arc GIS 中，非監督式分類所採用的分類法屬於反覆自我組織資料分析法 (iterative self-organizing data analysis technique)，簡稱為 ISODATA 分類法，在 Arc GIS 中名為 Iso-cluster。反覆 (iterative) 指該分類法會進行反覆之迭代計算，直至滿足所給定之限制條件為止。所謂的自我組織 (self-organizing) 則是指此方法會依照使用者所輸入之最小群集數目進行自我分類。

使用 ISODATA 分類法首先必須給定分群的群集數目及各群集中心、收斂門檻值及最大遞迴次數。其演算之步驟如下：

1. 選擇群集中心的起始平均值。
2. 計算像元和各群集中心 (即各群集之平均值) 的距離，將像元指定至距離最近的群集。
3. 重新計算各群集的平均值，並以此新的平均值重新進行最小距離的分類。
4. 當前後兩次迭代的結果差異已達到給定之門檻值 (即收斂門檻值) 或最大遞迴次數則不再計算，否則重覆步驟2、3。

本研究將 dNDVI 影像透過 Arc GIS 中 Iso-cluster 進行分類，並產生特徵值檔案(signature file, .gsg)，再將特徵值檔案帶入 Arc GIS 中 Maximum Likelihood Classification 分類器，並輸入 dNDVI 影像，即可產生非監督分類影像。

(C) 火災災區圖層雜訊過濾

由於初步所產生之火災區位，於細部地區仍有雜訊，且具嚴重椒鹽效應，應設法將其去除，以提升精度。故透過型態學演算(Morphology)將之去除。本研究採用一次影像侵蝕(Erosion)，藉此侵蝕較小的影像物件，達到去除雜訊像元之目

的；經由一次的 Erosion 運算，雖去除了大部份的雜訊像元，但火災發生的邊影像元也受到一次的侵蝕，故需再進行一次膨脹(Dilation)運算，藉以回復被侵蝕的火災災區邊界範圍，上述步驟皆採用 5×5 視窗大小分別進行。再將雜訊過濾後之圖網格資料(Raster)轉成向量資料(vector)。

(D) 火災災區分類圖徵後處理

在進行分類圖網格資料(Raster)轉成向量資料(vector)之簡約化(Generalization)計算時，影像分類後常會出現許多不合理之圖徵，如出現分類圖之空洞，以及相鄰圖徵區域的不連續，這種現象容易使區塊不完整以及增加錯判率；故本研究採用 ArcMap 軟體內之圖徵聚集(Aggregate Polygon)功能，將圖徵進行聚集與補洞；再以圖徵簡化(Simplify Polygon)功能進行適度邊界簡化。

(E) 火災災區準確性評估

所得之火災災區圖層，為評估分類成果的良窳，亦隨機選取檢核樣點，並透過準確性評估(Accuracy Assessment)探討成果精度，檢核點資料選取以人工判釋航照以定義地面受災與否，利用誤差矩陣計算總體準確度、生產者精度、使用者精度、誤授率、漏授率及 Kappa 值。

5.2.2 火災災區自動變遷偵測標準作業流程

火災區位自動分類流程以兩套軟體執行，第一步驟採用為 ERDAS IMAGINE，主要目的為影像裁切處理，第二步驟即為火災區位自動分類模組，主要由 ESRI ArcGIS 執行，於模組中執行影像變遷分析，主要流程如圖 5-9。

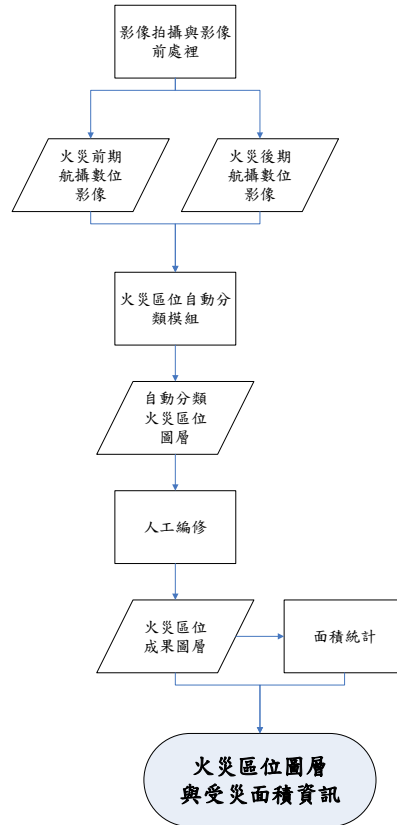


圖 5-9 火災區位自動分類標準作業流程

針對 99 年度火災區位自動分類模組進行編修動作，並同時將工作手冊進行編修，將流程簡化改善，以完成標準作業流程。

A. 採用影像與軟體

自動分類採用正射影像進行作業，並採用下列兩種影像種類執行：

- ADS-40 航攝數位影像

影像格式: ADS-40 L2 五千分之一圖幅大小正射影像。空間解析度: 0.25m。光譜解析度: 4 波段(第一波段紅光波段、第二波段綠光波段、第三波段藍光波段、第四波段近紅外光波段)。輻射解析度: 12-bit 或 16-bit。

- DMC 航攝數位影像

影像格式: DMC 五千分之一圖幅大小正射影像。空間解析度: 0.25m。光譜

解析度: 4 波段(第一波段紅光波段、第二波段綠光波段、第三波段藍光波段、第四波段近紅外光波段)。輻射解析度: 12-bit 或 16-bit。

火災區位自動分類模組中，主要採用 NDVI 影像差值法(NDVI differencing) 進行火災區位自動分類，同時針對森林火災前後之波譜差異，確實有效地篩選森林火災區域。

B. 採用影像處理技術

(A)NDVI 影像差值法 (ESRI ArcGIS)

針對火災區位進行萃取，本研究採用 NDVI 影像差值法，將前期 NDVI 影像 ($pre\text{-}NDVI$) 減去後期 NDVI 影像 ($post\text{-}NDVI$)，藉以取得 NDVI 之差異影像 ($dNDVI$) (如式 9)。透過 $dNDVI$ 影像可了解火災前後植生之變化情形，並利用門檻值萃取災害區域，繪製火災區域圖層。

(B) 非監督式分類 (ESRI ArcGIS)

為執行火災區位自動分類，故以非監督分類進行之。非監督式分類利用數學運算檢查影像像元，呈現影像上的自然群集，利用群集分析(Cluster Analysis)方式，接收使用者欲安置該數目的群集數，反覆計算，以達最高波譜分離，模組採用群集分析中的 ISODATA 分類演算法執行。

將前步驟計算之 NDVI 影像納入非監督分類，將 NDVI 值介於-1 與 1 之間的值域進行分群。將 $dNDVI$ 影像透過 Arc GIS 中 Iso-cluster 進行分類，並產生特徵值檔案(signature file, .gsg)，再將特徵值檔案帶入 Arc GIS 中 Maximum Likelihood Classification 分類器，並輸入 $dNDVI$ 影像，即可產生非監督分類影像。

(C) 成果雜訊過濾 (ESRI ArcGIS)

由於初步所產生之火災區位，於細部地區仍有雜訊，且具嚴重椒鹽效應，應

設法將其去除，以提升精度。故透過型態學演算(Morphology)將之去除。本研究採用一次影像侵蝕(Erosion)，藉此侵蝕較小的影像物件，達到去除雜訊像元之目的；經由一次的 Erosion 運算，雖去除了大部份的雜訊像元，但火災發生的邊界像元也受到一次的侵蝕，故需再進行一次膨脹(Dilation)運算，藉以回復被侵蝕的火災災區邊界範圍，上述步驟皆採用 5x5 視窗大小分別進行。再將雜訊過濾後之圖網格資料(Raster)轉成向量資料(vector)。

(D) 分類圖徵後處理 (ESRI ArcGIS)

在進行分類圖網格資料轉成向量資料時，影像分類後常會出現許多不合理之圖徵，如出現分類圖之空洞，以及相鄰圖徵區域的不連續，這種現象容易使區塊不完整以及增加錯判率；故本研究採用 ESRI ArcGIS 軟體內之圖徵聚集 (Aggregate Polygon) 功能，將圖徵進行聚集與補洞；再以圖徵簡化功能進行適度邊界簡化。

(E) 成果編修(ESRI ArcGIS)

將自動分類成果套疊災後影像，進行成果編修，利用 ArcGIS 圖層編修功能，把偵測錯誤之圖徵濾除。

C. 火災區位自動分類工作手冊

本研究亦撰寫火災區位自動分類模組工作手冊，可提供模組織標準操作步驟，手冊如附錄 C。

5.2.3 火災災區製圖案例分析

A. 大埔事業區第 227、228 林班

計算火災前後期 NDVI，以及利用影像相減法計算 dNDVI，透過前後期 NDVI 之影像差值可表現災區內植生覆蓋的變化情形(圖 5-10)。

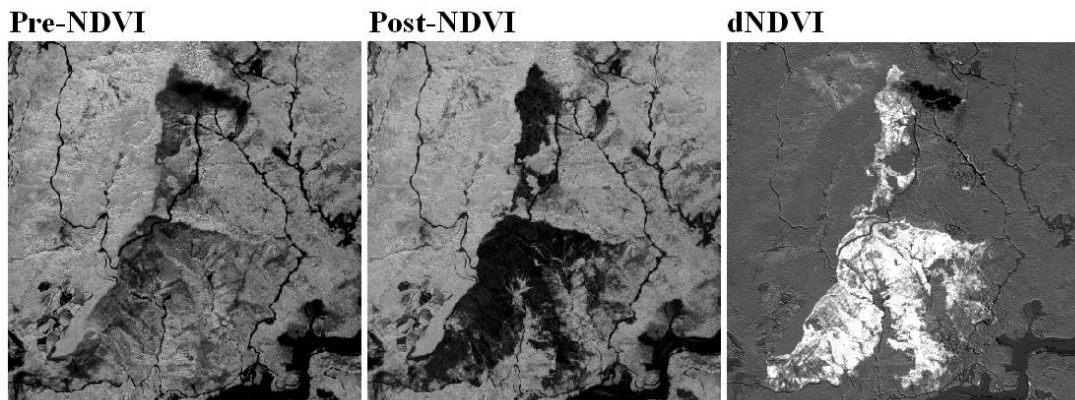


圖 5-10 NDVI 計算成果 (Pre-NDVI, 災前 NDVI; Post-NDVI, 災後 NDVI; dNDVI, 差異 NDVI)

利用 dNDVI 萃取火災發生區位，經由準確性評估其總體精確度達 90.16%，Kappa 值為 0.7969，顯示精度已達可應用範圍(表 5-7)，自動分類成果圖如圖 5-11。

表 5-7 誤差矩陣(大埔事業區第 227、228 林班)

| | 未受災 | 受災 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|-------|--------|-----------------|----------|--------|
| 未受災 | 140 | 0 | 140 | 100.00 | 0 |
| 受災 | 25 | 89 | 114 | 78.07 | 12.93 |
| 總和 | 165 | 89 | 256 | | |
| 生產者精度(%) | 84.85 | 100.00 | 總體精確度=90.16% | | |
| 漏授率(%) | 15.15 | 0 | Kappa 值= 0.7969 | | |

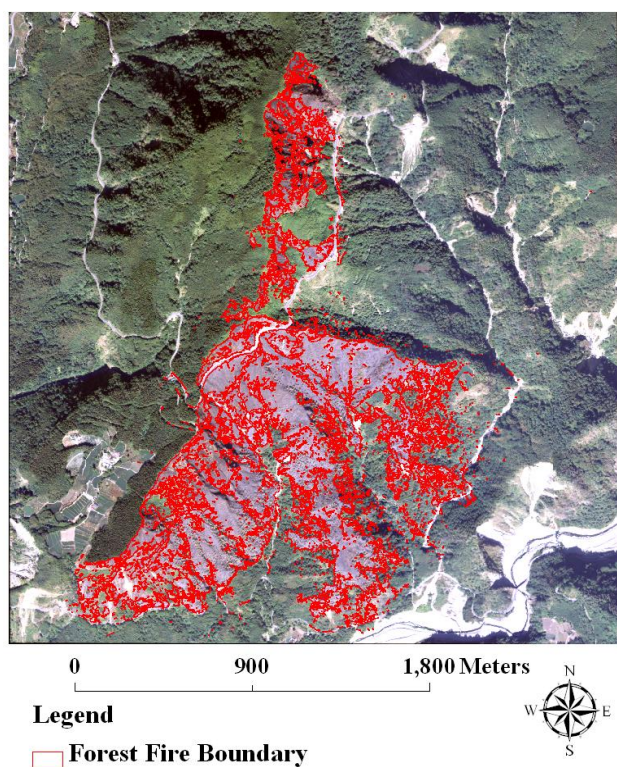


圖 5-11 大埔事業區第 227、228 林班火災自動偵測成果圖

將火災自動偵測成果統計全區延燒面積，總受災面積為 152.91 公頃。為了解林地受災之情形，利用土地利用圖層切取火災發生區位，並依各林型分別計算受災面積。主要以天然闊葉混淆林、麻竹林、天然草生地為主，各土地利用型燒毀面積如表 5-8。

表 5-8 各林型受災面積(大埔事業區第 227、228 林班)

| 土地利用 | 面積(公頃) |
|-------|--------|
| 天闊混 | 0.02 |
| 桂竹林 | 3.06 |
| 麻竹林 | 45.56 |
| 天竹闊混 | 46.94 |
| 杉木類造林 | 0.14 |
| 人針混 | 1.46 |
| 楓香造林 | 5.23 |
| 桂竹造林 | 3.21 |
| 天然草生地 | 47.12 |
| 其他旱作地 | 0.01 |
| 總和 | 152.91 |

B.大埔事業區 110 林班

計算火災前後期 NDVI，以及利用影像相減法計算 dNDVI，透過前後期 NDVI 之影像差值可表現災區內植生覆蓋的變化情形(圖 5-12)。

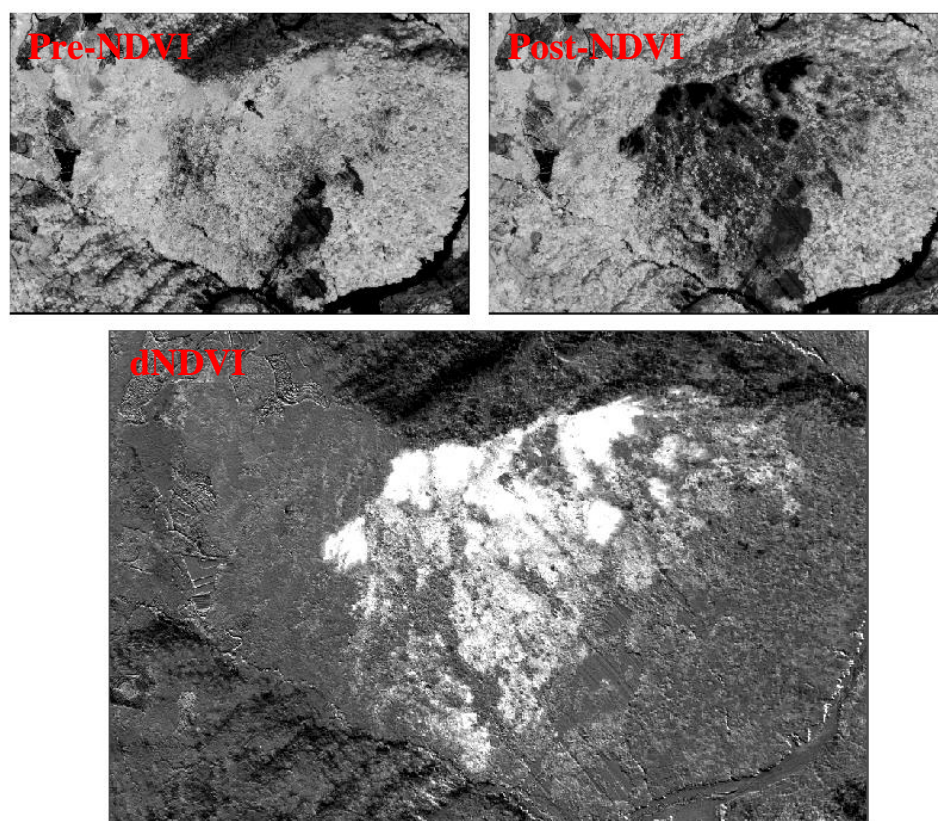


圖 5-12 NDVI 計算成果 (Pre-NDVI, 災前 NDVI; Post-NDVI, 災後 NDVI; dNDVI, 差異 NDVI)

利用 dNDVI 萃取火災發生區位，經由準確性評估其總體精確度達 95.70%，Kappa 值為 0.8204，顯示精度已達可應用範圍(表 5-9)，自動分類成果圖如圖 5-13。

表 5-9 誤差矩陣(大埔事業區 110 林班)

| | 未受災 | 受災 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|-------|-------|-----------------|----------|--------|
| 未受災 | 215 | 9 | 217 | 99.08 | 0.92 |
| 受災 | 2 | 30 | 39 | 76.92 | 23.08 |
| 總和 | 224 | 32 | 256 | | |
| 生產者精度(%) | 95.98 | 93.75 | 總體精確度=95.70% | | |
| 漏授率(%) | 4.02 | 6.25 | Kappa 值= 0.8204 | | |

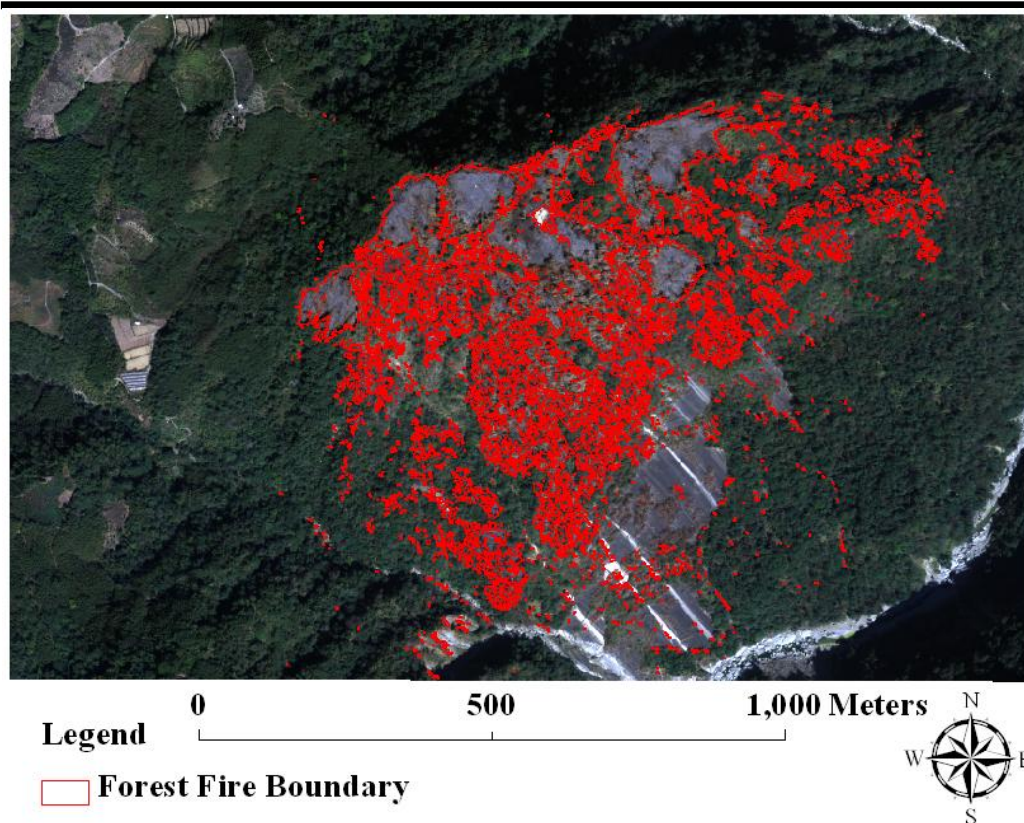


圖 5-13 大埔事業區 110 林班火災自動偵測成果圖

將火災自動偵測成果統計全區延燒面積，總受災面積為 23.33 公頃。在受災主要林型方面，為了解受災之主要林型以及其面積，利用土地利用圖層切取火災發生區位，並依各林型分別計算受災面積。受災林型以麻竹林為主，各土地利用型燒毀面積如表 5-10。

表 5-10 各林型受災面積(大埔事業區 110 林班)

| 土地利用 | 面積(公頃) |
|------|--------|
| 天闊混 | 0.03 |
| 桂竹林 | 0.10 |
| 麻竹林 | 22.32 |
| 天竹闊混 | 0.89 |
| 總和 | 23.33 |

C. 大甲溪事業區 66 林班

計算火災前後期 NDVI，以及利用影像相減法計算 dNDVI，透過前後期

NDVI 之影像差值可表現災區內植生覆蓋的變化情形(圖 5-14)。

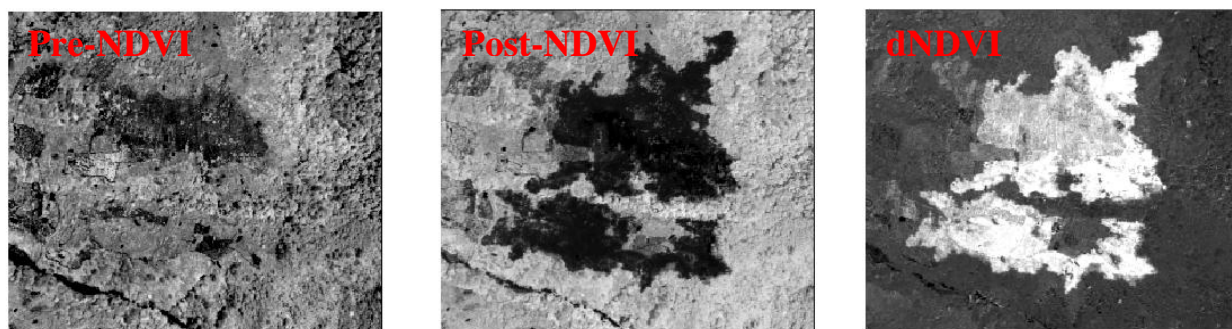


圖5-14 NDVI計算成果 (Pre-NDVI, 災前NDVI; Post-NDVI, 災後NDVI; dNDVI, 差異NDVI)

利用 dNDVI 萃取火災發生區位，經由準確性評估其總體精確度達 98.05%，Kappa 值為 0.9497，顯示精度已達可應用範圍(表 5-11)，自動分類成果圖如圖 5-15。

表 5-11 誤差矩陣(大甲溪事業區第 66 林班)

| | 非火災 | 火災 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|-------|-------|-----------------|----------|--------|
| 非火災 | 186 | 4 | 187 | 99.47 | 0.53 |
| 火災 | 1 | 65 | 69 | 94.20 | 5.80 |
| 總和 | 190 | 66 | 256 | | |
| 生產者精度(%) | 97.89 | 98.48 | 總體精確度=98.05% | | |
| 漏授率(%) | 2.11 | 1.52 | Kappa 值= 0.9497 | | |

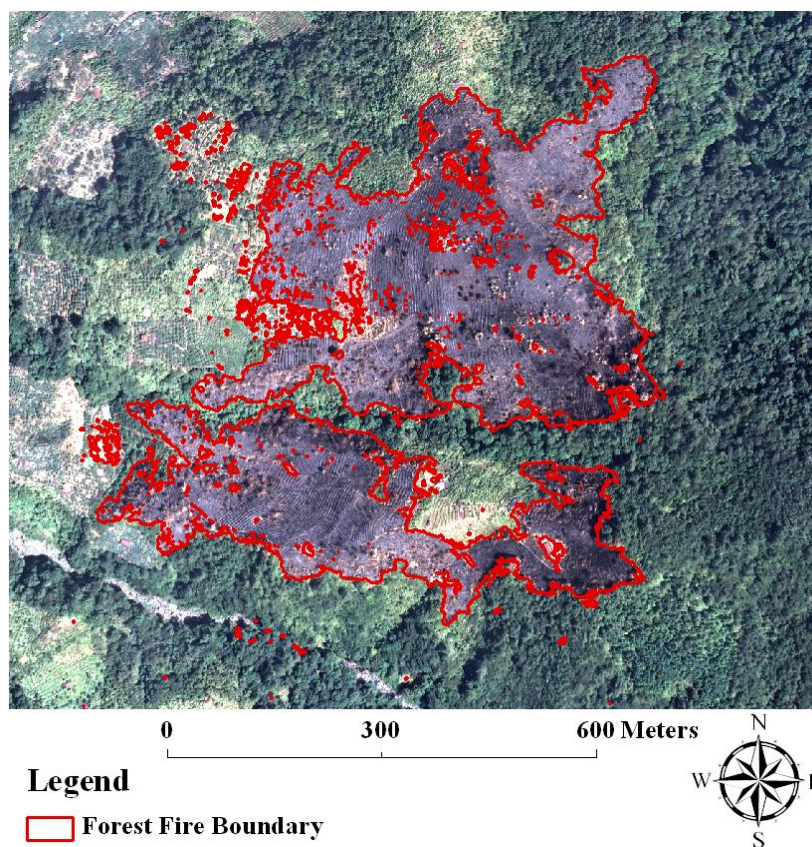


圖 5-15 大甲溪事業區 66 林班火災自動偵測成果圖

將火災自動偵測成果統計全區延燒面積，總受災面積為 28.31 公頃。在受災主要林型方面，為了解受災之主要林型以及其面積，利用土地利用圖層切取火災發生區位，並依各林型分別計算受災面積。受災林型以果園為主，各土地利用型燒毀面積如表 5-12。

表 5-12 各林型受災面積(大甲溪事業區第 66 林班)

| 土地利用 | 面積(公頃) |
|-----------|--------|
| 天針闊混 | 0.44 |
| 松類造林 | 0.01 |
| 人針混 | 0.29 |
| 蘋果、梨、水蜜桃園 | 27.58 |
| 總和 | 28.31 |

D. 金山礮嘴山火災樣區

金山礮嘴山火災樣區同樣以 dNDVI 萃取火災發生區位，並採用農林航空測量所提供之金山火災數化圖層進行檢核工作，檢核過程採用面檢核，經由準確性評估其總體精確度達 99.29%，Kappa 值為 0.9618，顯示精度已達可應用範圍(表 5-13)，自動分類成果圖如圖 5-17。

表 5-13 誤差矩陣(金山礮嘴山)

| | 非火災 | 火災 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|---------|--------|-----------------|----------|--------|
| 非火災 | 2740833 | 9344 | 2750177 | 99.66 | 0.34 |
| 火災 | 12428 | 306786 | 319214 | 96.11 | 3.89 |
| 總和 | 2753261 | 316130 | 3069391 | | |
| <hr/> | | | | | |
| 生產者精度(%) | 99.55 | 97.04 | 總體精確度=99.29% | | |
| <hr/> | | | | | |
| 漏授率(%) | 0.45 | 2.96 | Kappa 值= 0.9618 | | |

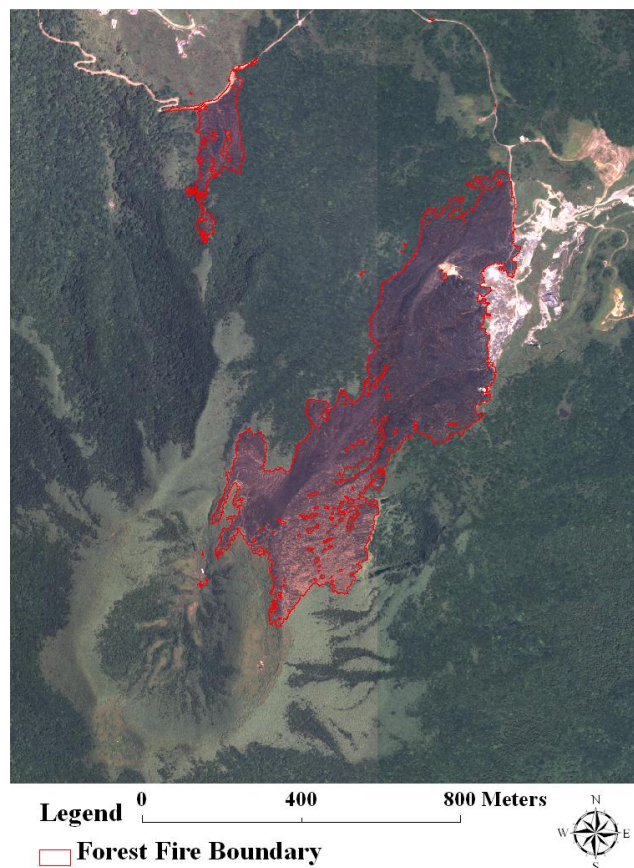


圖 5-15 金山火災自動偵測成果圖

以數化圖層加以比對自動偵測圖層，僅有部分邊界之差異，以及災區內部 NDVI 變化較小之小碎塊(圖 5-17)。

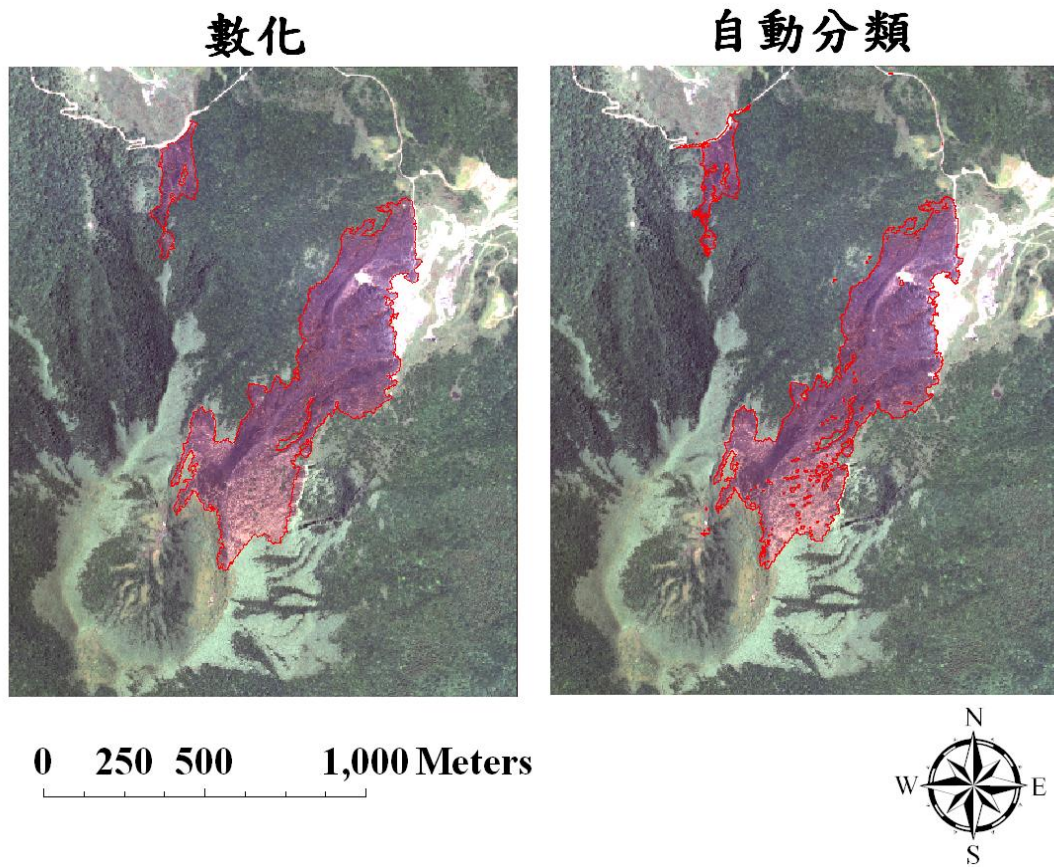


圖 5-17 火災自動偵測成果比對

5.2.4 火災災區製圖誤差討論

本研究以兩期航照數值多光譜影像為材料，首先藉由相對輻射糾正處理前後期影像，而後透過 dNDVI 進行資料處理，增揚火災變遷特徵，再利用 ISODATA 非監督分類法，區分火災受災與非受災區域，再以形態學後處理過濾雜訊，以達自動製圖之目的。

比對前人研究，Garcia-Haro *et al.* (2001)曾採用 Landsat 衛星影像，以多種變遷分析方法進行火災變遷偵測，該研究指出 dNDVI 的偵測成果較佳，因其結合相對應時期的光譜數據進行差異比較，可直接解釋森林火災對植被之破壞；Fox *et al.* (2008) 亦以 dNDVI 進行火災區位萃取，同時指出利用火災跡地反射波譜變化，能快速而有效地取得火災區位資料。本研究亦以 dNDVI 進行

分析易得到良好之成果，然而分類成果仍有部份錯差，主要是因部份區域災前的 NDVI 值就不是很高，導致較低的 dNDVI 而發生火災變遷區域之漏授，災前較低的 NDVI 會使火災變遷區域較難偵測(Eva and Lambin, 1998)，經由航照判釋檢核，發生錯誤分類之區域，確實大部份發生在前期影像中較枯黃的植被，因此部份衰退之植被對火災變遷偵測產生一定程度之影響，此類錯誤在變遷分析中實為無法避免之誤差，故在後續再以數化編修方式，可有效消除誤差。

5.3 火燒嚴重度分類技術

5.3.1 火燒嚴重度分類技術

森林火災是生態干擾的重要因子，其主要負面影響包括植被生物量的損失、土壤退化(Doerr *et al.*, 2006)及溫室氣體排放量的增加(Miranda *et al.*, 1994)，因此對於生態環境具有巨大的破壞性。由於森林火災的發生與復育具有空間和時間尺度的因果關係，且對生態系統的維護造成重大影響，故對森林保護工作而言是一項考驗(Lentile *et al.*, 2006)。長久以來，森林火災的事前防範與事後撲滅，一直是林業研究與實務工作的重點，且近年來因保育意識的提昇，更使得森林火災過後的復育工作備受關注(林朝欽等，2005)，然而復育措施必須針對林地受影響的程度加以評估訂定，因此嚴重度判釋便成為一項重要的研究課題。

火燒嚴重度分級，係參考加拿大魁北克省自然資源部(Quebec Ministry of Natural Resources, MNRQ)之火燒嚴重度航照判釋原則(Brais *et al.*, 2000)(表 5-14)與研究區現況，並比較災害前後地表狀態變化予以判別分級，分為重嚴重度級、中嚴重度級，以及輕嚴重度；分級完成後，利用判釋方式於航空照片上選取不同嚴重度之訓練樣區，同時萃取 dNDVI 的像元值，以供後續分析之用，各嚴重度在災害前後之影像如圖 5-18。

表 5-14 火燒嚴重度航照判釋原則(Brais *et al.*, 2000)

| 程度 | 判釋原則 |
|------|---|
| 重嚴重度 | 植被全數焦黑 (all vegetation was charred) |
| 中嚴重度 | 林下植被與冠層葉片、樹枝被燒焦 (understory and canopy leaves and twigs were singed) |
| 輕嚴重度 | 樹葉和樹枝被部份燒焦，但大部份植被保持完整 (leaves and twigs were partly singed but most of the vegetation remained intact) |

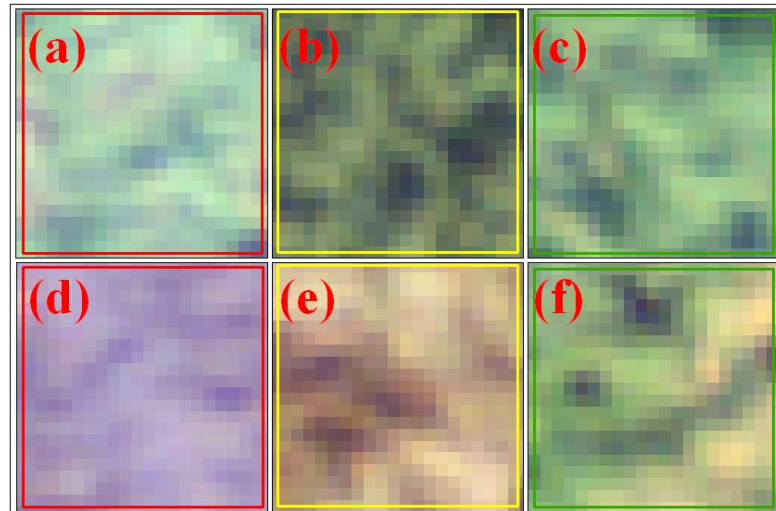


圖 5-18 各嚴重度之訓練樣區影像；(a) 重嚴重度區域之災前影像、(b) 中嚴重度區域之災前影像、(c) 輕嚴重度區域之災前影像、(d) 重嚴重度區域之災後影像、(e) 中嚴重度區域之災後影像、(f) 輕嚴重度區域之災後影像

火燒嚴重度製圖係以影像分類方式進行。首先切取火災範圍的 dNDVI 影像，再將航照判釋之各嚴重度的訓練樣區，匯入 ERDAS IMAGINE 遙測影像處理軟體，並採用監督性分類(Supervised Classification)的最大概似法(Maximum Likelihood Method)進行影像分類，火燒嚴重度之分類別為重、中、輕等 3 級。而所得之火燒嚴重度分類圖，隨機選取樣點，進行航照判釋，並透過準確性評估(Accuracy Assessment)探討分類成果之精確度。

5.3.2 火燒嚴重度分類案例分析

參考前人研究(Brais *et al.*, 2000)與災區現況，本研究將火災受害程度分為重嚴重度、中嚴重度與輕嚴重度等 3 級後，判釋航空照片選取各等級訓練樣區，萃取 dNDVI 各嚴重度之像元值，納入最大概似法進行分類。

A. 大埔事業區第 227、228 林班

利用影像分類方式，進行 dNDVI 火燒嚴重度分級。其中 dNDVI 分類總體精確度為 75.00%，Kappa 值為 0.6002(表 5-15)。由於 DMC 影像的空間解析力相當高(0.25m)，在火燒嚴重程度分級圖上可觀察到極為細緻的分級類別分布(圖 5-19)。

表 5-15 火燒嚴重度誤差矩陣(大埔事業區第 227、228 林班)

| | 重嚴重度 | 中嚴重度 | 輕嚴重度 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|-------|-------|-------|-----|-----------------|--------|
| 重嚴重度 | 48 | 1 | 0 | 49 | 97.96 | 2.04 |
| 中嚴重度 | 20 | 26 | 1 | 47 | 55.32 | 44.68 |
| 輕嚴重度 | 5 | 3 | 16 | 24 | 66.67 | 33.33 |
| 總和 | 73 | 30 | 17 | 120 | | |
| 生產者精度(%) | 65.75 | 86.67 | 94.12 | | 總體精確度=75.00% | |
| 漏授率(%) | 34.25 | 13.33 | 5.88 | | Kappa 值= 0.6002 | |

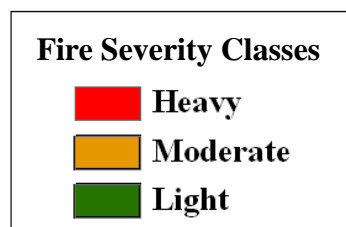
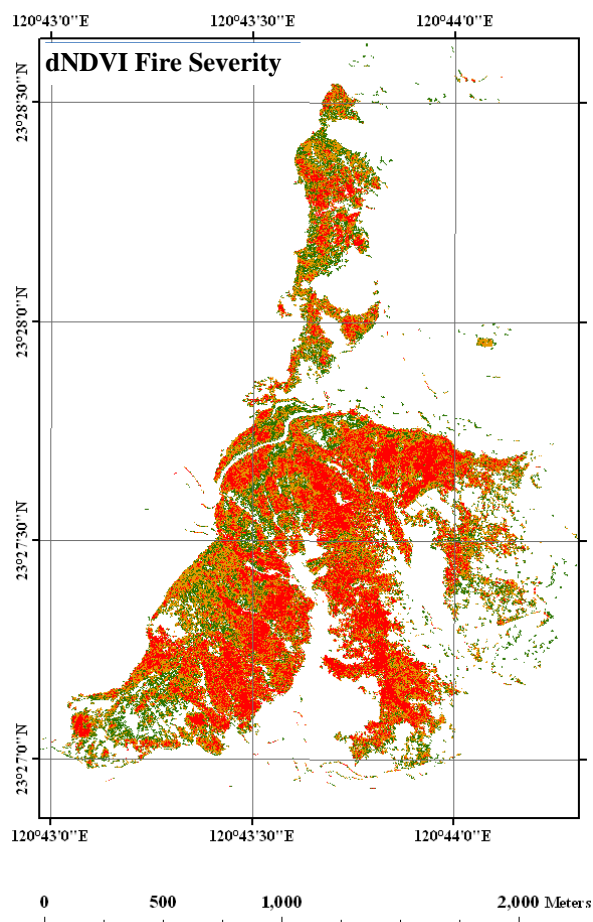


圖 5-19 火燒嚴重度分布圖(大埔事業區 227、228 林班)

B. 大埔事業區第 110 林班

利用影像分類方式，進行 dNDVI 火燒嚴重度分級。其中 dNDVI 分類總體精確度為 71%，Kappa 值為 0.56(表 5-16)。火燒嚴重度分類成果圖如圖 5-20。

表 5-16 火燒嚴重度誤差矩陣(大埔事業區第 110 林班)

| | 重嚴重度 | 中嚴重度 | 輕嚴重度 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|-------|-------|-------|-----|-----------------|--------|
| 重嚴重度 | 18 | 0 | 0 | 18 | 100.00 | 0 |
| 中嚴重度 | 9 | 30 | 6 | 45 | 66.67 | 33.33 |
| 輕嚴重度 | 5 | 9 | 23 | 37 | 62.16 | 37.86 |
| 總和 | 32 | 39 | 29 | 100 | | |
| 生產者精度(%) | 56.25 | 72.92 | 79.31 | | 總體精確度=71.00 | |
| 漏授率(%) | 43.75 | 27.08 | 10.69 | | Kappa 值= 0.5603 | |

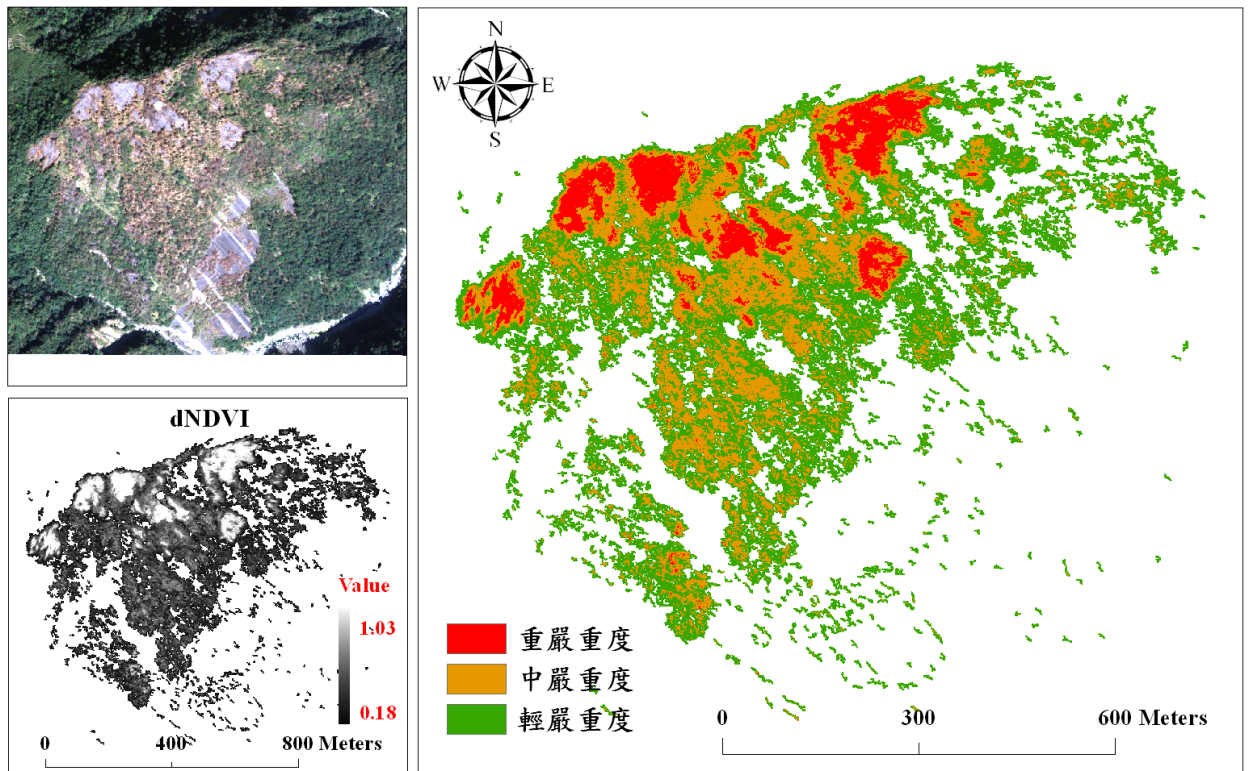


圖 5-20 火燒嚴重度分布圖 (大埔事業區第 110 林班)

C. 大甲溪事業區 66 林班

利用影像分類方式，進行 dNDVI 火燒嚴重度分級。其中 dNDVI 分類總體精確度為 74%，Kappa 值為 0.3529(表 5-17)。火燒嚴重度分類成果圖如圖 5-21。

表 5-17 火燒嚴重度誤差矩陣(大甲溪事業區第 66 林班)

| | 重嚴重度 | 中嚴重度 | 輕嚴重度 | 總和 | 使用者精度(%) | 誤授率(%) |
|----------|-------|-------|------|-----|-----------------|--------|
| 重嚴重度 | 64 | 5 | 0 | 69 | 92.75 | 7.25 |
| 中嚴重度 | 14 | 6 | 0 | 20 | 30.00 | 70.00 |
| 輕嚴重度 | 4 | 3 | 4 | 11 | 36.36 | 64.64 |
| 總和 | 82 | 14 | 4 | 100 | | |
| 生產者精度(%) | 78.05 | 42.86 | 100 | | 總體精確度=74.00% | |
| 漏授率(%) | 21.95 | 57.14 | 0 | | Kappa 值= 0.3529 | |

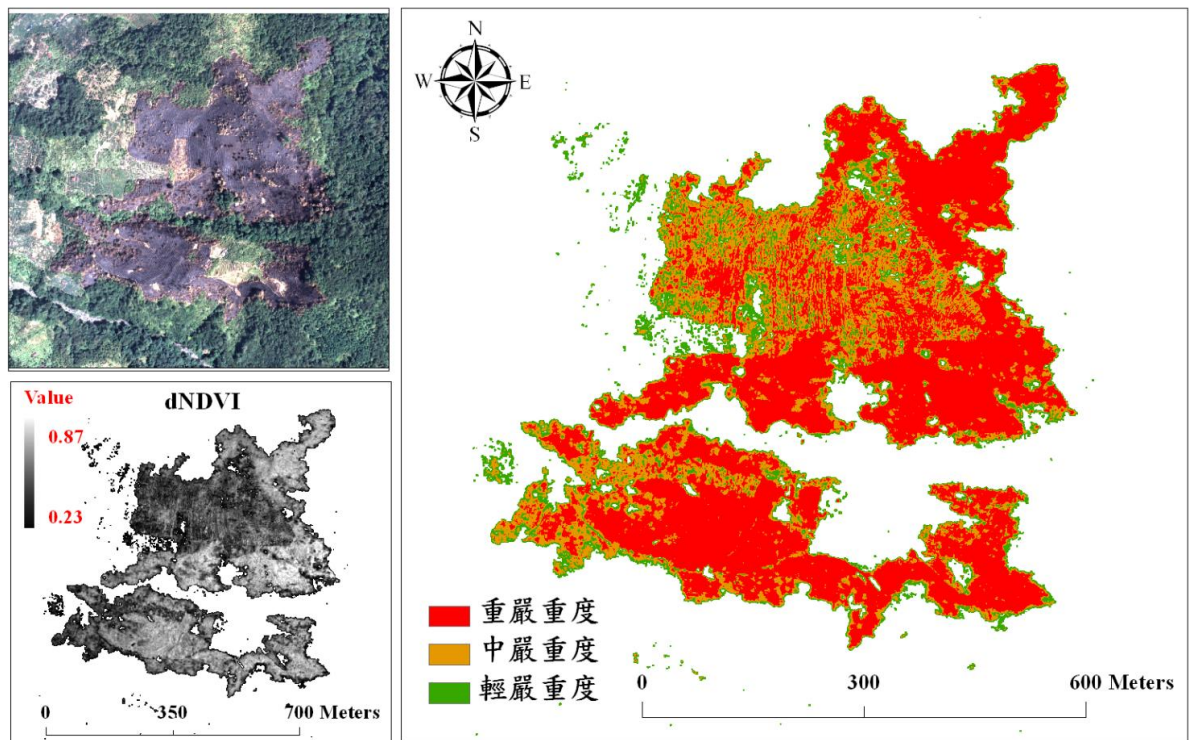


圖 5-21 火燒嚴重度分布圖(大甲溪事業區第 66 林班)

D. 金山礮嘴山大火

利用影像分類方式，進行 dNDVI 火燒嚴重度分級。其中 dNDVI 分類總體精確度為 52%，Kappa 值為 0.2243(表 5-18)。火燒嚴重度分類成果圖如圖 5-22。

表 5-18 火燒嚴重度誤差矩陣(金山礮嘴山)

| | 重嚴重度 | 中嚴重度 | 輕嚴重度 | 總和 | 使用者精度 (%) | 誤授率 (%) |
|-----------|-------|-------|-------|-----|------------------|---------|
| 重嚴重度 | 30 | 10 | 0 | 40 | 75.00 | 25.00 |
| 中嚴重度 | 16 | 19 | 1 | 36 | 52.78 | 47.22 |
| 輕嚴重度 | 19 | 2 | 3 | 24 | 12.50 | 77.50 |
| 總和 | 65 | 31 | 4 | 100 | | |
| 生產者精度 (%) | 46.15 | 61.29 | 75.00 | | 總體精確度 =52.00% | |
| 漏授率 (%) | 53.85 | 38.71 | 25.00 | | Kappa 值= 0.2243 | |

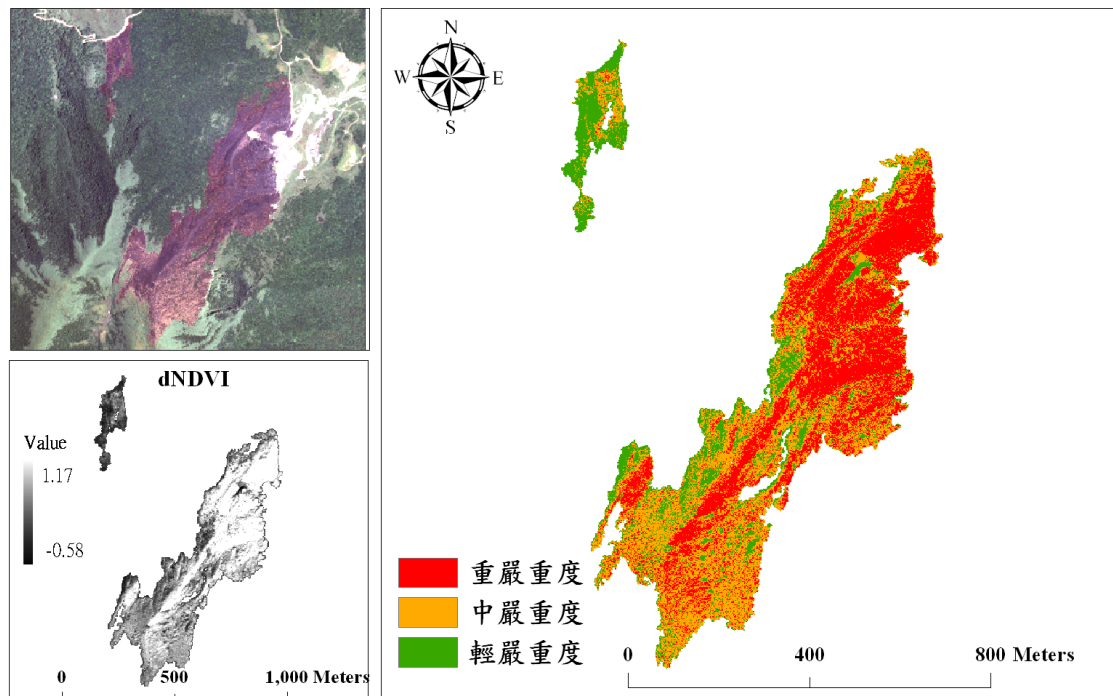


圖 5-22 火燒嚴重度分布圖(金山礮嘴山)

5.3.2 火燒嚴重度誤差討論

在 dNDVI 之分類成果中，重嚴重度與中嚴重度仍有部份混淆，主要錯誤是因災前部份地區較低的 NDVI 值導致較低的 dNDVI，進而使 dNDVI 分類時分發生混淆，另 NDVI 嚴重受地表植生的物候(Phenology)所影響，如火災發生在地表植生進入衰退期後，則災前較低的 NDVI 會使災害較難區分(Eva and Lambin, 1998)，此係由於災前較低的 NDVI 會納入 dNDVI 之計算，進而產生較低的 dNDVI 值所導致。如大埔事業區 227、228 林班的案例中，災前影像屬秋季影像(10 月 25 日)，經由影像判釋，發生錯誤分類之區域，確實大部份發生在前期影像中較枯黃之植被，因此部份衰退之植被對火燒嚴重度之評估產生一定程度之影響。

另重嚴重度級的火災區位佔大部份面積，如大埔事業區 227、228 林班以草生地居多，故連續大面積的焚燒，造成災後地面呈現裸土狀況，因此被歸為重嚴重度等級；中嚴重度等級一般分布在麻竹林的區位上；至於稠密的森林地邊緣多為中嚴重度與輕嚴重度等級。上述結果亦顯示火災嚴重度與地表植生類型有關，不同的植被類型會影響火燒嚴重度(Hammill and Bradstock, 2006)。

研究指出，由於樹冠火大面積波及的區域，火燒後植物變成焦黑，使得紅光與近紅外光之反射和吸收與綠色植物不同，因此藉 NDVI 的變化現象，確實可以區別火燒程度之差異情形(White *et al.*, 1996; 林朝欽等, 2005)。另 NDVI 可代表地表之植生覆蓋，且與實地測量火燒嚴重度具有關係(Chafer *et al.*, 2004; Hammill and Bradstock, 2006)，故利用 dNDVI 可評估植生覆蓋之變化程度，進而估計火災嚴重度(Chafer, 2008; Fox *et al.*, 2008; Miller and Yool, 2002; Santis *et al.*, 2009)，而本研究亦證實 dNDVI 可有效及快速的提供由林火引起的植生變化訊息。

由於航照數位多光譜影像可進行大面積拍攝工作，相較於地面調查，不僅可節省作業之時間、人力與經費，更能快速探知受災面積大小與嚴重程度，同時有利於後續撫育作業之規劃評估；從水土保持的角度來看，高強度焚燒地區的災後管理極為重要，因為火災後若發生降雨，則此區將是水土流失最嚴重的可能位置(Doerr *et al.*, 2006; Shakesby *et al.*, 2007; Fox *et al.*, 2008)，因此重嚴重度區位需進行水土保持處理，以免後續土石流失。而本研究以 dNDVI 影像進行區位萃取與火燒嚴重度製圖，亦皆呈現具應用性之可行成果。現階段係由光譜特性進行火災區位的萃取，結合照片判釋資訊與光譜變化特徵以影像分類法進行火燒嚴重度之

分級。

總體來說以 NDVI 差值法來進行火燒嚴重度評估，精度變化較大，主要受限於前後期影像的狀況差異，亦受到地表植生的物候變化的影響，以及不同的植被類型會影響火燒嚴重度，然而採用此法可快速的提供由林火引起的植生變化訊息。

第六章 航照數位影像在林地分類上之研究

台灣地區林地覆蓋多樣，以影像分類進行高精度森林土地覆蓋製圖須以複雜之分類機制，以克服各土地覆蓋影像特徵多樣，如以一般常用監督式分類方式進行製圖，其所得精度有限。故本研究採用原始影像之光譜資訊，進行亮度指數、植生指標及紋理指標之計算，並藉由物件導向分析法將影像物件化以繼承各地物類別之影像資訊，同時透過知識庫系統整合各式影像分類資訊來源，並以階層式分類(Hierarchical Classification)概念進行影像分類，本研究之研究流程如圖 6-1 所示。

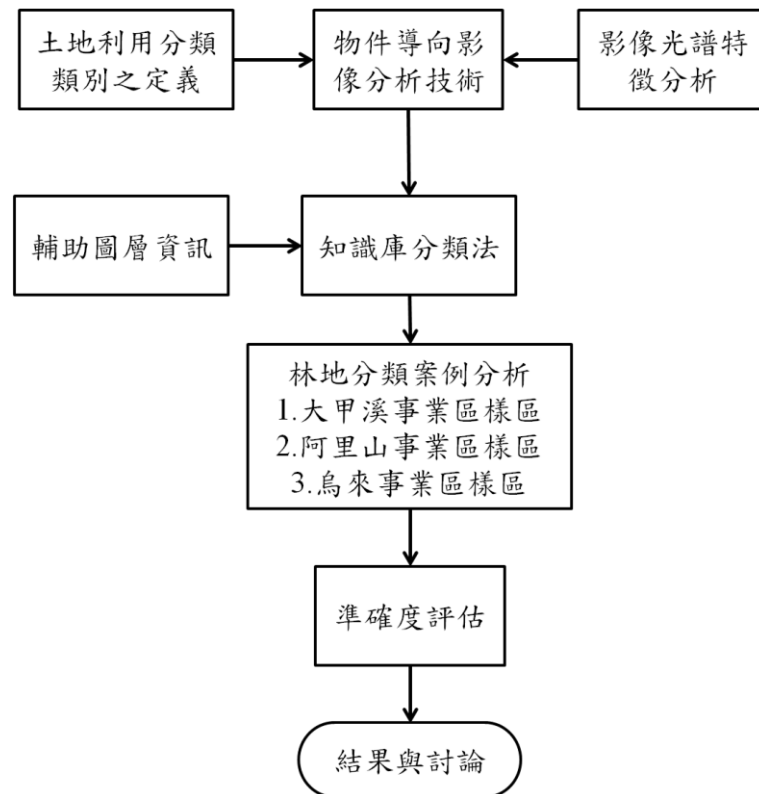


圖 6-1 影像分類之操作流程

6.1 地真資料與土地利用分類類別

6.1.1 地真資料

A. 農航所調查土地利用型圖層

由林務局農林航空測量所數化之土地利用型圖層；本研究從中挑選研究地區範圍內之圖層資料，以供人工航照判釋圖層數化檢核之用。

B. 國土利用調查圖層

國土利用調查圖層為民國 95 年起由內政部國土測繪中心分年度辦理全國(含金馬地區)之國土利用調查作業及成果資料整合建置工作；對每筆土地之使用情形，先以影像判釋之方式進行分類，再針對建物及無法確定使用情形之土地進行實地調查、拍照、分類及建檔等工作；本研究選用研究地區範圍內之圖層資料，以供人工航照判釋圖層數化檢核之用。

C. 台灣現生天然植群圖集圖層

台灣現生天然植群圖集圖層為 2003 年由林務局所推動之「國家植群多樣性調查及製圖計畫」乃透過 3564 個地面樣區實地調查並於 2008 年完成 3,247 幅五千分之一現生天然植群圖，本研究選用研究地區範圍內之圖層資料，以供人工航照判釋圖層數化檢核之用。

D. 數值航攝影像

為更進一步了解其影像真實情形，故本研究亦採用農林航空測量所所拍攝之數值航攝影像，其影像解析度達到 25 cm，其影像即是本研究影像分類之影像，可做為地真資料所使用，並與上述圖層搭配進行人工判釋，供影像分類後之精度評估檢核資料。

6.1.2 土地利用分類類別

本研究採用第四次森林資源調查之土地覆蓋型地物類別作為分類基準，與其他土地利用/覆蓋分類系統之轉換階層如表表 6-1。

表 6-1 本研究所採用之土地利用/覆蓋分類系統

| IPCC | 內政部分類 | 第四次森林資源調查 |
|--------------|---------------------------------|---------------------|
| 林地 | 森林使用土地 | 01 針葉樹林型 |
| | | 02 闊葉樹林型 |
| | | 03 針闊葉樹混淆林 |
| | | 05 竹林 |
| | | 06 竹闊混淆林 |
| | | 07 竹針混淆林 |
| | | 08 竹針闊混淆林 |
| | | 09 待成林地 |
| | | 農田 |
| 22 茶園 | | |
| 23 果樹 | | |
| 24 檳榔 | | |
| 25 其他農作地 | | |
| 草地 | 其他使用土地—草生地 | 31 灌木林 |
| | | 32 天然草生地 |
| | | 33 箭竹地 |
| | | 34 牧草地 |
| 濕地 | 其他使用土地—濕地 水利使用土地 | 41 人工濕地(漁塭、水庫、水池) |
| | | 42 天然濕地(河床、溪流、池沼水面) |
| | | 43 紅樹林 |
| 定居地 | 農業使用土地 | 51 道路 |
| | 交通使用土地 | |
| | 水利使用土地 | |
| | 建築使用土地 | |
| | 公共使用土地 | |
| | 遊憩使用土地 | |
| | 礦鹽使用土地 | |
| | 其他使用土地—軍事用地 —營建剩餘土石方 —空置地 | |
| 52 墓地 | | |
| 53 工礦開採區 | | |
| 54 農(林)業附帶設施 | | |
| 55 其他建物 | | |
| 其他土地 | 其他使用土地—裸露地 | 61 裸露地 |

6.2 物件基礎影像分析 (Object-Based Image Analysis, OBIA)

6.2.1 指數計算

A. 光譜指標

NDVI 以之紅光波段與近紅外光波段進行比值計算，NDVI 之數值分佈於 -1 至 1 之間，在植生量較高處會有較高之近紅外光波段反射值與較低之紅光波段反射值，故其 NDVI 值會大於 0，而 NDVI 值愈高表示地表植生愈茂密、生長狀況愈好，公式如式 3-3。

簡單比植生指標，利用近紅外光與紅光兩波段相除之值作為植生指標，常被應用於估算綠色植物之生物量，因植物有反射近紅外光及吸收紅光的特性，因此值大者表示植生量豐富；反之則表示植生量少或無植生覆蓋，公式如式 6-2。

$$SR = \frac{NIR}{R} \quad (\text{式 6-1})$$

上式中 SR 為簡單比植生指標，R 為紅光波段，NIR 為近紅外光波段

亮度值指標，本研究為降低影像陰影區塊影響影像分類的準確性，先行將陰影區域進行偵測。具體方法乃以亮度值法(brightness)進行陰影區域偵測，亮度值法為紅光、綠光、藍光、近紅外光之平均值，其公式如式 3-1。

B. 紋理指標

紋理指標運算，Haralick *et al.* (1973) 以灰階共變異矩陣 (Grey-Level Co-occurrence Matrix, GLCM) 發展了一系列的紋理統計方法用於影像分類，其紋理指標分別有均質度、對比度、差異度、平均值、熵、變異數、二階角動量、相關性八種指標；本研究以 3 乘 3 運算視窗計算紋理指標。

對比度(Contrast)，用來度量影像中紋理的對比強烈程度，其值與對比強度成正比，當矩陣中元素集中在主對角線時，對比度會變小，其公式如式 6-2。

$$\text{Contrast} = \sum_{i=0}^{N-1} \times \sum_{j=0}^{N-1} P(i, j)(i - j)^2 \quad (\text{式 6-2})$$

差異度(Dissimilarity, DIS)：用來度量影像中灰階值的不相似程度，它對灰階值在空間中的排列情形或是影像的色調都很敏感，其公式如式 6-3。

$$\text{Dissimilarity} = \sum_{i=0}^{N-1} \times \sum_{j=0}^{N-1} P(i, j)|i - j| \quad (\text{式 6-3})$$

均質度(Homogeneity, HOM)：均質度是用來量度紋理的均調性。當元素聚集在主對角線附近的時候，均質度會變大，其公式如式 6-4。

$$\text{Homogeneity} = \sum_{i=0}^{N-1} \times \sum_{j=0}^{N-1} \frac{P(i, j)}{(1+(i-j)^2)} \quad (\text{式 6-4})$$

平均值(Mean)：即 GLCM 矩陣中灰度值的平均值，其公式如式 6-5。

$$\text{Mean} = \frac{\sum P_i}{n} \quad (\text{式 6-5})$$

變異數(Variance, VAR)：即 GLCM 矩陣中灰度值的變異數，其公式如式 6-6。

$$\text{VAR} = \sigma_1 = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} P_{i, j}(i - \mu_1)^2 \quad (\text{式 6-6})$$

熵(Entropy, ENT)：熵是用來度量紋理的雜亂程度，圖樣隨機性越高，其值越小，其公式如式 6-7。

$$\text{Entropy} = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} [-P(i, j) \cdot \ln P(i, j)] \quad (\text{式 6-7})$$

二階角動量(Angular Second Momen, ASM)：又叫 Energy，與 Entropy 性質相反，是在衡量紋理的一致性和均勻性，其公式如式 6-8。

$$\text{ASM} = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} P(i, j)^2 \quad (\text{式 6-8})$$

相關性(Correlation)：用來度量影像灰度值線性相依的程度，藉由此運算，可用來分辨兩個物體是否在形狀及其他特徵有相互的關聯性，其公式如式 6-9。

$$Correlation = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{P(i, j) \cdot (i - \bar{i})(j - \bar{j})}{\sqrt{(i - \bar{i})^2 (j - \bar{j})^2}} \quad (式 6-9)$$

C. 區塊面積特徵

當影像空間解析度提升到一定程度時，地物類別間的差異除了波譜上的不同之外，地表物體的形狀、面積、圖樣以及排列方向等皆是可提供分辨的空間資訊，故本研究所也將影像進行區塊面積資訊的計算，透過不同粗細之影像切割尺度的調整以得到影像切割後之地物區塊，並將各區塊進行面積計算以獲取地物區塊面積之空間資訊以增添影像分類資訊。

原始影像經過影像切割處理後，會依據其影像之波譜反應的不連續性及差異質性使影像切割成大小不一的物件區塊；而造成其區塊大小變化的主要原因為影像上不同的地物所造成，故其區塊大小與地物之類別有其相關性；本研究為獲取區塊面積資訊故進行影像切割，透過相關切割參數的設定如表 6-2，得到 8 種切割尺度之物件區塊並計算各切割區塊之面積，將其面積資訊繼承至各區塊內再運用網格化處理；製作出具有區塊面積特徵的影像資料其處理流程如圖 6-2。

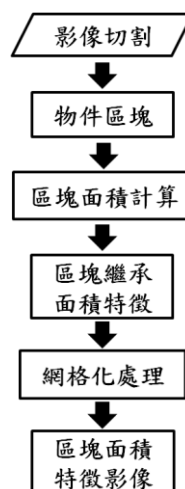


圖 6-2 區塊面積特徵處理流程

表 6-2 區塊面積切割參數設定

| | 切割參數 | | | |
|----------|------|------|-------|------|
| | 門檻值 | 最小長度 | 最小變異值 | 變異係數 |
| 切割參數 200 | 200 | 3 | 200 | 3.5 |
| 切割參數 250 | 250 | 3 | 250 | 3.5 |
| 切割參數 260 | 260 | 3 | 260 | 3.5 |
| 切割參數 280 | 280 | 3 | 280 | 3.5 |
| 切割參數 330 | 330 | 3 | 330 | 3.5 |
| 切割參數 350 | 350 | 3 | 350 | 3.5 |
| 切割參數 370 | 370 | 3 | 370 | 3.5 |
| 切割參數 400 | 400 | 3 | 400 | 3.5 |

6.2.2 影像物件化

A. 影像切割

影像切割主要為利用影像像元中 DN 值的相似或不連續性，將原始影像加以切割。不連續性是指 DN 值的突然變化，例如在植被與裸露地的邊界處。影像切割利用邊界偵測技術，偵測相鄰網格數值較大變化區域，將相鄰網格具相似像元值者歸為一區塊，以進行影像切割取得影像物件。切割出來的每一個均質區視為一個單獨物件，後續分類動作則以這些分割後之小區塊為基本單元。本研究採用 ERDAS IMAGINE 遙測影像處理軟體中 Image Segmentation 工具進行影像切割。

而為有效將地表輪廓完整萃取，通常會依研究對象的空間特性及使用者本身之判釋知識，而給予影像適當的分割標準。良好的分割比例尺大小選定將有利於地物空間特徵之萃取，對後續影像分類具有影響。

以大甲溪事業區為例，本研究將原始影像透過兩種影像切割尺度參數之設定，以比較兩種不同之影像切割成果，其切割參數如表 6-3 所示。

表 6-3 原始影像採用切割參數設定

| | 切割參數 | | | |
|----------|------|------|-------|------|
| | 門檻值 | 最小長度 | 最小變異值 | 變異係數 |
| 切割參數 200 | 200 | 3 | 200 | 3.5 |
| 切割參數 400 | 400 | 3 | 400 | 3.5 |

影像切割主要是透過相關參數調整來決定影的切割情形，如最小變異值為鄰近像元間差異之最低值，變異係數則為影像像元值之變化範圍，其功能可判定變化範圍是否在此閾值內，再決定物件區塊範圍擴大與否；而其參數數值設定的高低會影響影像所切割的物件區塊數；故影像經切割尺度 200 進行影像切割後會得到較多的影像區塊數，而切割尺度 400 所設定之參數值較能容忍之影像像元值的變異故所得之影像區塊數較少，其切割參數區塊數比較表，如表 6-4 所示。

表 6-4 不同切割尺度之切割區塊數比較表

| 切割尺度 | 分割區塊數 |
|----------|-----------|
| 切割參數 200 | 3,381,578 |
| 切割參數 400 | 1,117,689 |

由圖 6-3 可得知切割尺度 200 與切割尺度 400 於林地區域之區塊切割情形；於樹冠幅之區塊切割成果可發現切割尺度 200 所切割之樹冠區塊較為細膩，故通常單一樹冠會被切割為數個區塊；而在切割尺度 400 的分割結果中可發現其樹冠之切割情形較為完整，通常單一樹冠會被區分為單一區塊；由圖 6-3 比對針葉樹林型及闊葉樹林型的切割成果可發現，切割尺度 200 進行闊葉樹林型區塊切割時雖會產生過度切割，但其切割尺度 200 於針葉樹林型則該情形較少，依視覺觀察發現其主要原因為針葉樹之樹冠較小而切割尺度 200 之偵測區塊相對尺度 400 較為敏感故於針葉樹林型進行影像切割時較能切割出單一樹冠邊界，而尺度 400 則是因切割過少會產生林型區塊的切割情形。

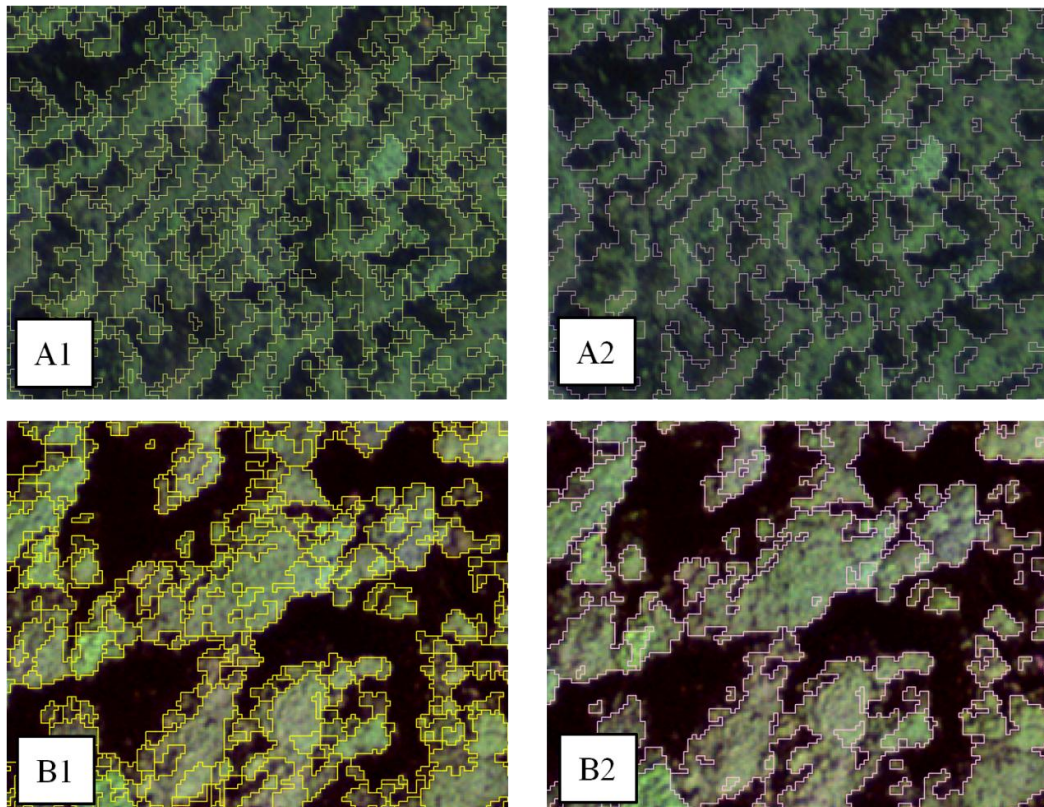


圖 6-3 A1、A2 為切割尺度 200 及尺度 400 於針葉樹林型的切割情形，B1、B2 為切割尺度 200 及尺度 400 於闊葉樹林型之切割情形

於崩塌地及濕地類別影像區域中的切割情形(圖 6-4)，觀察切割尺度 400 發現其物件區塊雖較尺度 200 完整但在濕地與崩塌地的交界處會有些微邊界混淆的情形發生如圖 6-4 紅色框內，而在切割尺度 200 部分則無邊界混淆之問題。

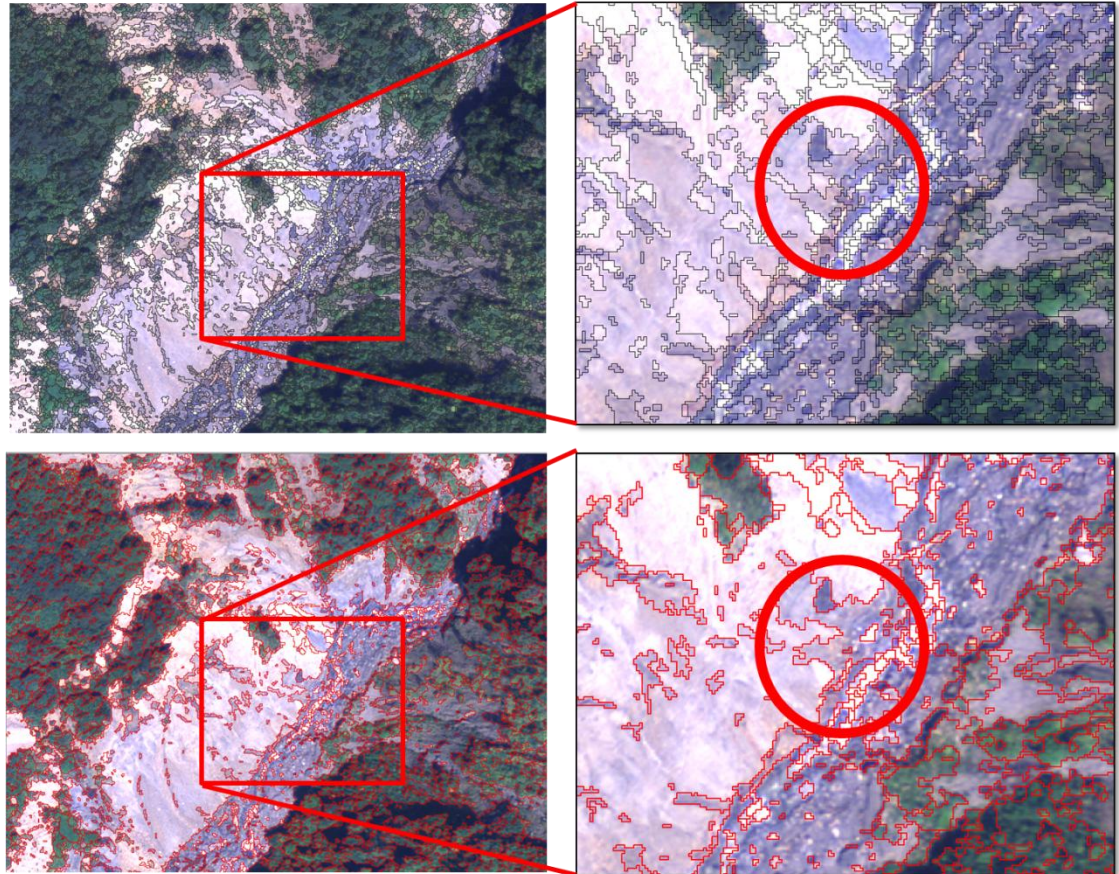


圖 6-4 崩塌地及濕地之邊界偵測情形，上圖為切割尺度 200 下圖為切割尺度 400

而由圖 6-5 得知於切割尺度 200 及尺度 400 之道路、建物及農田類別皆能準確得到較佳的地物邊界偵測成果，而各地物類別的區塊化情形以切割尺度 400 較為完整如圖 6-5 紅色框中之農田類別於切割尺度 200 時雖能準確的偵測出與非植生之地物類別的邊界但於栽種同一作物的農田中會產生過度切割的情形而產生過多的小區塊，而在尺度 400 之切割成果中則能得到較為完整的單一農田區塊；而區塊的完整性也有助於影像分類後之合理性，可降低其他類別的零碎像元參雜其中(鄭雅文等，2008)。

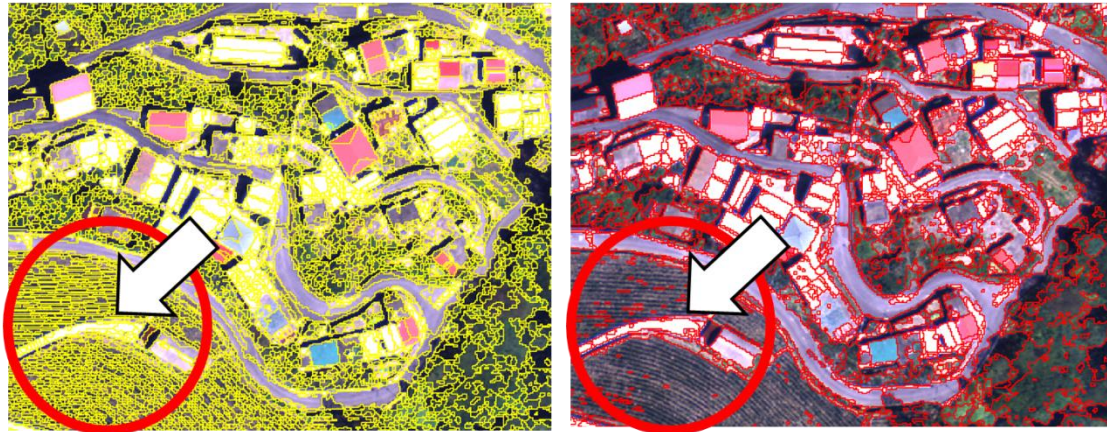


圖 6-5 人工設施區域之影像切割情形，左圖為切割尺度 200 右圖為尺度 400

B. 物件資訊繼承

將進行影像切割後之航照影像區塊進行紅光、綠光、藍光、近紅外光及亮度值、NDVI 指標特徵之繼承；使每個區塊皆擁有各自的地物特徵值後，將各波段之物件影像進行影像疊合如圖 6-6，再利用特徵條件來分析判斷地物類別的歸屬。

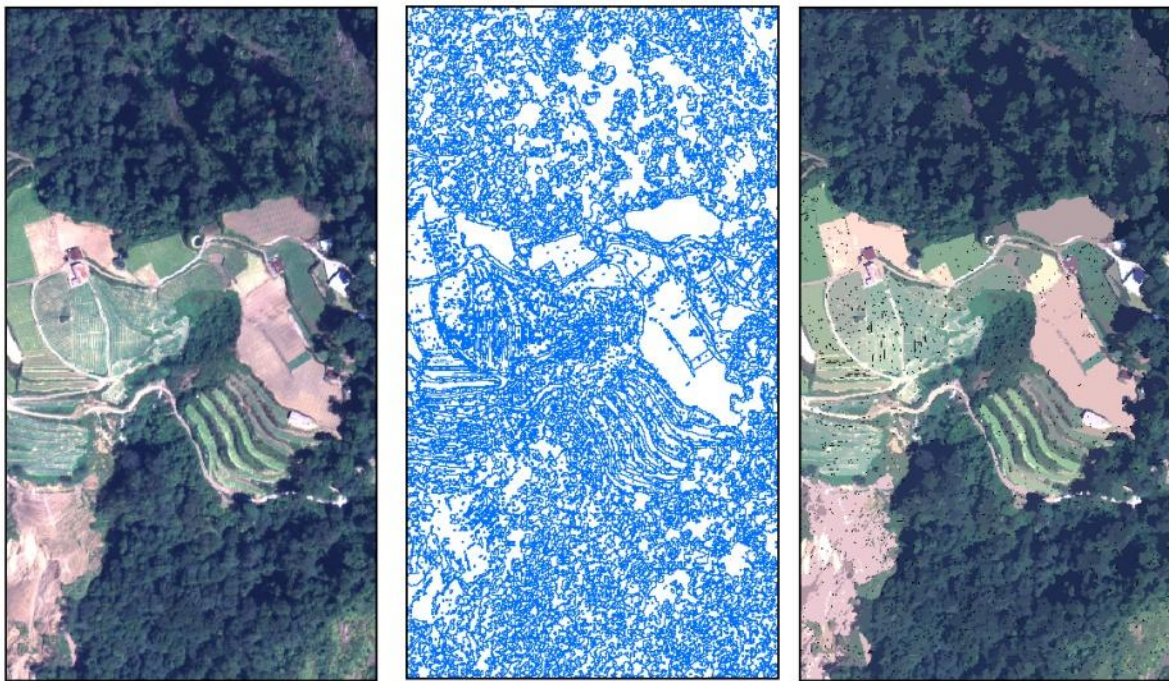


圖 6-6 物件繼承示意圖；左圖為原始影像，中間為影像切割之情形，右圖為繼承各波段資訊後之物件影像

C. 影像修補

研究中發現，將原始影像進行影像物件化製備後，其物件影像上可發現許多細微且數值不合理之影像區塊，如大甲溪事業區樣區的資訊遺失之面積大小，如表 6-5 所示。故本研究將進行影像數值異常區塊之位置偵測，進行影像資訊修復。

表 6-5 大甲溪事業區樣區區塊資訊遺失面積

| 切割尺度 | 面積(ha) |
|------|--------|
| 200 | 19.36 |
| 400 | 20.40 |

本研究觀察其資訊異常之區塊，發現其物件影像不管繼承之波段影像資訊為何，其影像之 DN 值皆為 0，故本研究透過搜尋已繼承影像資訊之區塊向量資料，找出區塊值為 0 的區塊位置，進行影像資訊的重新繼承，完成影像資訊之填補，其資訊修復流程圖及成果圖，如圖 6-7 及圖 6-8 所示。

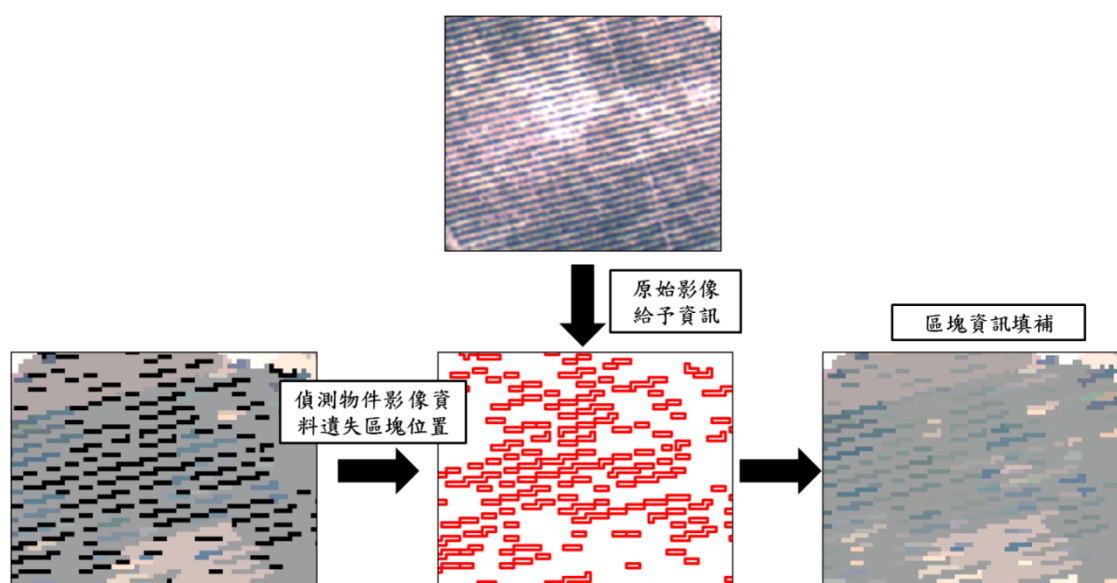


圖 6-7 資訊修復流程圖

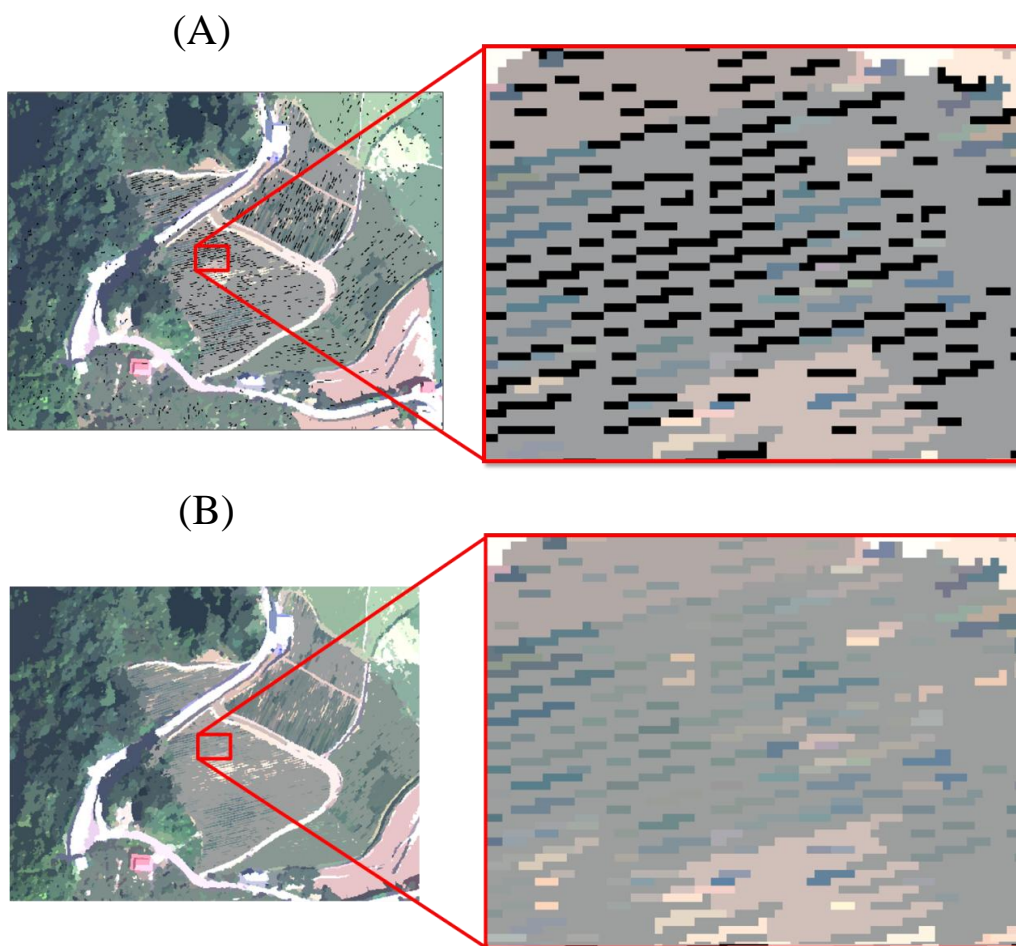


圖 6-8 影像修復之成果圖；圖 A 為影像修復前，圖 B 為影像修復後

6.3 影像光譜特徵分析

本研究以大甲溪事業區樣區為例，以紅光、綠光、藍光、近紅外光、NDVI、紋理等變項資訊搭配不同切割尺度組合的物件影像，來分析第四次森林資源調查土地利用類別的光譜資訊，並計算各類別在各波段的平均數及標準偏差，以及進一步針對各土地利用類別進行變異數分析，以單因子變異數分析進行探討，以了解不同土地利用型間是否有顯著差異，並利用 Duncan's 檢定在不同地物間之差異情形，統計成果如表 6-6 至 6-8，其中針葉樹林型、闊葉樹混淆林型、竹林在各波段的平均數均相近，僅標準偏差上稍有差異。然而其他土地利用型間的差異都較大。

由變異數分析成果中，所有波段都呈現顯著差異，再由 Duncan's 檢定之成果中，以 NDVI200、NDVI400 之類別分群情形較為良好，但於針葉樹林型及闊葉樹林型之間會產生混淆，而其他影像波段之分群情形則以近紅外光 200、近紅外光 400 及 SR400 之分群情形較為良好其分群數分別為 9、9、8 群集，其次則為分群數為 6 群的影像波段，分別為紅光 200、綠光 200、SR200、對比度 200、差異度 200、均值度 200、紅光 400、綠光 400、對比度 400、差異度 400、均值度 400 共 11 幅影像。

表 6-6 影像切割尺度 200 Duncan's 檢定表

| 土地利用類型 | F 值 | | 針葉樹林型 | 闊葉樹林型 | 竹林 | 果樹 | 農作地 | 草生地 | 天然濕地 | 道路 | 其他建物 | 裸露地 | 崩塌地 |
|----------|-------------|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 紅光 200 | 410.8260** | 平均數 | 653.9649 ^a | 621.3266 ^a | 759.2278 ^a | 764.6225 ^a | 1199.9432 ^c | 958.7900 ^b | 1832.4932 ^d | 2358.1905 ^e | 4538.3766 ^f | 2489.8967 ^e | 2391.5176 ^e |
| | | 標準差 | 126.4310 | 105.9426 | 97.8964 | 192.4038 | 295.0571 | 201.8786 | 923.7188 | 637.9112 | 2205.3752 | 651.4677 | 659.9159 |
| 綠光 200 | 227.7762** | 平均數 | 1185.6335 ^{ab} | 1098.4500 ^a | 1318.7765 ^b | 1224.2835 ^{ab} | 1809.2243 ^c | 1388.0789 ^b | 2178.8734 ^d | 2632.2963 ^e | 4819.2691 ^f | 2588.0109 ^e | 2564.4920 ^e |
| | | 標準差 | 227.3556 | 184.7513 | 177.8582 | 219.8059 | 390.6427 | 282.0014 | 1038.5414 | 663.1812 | 2828.4301 | 622.4534 | 655.8137 |
| 藍光 200 | 278.6564** | 平均數 | 977.7914 ^a | 956.9803 ^a | 1025.6668 ^a | 1066.5681 ^a | 1403.4557 ^b | 1084.6858 ^a | 2040.4245 ^d | 2108.9788 ^d | 3775.4840 ^e | 1891.3832 ^c | 2037.4866 ^d |
| | | 標準差 | 160.1325 | 109.4041 | 81.2622 | 127.2727 | 213.4275 | 187.5514 | 676.7150 | 407.3194 | 2034.4126 | 384.3146 | 438.3058 |
| 近紅外光 200 | 287.6666** | 平均數 | 3895.0811 ⁿⁱ | 3749.6702 ^{gn} | 3637.3102 ^{ig} | 3549.0989 ^{ef} | 3938.0973 ⁱ | 3403.5474 ^e | 1093.0104 ^a | 1882.4619 ^b | 2981.5261 ^d | 2111.0810 ^c | 1748.1107 ^b |
| | | 標準差 | 835.1188 | 801.5130 | 585.0682 | 926.9625 | 1308.3243 | 725.0923 | 403.1832 | 484.8716 | 1305.3449 | 550.4591 | 476.8745 |
| NDVI200 | 3533.7081** | 平均數 | 0.7090 ^j | 0.7092 ^j | 0.6521 ⁱ | 0.6299 ^h | 0.5067 ⁱ | 0.5536 ^g | -0.2322 ^a | -0.1110 ^d | -0.1942 ^b | -0.0810 ^e | -0.1547 ^c |
| | | 標準差 | 0.0397 | 0.0548 | 0.0336 | 0.1233 | 0.1508 | 0.0909 | 0.1440 | 0.0978 | 0.0878 | 0.0745 | 0.0665 |
| SR200 | 1311.6430** | 平均數 | 6.0006 ⁱ | 6.1141 ^f | 4.8012 ^e | 4.8889 ^e | 3.4162 ^c | 3.6609 ^d | 0.6504 ^a | 0.8174 ^{ab} | 0.6840 ^{ab} | 0.8598 ^b | 0.7384 ^{ab} |
| | | 標準差 | 0.9574 | 1.2949 | 0.5590 | 1.6336 | 1.2465 | 0.9317 | 0.2436 | 0.1994 | 0.1277 | 0.1426 | 0.1109 |
| CON200 | 91.1571** | 平均數 | 65.0670 ^g | 49.7203 ^e | 55.8177 ^f | 45.1253 ^e | 48.9703 ^e | 37.1832 ^d | 18.8058 ^b | 20.8007 ^b | 27.9483 ^c | 7.5684 ^a | 8.2450 ^a |
| | | 標準差 | 39.8440 | 28.0412 | 34.2112 | 24.7267 | 46.1784 | 18.3451 | 22.9639 | 23.4592 | 29.0800 | 7.0824 | 7.1092 |
| DIS200 | 187.0492** | 平均數 | 110.9476 ^f | 97.7235 ^{de} | 101.6108 ^e | 92.3324 ^d | 93.6726 ^d | 84.7703 ^c | 51.6440 ^b | 49.6404 ^b | 51.3871 ^b | 29.0201 ^a | 31.5639 ^a |
| | | 標準差 | 36.3852 | 26.5058 | 35.0203 | 26.6300 | 45.6937 | 21.8757 | 30.8809 | 29.7192 | 32.3015 | 12.8306 | 14.3096 |
| HO200 | 326.5560** | 平均數 | 69.5170 ^a | 74.8077 ^a | 82.8765 ^b | 87.4780 ^b | 86.8720 ^b | 85.9307 ^b | 139.9629 ^c | 157.0169 ^d | 170.0316 ^e | 187.5778 ^g | 178.4205 ^f |
| | | 標準差 | 23.5807 | 19.2061 | 30.1320 | 25.6480 | 37.7966 | 23.0118 | 44.5062 | 50.8630 | 50.5300 | 30.0994 | 31.5081 |

註：小寫英文字母代表不同群集

表 6-7 影像切割尺度 400Duncan's 檢定表

| 土地利用類型 | F 值 | | 針葉樹林型 | 闊葉樹林型 | 竹林 | 果樹 | 農作地 | 草地 | 天然濕地 | 道路 | 其他建物 | 裸露地 | 崩塌地 |
|----------|-------------|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| 紅光 400 | 420.6728** | 平均數 | 643.7497 ^a | 600.5069 ^a | 730.2369 ^{ab} | 821.9176 ^{bc} | 1206.7357 ^d | 923.3195 ^c | 1866.2750 ^e | 2319.7614 ^f | 4496.8840 ^g | 2428.6821 ^f | 2306.8128 ^f |
| | | 標準差 | 122.7093 | 87.6209 | 107.7191 | 173.6531 | 247.1810 | 205.8991 | 960.1049 | 601.3071 | 2139.7100 | 617.9583 | 632.9228 |
| 綠光 400 | 236.3911** | 平均數 | 1156.4546 ^{ab} | 1061.2516 ^a | 1247.7647 ^{ab} | 1280.2506 ^b | 1806.6822 ^c | 1347.7963 ^b | 2212.8625 ^d | 2589.5630 ^e | 4781.4904 ^f | 2540.9293 ^d | 2489.4278 ^d |
| | | 標準差 | 214.9646 | 152.3047 | 192.0439 | 209.1076 | 343.1219 | 269.5728 | 1070.3644 | 622.7221 | 2754.5408 | 590.2954 | 627.8538 |
| 藍光 400 | 285.5667** | 平均數 | 970.3022 ^a | 946.1622 ^a | 1011.5310 ^a | 1094.2769 ^a | 1406.1865 ^b | 1067.0379 ^a | 2057.2240 ^d | 2076.4286 ^d | 3737.8931 ^e | 1861.3533 ^c | 1978.7225 ^{cd} |
| | | 標準差 | 161.1977 | 104.5007 | 80.2691 | 113.6640 | 188.5600 | 197.3763 | 693.8495 | 387.0000 | 1978.2048 | 359.0048 | 415.5919 |
| 近紅外光 400 | 288.0521** | 平均數 | 3793.0486 ^{hi} | 3641.8989 ^{fg} | 3555.2406 ^f | 3498.3297 ^{ef} | 3874.5459 ⁱ | 3345.3211 ^e | 1144.3786 ^a | 1876.5540 ^b | 2956.6585 ^d | 2137.9038 ^c | 1792.6369 ^b |
| | | 標準差 | 790.1691 | 679.2030 | 594.0968 | 896.3298 | 1228.0917 | 698.5325 | 412.1545 | 452.2417 | 1236.0489 | 531.4326 | 472.8479 |
| NDVI400 | 3530.1261** | 平均數 | 0.7068 ^j | 0.7123 ^j | 0.6570 ⁱ | 0.6044 ⁿ | 0.4993 ⁱ | 0.5611 ^g | -0.2200 ^a | -0.1030 ^d | -0.1912 ^b | -0.0619 ^e | -0.1240 ^c |
| | | 標準差 | 0.0361 | 0.0450 | 0.0348 | 0.1116 | 0.1444 | 0.0910 | 0.1415 | 0.0991 | 0.0936 | 0.0746 | 0.0739 |
| SR400 | 1583.7022** | 平均數 | 5.9260 ⁿ | 6.1125 ^g | 4.8872 ^f | 4.3986 ^e | 3.3088 ^c | 3.7458 ^d | 0.6687 ^a | 0.8317 ^{ab} | 0.6904 ^a | 0.8937 ^b | 0.7875 ^{ab} |
| | | 標準差 | 0.8823 | 1.0520 | 0.5681 | 1.3519 | 1.1447 | 0.9562 | 0.2790 | 0.2103 | 0.1487 | 0.1472 | 0.1248 |
| CON400 | 148.7546** | 平均數 | 72.9730 ^g | 65.5886 ^f | 61.2415 ^f | 53.0810 ^e | 56.0695 ^e | 44.8649 ^d | 20.6543 ^b | 22.5470 ^b | 33.3125 ^c | 11.6444 ^a | 12.1257 ^a |
| | | 標準差 | 29.6892 | 21.2373 | 25.9793 | 23.3649 | 43.5674 | 17.6052 | 21.0237 | 22.6435 | 30.7754 | 9.7152 | 7.9262 |
| DIS400 | 271.3020** | 平均數 | 118.9623 ^g | 112.7738 ^f | 107.8022 ^f | 100.1607 ^e | 100.0148 ^e | 92.2929 ^d | 54.8141 ^{bc} | 53.2644 ^b | 60.0066 ^c | 36.3316 ^a | 39.1242 ^a |
| | | 標準差 | 26.4903 | 18.9712 | 24.9531 | 22.6465 | 40.1874 | 19.3835 | 28.8305 | 27.6866 | 32.2639 | 15.8902 | 14.6049 |
| HO400 | 442.3737** | 平均數 | 64.5494 ^a | 65.8351 ^a | 76.7590 ^b | 82.0325 ^{bc} | 83.2238 ^c | 81.4646 ^{bc} | 134.8743 ^d | 150.1902 ^e | 160.0276 ^f | 175.5518 ^g | 163.8760 ^f |
| | | 標準差 | 15.3285 | 11.4923 | 18.8072 | 17.1304 | 28.4861 | 16.7042 | 39.9759 | 40.7707 | 41.9183 | 30.4839 | 29.2409 |

註：小寫英文字母代表不同群集

表 6-8 區塊面積計算 Duncan's 檢定表

| 土地利用類型 | F 值 | | 針葉樹林型 | 闊葉樹林型 | 竹林 | 果樹 | 農作地 | 草地 | 天然濕地 | 道路 | 其他建物 | 裸露地 | 崩塌地 |
|--------|-----------|-----|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 面積 200 | 27.5044** | 平均數 | 23.8338 ^a | 23.7194 ^a | 36.4545 ^{ab} | 27.8819 ^a | 231.9392 ^c | 75.9421 ^{ab} | 15.9831 ^a | 96.2500 ^b | 31.8737 ^a | 355.8492 ^d | 195.1430 ^c |
| | | 標準差 | 40.6446 | 27.6437 | 54.8745 | 55.9626 | 645.4577 | 162.1127 | 36.7625 | 169.0163 | 27.3258 | 519.5419 | 427.3114 |
| 面積 250 | 24.6809** | 平均數 | 89.5311 ^a | 53.6582 ^a | 108.7366 ^a | 119.2816 ^a | 525.9432 ^b | 899.5632 ^c | 31.6654 ^a | 137.2341 ^a | 38.4960 ^a | 539.2391 ^b | 401.0201 ^b |
| | | 標準差 | 287.4248 | 51.4776 | 176.3708 | 296.8541 | 1157.8226 | 1914.8341 | 67.4611 | 207.0633 | 32.0889 | 716.8942 | 985.3749 |
| 面積 260 | 20.3241** | 平均數 | 121.5500 ^{abc} | 58.1503 ^{ab} | 481.1925 ^{de} | 376.3544 ^{bcd} | 712.9608 ^e | 1685.4158 ^f | 34.2409 ^a | 141.4087 ^{abc} | 39.0718 ^a | 668.3832 ^{de} | 400.9332 ^{cde} |
| | | 標準差 | 467.1333 | 52.6507 | 998.9904 | 1021.0813 | 1478.5189 | 4195.9121 | 70.3529 | 211.1010 | 32.5413 | 902.5066 | 946.7490 |
| 面積 280 | 22.8866** | 平均數 | 217.8703 ^a | 72.2128 ^a | 635.3543 ^b | 245.2184 ^a | 758.4500 ^b | 1405.1803 ^c | 47.3997 ^a | 162.1508 ^a | 41.3657 ^a | 723.5951 ^b | 743.6043 ^b |
| | | 標準差 | 1018.5332 | 61.6380 | 1127.1687 | 545.9513 | 1580.4803 | 2651.0027 | 113.8298 | 233.9906 | 34.8104 | 1020.6224 | 1873.5775 |
| 面積 330 | 24.9121** | 平均數 | 1312.2122 ^b | 144.5625 ^a | 2034.8302 ^{bc} | 2531.9780 ^c | 1228.8743 ^b | 5348.2882 ^d | 117.8281 ^a | 213.6376 ^a | 46.7527 ^a | 1126.6250 ^b | 1341.6324 ^b |
| | | 標準差 | 4202.8168 | 209.2049 | 2525.8213 | 5173.5307 | 1800.4235 | 11143.1956 | 341.0912 | 524.8511 | 40.4679 | 1451.2883 | 4185.5484 |
| 面積 350 | 35.6514** | 平均數 | 1841.9027 ^{bc} | 161.1848 ^a | 2708.4519 ^c | 2171.4492 ^{bc} | 1289.2581 ^{ab} | 8241.8329 ^d | 179.5247 ^a | 239.2910 ^a | 47.3444 ^a | 1123.4348 ^{ab} | 2683.7901 ^c |
| | | 標準差 | 5017.0810 | 217.5308 | 3852.4161 | 4670.9099 | 2003.9362 | 11892.7037 | 592.2194 | 527.5325 | 40.7477 | 1431.6555 | 10428.6030 |
| 面積 370 | 53.3475** | 平均數 | 2512.7257 ^{bc} | 311.4176 ^{ab} | 11180.1738 ^e | 4708.7418 ^d | 1677.6014 ^{abc} | 16326.0632 ^f | 350.7656 ^{ab} | 286.5013 ^{ab} | 47.6077 ^a | 1441.3601 ^{abc} | 3216.1858 ^{cd} |
| | | 標準差 | 5970.1943 | 792.9482 | 13943.5072 | 8215.8771 | 2358.6278 | 24861.4140 | 1031.9201 | 931.6351 | 41.3978 | 1886.9907 | 11645.9533 |
| 面積 400 | 60.2598** | 平均數 | 3450.0703 ^{cd} | 534.1835 ^{ab} | 11300.3717 ^e | 4334.6429 ^d | 1662.0932 ^{abc} | 18199.2066 ^f | 320.9349 ^{ab} | 293.3373 ^{ab} | 50.0519 ^a | 1604.8234 ^{abc} | 2409.0401 ^{bcd} |
| | | 標準差 | 8336.9157 | 1429.2582 | 13919.1848 | 7265.5226 | 2300.0400 | 26413.3643 | 1080.0631 | 827.9754 | 46.0579 | 1966.6364 | 9097.9385 |

註：小寫英文字母代表不同群集

6.4 訓練樣區評估

波譜資訊在特徵空間中，各地物類別間並未被完整分離，各類別間會有值域重疊的情形，故如在重疊情形嚴重時，進行影像分類時，將導致影像分類之誤差提高；類別值域重疊的範圍越大代表錯誤分類之機率越高，分類精確度越低，故有必要探討各地物類別間之分離度的必要性；故本研究為提升影像分類之精度，也將所選取之各類別訓練樣點進行分離度試驗(Transformed Divergence, TD)，同時也透過訓練樣區誤差矩陣，進行訓練樣區之評估，分離度指標公式如式 12、式 13。

$$D_{ij}^T = 2000 \left[1 - \text{Exp}\left(\frac{-D_{ij}}{8}\right) \right] \quad (\text{式 6-12})$$

$$D_{ij} = \frac{1}{2} \text{tr}[(C_i - C_j)(C_i^{-1} - C_j^{-1})] + \frac{1}{2} \text{tr}[(C_i^{-1} - C_j^{-1})(\mu_i - \mu_j)(\mu_i - \mu_j)^T] \quad (\text{式 6-13})$$

$i、j$ ：兩個被比較之類別； C_i ：類別 i 的共變數矩陣； μ_i ：類別 i 的平均向量； tr ：矩陣的跡(trace)-矩陣對角線總和； TD_{ij} ： i 類別與 j 類別分離度。

6.5 知識庫分類

知識庫系統主要可分為手動式、半自動式及自動式，其中半自動式為運用編輯系統，使專家直接和知識庫打交道，進而將知識轉換成規則，或者利用自然語言的方式，使人類透過會話來指揮和訓練電腦(劉致岡，1999)(圖 6-9)。

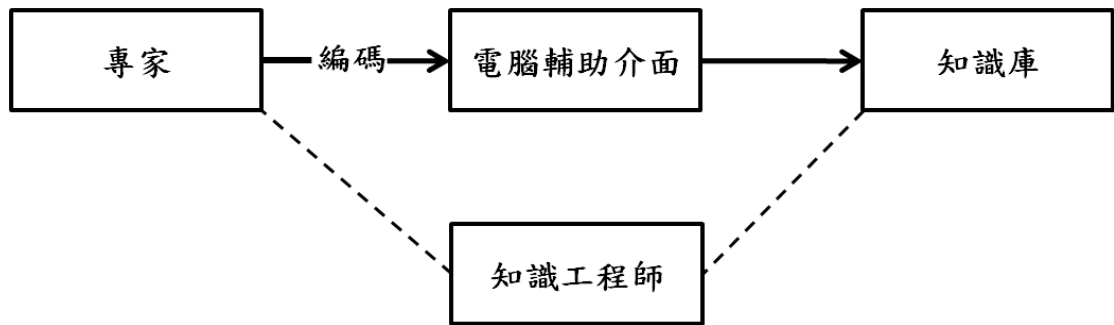


圖 6-9 半自動式建置知識庫 (劉致岡，1999)

在知識庫分類的操作上，本研究所採用階層式分類的方式來進行影像分類；其分類方式為先將特徵明確且易區別出來的地物先分出，即依照影像上各地物類別所屬的各個層級由上往下細分，透過階層的概念能有效減低類別混淆的情形。

選取欲分類類別之訓練樣點，並以訓練樣點萃取各影像波段與各指數影像的像元值，之後再利用分類迴歸樹演算法 (Classification And Regression Tree, CART) 分析，並透過交叉驗證法(Cross-Validation)：將資料隨機平均分配至 n 個組別，每次取出一組作為驗模組資料，剩餘 $n-1$ 個組則用來建立模式，直到每一組都曾做為驗模組資料，並觀察不同樹狀結構大小分類錯誤率之變化，用此步驟進行模式修正，以獲得最佳之模型大小。

最後將選定之最佳決策樹模型上所提供的各土地利用類型分類門檻值，依 Knowledge Engineer (圖 6-10) 介面進行分類規則的建置，除此之外並可依據文獻或是專家經驗適當的加入輔助資訊或是分類條件以提升影像分類的精度。

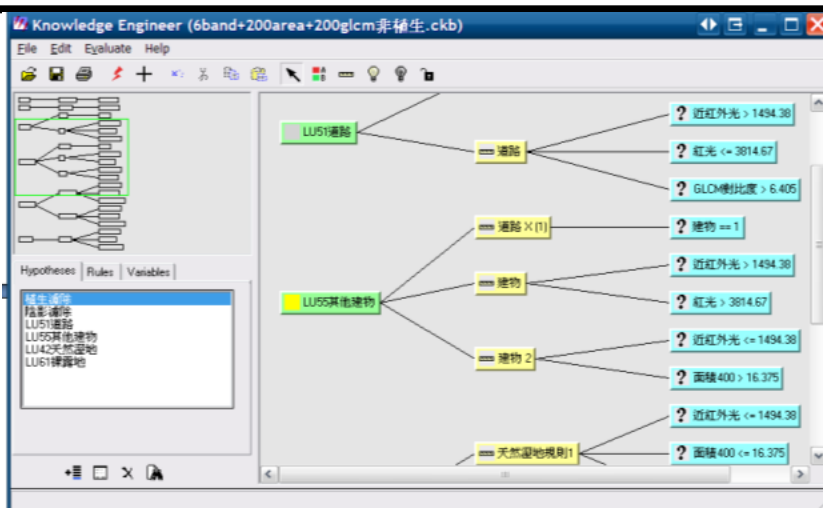


圖 6-10 知識庫軟體操作介面

影像分類完成後進行準確性評估，評估方式以誤差矩陣(Error Matrix)進行準確性評估，所使用的指標分別有生產者精度、使用者精度、漏授誤差、誤授誤差、總體精度以及 Kappa 值，藉以瞭解分類結果與真實類別漏授與誤授的關係。

6.6 林地分類案例分析

本研究參照前述所建立之影像分類操作流程，進行大甲溪事業區樣區、阿里山事業區樣區及烏來事業區樣區之影像分類，其影像分類案例分析如下述說明：

6.6.1 大甲溪事業區樣區

A. 樣區概述

研究區域位於大甲溪事業區範圍內左下角，1/5000 圖幅編號為 96213009 及 96213019；大甲溪事業區地跨台中市和平區及南投縣仁愛鄉與宜蘭縣大同鄉，位於東經 121 07'50" 至 121 26'42"，北緯 24 08'16" 至 24 26'36" 之間，研究區域位置圖，如圖 6-11 所示。

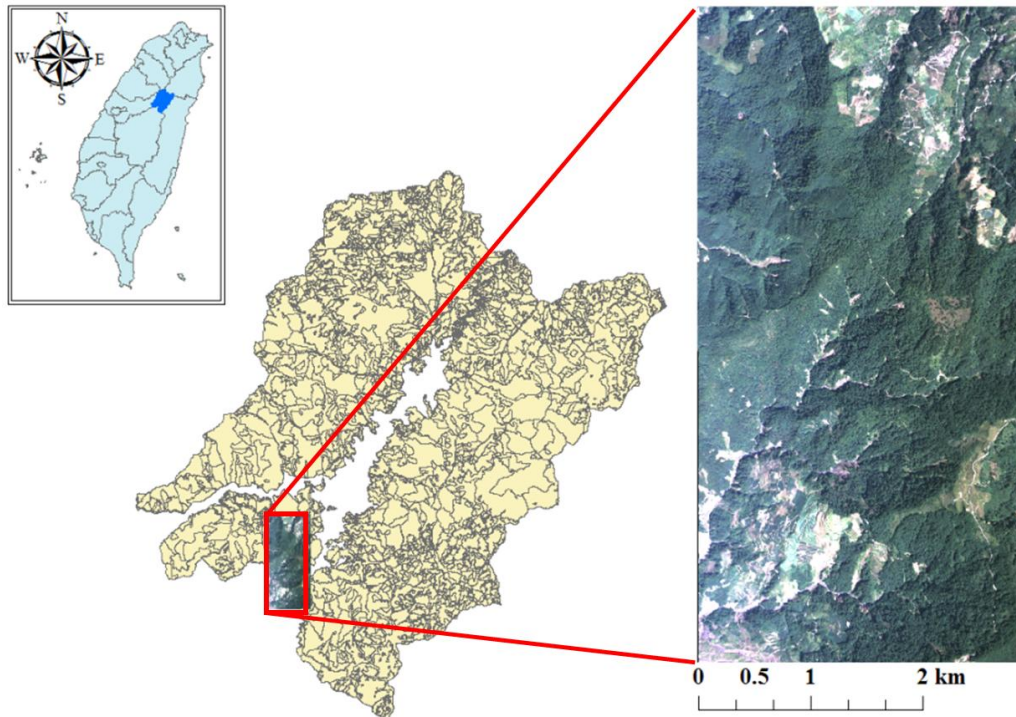


圖 6-11 大甲溪事業區樣區位置圖

B. 地真資料

大甲溪事業區樣區所採用之地真資料，主要採用農航所調查土地利用型圖層、國土利用調查圖層、臺灣現生天然植群圖圖層與第 3 次森林資源調查圖層資料，同時並配合彩色正射航空照片以供地物類別判釋之用。

C. 物件影像製備

於影像完成各切割尺度後即進行物件影像之製備，將各切割尺度之區塊進行

ADS40 數值航照影像之原始四波段資訊、植生指標、GLCM 紋理指標、不同切割尺度的區塊面積資訊之繼承，以完成物件影像之製備。本研究一共獲取 26 波段分類影像資訊，其影像資訊表如表 6-9 所示。

表 6-9 大甲溪事業區樣區影像資訊名稱表

| 原始影像切割尺度 | 影像資訊繼承來源 | 影像資訊名稱 |
|----------|---------------|----------|
| 200 | 紅光波段 | 紅光 200 |
| | 綠光波段 | 綠光 200 |
| | 藍光波段 | 藍光 200 |
| | 近紅外光波段 | 近紅外光 200 |
| | 常態化差異植生指標 | NDVI2 0 |
| | 簡單植生比指標 | SR200 |
| | GLCM 紋理指標-對比度 | 對比度 200 |
| | GLCM 紋理指標-差異度 | 差異度 200 |
| | GLCM 紋理指標-均質度 | 均質度 200 |
| 400 | 紅光波段 | 紅光 400 |
| | 綠光波段 | 綠光 400 |
| | 藍光波段 | 藍光 400 |
| | 近紅外光波段 | 近紅外光 400 |
| | 常態化差異植生指標 | NDVI40 |
| | 簡單植生比指標 | R400 |
| | GLCM 紋理指標-對比度 | 對比度 400 |
| | GLCM 紋理指標-差異度 | 差異度 400 |
| | GLCM 紋理指標-均質度 | 均質度 400 |
| 200 | 區塊面積計算 | 面積 200 |
| 250 | 區塊面積計算 | 面積 250 |
| 260 | 區塊面積計算 | 面積 260 |
| 280 | 區塊面積計算 | 面積 280 |
| 330 | 區塊面積計算 | 面積 330 |
| 350 | 區塊面積計算 | 面積 350 |
| 370 | 區塊面積計算 | 面積 370 |
| 400 | 區塊面積計算 | 面積 400 |

D. 輔助圖層

本研究透過國土利用調查圖層將該圖層中之土地利用類別代碼 01 的農業使用土地、代碼 03 交通使用土地、代碼 05 建築使用土地以及代碼 06 公共設施使用土地進行選取，因其上述之各項土地使用類別皆為人為開發之區域，故加以定義該區域為非林地範圍，以限制於影像上相關地物類別之分布範圍，以作為輔助

影像分類之用途。



圖 6-12 大甲溪事業區樣區輔助圖層

E. 影像分類

本樣區因其影像地物類別較為複雜，故本研究以分層式分類進行，將地物類別分為 4 個層級，階層 1 陰影區域及非陰影區域、階層 2 植生覆蓋區域與非植生覆蓋區域、階層 3 木本植生區域及草本植生區域、階層 4 則為各地物細部類別；其分層分類如圖 6-13 所示。

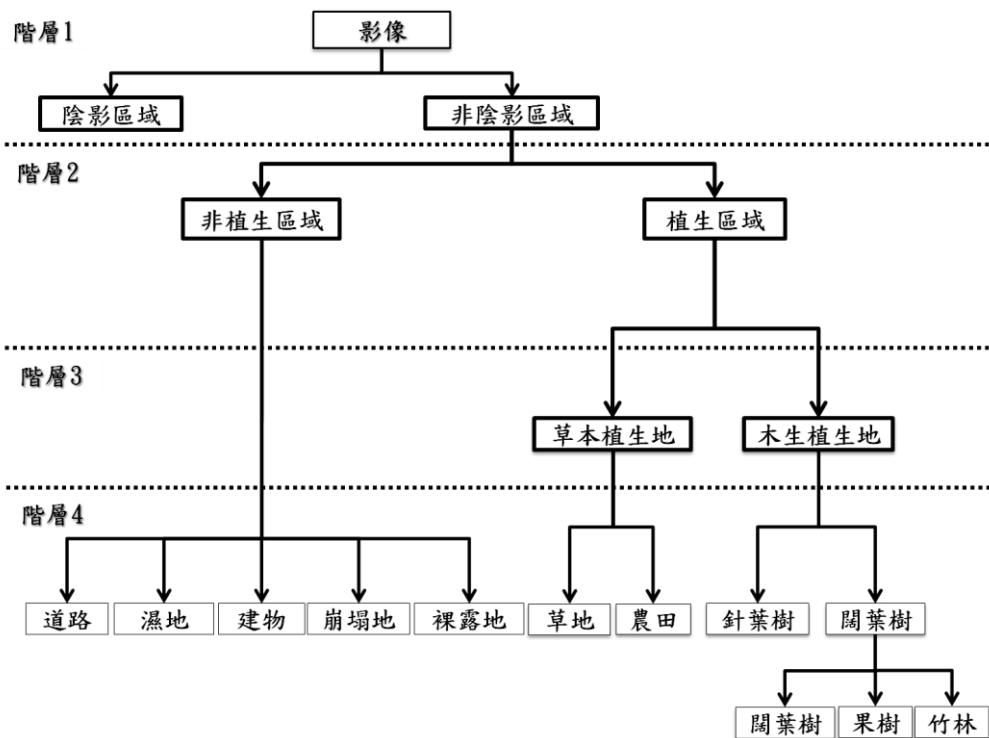


圖 6-13 分層式分類概念圖

(A) 分離度檢定

為瞭解各地物類別所蘊含的影像資訊分離情形，本研究透過訓練樣點針對 26 波段多尺度影像進行分離度檢定，其分離度情形如表 6-10 所示。所得 TD 值皆為 2000，代表各類別分離度高。

表 6-10 疊合 26 波段影像分離度檢定表

| 土地利用類型 | 針葉樹林型 | 闊葉樹林型 | 竹林 | 果樹 | 農作地 | 草地 | 天然濕地 | 道路 | 其他建物 | 裸露地 | 崩塌地 |
|--------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 針葉樹林型 | | | | | | | | | | | |
| 闊葉樹林型 | 2000 | | | | | | | | | | |
| 竹林 | 2000 | 2000 | | | | | | | | | |
| 果樹 | 2000 | 2000 | 2000 | | | | | | | | |
| 農作地 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | | | | | | | |
| 草地 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | | | | | | |
| 天然濕地 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | | | | | |
| 道路 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | | | | |
| 其他建物 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | | | |
| 裸露地 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | | |
| 崩塌地 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | |

本研究另透過訓練樣區誤差矩陣進行訓練樣點之評估，而進行評估所採用之影像為多尺度疊合 26 波段影像。透過表 6-11 結果顯示，植生方面的針葉樹林型與闊葉樹林型有較為嚴重的互相混淆情形，其次則為果樹類別會與各植生類別有所混淆其中以闊葉樹林型、竹林及草地類別混淆情形較為嚴重；在非植生方面崩塌地類別與道路類別則有較為混淆的情形。

表 6-11 疊合影像 26 波段訓練樣區誤差矩陣表

| 分類類別 | 針葉樹林型 | 闊葉樹林型 | 竹林 | 果樹 | 農作地 | 草地 | 天然濕地 | 道路 | 其他建物 | 裸露地 | 崩塌地 | 總和 |
|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|------|
| 針葉樹林型 | 61 | 7 | 4 | 8 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87 |
| 闊葉樹林型 | 114 | 179 | 25 | 27 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 352 |
| 竹林 | 3 | 0 | 145 | 8 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 162 |
| 果樹 | 0 | 2 | 8 | 120 | 3 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 177 |
| 農作地 | 0 | 0 | 3 | 6 | 173 | 31 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 216 |
| 草地 | 7 | 0 | 2 | 12 | 4 | 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 122 |
| 天然濕地 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 130 | 4 | 2 | 0 | 11 | 151 |
| 道路 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 104 | 2 | 19 | 67 | 197 |
| 其他建物 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 73 | 183 | 22 | 48 | 371 |
| 裸露地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 131 | 15 | 149 |
| 崩塌地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 4 | 0 | 11 | 46 | 70 |
| 總和 | 185 | 188 | 187 | 183 | 185 | 190 | 189 | 189 | 187 | 184 | 187 | 2054 |

(B) 分類規則制定

● 階層 1-陰影濾除

高空間解析力的航攝影像會受地形或太陽角度影響而產生許多陰影，本研究為降低影像陰影區塊影響影像分類的準確性，先行將陰影區域進行偵測。具體方法乃以亮度值法(brightness)進行陰影區域偵測，將影像分為陰影區域及非陰影區域。由於陰影與非陰影區域之亮度值會呈現雙峰分布，因此能利用雙峰直方圖分裂法(bimodal histogram splitting method)判斷陰影與非陰影區域之亮度值門檻(Zhou *et al.*, 2009)，門檻值決定後，將陰影區域歸類，以利續納入知識庫分類。

透過亮度值法進行影像運算亮度值影像，再將亮度值影像直方圖的山谷兩

峰間之值作為陰影和非陰影之門檻，進行影像陰影區域的偵測(圖 6-14)；本研究針對陰影及非陰影區域進行精度評估，其陰影區塊偵測成果良好總體精確度為 98.50%，KAPPA 值為 0.96 如表 6-12。

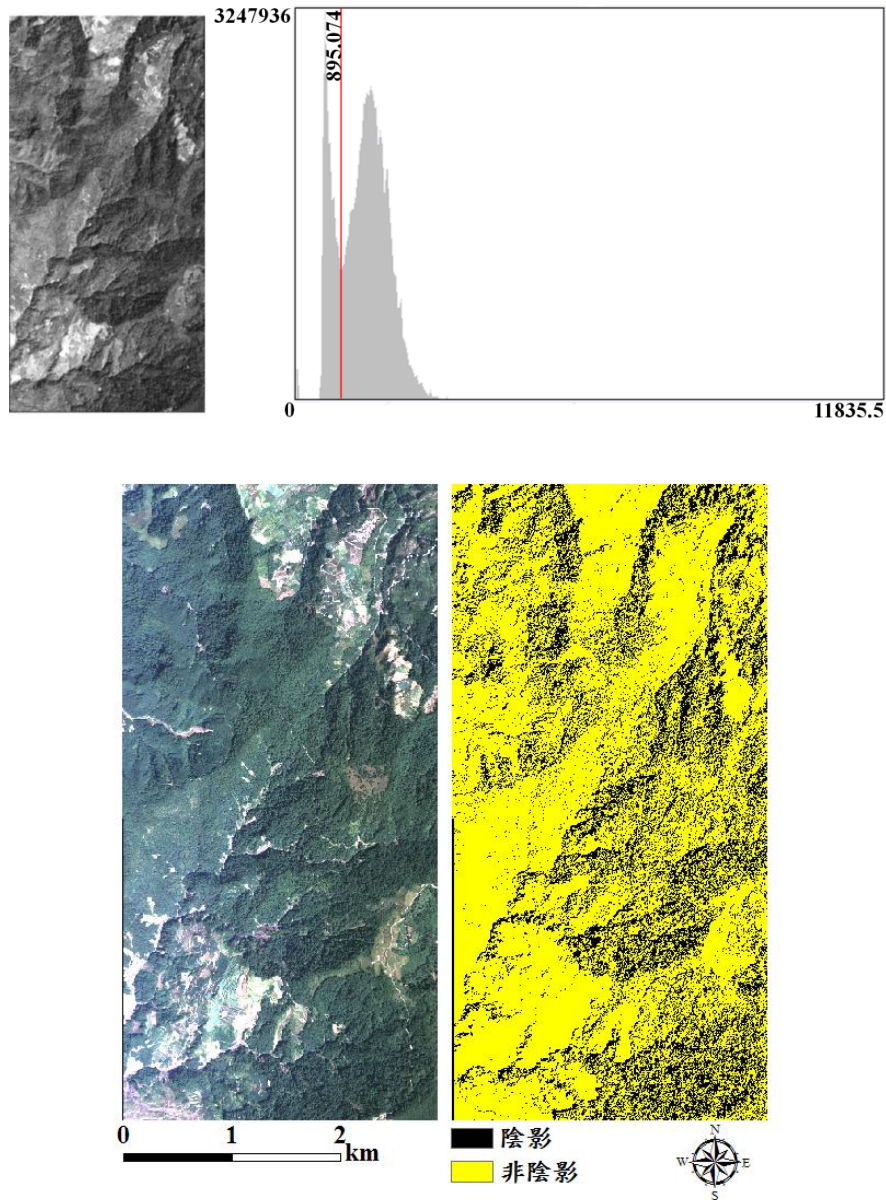


圖 6-14 左上圖為亮度值影像，右上圖為陰影門檻值之選定左下圖，為原始影像，右下圖為陰影偵測情形

表 6-12 陰影偵測精度表

| 影像 | 陰影門檻值 | 總體精確度 | Kappa 值 |
|-------|--------|--------|---------|
| ADS40 | 895.07 | 98.50% | 0.96 |

本階層參照雙峰直方圖分裂法之陰影偵測門檻值 895.07 作為知識庫分類系統分類樹之門檻值，其分類規則為：

陰影：(亮度值 \leq 895.074)

非陰影：(亮度值 $>$ 895.074)

● 階層 2-植生及非植生地之偵測

為降低分類混淆的情況產生故採用 NDVI 門檻值將影像區分為植生地及非植生地，由於 NDVI 值介於-1 到 1 之間，指數越大時，代表綠色生物量越高，故可利用門檻值將植生與非植生地先行分開。先由前一步驟取得非陰影區域影像，再利用決策樹 CART 演算法決定 NDVI 門檻值將植生及非植生區域區分，取得非陰影非植生地影像及非陰影植生地影像如圖 6-15，其植生非植生區之總體精度為 96.67% ，Kappa 值為 0.93 如表 6-13。

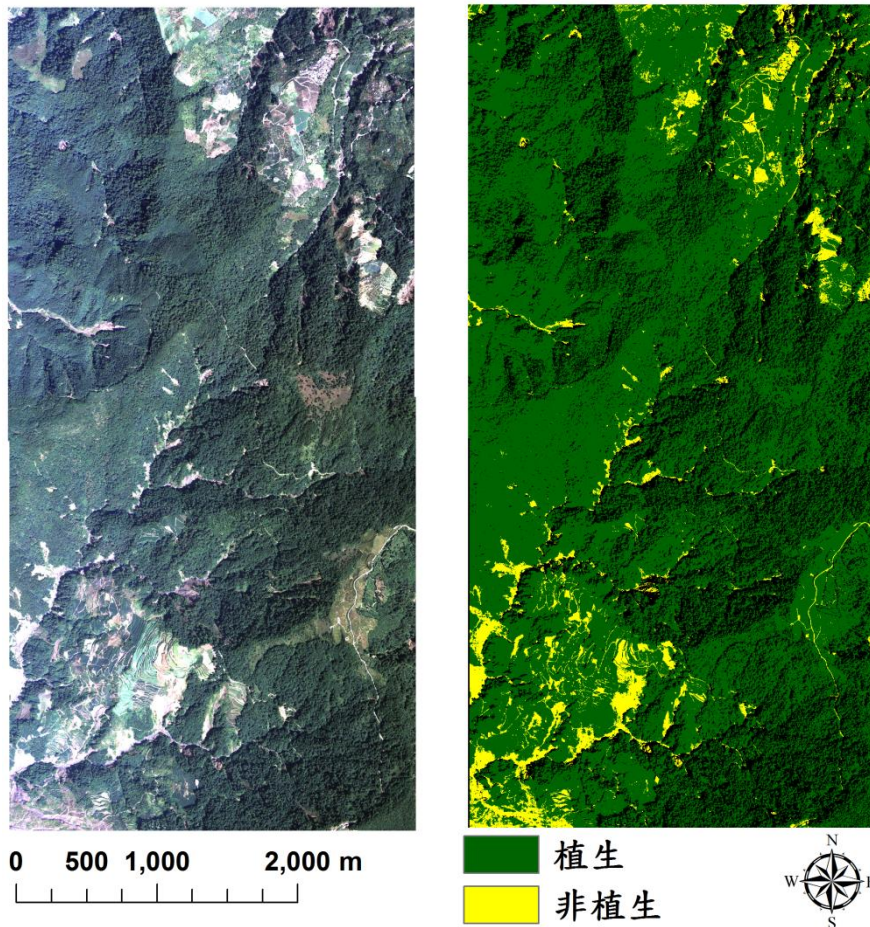


圖 6-15 左圖為原始影像，右圖為植生及非植生地偵測情形

表 6-13 植生及非植生地偵測精度表

| 影像 | 植生門檻值 | 總體精確度 | Kappa 值 |
|-------|----------|--------|---------|
| ADS40 | 0.176771 | 96.67% | 0.93 |

● 階層 3-木本植生地及草本植生地之區分

在界定出植生及非植生區域後，本研究繼續於植生區域往下細分透過決策樹 CART 演算法決定採用紅光 400、NDVI400、藍光 400 做為分類門檻值，其分類門檻值之設定參數為：

木本植生地：(紅光 400 \leq 778.4500) or (紅光 400 $>$ 778.45 and NDVI400 $>$ 0.6486)

草本植生地：(紅光 400 $>$ 778.45 and NDVI400 \leq 0.6486 and 藍光 400 $>$ 1167.00) or (紅光 400 $>$ 778.45 and NDVI400 \leq 0.6486 and 藍光 400 \leq 1167.00)

將植生區域區分為木本植生地及草本植生地；本研究針對木本植生地及草本植生地影像進行精度評估，其木本植生地及草本植生地之總體精度為 95.00%，Kappa 值為 0.8854，分類影像如圖 6-16。

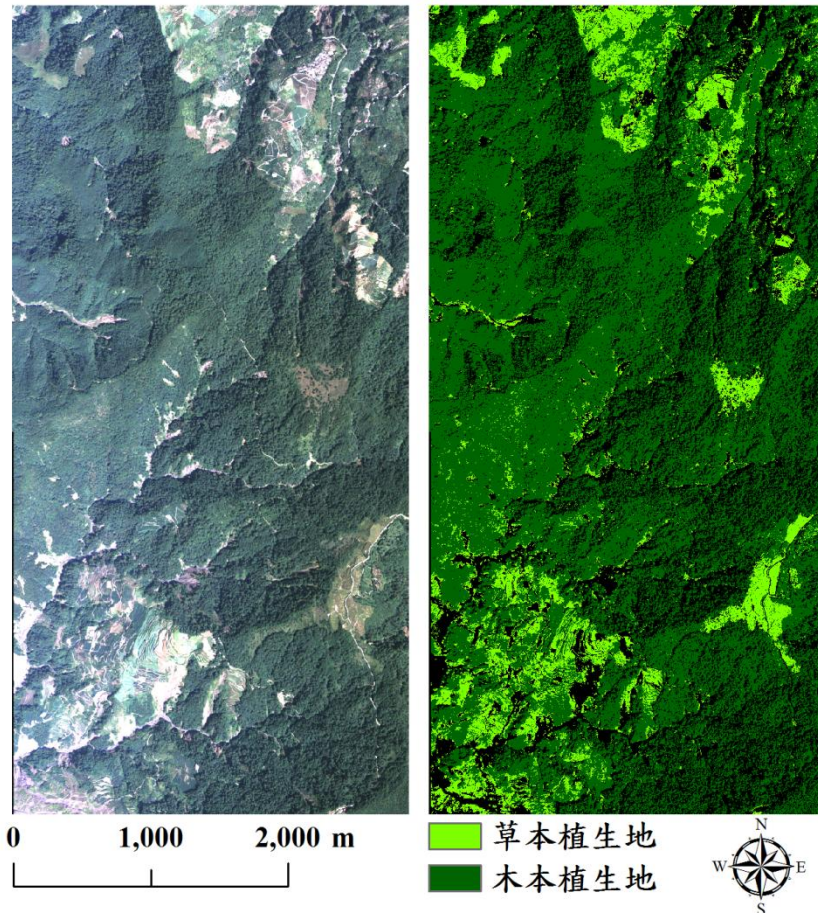


圖 6-16 左圖為原始影像，右圖為木本植生及草本植生地偵測情形

- 階層 5-地物細部類別分類

- ◆ 植生區域

接續階層 3 之分類結果，本研究繼續進行階層 4 之植生類別部份之分類對草本植生地物與木本植生地物進行各別分類。

- ✓ 草本植生地物之分類

接續前一分類階層本研究繼續階層 4 之分類對低植生地物進行各別分類，透過決策樹 CART 演算法將藍光 400、近紅外光 200 做為分類門檻值並結合輔助圖層來制定各地物類別之分類規則，其分類規則為：

草地：(輔助圖層=非林地範圍 and 藍光 400 \leq 1160.50) or (輔助圖層=林地範圍 and 草本植生地)

農田：(輔助圖層=非林地範圍 and 藍光 400 > 1160.50 and 近紅外光 200 > 4142.50) or (輔助圖層=非林地範圍 and 藍光 400 > 1160.50 and 近紅外光 200 \leq 4142.50)

其分類總體精度為 93.40%，Kappa 值為 0.86 如表 6-14，分類影像如圖 6-17。

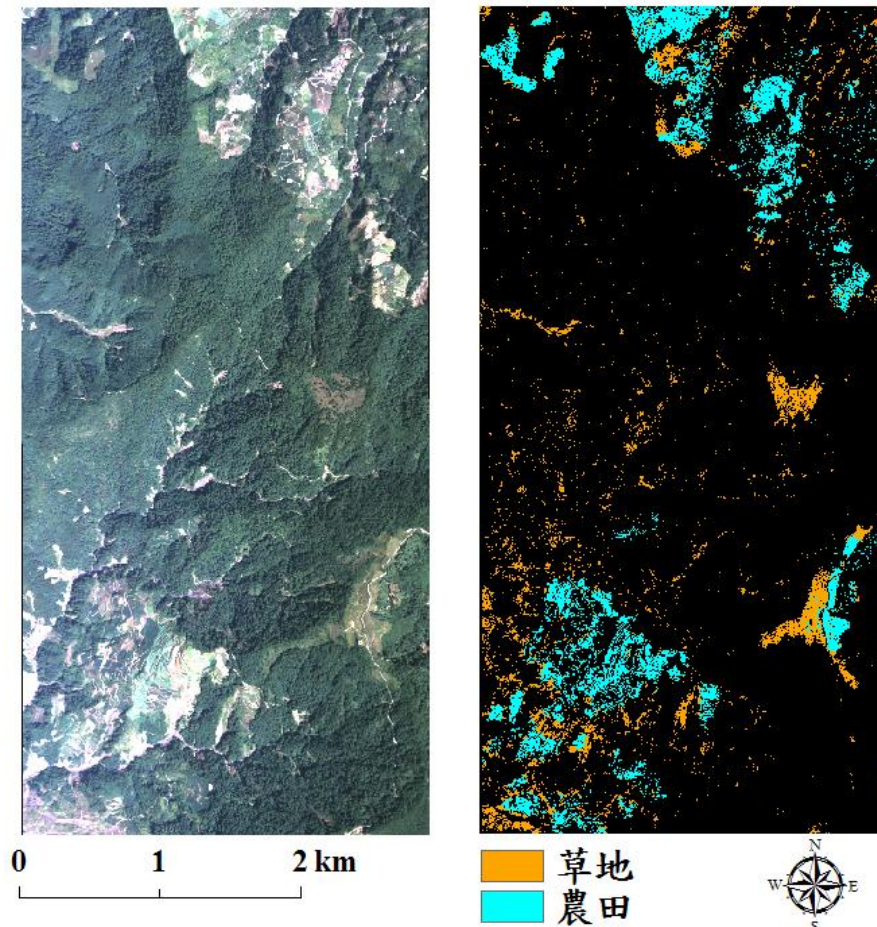


圖 6-17 左圖為原始影像，右圖為草本植生地之分類

表 6-14 草本植生地之分類精度表

| 分類類別 | 草地 | 農田 | 總和 | 使用者精度 | 誤授率 |
|-------|--------|--------|-----|--------|-------|
| 草地 | 59 | 6 | 65 | 90.77% | 8.23% |
| 農田 | 1 | 40 | 41 | 97.56% | 2.44% |
| 總和 | 60 | 46 | 106 | | |
| 生產者精度 | 98.33% | 86.96% | | | |
| 漏授率 | 1.67% | 13.04% | | | |

總體精度：93.40%，總體 Kappa 值：0.86

✓ 木本植生地物之分類

接續層級 3 之分類結果，本研究另對木本植生地物進行細部分類，透過決策樹 CART 演算法將紅光 400、綠光 400、藍光 200、差異度 400、均質度 400 做為分類門檻值並結合輔助圖層資訊來制定各地物類別之分類規則，於木本植生地本研究首先進行針葉樹及闊葉樹區域的區分其分類規則為：

針葉樹： $(\text{綠光 } 400 \leq 1258.50 \text{ and 對比度 } 400 \leq 137.20) \text{ or } (\text{綠光 } 400 > 1258.5) \text{ or } (\text{綠光 } 400 \leq 1258.5 \text{ and 對比度 } 400 \leq 137.20 \text{ and 藍光 } 200 \leq 838.25)$

闊葉樹： $(\text{綠光 } 400 \leq 1258.50 \text{ and 對比度 } 400 \leq 137.20 \text{ and 藍光 } 200 > 838.25)$

而在區分出針葉樹及闊葉樹類別後在將闊葉樹類別區域往下細分為闊葉樹、果樹、竹林類別：

闊葉樹： $(\text{輔助圖層}=\text{林地範圍 and 闊葉樹範圍 and 紅光 } 400 \leq 661.8) \text{ or } (\text{輔助圖層}=\text{非林地範圍 and 紅光 } 400 > 661.8 \text{ and 紅光 } 400 > 709.05 \text{ and 均質度 } 400 > 70.365)$

竹林： $(\text{紅光 } 400 > 661.8 \text{ and 紅光 } 400 \leq 709.05) \text{ or } (\text{紅光 } 400 > 661.8 \text{ and 紅光 } 400 > 709.05 \text{ and 均質度 } 400 \leq 70.365)$

果樹： $(\text{輔助圖層}=\text{非林地範圍 and 紅光 } 400 > 661.8 \text{ and 紅光 } 400 > 709.05 \text{ and 均質度 } 400 > 70.365)$

均質度 $400 > 70.365$) or (輔助圖層=非林地範圍 and 木本植生區域)

其分類總體精度為 64.29%，Kappa 值為 0.52 如表 6-15，分類影像如圖 6-18。

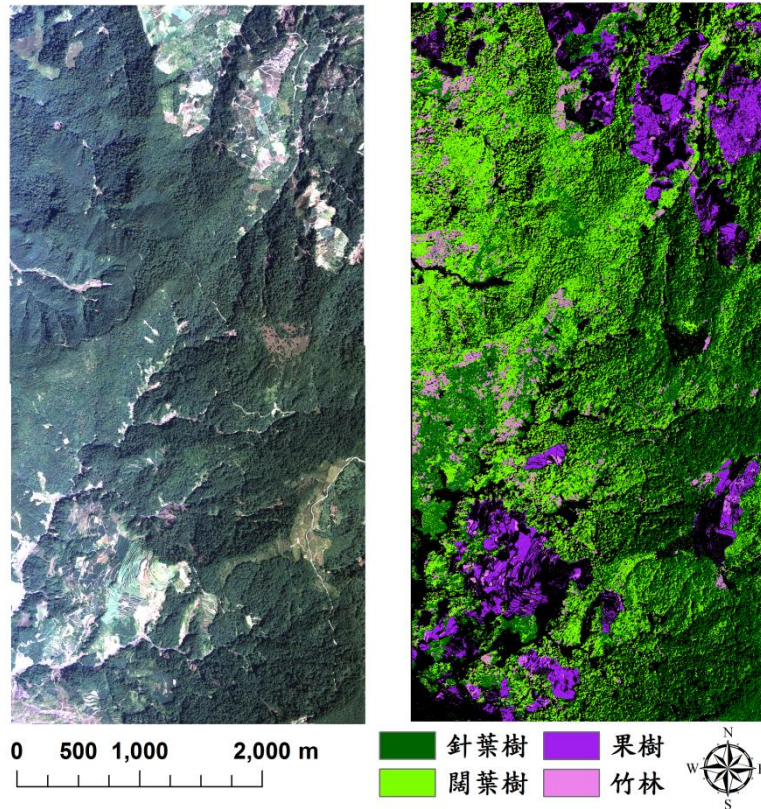


圖 6-18 左圖為原始影像，右圖為木本植生地之分類

表 6-15 木本植生地之誤差矩陣表

| 分類類別 | 針葉樹 | 闊葉樹 | 竹林 | 果樹 | 總和 | 使用者精度 | 誤授率 |
|-------|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|
| 針葉樹 | 31 | 30 | 0 | 0 | 61 | 50.82% | 49.18% |
| 闊葉樹 | 7 | 56 | 2 | 0 | 65 | 86.15% | 13.85% |
| 竹林 | 14 | 30 | 17 | 3 | 64 | 26.56% | 73.44% |
| 果樹 | 0 | 4 | 0 | 58 | 62 | 93.55% | 6.45% |
| 總和 | 52 | 120 | 19 | 61 | 252 | | |
| 生產者精度 | 59.62% | 46.67% | 89.47% | 95.08% | | | |
| 漏授率 | 41.38% | 53.33% | 10.53% | 4.92% | | | |

總體精度：64.29%，總體 Kappa：0.52

◆ 非植生區域之分類

本層級接續階層 2 所得到之非植生範圍，並往下細分其非植生細部地物類別：崩塌地、溼地、道路、建物、裸露地類別；本研究透過訓練樣區萃取多波段套疊物件影像資訊至決策樹 CART 演算法獲得由近紅外光 200、NDVI200、藍光 400、近紅外光 400、對比度 400、面積 250、面積 400 所構成之各地物類別的分類門檻規則，本研究為提高其分類精度，故結合輔助圖層資訊來加以制定出非植生地分類之分類規則，其分類規則為：

濕地：(輔助圖層=林地範圍 and 近紅外光 400 \leq 1497.5 and 面積 250 \leq 61.625)

道路：(輔助圖層=道路) or (輔助圖層=非林地範圍 and 藍光 400 \leq 2911 and 對比度 400 $>$ 10.28 and 近紅外光 400 \leq 2254)

建物：(輔助圖層指派建物) or (輔助圖層=非林地範圍 and 藍光 400 $>$ 2911)

裸露地：(輔助圖層=非林地範圍 and 藍光 400 \leq 2911 and 對比度 400 $>$ 10.28 and 近紅外光 400 $>$ 2254) or (輔助圖層=非林地範圍 and 藍光 400 \leq 2911 and 對比度 400 \leq 10.275 and 藍光 400 \leq 1826.5) or (輔助圖層=非林地範圍 and 藍光 400 \leq 2911 and 對比度 400 \leq 10.275 and 藍光 400 $>$ 1826.5) or (輔助圖層=林地範圍 and 近紅外光 400 $>$ 1497.50 and NDVI200 $>$ -0.1599 and 面積 400 $>$ 243.5) or (輔助圖層=林地範圍 and 近紅外光 400 $>$ 1497.50 and NDVI200 $>$ -0.1599 and 面積 400 \leq 243.5 and 近紅外光 200 $>$ 2099)

崩塌地：(輔助圖層=林地範圍 and 近紅外光 400 \leq 1497.50 and 面積 250 $>$ 61.625) or (輔助圖層=林地範圍 and 近紅外光 400 $>$ 1497.50 and NDVI200 \leq -0.1599) or (輔助圖層=林地範圍 and 近紅外光 400 $>$ 1497.50 and NDVI200 $>$ -0.1599 and 面積 400 \leq 243.5 and 近紅外光 200 \leq 2099)

其非植生區域分類總體精度為 85.09%，Kappa 值為 0.81 如表 6-16，分類影像如圖 6-19。

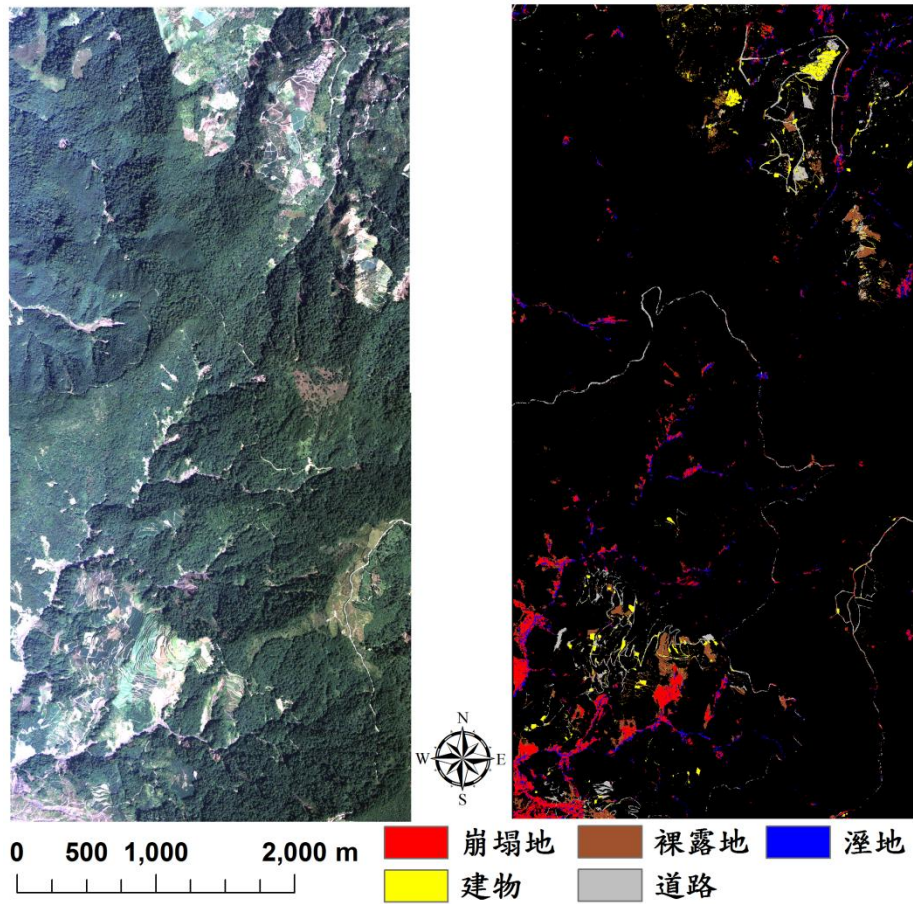


圖 6-19 左圖為原始影像，右圖為非植生區域分類成果圖

表 6-16 非植生區域之誤差矩陣表

| 分類類別 | 崩塌 | 溼地 | 道路 | 建物 | 裸露地 | 總和 | 使用者精度 | 誤授率 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|
| 崩塌 | 55 | 3 | 1 | 0 | 7 | 66 | 83.33% | 16.67% |
| 溼地 | 4 | 39 | 1 | 0 | 1 | 45 | 86.67% | 13.33% |
| 道路 | 1 | 1 | 49 | 3 | 6 | 60 | 81.67% | 18.33% |
| 建物 | 0 | 0 | 2 | 41 | 2 | 45 | 91.11% | 8.89% |
| 裸露地 | 3 | 0 | 4 | 2 | 50 | 59 | 84.75% | 15.25% |
| 總和 | 63 | 43 | 57 | 46 | 66 | 275 | | |
| 生產者精度 | 87.30% | 90.70% | 85.96% | 89.13% | 75.76% | | | |
| 漏授率 | 12.70% | 9.30% | 14.04% | 10.87% | 24.24% | | | |

總體精度: 85.09% , 總體 Kappa: 0.8125

● 合併階層 4 之地物分類之成果

於植生地物及非植生地物分類完成後，將其結果影像進行合併，其合併後之成果圖如圖 37 所示，本研究同時也透過 633 個檢核點對其合併後之全幅影像進行分類精度之評估，其分類後之總體精度為 78.20%，總體 Kappa 值為 0.76 如表 6-17 所示，分類影像如圖 6-20。

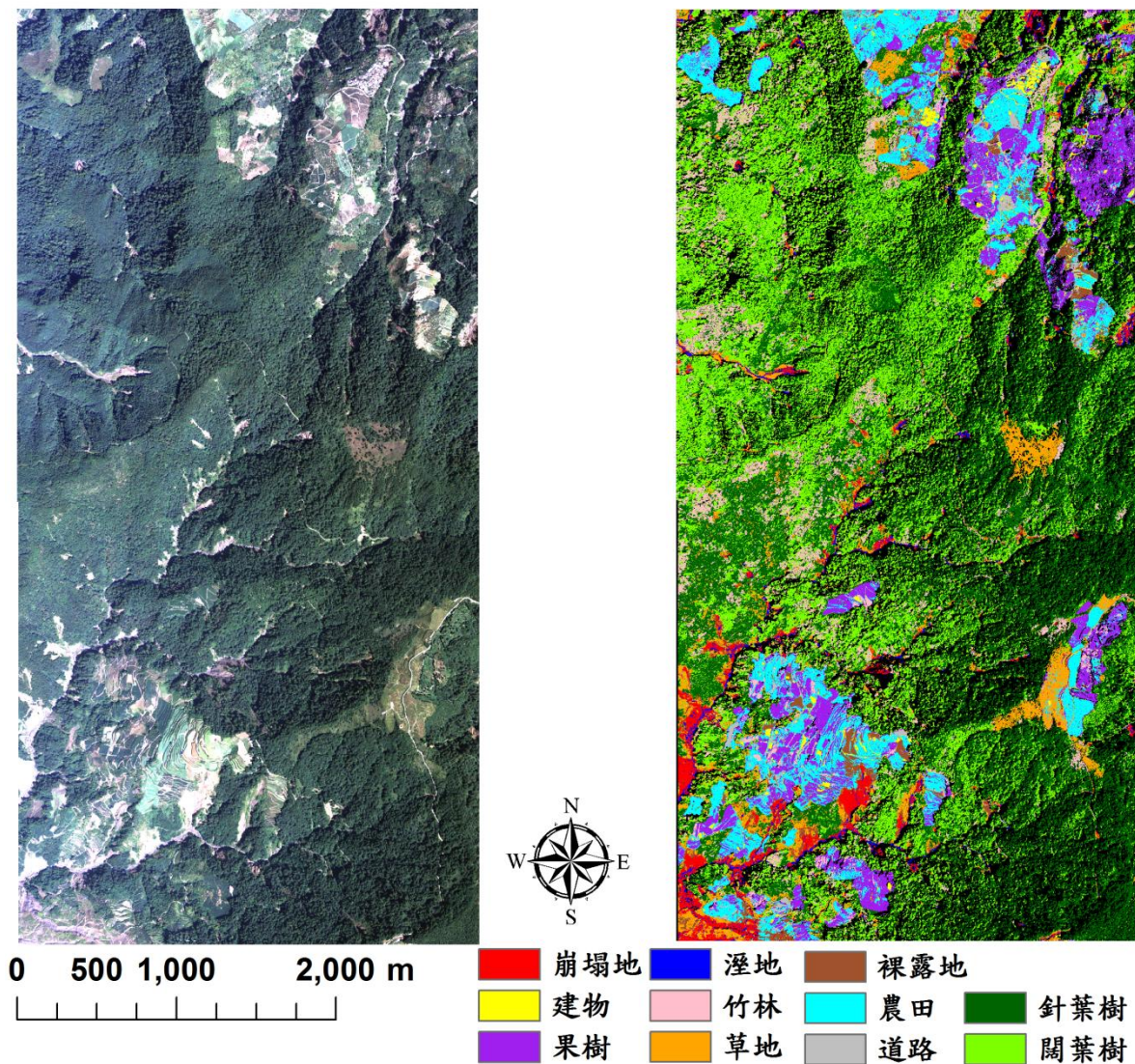


圖 6-20 左圖為原始影像，右圖合併植生及非植生區域之成果圖

表 6-17 合併植生區域及非植生區域之誤差矩陣

| 分類類別 | 針葉樹 | 闊葉樹 | 竹林 | 果樹 | 農田 | 草地 | 崩塌地 | 濕地 | 道路 | 建物 | 裸露地 | 總和 | 使用者精度 | 誤授率 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|
| 針葉樹 | 31 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 50.82% | 49.18% |
| 闊葉樹 | 7 | 56 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 | 86.15% | 13.85% |
| 竹林 | 14 | 30 | 17 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 | 26.56% | 73.44% |
| 果樹 | 0 | 4 | 0 | 58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62 | 93.55% | 6.45% |
| 農田 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 | 90.77% | 9.23% |
| 草地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41 | 97.56% | 2.44% |
| 崩塌地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 | 3 | 1 | 0 | 7 | 66 | 83.33% | 16.67% |
| 濕地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 39 | 1 | 0 | 1 | 45 | 86.67% | 13.33% |
| 道路 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 49 | 3 | 6 | 60 | 81.67% | 18.33% |
| 建物 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 41 | 2 | 45 | 91.11% | 8.89% |
| 裸露地 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 4 | 2 | 50 | 59 | 84.75% | 15.25% |
| 總和 | 52 | 120 | 19 | 61 | 60 | 46 | 63 | 43 | 57 | 46 | 66 | 633 | | |
| 生產者精度 | 59.62% | 46.67% | 89.47% | 95.08% | 98.33% | 86.96% | 87.30% | 90.70% | 85.96% | 89.13% | 75.76% | | | |
| 漏授率 | 40.38% | 53.33% | 10.53% | 4.92% | 1.67% | 13.04% | 12.70% | 9.30% | 14.04% | 10.87% | 24.24% | | | |

總體精度：78.20%，總體 Kappa：0.76

E. 現場地真檢核

本研究為確認各分類地物之真實性，亦前往大甲溪事業區進行地真檢核，可見各地物之真實情形，調查時間為 2011 年 9 月 16 至 2011 年 9 月 17，檢核成果如附錄 A(附表三至附表十三)。

6.6.2 阿里山事業區樣區

A. 樣區概述

本研究選取阿里山事業區範圍內之 ADS40 航空影像作為影像分類之試驗材料，其試驗樣區位於 1/5000 圖幅框號 95202092 之圖幅範圍內，樣區大小約長 2650 m 寬 1230 m，其樣區影像如圖 6-21 所示；本研究主要挑選阿里山地區內地物類別較為單純之區域作為試驗樣區。

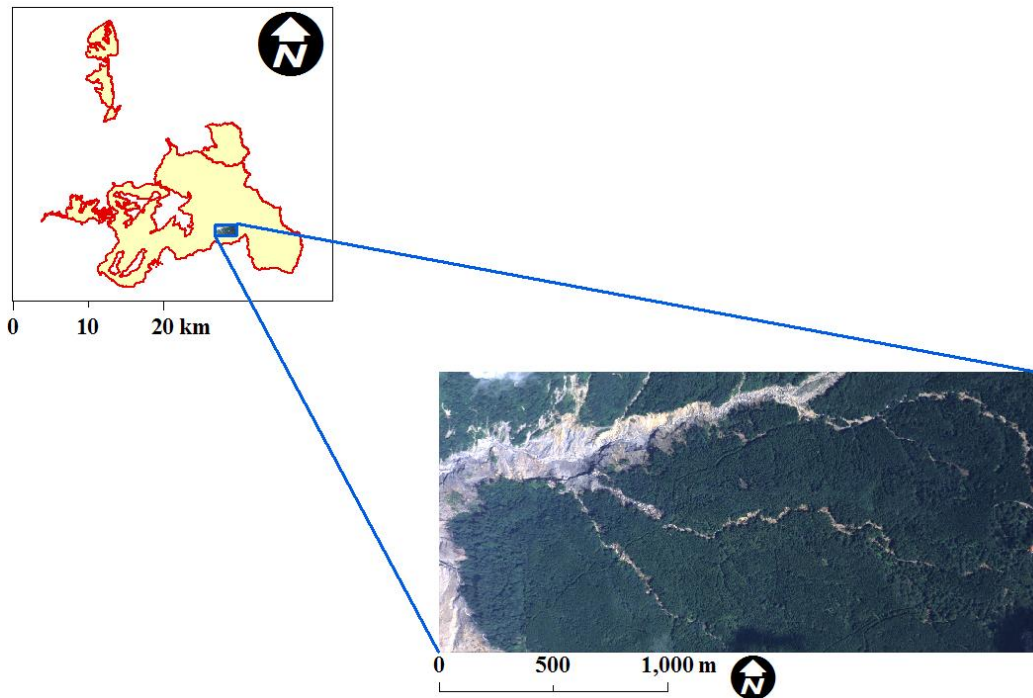


圖 6-21 阿里山樣區位置圖

阿里山樣區主要分布之地物類別為植生類別的柳杉人工林其次為闊葉樹混生林及紅檜林，非植生之地物類別則主要為崩塌地以及少部分的建築物，其各地物類別之航空影像如圖 6-22 所示。

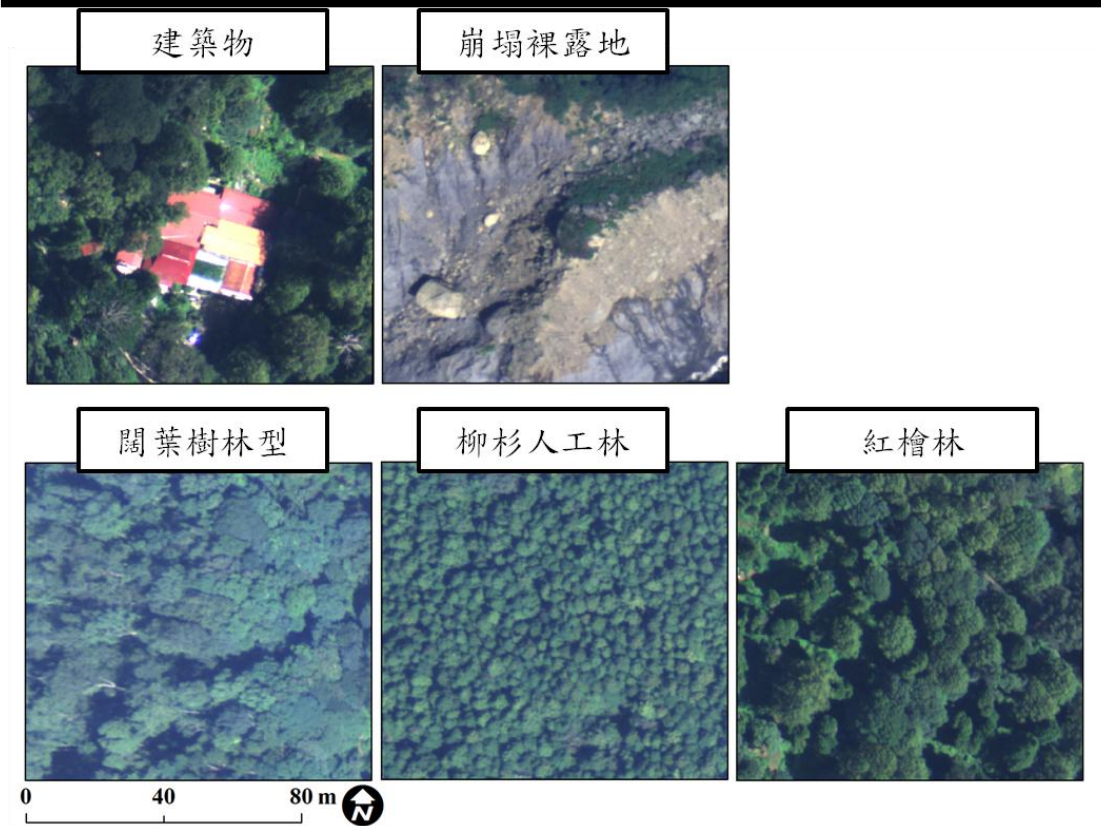


圖 6-22 阿里山樣區之地物類別

B.地真資料說明

阿里山樣區之地真資料主要採用八八風災崩塌地數化圖層、國土利用調查圖層、臺灣現生天然植群圖圖層與第3次森林資源調查圖層資料。其合併完成之地真資料如圖 6-23 所示。

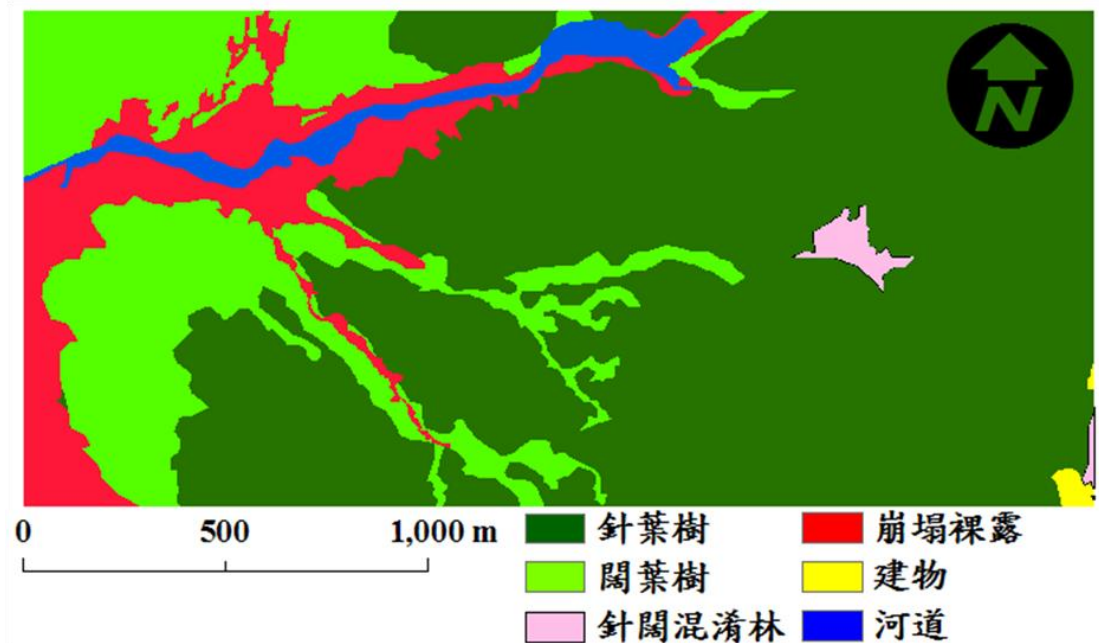


圖 6-23 阿里山樣區地真資料

C.物件影像製備

於影像完成影像切割後即進行物件影像之製備，將影像切割後之區塊進行影像資訊之繼承，所採用之影像分別為 ADS40 數值航照影像之原始四波段影像、植生指標以及由近紅外光進行計算所獲得之 GLCM 八種紋理指標，本研究一共獲取 14 波段分類影像資訊，其影像資訊表如表 6-18 所示。

表 6-18 阿里山事業區樣區影像資訊名稱表

| 原始影像切割尺度 | 影像資訊繼承來源 | 影像資訊名稱 |
|----------|---------------------|--------------------|
| 300 | 紅光波段 | 紅光 300 |
| | 綠光波段 | 綠光 300 |
| | 藍光波段 | 藍光 300 |
| | 近紅外光波段 | 近紅外光 300 |
| | 常態化差異植生指標 | NDVI300 |
| | 簡單植生比指標 | SR300 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-均質度 | NIR-GLCM-均質度 300 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-對比度 | NIR-GLCM-對比度 300 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-相異 | NIR-GLCM-相異 300 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-平均數 | NIR-GLCM-平均數 300 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-變異數 | NIR-GLCM-變異數 300 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-熵 | NIR-GLCM-熵 300 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-二階角動量 | NIR-GLCM-二階角動量 300 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-相關性 | NIR-GLCM-相關性 300 |

D.輔助圖層

本研究透過國土利用調查圖層將人為開發之區域加以定義為非林地範圍以限制於影像上相關地物類別之分布範圍，以作為輔助影像分類之用途。

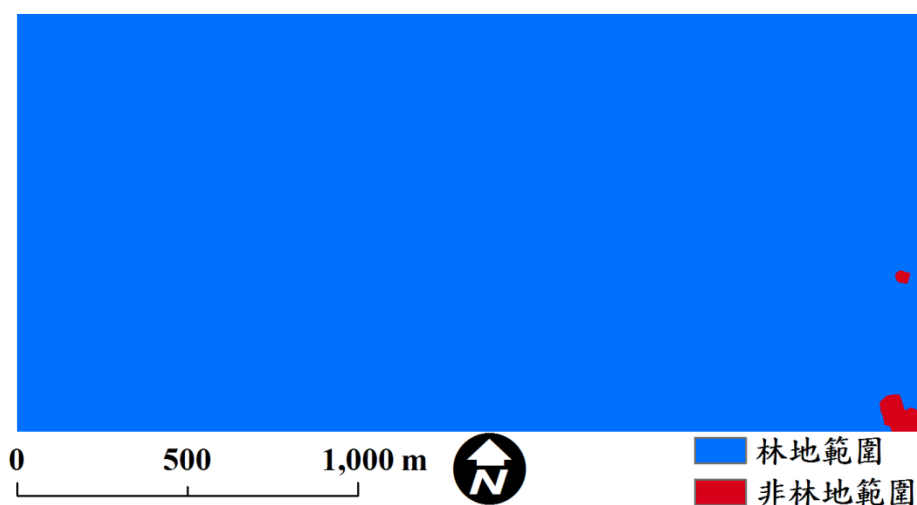


圖 6-24 阿里山樣區輔助圖層

E. 影像分類

(A) 分離度檢定

為瞭解樣區內各地物類別所蘊含的影像資訊分離情形，本研究透過訓練樣點針對 14 波段之物件影像進行分離度檢定，其分離度情形如表 6-19 所示。所得 TD 值皆為 1900 以上，代表各類別分離度高。

表 6-19 疊合 14 波段影像分離度檢定表

| 土地利用類型 | 闊葉樹林型 | 柳杉 | 紅檜 | 建物 | 崩塌地 |
|--------|-------|------|------|------|-----|
| 闊葉樹林型 | | | | | |
| 柳杉 | 1997 | | | | |
| 紅檜 | 1974 | 1974 | | | |
| 建物 | 2000 | 2000 | 2000 | | |
| 崩塌地 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | |

本研究另透過訓練樣區誤差矩陣進行訓練樣點之評估，而進行評估所採用之影像為疊合 14 波段之物件影像。透過表 6-20 結果顯示，於植生地物類別中柳杉類別與紅檜類別有些微互相混淆情形；而在非植生地物類別中建物類別與崩塌地類別則亦為些微混淆之情形。

表 6-20 疊合影像 14 波段訓練樣區誤差矩陣表

| 分類類別 | 闊葉樹林型 | 柳杉 | 紅檜 | 建物 | 崩塌地 | 總和 |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 闊葉樹林型 | 204 | 0 | 0 | 0 | 0 | 204 |
| 柳杉 | 0 | 201 | 7 | 0 | 0 | 208 |
| 紅檜 | 0 | 13 | 196 | 0 | 0 | 209 |
| 建物 | 0 | 0 | 0 | 136 | 6 | 142 |
| 崩塌地 | 0 | 0 | 0 | 3 | 202 | 205 |
| 總和 | 204 | 214 | 203 | 139 | 208 | 968 |

(B) 分類規則制定

本研究先透過崩塌地分類模組進行崩塌地分類，其崩塌地分類之相關分類機制參見本研究崩塌地分類標準作業流程(4.2.1 章節)。其後再將成果帶入後續林地分類。本研究透過影像物件化流程共製備 14 幅物件影像，同時透過 CART 演算法，選定藍光 300、近紅外光 300、亮度值、NDVI300、NIR-GLCM-相異 300 並

配合輔助圖層制定知識庫分類樹規則以進行影像分類。

其知識庫系統分類規則如下所示：

陰影：(亮度值 ≤ 1006.75)

紅檜：(NDVI300 > 0.356882 and 藍光 300 ≤ 1182.5 and 藍光 300 ≤ 989.15 and NIR-GLCM-相異 300 ≤ 102.7)

柳杉：(NDVI300 > 0.356882 and 藍光 300 ≤ 1182.5 and 藍光 300 > 989.15) or (NDVI300 > 0.356882 and 藍光 300 ≤ 1182.5 and 藍光 300 ≤ 989.15 and NIR-GLCM-相異 300 > 102.7)

闊葉樹：(NDVI300 > 0.356882 and 藍光 300 > 1182.5)

建物：(輔助圖層=非林地範圍 and NDVI300 ≤ 0.356882 and 近紅外光 300 ≤ 956.75) or (輔助圖層=非林地範圍 and NDVI300 ≤ 0.356882 and 近紅外光 300 > 956.75)

崩塌地：(崩塌地分類模組分類成果指派)

河道：(地真圖層指派河道位置)

透過上述之各地物類別之分類規則建置即進行影像分類，並將其完成之影像分類成果圖(圖 6-25)進行影像分類準確度評估，而於河道地物類別部份由於該類別為直接由地理資訊系統圖層資訊所指派，因此河道類別則不列入準確度評估計算中；本研究透過 250 個隨機檢核點進行檢核；其總體精確度為 77.60%，總體 KAPPA 值為 0.7196 其誤差矩陣，如表 6-21 所示。

林務局農林航空測量所

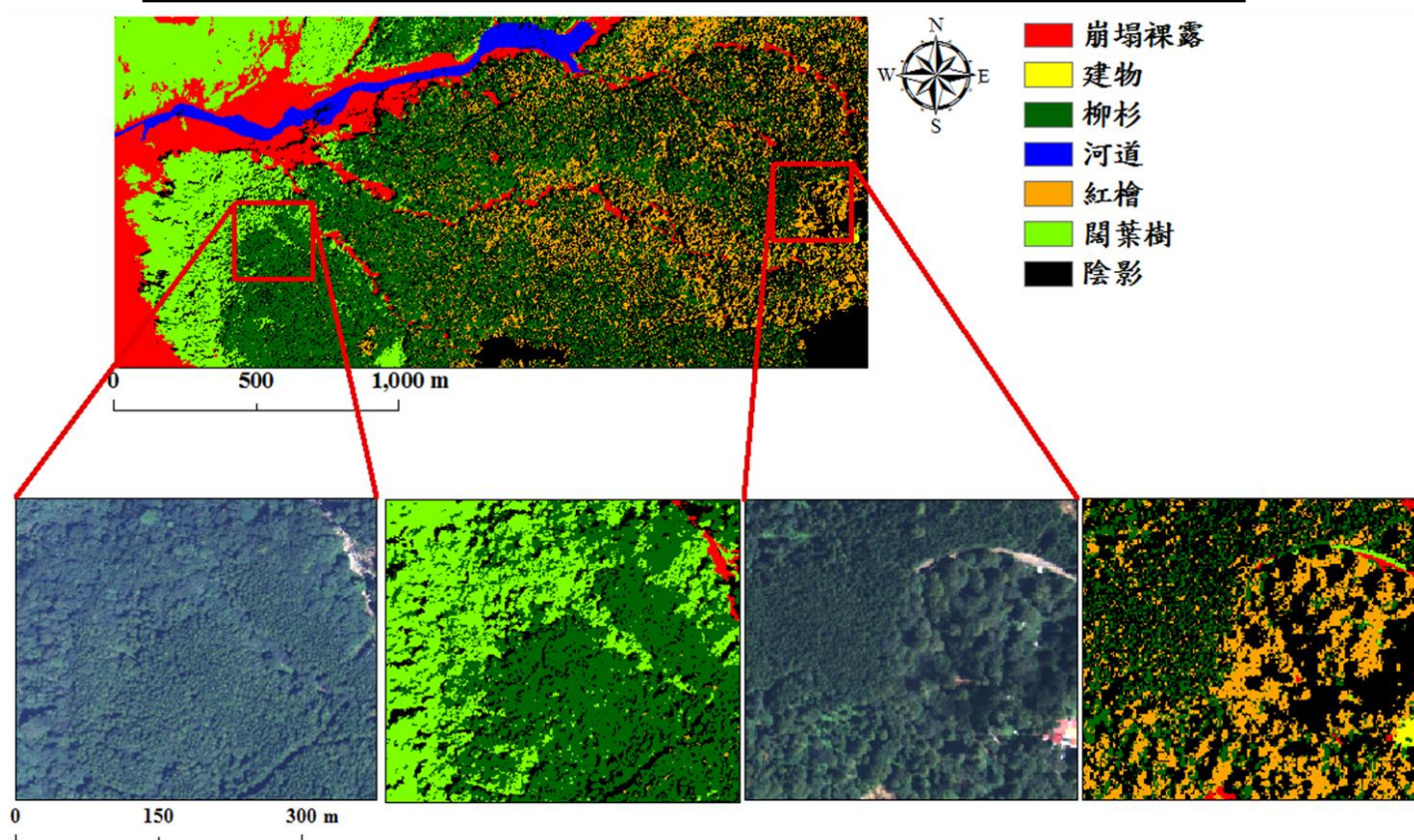


圖 6-25 阿里山樣區之分類成果圖

表 6-21 阿里山試驗樣區-誤差矩陣

| 分類類別 | 闊葉樹 | 柳杉 | 紅檜 | 建物 | 崩塌裸露 | 總和 | 使用者精度 | 誤授率 |
|-------|--------|--------|--------|---------|---------|-----|---------|--------|
| 闊葉樹 | 47 | 3 | 1 | 0 | 0 | 51 | 92.16% | 7.84% |
| 柳杉 | 12 | 31 | 8 | 0 | 0 | 51 | 60.78% | 39.22% |
| 紅檜 | 14 | 18 | 16 | 0 | 0 | 48 | 33.33% | 66.67% |
| 建物 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 50 | 100.00% | 0.00% |
| 崩塌裸露 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 50 | 100.00% | 0.00% |
| 總和 | 73 | 52 | 25 | 50 | 50 | 250 | | |
| 生產者精度 | 64.38% | 59.62% | 64.00% | 100.00% | 100.00% | | | |
| 漏授率 | 35.62% | 40.38% | 36.00% | 0.00% | 0.00% | | | |

本研究另依據第四次森林資源調查之類別將該分類成果圖進行類別合併，其成果圖如圖 6-26 所示；同時並進行其影像分類圖之準確度評估，透過 250 個隨機檢核點進行檢核，其總體精確度為 88.00%，總體 KAPPA 為 0.8375，如表 6-22 所示。

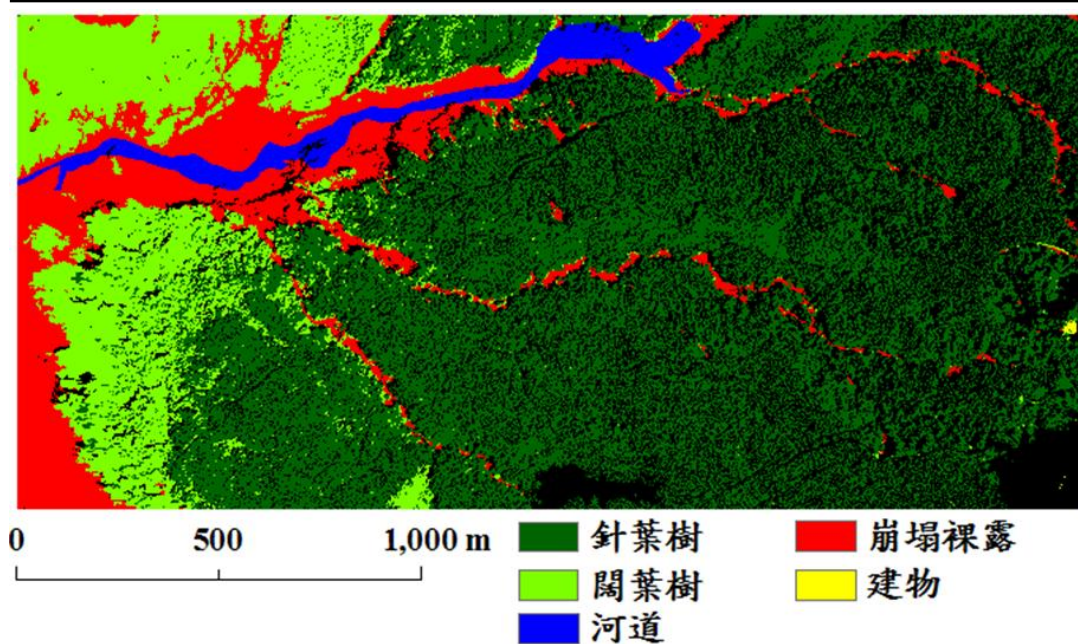


圖 6-26 阿里山樣區-第四次森林資源調查類別分類成果圖

表 6-22 阿里山樣區-第四次森林資源調查類別誤差矩陣

| 分類類別 | 闊葉樹 | 針葉樹 | 建物 | 崩塌裸露 | 總和 | 使用者精度 | 誤授率 |
|-------|--------|--------|---------|---------|----|--------|--------|
| 闊葉樹 | 47 | 4 | 0 | 0 | 51 | 92.16 | 7.84% |
| 針葉樹 | 26 | 73 | 0 | 0 | 99 | 73.74 | 26.26% |
| 建物 | 0 | 0 | 50 | 0 | 50 | 100.00 | 0.00% |
| 崩塌裸露 | 0 | 0 | 0 | 50 | 50 | 100.00 | 0.00% |
| 總和 | 73 | 77 | 50 | 50 | | | |
| 生產者精度 | 64.38% | 94.81% | 100.00% | 100.00% | | | |
| 漏授率 | 35.62% | 15.19% | 0.00% | 0.00% | | | |

6.6.3 烏來事業區樣區

A. 樣區概述

本研究選取烏來事業區範圍之 ADS40 航空影像作為其試驗材料，烏來試驗樣區位於 1/5000 圖幅框號 97224081 之圖幅範圍內，其樣區約長 680 m 寬 540 m，該試驗樣區內之地物主要為針葉樹林型、闊葉樹林型及竹林所組成，其樣區影像如圖 6-27。

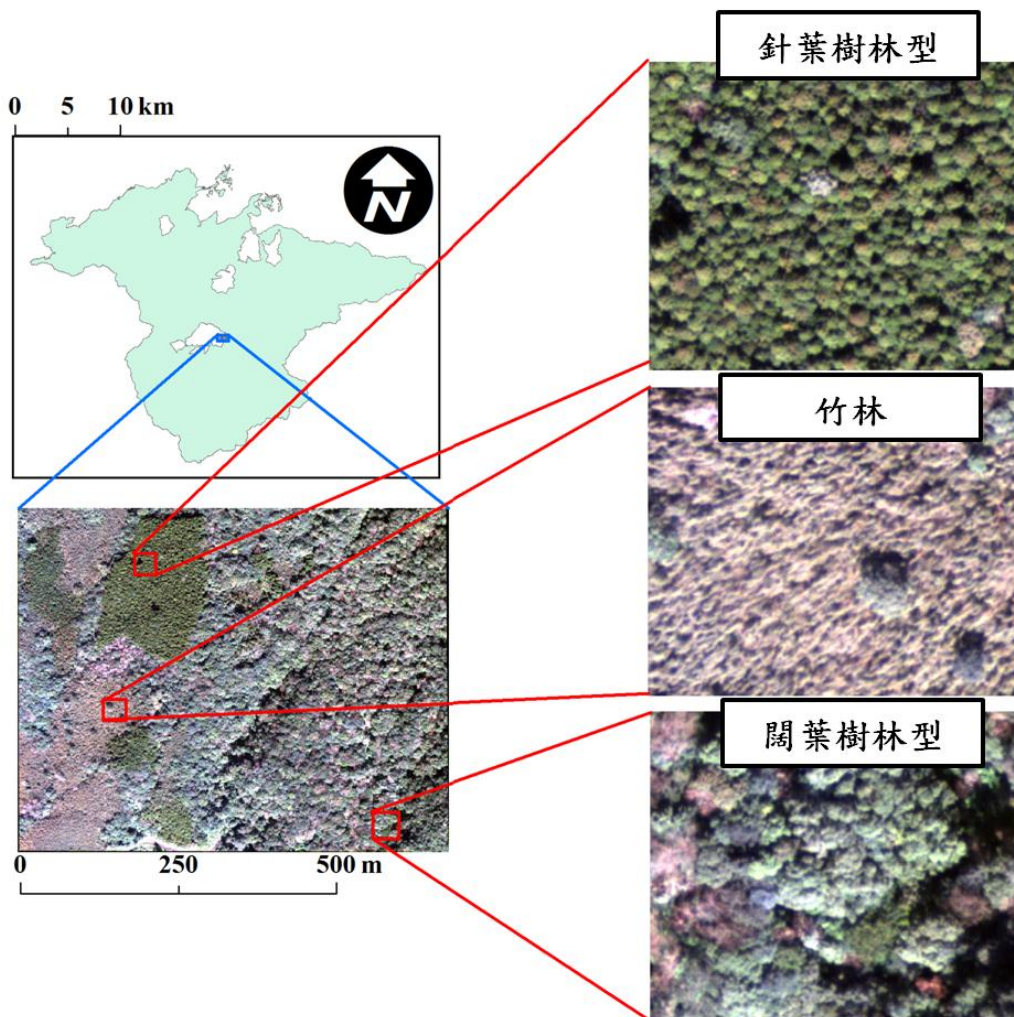


圖 6-27 烏來樣區位置圖

B.地真資料

本研究參考台灣現生天然植群圖圖層，進行烏來樣區土地覆蓋人工數化，以提供其影像分類檢核之用，其烏來樣區之地真圖層如圖 6-28 所示。

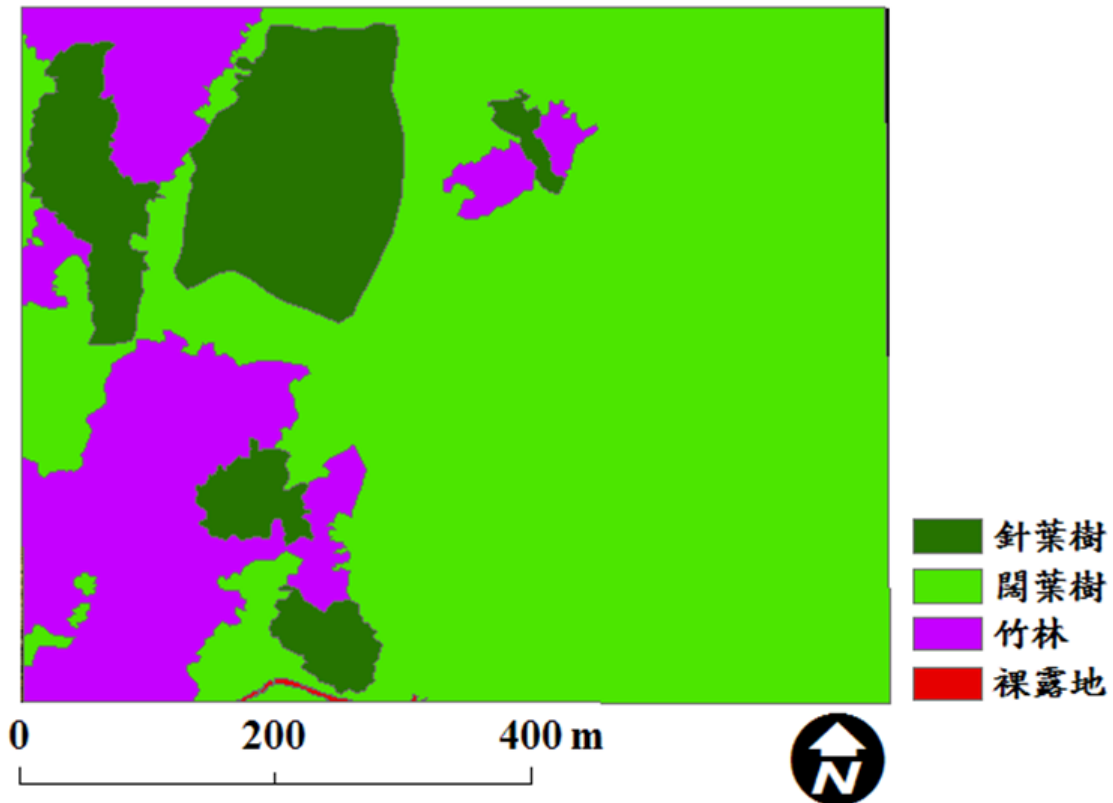


圖 6-28 烏來樣區地真圖

C.物件影像製備

於影像完成影像切割後即進行物件影像之製備，將影像切割後之區塊進行影像資訊之繼承，所採用之影像分別為 ADS40 數值航照影像之原始四波段影像、植生指標，本研究另透過藍光及近紅外光波段分別進行 GLCM 之八種紋理指標之計算，本研究一共獲取 22 波段分類影像資訊，其影像資訊表如表 6-24 所示。

表 6-23 烏來事業區樣區影像資訊名稱表

| 原始影像切割尺度 | 影像資訊繼承來源 | 影像資訊名稱 |
|----------|---------------------|--------------------|
| 200 | 紅光波段 | 紅光 200 |
| | 綠光波段 | 綠光 200 |
| | 藍光波段 | 藍光 200 |
| | 近紅外光波段 | 近紅外光 200 |
| | 常態化差異植生指標 | NDVI200 |
| | 簡單植生比指標 | SR200 |
| | B-GLCM 紋理指標-均質度 | B-GLCM-均質度 200 |
| | B-GLCM 紋理指標-對比度 | B-GLCM-對比度 200 |
| | B-GLCM 紋理指標-相異 | B-GLCM-相異 200 |
| | B-GLCM 紋理指標-平均數 | B-GLCM-平均數 200 |
| | B-GLCM 紋理指標-變異數 | B-GLCM-變異數 200 |
| | B-GLCM 紋理指標-熵 | B-GLCM-熵 200 |
| | B-GLCM 紋理指標-二階角動量 | B-GLCM-二階角動量 200 |
| | B-GLCM 紋理指標-相關性 | B-GLCM-相關性 200 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-均質度 | NIR-GLCM-均質度 200 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-對比度 | NIR-GLCM-對比度 200 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-相異 | NIR-GLCM-相異 200 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-平均數 | NIR-GLCM-平均數 200 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-變異數 | NIR-GLCM-變異數 200 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-熵 | NIR-GLCM-熵 200 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-二階角動量 | NIR-GLCM-二階角動量 200 |
| | NIR-GLCM 紋理指標-相關性 | NIR-GLCM-相關性 200 |

D. 影像分類

(A) 分離度檢定

為瞭解樣區內各地物類別所蘊含的影像資訊分離情形，本研究透過訓練樣點針對 22 波段之物件影像進行分離度檢定，其分離度情形如表 6-24 所示。所得 TD 值皆為 2000，代表各類別分離度高。

表 6-24 疊合 22 波段影像分離度檢定表

| 土地利用類型 | 針葉樹林型 | 闊葉樹林型 | 竹林 | 裸露地 |
|--------|-------|-------|------|-----|
| 針葉樹林型 | | | | |
| 闊葉樹林型 | 2000 | | | |
| 竹林 | 2000 | 2000 | | |
| 裸露地 | 2000 | 2000 | 2000 | |

本研究另透過訓練樣區誤差矩陣進行訓練樣點之評估，而進行評估所採用之影像為疊合 22 波段之物件影像。透過表 6-25 結果顯示，於地物類別中以闊葉樹類別與竹林類別有些微互相混淆情形。

表 6-25 疊合影像 22 波段訓練樣區誤差矩陣表

| 分類類別 | 針葉樹林型 | 闊葉樹林型 | 竹林 | 裸露地 | 總和 |
|-------|-------|-------|-----|-----|-----|
| 針葉樹林型 | 192 | 1 | 0 | 0 | 193 |
| 闊葉樹林型 | 0 | 190 | 3 | 0 | 193 |
| 竹林 | 0 | 5 | 197 | 0 | 202 |
| 裸露地 | 0 | 0 | 0 | 209 | 209 |
| 總和 | 192 | 196 | 200 | 209 | 797 |

本研究透過物件影像製備一共獲取 22 波段之影像資訊，透過 CART 演算法，選定植生指標 NDVI200 以及 B-GLCM-平均數 200、NIR-GLCM-變異數 200、NIR-GLCM-均質度 200 制定知識庫分類樹規則以進行影像分類。

其影像分類規則如下：

陰影：(亮度值 ≤ 870.558)

針葉樹林型：(B-GLCM-平均數 200 ≤ 141.231)

闊葉樹林型：(B-GLCM-平均數 200 > 141.231 and NDVI200 > 0.638166) or (B-GLCM-平均數 200 > 141.231 and NDVI200 ≤ 0.638166 and NIR-GLCM-均質度 200 > 110.228 and NIR-GLCM-變異數 200 > 37.6165)

竹林：(B-GLCM-平均數 200 > 141.231 and NDVI200 ≤ 0.638166 and NIR-GLCM-均質度 200 ≤ 110.228) or (B-GLCM-平均數 200 > 141.231 and NDVI200 ≤ 0.638166 and NIR-GLCM-均質度 200 > 110.228 and NIR-GLCM-變異數 200 ≤ 37.6165)

裸露地：(崩塌地分類模組分類成果指派)

本研究透過上述之分類規則進行影像分類，並將其完成之影像分類成果圖(圖 6-28)進行分類準確度評估，本研究透過 240 個隨機檢核點進行檢核；其總體精確度為 70.38%，總體 KAPPA 值為 0.6111 其誤差矩陣，如表 6-26 所示。

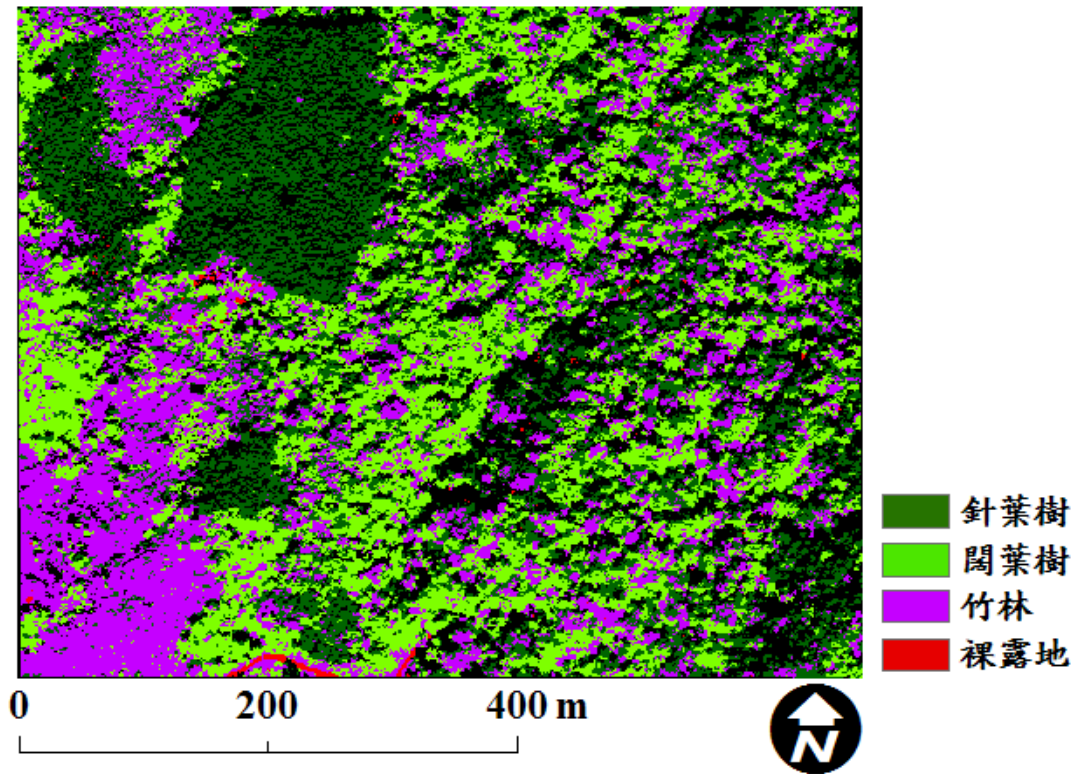


圖 6-28 烏來樣區之分類成果圖

表 6-26 烏來樣區誤差矩陣

| 分類類別 | 針葉樹 | 闊葉樹 | 竹林 | 裸露地 | 總和 | 使用者精度 | 誤授率 |
|-------|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|
| 針葉樹 | 52 | 25 | 10 | 0 | 87 | 59.77% | 40.23% |
| 闊葉樹 | 4 | 22 | 11 | 0 | 37 | 59.46% | 40.54% |
| 竹林 | 3 | 13 | 39 | 3 | 58 | 67.24% | 32.76% |
| 裸露地 | 1 | 0 | 0 | 57 | 58 | 98.28% | 1.72% |
| 總和 | 60 | 60 | 60 | 60 | 240 | | |
| 生產者精度 | 86.67% | 36.67% | 65.00% | 95.00% | | | |
| 漏授率 | 13.33% | 63.33% | 35.00% | 5.00% | | | |

6.7 分類成果評估

在大甲溪事業區樣區的植生類別中，以農田、果樹、及草地類別之分類成果較佳，其漏授率分別為 1.67%、4.92%、13.04%，誤授率分別為 9.23%、6.45%、2.44%(表 6-18)，應用輔助圖層的應用及階層式分類，使農田、果樹、及草地類別得到較高的精確度；草本植生地物的農田及草地類別由於其光譜反射值較為相近，以一般分類模式執行較難以區分，簡甫任(2001)研究中指出透過地理資訊系統資料的輔助可降低分類時的誤差，故在知識庫分類中，利用地理資訊系統資料的輔助是提高精準度相當重要的關鍵。故本研究亦透過知識庫系統將經驗邏輯知識結合輔助圖層制定出分類規則，限制農田類別的分類範圍。

而在植生類別中分類精確度較不佳者分別為針葉樹、闊葉樹及竹林類別，其各類別之漏授率為 40.38%、53.33%、10.53%，而誤授率則為 49.18%、13.85%、73.44%；針葉樹類別之分類結果會與闊葉樹及竹林類別有所混淆，其中以針葉樹類別被誤判為竹林之情形較為嚴重；另在闊葉樹類別與針葉樹、竹林、果樹類別皆有分類混淆情形，其中以闊葉樹類別與竹林類別混淆較為嚴重，而果樹分類混淆情形則較少，主要因為輔助圖層資訊降低與其他類別的混淆。由圖 6-29 可知，闊葉樹類別之誤判情形，分類誤差情形大多發生於樹冠較為明亮之區塊。

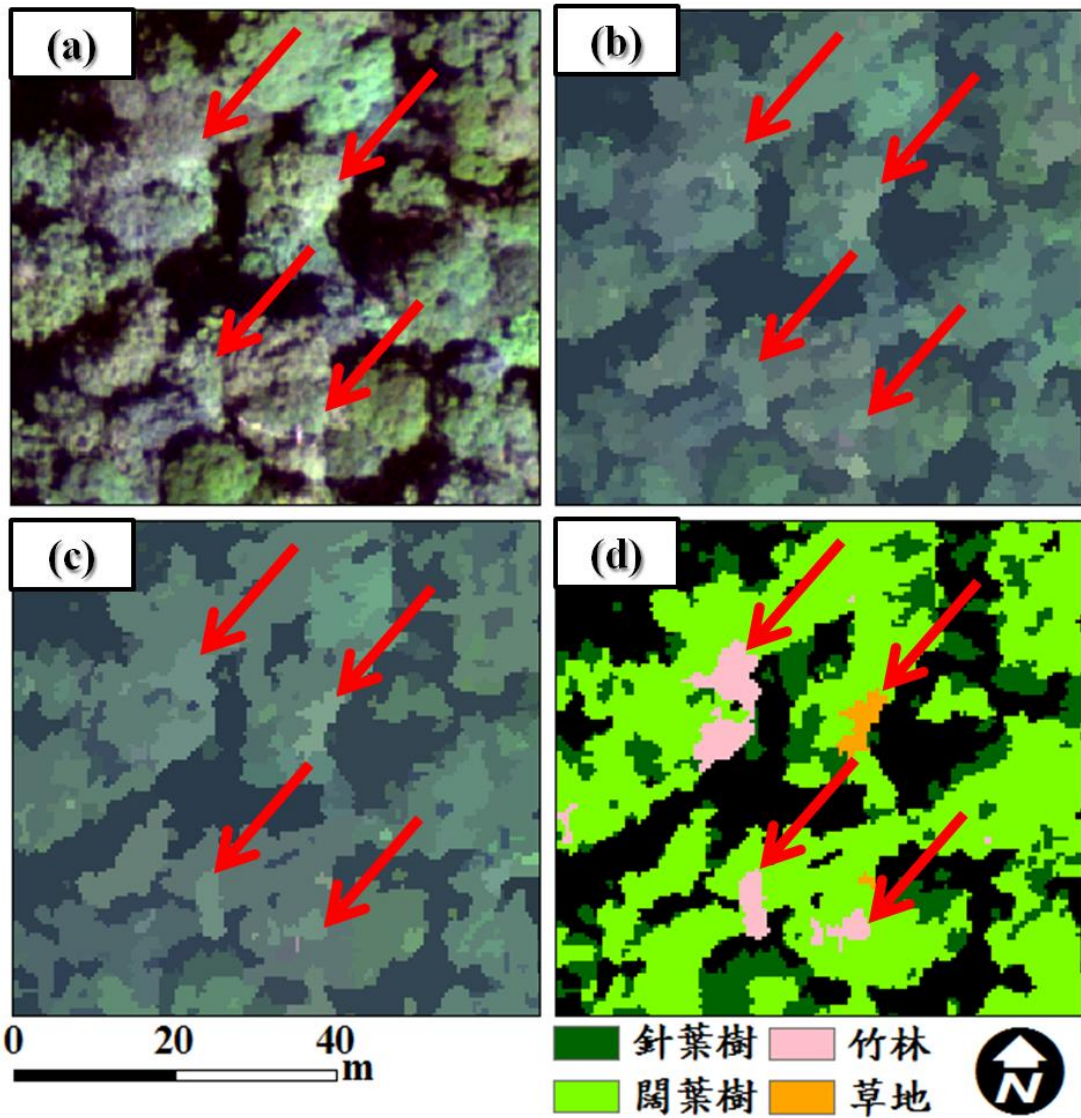


圖 6-29 大甲溪事業區樣區-闊葉樹之樹冠區域分類混淆情形，圖 a 為原始影像、b 為切割尺度 200 物件影像、c 為切割尺度 400 物件影像、d 為影像分類圖

烏來事業區樣區之針葉樹類別、闊葉樹類別及竹林類別的漏授率分別為 13.33%、63.33%、35.00%，其中以闊葉樹類別之漏授率最高，而觀察其影像之細部分類情形，與大甲溪事業區樣區之具有相同分類錯誤情形，如圖 6-30 所示，其紅色箭頭處為闊葉樹冠層明亮之區塊處，而此區塊也較易誤判為竹林類別。

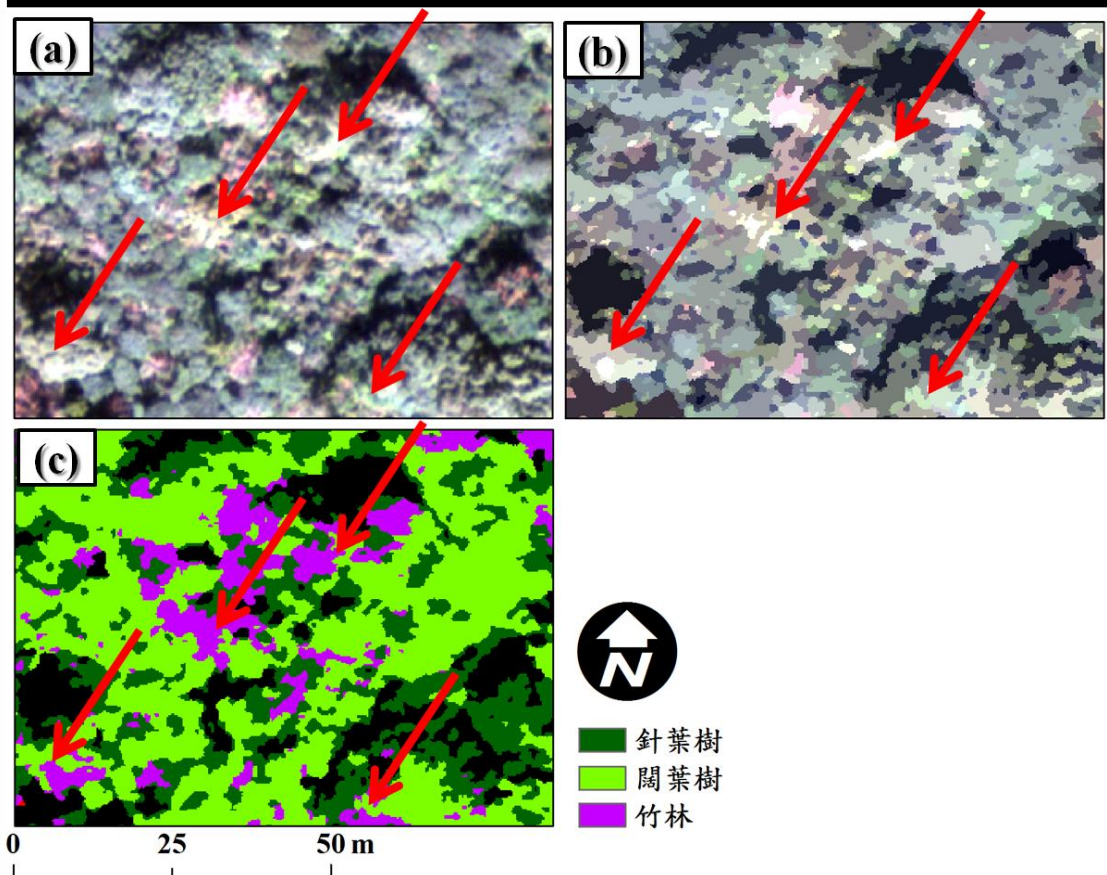


圖 6-30 烏來事業區樣區-闊葉樹類別之分類混淆情形，圖 a 為原始影像、b 為物件影像、c 為影像分類圖

比對前人研究，Meddens *et al.* (2011)應用數位航照進行病蟲害樹種偵測分類時，發現影像中受陽光強烈照射之樹冠明亮像元較易產生分類錯誤之情形。本研究中亦顯示無論是切割尺度 200 或是切割尺度 400 之物件影像，於樹冠區域皆會將較亮之像元切割為獨立之物件區塊，而該區塊亦容易產生分類混淆之情形，故樹冠之明亮區塊對於其分類精確度具有其影響性。由圖 6-29 與圖 6-30 中較為明亮之闊葉樹樹冠區塊較易誤判為竹林類別，該現象為竹林類別誤授率過高以及闊葉樹類別漏授率過高之成因。

觀察阿里山事業區樣區，針葉樹誤授情形較高(誤授率 26.26%)，因有部份區域受雲霧干擾而產生其誤判為闊葉樹。

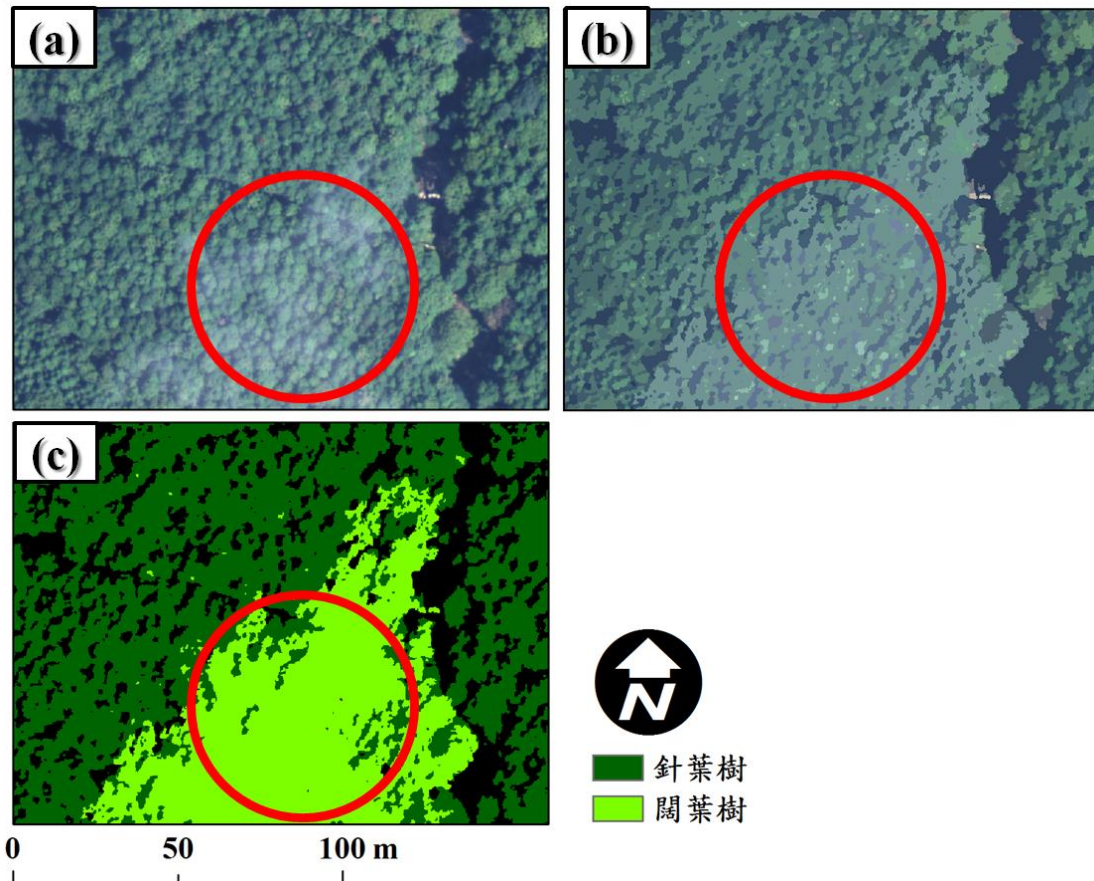


圖 6-31 阿里山事業區樣區-針葉樹類別誤授情形，圖 a 為原始影像、b 為物件影像、c 為影像分類圖

由大甲溪事業區樣區之非植生類別分類結果，可得知各地物類別皆有不錯之分類成果，其中以濕地類別之分類精確度最高，其次分別為建物、崩塌地、道路及裸露地類別。道路及建物類別因透過輔助圖層的加入，而有效的降低影像分類錯誤之情形，由於輔助圖層的加入能夠限制各地物類別的分布範圍，以減低各地物類別間的誤授情形產生。

濕地類別會和崩塌地類別混淆，而於其他地物類別之分類混淆情形則較少，李瑞陽及莊佳文(2006)於研究中運用非監督分類法進行影像分類於結果中，發現水體易與道路混淆，而本研究由於採用知識庫分類法結果空間資訊加以制其分類規則故可以有效減低濕地類別與道路類別的分類混淆情形；部分濕地類別被誤判為崩塌地，比對原始影像可發現誤授之影像區塊多為各地物類別中亮度較高之影像區塊，如濕地類別中誤授為崩塌類別者多發生在太陽光強烈反射之水體上。在非植生類別中分類精確度最低者為裸露地類別，其中裸露地與崩塌地及道路類別會有較高之分類混淆情形，其可能主要因為光譜特性較相近。

藉由上述結果，本研究之分類模式可得以下結論：

- 良好的分割尺度有利於地物空間特徵之萃取，故影像物件化乃為影響後續影像分類精度之重要關鍵，以多重尺度切割影像有助於複雜地物之區別，透過知識庫系統能有效將粗細切割尺度之物件影像資訊加以整合運用，以進行多尺度影像進行分類可提升各地類之分類精度。
- 透過階層式分類能有效降低影像分類的複雜度，但於上階層之分類需注意其分類準確度以避免分類誤差累加之情形產生。
- 採用物件導向影像分析技術可大幅降低椒鹽現象，減少分類誤差。
- 知識庫分類法整合各分類變數並加入 GIS 輔助圖層以構成分類規則樹，同時並輔以分層式分類，能有效利用專家知識，降低分類類別混淆機會以達到提升分類精確度之目的。
- 高空間解析力資訊帶來極複雜之資訊，儘管在同一棵樹之樹冠幅內，因影像因受陽光強烈照射產生樹冠明亮像元，以及於樹冠中接近陰影邊界區域之較暗像元，易產生分類錯誤之情形，此類誤差仍需後續研究。
- 本研究為建立林地影像分類流程，採用多樣分析技術(崩塌地製圖技術、陰影偵測、物件導向影像分析技術、多重尺度分類技術、分層式分類、分類回歸樹 CART)，可逐一提升林地分類精度。高解析度影像分類須考慮十分繁複之因子與分類方法組合，並配合專家知識，如以單一的分類模式進行，所得精度有限。

第七章 結論

一、陰影處理

- (一) 利用亮度值法可有效分離陰影與非陰影影像。
- (二) 在線性相關校正及直方圖匹配的影像恢復處理技術後，其成果在視覺上看似有所助益，但在對於後續影像分類之助益，由實驗數據顯示與原陰影影像分類所得效果差異不大，未來可再嘗試其他陰影恢復方法後再進行分類測試，目前以原陰影影像進行分類即可。
- (三) 在陰影影像分類成果中顯示，陰影影像具有一定的分類能力，應歸功於 12-bit 之輻射解析力所呈現的資訊所致。
- (四) 以 12bit 影像計算 NDVI，在陰影區內亦可呈現植生與非植生於 NDVI 之差異，並可進一步進行陰影區域的植生與非植生分類。

二、崩塌地製圖

- (一) 比較分離陰影進行處理的崩塌地偵測成果中顯示，分離處理的精度較高，但因考慮到本研究大面積的影像製圖，陰影分開處理的流程較繁複，在試驗中未分離與分離處理的差異僅有 0.5%，為簡化製圖流程，因此在全台製圖作業中，將未分離陰影之影像直接納入分類流程，所得精度亦達可接受之範圍，此乃效率與誤差上的妥協，建議未來將陰影分離處理為佳。
- (二) 利用 ISODATA 非監督分類配合分類後類組合併，可有效地將影像粗分為植生與非植生兩部分，即得到初步之裸露地判釋成果，然而 ISODATA 會因影像之數值分布，而影響分類門檻值的界定。
- (三) 採用國土利用調查圖層濾掉非屬於崩塌地之範圍，再以分類圖徵後處理進行聚集、填補空洞、最小面積過濾，可大幅減少分類成果之雜訊，使崩塌地分類的精準度提升。
- (四) 比較自動分類與人工數化進行崩塌地判釋，其中自動分類之細膩度優於人工數化，可確實將影像中實際的崩塌邊界圈繪出來，且自動化，可免除人工數化的品質取決於操作者的經驗及技術純熟度之限制，以及疲勞帶來的概約化情形。建議崩塌地製圖應先進行自動分類，再進行人工數化編修，以取代以往全程數化方式。
- (五) 在全台事業區崩塌地的製圖中，以後段的人工編修數化最為消耗時間及人力，其餘步驟皆為自動化，但相較於以往全程數化方式已大幅降低工作

時間。

- (六) 在崩塌敏感分析的研究中，觀高區域在莫拉克颱風後發生大量新增崩塌，其中觀高工作站坡面下緣崩塌地仍呈現不穩定之狀態，未來觀高工作站可能具有崩塌危險。
- (七) 本研究以多期航照利用崩塌地製圖流程，完成多期崩塌地圖層，並分析各區域的崩塌地變遷，結果顯示觀高區域、廬山區域、梨山區域、阿里山區域，不變崩塌地所佔面積最多，顯示舊崩塌地持續產生崩塌，崩塌地並還沒有穩定，未來須持續觀測。
- (八) 本研究以觀高工作站區域、廬山區域，運用「不安定指數法」進行崩塌潛感評估，並以後期新增崩塌地進行驗證，對於中潛感等級以上之區域分別正確預測 83.60%、85.11% 的新增崩塌地，模式對於新增崩塌地預測準確率良好。

三、森林火災製圖

- (一) 本研究以 4 個案例進行森林火災區位製圖，採用 NDVI 差值法搭配 ISODATA 非監督分類，再以圖徵後處理，可有效偵測受災區位，各樣區偵測精度良好，顯示此法可行。
- (二) 以 NDVI 差值法來進行火燒嚴重度評估，精度變化較大，主要受限於前後期影像的狀況差異，亦受到地表植生的物候變化的影響，以及不同的植被類型會影響火燒嚴重度，然而採用此法可快速的提供由林火引起的植生變化訊息。

四、林地分類製圖

- (一) 良好的分割尺度有利於地物空間特徵之萃取，故影像物件化乃為影響後續影像分類精度之重要關鍵，以多重尺度切割影像有助於複雜地物之區別，透過知識庫系統能有效將粗細切割尺度之物件影像資訊加以整合運用，以進行多尺度影像進行分類可提升各地類之分類精度。
- (二) 透過階層式分類能有效降低影像分類的複雜度，但於上階層之分類需注意其分類準確度以避免分類誤差累加之情形產生。
- (三) 採用物件導向影像分析技術可大幅降低椒鹽現象，減少分類誤差。
- (四) 知識庫分類法整合各分類變數並加入 GIS 輔助圖層以構成分類規則樹，同時並輔以分層式分類，能有效利用專家知識，降低分類類別混淆機會以達到提升分類精確度之目的。

-
- (五) 高空間解析力資訊帶來極複雜之資訊，儘管在同一棵樹之樹冠幅內，因影像因受陽光強烈照射產生樹冠明亮像元，以及於樹冠中接近陰影邊界區域之較暗像元，易產生分類錯誤之情形，此類誤差仍需後續研究。
- (六) 本研究為建立林地影像分類流程，採用多樣分析技術(崩塌地製圖技術、陰影偵測、物件導向影像分析技術、多重尺度分類技術、分層式分類、分類回歸樹 CART)，可逐一提升林地分類精度。高解析度影像分類須考慮十分繁複之因子與分類方法組合，並配合專家知識，如以單一的分類模式進行，所得精度有限。

參考文獻

1. 孔德懷 (2004) 崩塌地特性變遷偵測之探討—以清水溪集水區之六期影像應用為例。國立中興大學水土保持學系碩士論文，88頁。
2. 江山宏 (2005) 九九峰崩塌地變遷監測之研究。明道管理學院環境規劃暨設計系碩士論文，51頁。
3. 江陽聖、陳錕山、梁隆鑫、王志添 (2007) 以SPOT 影像及數值地形模型推估集水區泥砂產量。航測及遙測學刊12 (4)：447-456。
4. 李瑞陽、莊佳文 (2006) 運用影像分塊方法於高解析衛星影像土地利用判釋精度之研究。航測及遙測學刊11 (4)：403-415。
5. 林朝欽、邱祈榮、周巧盈 (2005) 森林火災嚴重度之界定與評估：以武陵森林火災為例。台灣林業科學 20：203-213。
6. 洪凱政 (2009) 應用多光譜影像多種特徵偵測崩塌地之研究。國立成功大學測量及空間資訊學系碩士論文，154頁。
7. 莊子嫻 (2009) 台中市大坑風景區裸露地綠覆變遷之研究。國立中興大學園藝學研究所碩士論文，110頁。
8. 莊雲翰 (2002) 結合影像區塊及知識庫分類之研究—以IKONOS衛星影像為例。國立中央大學土木工程學系碩士論文，94頁。
9. 陳可薰 (2006) 改良式變異向量分析法於影像變遷之研究，國立中央大學土木工程研究所碩士論文，110頁。
10. 陳坤鈺、李瑞陽 (2007) 物件導向式分類分析墾丁國家公園景觀變遷之研究。第二十六屆測量及空間資訊研討會：745-755。
11. 黃國楨、鍾玉龍、林美雲、李久先 (2004) 航空照片應用於大鵬灣土地利用變遷之研究。航測及遙測學刊 9(4)：35-46。
12. 楊孟學、林明璋、劉進金 (2009) 結合衛星影像與地形指標於山崩自動分類之研究。航測及遙測學刊 14 (1)：11-23。
13. 雷祖強、李哲源、葉惠中、萬絢 (2009) 以區塊化物件分類法萃取ADS-40 影像中水稻田坵塊資訊之研究，航測及遙測學刊 14 (2)：127-140。
14. 劉守恆、林慶偉 (2004) SPOT衛星影像之崩塌地自動分類研究。航測及遙測學刊 9 (2)：9-22。

15. 劉致岡 (1999) 以專家系統利用GIS資料輔助影像細分類-以林相分類為例。成功大學測量工程研究所碩士論文，105頁。
16. 鄧佩欣、李瑞陽 (2007) 物件導向式分類應用在土地利用類別判釋之研究。第二十六屆測量及空間資訊研討會：735-744。
17. 鄧淑萍 (2010) 假設檢定及衛星遙測影像應用於地表覆蓋變遷偵測之研究，國立台灣大學生物資源暨農學院森林環境暨資源學系博士論文，122頁。
18. 蕭國鑫、尹承遠、劉進金、游明芳、王晉倫 (2003) SPOT影像與航照資料應用於崩塌地辨識之探討，航測及遙測學刊 8(4)：29-42。
19. 鍾玉龍、呂明倫，2005。SPOT衛星影像於墾丁國家公園銀合歡入侵分布之繪製。臺灣林業科學 21(2)：167-177。
20. 簡李濱(1992) 應用地裡資訊系統建立坡地安定評估之計量方法。國立中興大學土木工程學系碩士論文，114頁。
21. 簡甫任 (2001) 運用知識庫輔助遙測影像分類與土地利用變遷偵測模式建立之研究-以都市區域環境為例。逢甲大學土地管理學系碩士論文，134頁。
22. Baatz, M., U. Benz, S. Dehghani, M. Heynen, A. Holtje, P. Hofmann, I. Lingenfelder, M. Mimler, M. Sohlbach, and M. Weber (2004) eCognition Professional User Guide 4. Definiens Imagine GmbH, Munchen, Germany. 71pp.
23. Brais, S., P. David, and Ouimet, R. (2000) Impacts of wildfire severity and salvage harvesting on the nutrient balance of jack pine and black spruce boreal stands, *Forest Ecology and Management*, vol.137, pp.43-47.
24. Bühler, Y., A. Hüni, M. Christen, R. Meister, and T. Kellenberger (2009) Automated detection and mapping of avalanche deposits using airborne optical remote sensing data. *Cold Regions Science and Technology* 57 (2-3): 99-106.
25. Chafer, C. J. (2008) A comparison of fire severity measures: An Australian example and implications for predicting major areas of soil erosion. *Catena* 74: 235-245.

26. Chafer, C. J., M. Noonan, and, E. Macnaught (2004) The post-fire measurement of fire severity and intensity in the Christmas 2001 Sydney wildfires. *International Journal of Wildland Fire* 13: 227-240.
27. Chen, J., P. Gong, C. He, R. Pu, and P. Shi (2003) Land-use/land-cover change detection using improved change-vector Analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69: 369-80.
28. Chen, Y., D. Wen, L. Jing, and P. Shi (2007) Shadow information recovery in urban areas from very high resolution satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing* 28(15): 3249-3254.
29. Dare, P. M. (2005) Shadow analysis in high-resolution satellite imagery of urban areas. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 71(2): 169-177.
30. Doerr, S. H., R.A. Shakesby, W. H. Blake, C. J. Chafer, G. S. Humphreys, and P. J. Wallbrink (2006) Effects of differing wildfire severities on soil wettability and implications for hydrological response. *Journal of Hydrology* 319: 295-311.
31. Erikson, M. (2004) Species classification of individually segmented tree crowns in high-resolution aerial images using radiometric and morphologic image measures. *Remote Sensing of Environment* 91 (3-4): 469-477.
32. Eva, H., and E. Lambin (1998) Burnt area mapping in Central Africa using ATSR data. *International Journal of Remote Sensing* 19: 3473-3497.
33. Fox, D. M., F. Maselli, P. Carrega (2008) Using SPOT images and field sampling to map burn severity and vegetation factors affecting post forest fire erosion risk. *Catena* 75: 326-335.
34. Fraser, R. H., Z. Li, and R. Landry (2000) SPOT vegetation for characterising boreal forest fires. *International Journal of Remote Sensing* 21: 3525-3532.
35. Garcia, M. J. L., and V. Caselles (1991) Mapping burns and natural

- reforestation using Thematic Mapper data. *Geocarto International* 1: 31-37.
36. Garcia-Haro, F. J., M. A. Gilabert, and J. Melia (2001) Monitoring Fire-affected Areas Using Thematic Mapper Data. *International Journal of Remote Sensing* 22 (4): 533-549.
 37. Hammill, K. A, and R. A. Bradstock (2006) Remote sensing of fire severity in the Blue Mountains: influence of vegetation type and inferring fire intensity. *International Journal of Wildland Fire* 15: 213-226.
 38. Haralick R. M., K. Shaunmmugam, and I. Dinstein (1973) Textural Features for Image Classification, *IEEE Trans. On Syst., Man, and Cybern.*, Vol. SMC-3, 153:610-620.
 39. Kasischke, E. S., N. H. F. French, P. Harrell, N. L. Christensen Jr., S. L. Ustin, and D. Barry (1993) Monitoring of wildfires in Boreal Forests using large area AVHRR NDVI composite image data. *Remote Sensing of Environment* 45 (1): 61-71.
 40. Martha, T. R., N. Kerle, V. G. Jetten, C. J. van Westen, and K. Vinod Kumar (2010) Characterising spectral, spatial and morphometric properties of landslides for semi-automatic detection using object-oriented methods. *Geomorphology* 116(1-2): 24-36.
 41. Mas, J. F. (1999) Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing* 20 (1) 139-152.
 42. Meddens, A. J. H., J. A. Hicke, L. A. Vierling (2011) Evaluating the potential of multispectral imagery to map multiple stages of tree mortality. *Remote Sensing of Environment* 115: 1632-1642.
 43. Miller, J. D., and S. R. Yool (2002) Modeling fire in semi-desert grassland/oak woodland: the spatial implications. *Ecological Modelling* 153: 229-245.
 44. Miranda, A. I., M. Coutinho, and C. Borrego (1994) Forest fire emissions in Portugal: A contribution to global warming?,

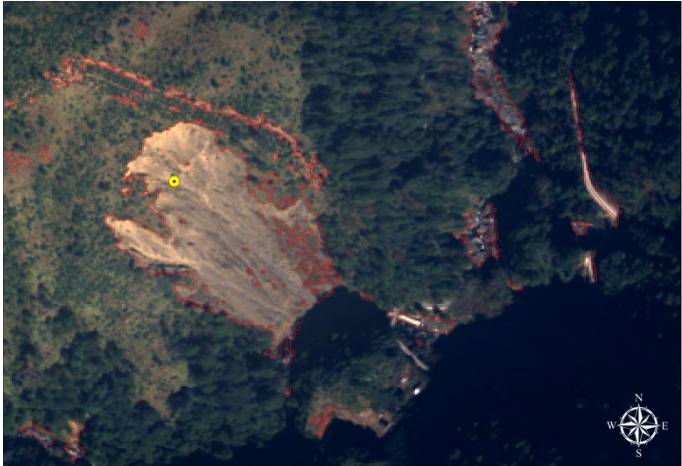



- Environmental Pollution 83: 121-123.
45. Remmel, T. K., and A. H. Perera (2001) Fire mapping in a northern boreal forest: assessing AVHRR/NDVI methods of change detection. *Forest Ecology and Management* 152 (1-3): 119-129.
 46. Richards, J. A. (1984) Thematic mapping from multitemporal image data using the principal component transformation. *Remote Sensing of Environment* 16 (1): 35-46.
 47. Santis, A. D., and E. Chuvieco (2009) GeoCBI: A modified version of the Composite Burn Index for the initial assessment of the short-term burn severity from remotely sensed data, *Remote Sensing of Environment* 113: 554-562.
 48. Sarabandi, P., F. Yamazaki, M. Matsuoka, and A. Kiremidjian (2004) "Shadow Detection and Radiometric Restoration in Satellite High Resolution Images," *Proceedings of IGARSS-2004*, September 2004, Anchorage, Alaska.
 49. Shackelford, A. K., and C. H. Davis (2003) A combined fuzzy pixel-based and object-based approach for classification of high-resolution multispectral data over urban areas. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions*, 41(10), 2354–2363.
 50. Shakesby, R. A., P. J. Wallbrink, S. H. Doerr, P. M. English, C. J. Chafer, G. Y. Humphreys, W. H. Blake, and K. M. Tomkins (2007) Distinctiveness of wildfire effects on soil erosion in southeast Australian eucalypt forests assessed in a global context. *Forest Ecology and Management* 238: 347-364.
 51. Shettigara, V. K. and, G. M. Sumerling (1998) Height determination of extended objects using shadows in SPOT images. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 64(1): 35-44.
 52. Shu, J.S.-P., and H. Freeman (1990) Cloud shadow removal from aerial photographs. *Pattern Recognition* 23(6): 647-656.
 53. Singh A. (1989) Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing* 10 (6): 989-1003.

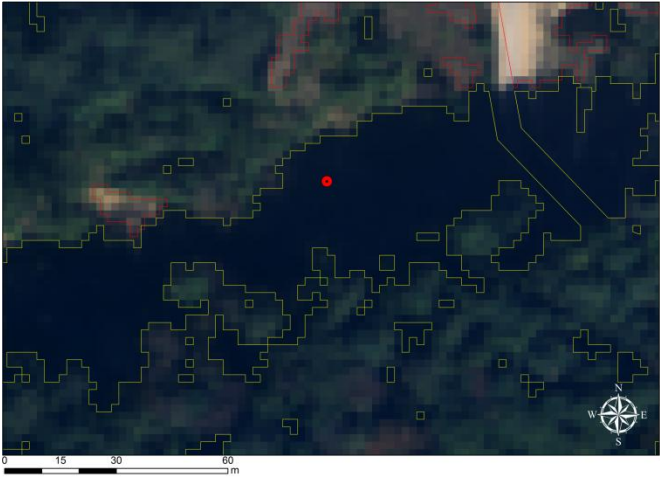



54. Stow, D., Y. Hamada, L. Coulter, and Z. Anguelova (2008) Monitoring shrubland habitat changes through object-based change identification with airborne multispectral imagery. *Remote Sensing of Environment* 112: 1051-1061.
55. Tansey, K., I. Chambers, A. Anstee, A. Denniss, and A. Lamb (2009) Object-oriented classification of very high resolution airborne imagery for the extraction of hedgerows and field margin cover in agricultural areas. *Applied Geography* 29: 145–157.
56. Tou, J. T., and R. C. Gonzalez. (1974) *Pattern Recognition Principles*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.
57. Walter, V. (2004) Object-based classification of remote sensing data for change detection. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 58: 225-238.
58. Wang, L., J. J. Qu, and X. Hao (2008) Forest fire detection using the normalized multi-band drought index (NMDI) with satellite measurements. *Agricultural and Forest Meteorology* 148 (11): 1767-1776.
59. Weiqi Z., H. Ganlin, T. Austin, M.L. Cadenasso (2009) Object-based land cover classification of shaded areas in high spatial resolution imagery of urban areas: A comparison study. *Remote Sensing of Environment* 113: 1769-1777.
60. White, J. D., K.C. Ryan, C.C. Key, and S.W. Running (1996) Remote sensing of forest fire severity and vegetation recovery. *International Journal of Wildland Fire* 6: 125-136.
61. Zhan, X., R. Defries, J. R. G. Townshend, C. Dimiceli, M. Hansen, C. Huang, and R. Sohlbert (2000) The 250m global land cover change product from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer of NASA's Earth Observing System. *International Journal of Remote Sensing* 21: 1433-1460.
62. Zhou, W., A. Troy and M. Grove (2008) Object-based Land Cover Classification and Change Analysis in the Baltimore Metropolitan

Area Using Multi-temporal High Resolution Remote Sensing Data.
Sensors 8: 1613-1636.

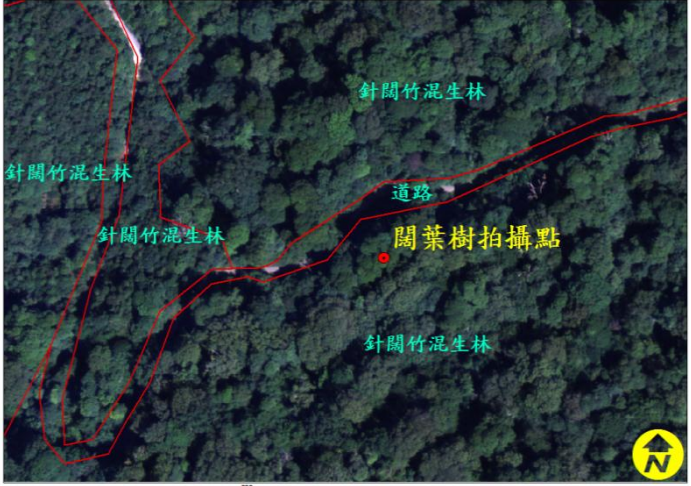

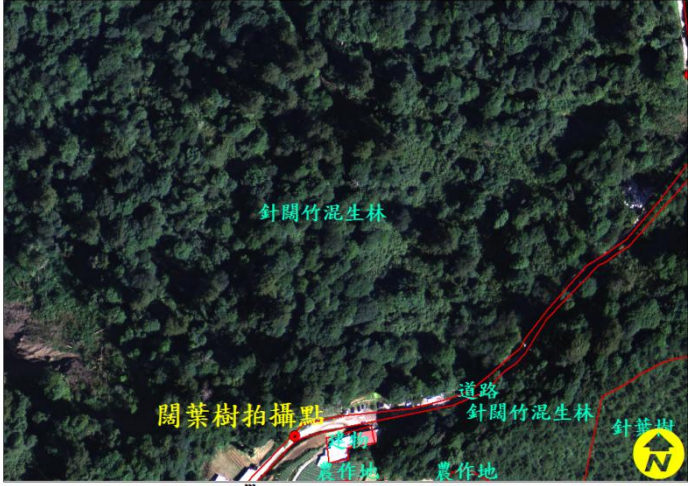

63. Zhou, W., G. Huang, A. Troy, M. L. Cadenasso (2009) Object-based land cover classification of shaded areas in high spatial resolution imagery of urban areas: A comparison study. Remote Sensing of Environment 113: 1769-1777.

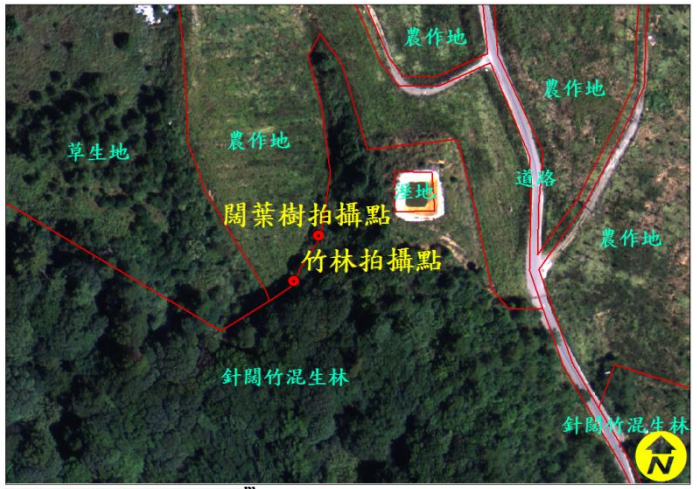

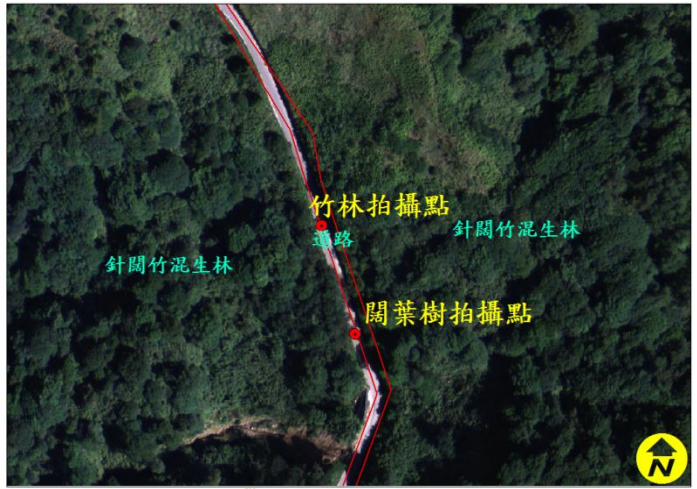

附錄 A

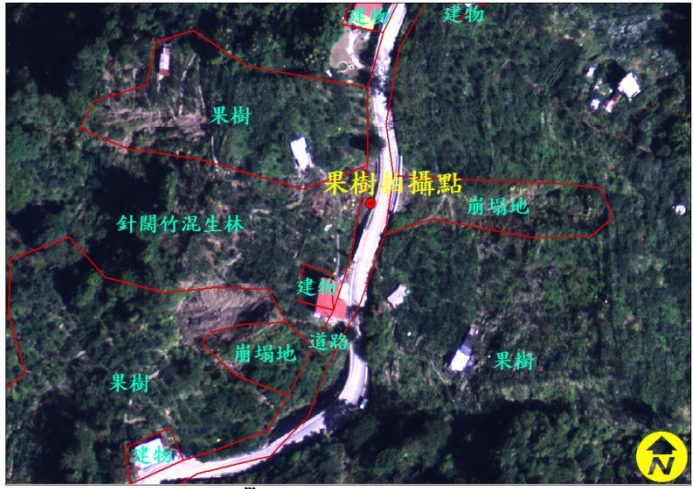

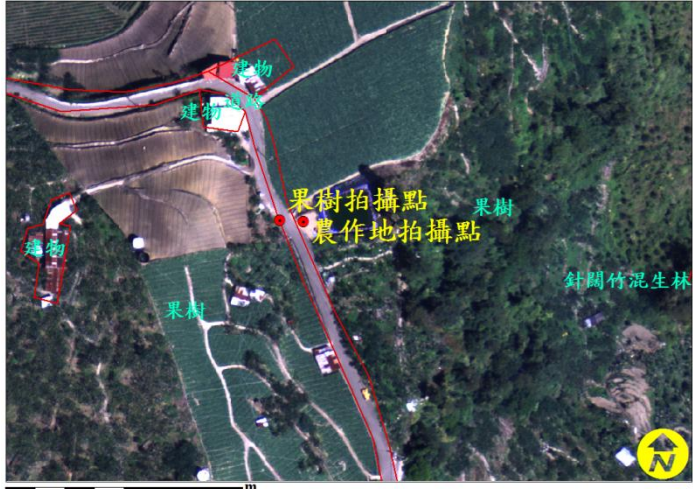

| 航空照片 | 現場照片 | 類別/座標 | 附表一 地真資料現地檢核 |
|--|---|--|--------------|
|  |  | 非陰影崩塌地 X : 276660.9351 Y : 2678784.829 | |
|  |  | 非陰影崩塌地 X : 275722.3168 Y : 2681662.005 | |

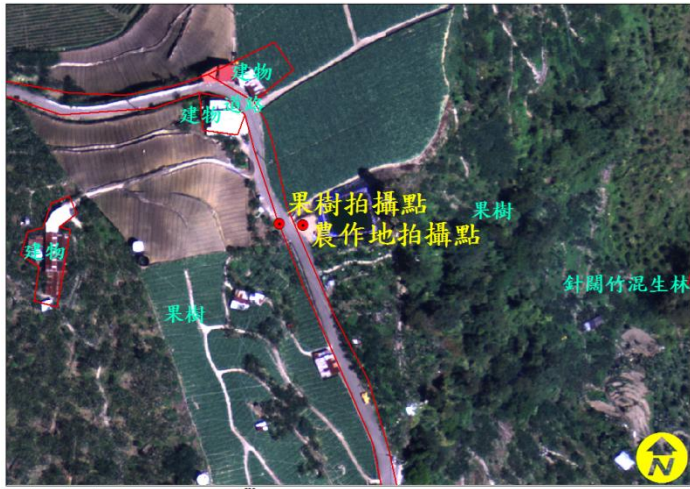



| 航空照片 | 現場照片 | 類別/座標 | 附表二 地真資料現地檢核 |
|--|---|---|--------------|
|  |  | 陰影崩塌地 X : 275462.5544 Y : 2680429.790 | |
|  |  | 陰影崩塌地 X : 272893.8040 Y : 2682370.725 | |

| 航空照片 | 現場照片 | 類別/座標 | 附表三 地真資料現地檢核 |
|--|---|---|--------------|
|  |  | 針葉樹 X : 272520.6649 Y : 2679086.417 | |
|  |  | 針葉樹 X : 273518.8980 Y : 2678263.051 | |

| 航空照片 | 現場照片 | 類別/座標 | 附表四 地真資料現地檢核 |
|--|---|---|--------------|
|  |  | 闊葉樹 X : 272135.6267 Y : 2680552.622 | |
|  |  | 闊葉樹 X : 273320.7087 Y : 2678190.426 | |

| 航空照片 | 現場照片 | 類別/座標 | 附表五 地真資料現地檢核 |
|--|---|--|--------------|
|  |  | 竹林 X : 273310.3391 Y : 2678170.994 | |
|  |  | 竹林 X : 273610.6835 Y : 2677151.152 | |

| 航空照片 | 現場照片 | 類別/座標 | 附表六 地真資料現地檢核 |
|--|---|--|--------------|
|  |  | 果樹 X : 273536.0058 Y : 2681902.800 | |
|  |  | 果樹 X : 273007.7768 Y : 2681804.073 | |

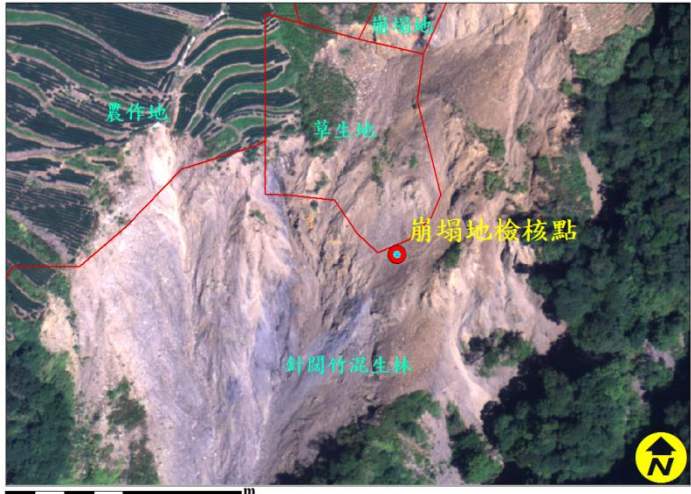



| 航空照片 | 現場照片 | 類別/座標 | 附表七 地真資料現地檢核 |
|--|---|---|--------------|
|  |  | 農作地 X : 273017.8411 Y : 2681803.746 | |
|  |  | 農作地 X : 272451.6082 Y : 2678103.314 | |

| 航空照片 | 現場照片 | 類別/座標 | 附表八 地真資料現地檢核 |
|--|---|---|--------------|
|  |  | 草生地 X : 273436.5278 Y : 2678860.473 | |
|  |  | 草生地 X : 273454.008 Y : 2678658.047 | |

| 航空照片 | 現場照片 | 類別/座標 | 附表九 地真資料現地檢核 |
|--|---|--|--------------|
|  |  | 溼地 X : 273362.7713 Y : 2678203.132 | |
|  |  | 溼地 X : 273319.1252 Y : 2681605.627 | |

| 航空照片 | 現場照片 | 類別/座標 | 附表十 地真資料現地檢核 |
|------|------|--|--------------|
| | | 道路 X : 273114.0850 Y : 2682193.814 | |
| | | 道路 X : 272474.8580 Y : 2678076.559 | |

| 航空照片 | 現場照片 | 類別/座標 | 附表十二 地真資料現地檢核 |
|------|------|---|---------------|
| | | 裸露地 X : 271991.6260 Y : 2677983.116 | |
| | | 裸露地 X : 273299.0372 Y : 2681546.959 | |

| 航空照片 | 現場照片 | 類別/座標 | 附表十三 地真資料現地檢核 |
|--|---|---|---------------|
|  |  | 崩塌地 X : 272163.0951 Y : 2677824.322 | |
|  |  | 崩塌地 X : 272893.8040 Y : 2682370.725 | |

附錄 B



行政院農委會 **林務局**

Taiwan Forestry Bureau

航攝數位影像 崩塌地區位自動分類

工作手冊

委託機關：行政院農業委員會林務局農林航空測量所

執行機關：國立屏東科技大學森林系

中華民國一百年十一月

目錄

| | |
|---------------------------|----|
| 壹、目標 | 1 |
| 貳、崩塌地區位自動分類標準作業流程架構 | 2 |
| 參、影像資料與軟硬體備製 | 3 |
| 肆、工作步驟 | 5 |
| 伍、模組簡介 | 46 |

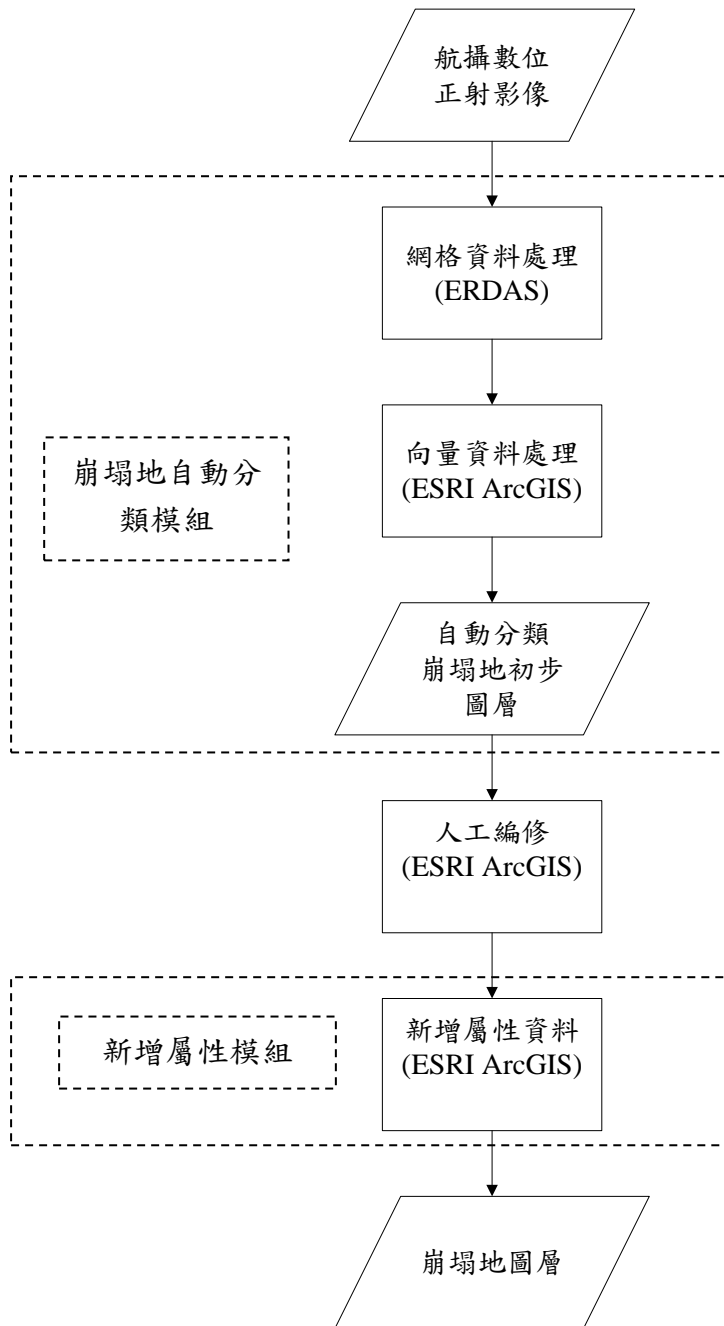
壹、目標

崩塌為重大災害之一，因此崩塌地的判釋為防救災工作之重點。欲快速掌握崩塌地情形，對災區快速定位便十分重要—利用航照影像進行崩塌地自動分類，可快速建立災區位置與範圍。本工作手冊之目標如下：

- 一、提供崩塌地區位自動分類技術
- 二、崩塌地區位自動分類模組操作步驟

貳、崩塌地區位自動分類標準作業流程

崩塌地區位自動分類標準作業流程如下：



崩塌地區位萃取標準作業流程

參、影像資料與軟硬體備製

一、 影像規格

採用**災害後影像**進行作業，並採用下列影像種類：

(一) ADS-40 航攝數位影像

1. 影像格式: ADS-40 L2 五千分之一圖幅大小正射影像。
2. 空間解析度: 0.25m。
3. 光譜解析度: 4 波段(第一波段紅光波段、第二波段綠光波段、第三波段藍光波段、第四波段近紅外光波段)。
4. 輻射解析度: 12-bit 或 16-bit。

(二) DMC 航攝數位影像

1. 影像格式: DMC 五千分之一圖幅大小正射影像。
2. 空間解析度: 0.25m。
3. 光譜解析度: 4 波段(第一波段紅光波段、第二波段綠光波段、第三波段藍光波段、第四波段近紅外光波段)。
4. 輻射解析度: 12-bit 或 16-bit。

二、 軟硬體規格

本次流程採用 ERDAS 9.2 或以上遙測軟體，以及 Arc GIS 9.3 或以上地理資訊系統軟體。

ERDAS Imagine 使用電腦基本規格為：

1. 作業系統 Windows XP Professional SP2 以上、Windows Vista、Windows 7、Windows Server 2008、Windows 2000 Professional SP4 以上
2. 記憶體 2GB
3. 中央處理器 1.6GHz
4. 硬碟空間 4GB

ArcGIS 9.3-使用電腦基本規格為：

1. 作業系統 Windows XP、Windows 2000 或 Windows Vista
2. 記憶體 1GB 以上
3. 中央處理器 1.6GHz
4. 硬碟空間 2.4GB。

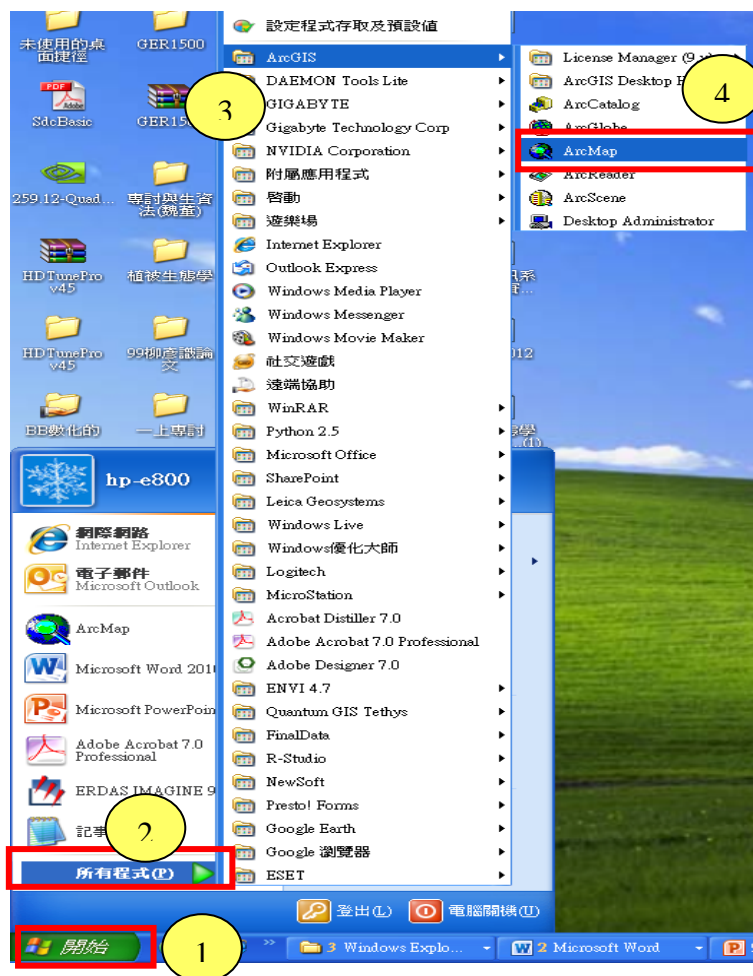
肆、工作步驟

一、崩塌過濾圖層製作

本模組針對森林內之崩塌地進行萃取，故有必要將使用土地利用圖層，將不是崩塌地常發生之土地類別濾除，僅選取易發生崩塌地之區位，如森林或原本為崩塌之類別，此舉可將人造建物、農墾地、河道等較低植生且容易被誤判為崩塌地之區域去除，減少誤判之機率。

崩塌過濾圖層製作工作流程，步驟如下：

- (一)開啟 Arc GIS 軟體，將滑鼠左鍵按「開始」，滑鼠游標再移到「所有程式」，會出現程式選單，再將滑鼠游標移到「Arc GIS」，會出現 Arc GIS 的程式選單，滑鼠左鍵按「Arc map」，Arc GIS 軟體即可開啟。




開啟 Arc GIS 軟體

1.滑鼠左鍵按「開始」

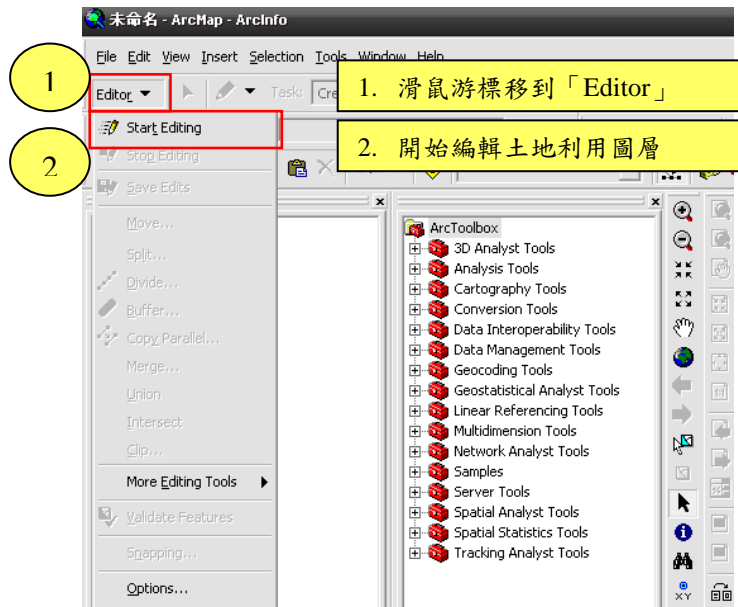
2.滑鼠游標移到「所有程式」

3.滑鼠游標再移到「Arc GIS」

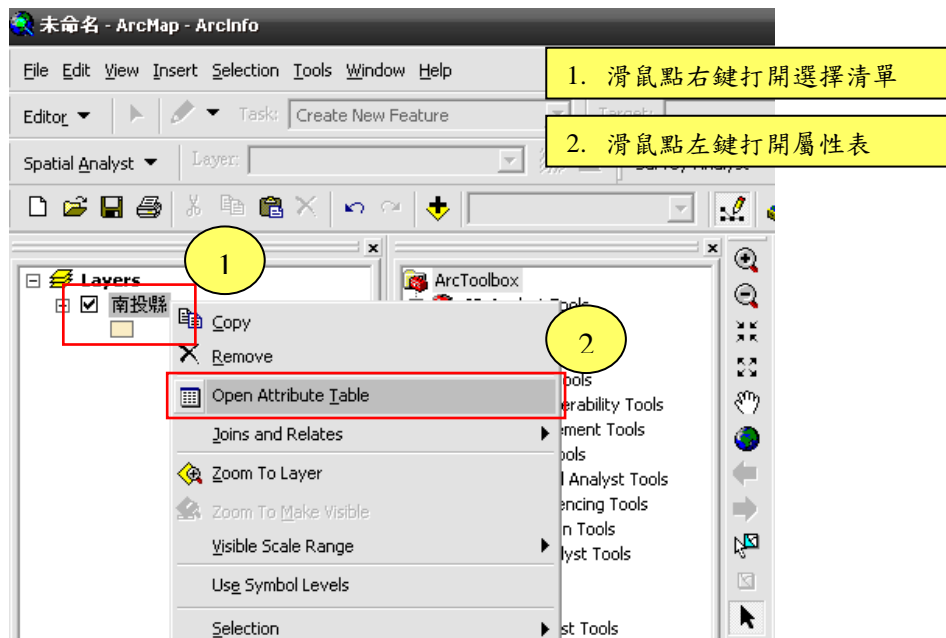
4.滑鼠左鍵按「Arc map」

(二)待 Arc GIS 軟體開啟後，於操作介面上點選選取土地利用圖層。

(三)土地利用圖層開啟後選取「Editor」內的「Start Editing」開始編輯。

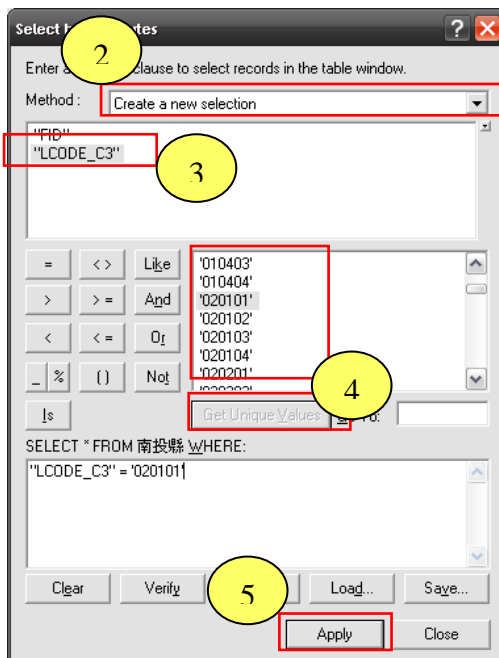
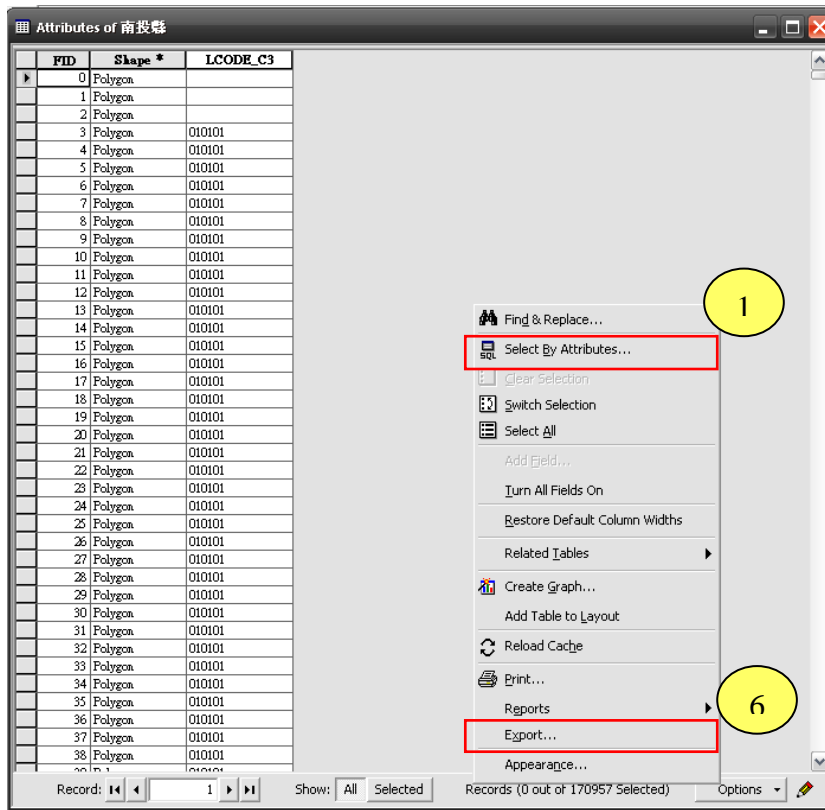


(四)滑鼠移動到土地利用圖層後點擊右鍵打開選擇清單，接著開啟屬性表。



(五)打開屬性表開啟「Select by Attributes」選取代碼「020101、020102、020103、020104、020201、020202、020203、020204、

020301、020302、020303、020304、090402、090403」後 Export Data 完成崩塌地範圍之土地利用圖層製作。

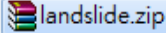


1. 滑鼠點擊左鍵選取所需的欄位
2. 選取 Create a new selection 可選取所需之類別，如需加入其他類別可選取 Add to current selection
3. 選取 LCODE_C3
4. 選擇所需的類別
5. 點擊「Add」完成選取
6. 選取所需的欄位後點擊滑鼠左鍵輸出圖層。

二、崩塌區位自動萃取

崩塌區為自動萃取之流程分為 ERDAS 模組部分與 GIS 模組部分進行分析，主要以 ERDAS 模組初步將影像以 ISODATA 非監督式分類取得非植生區域，而 GIS 模組將非植生區域進一步去除人造建物、農墾地、河道等較低植生且容易被誤判為崩塌地之區域。

崩塌區位自動萃取標準工作流程，步驟如下：

- (一)將「landslide」壓縮檔()解壓縮成「landslide」資料夾()並存放於電腦 D 槽中，「landslide」資料夾內分別有「landslide_1」、「landslide_2」、「model」、「temp」與「全台過濾」資料夾。

注：

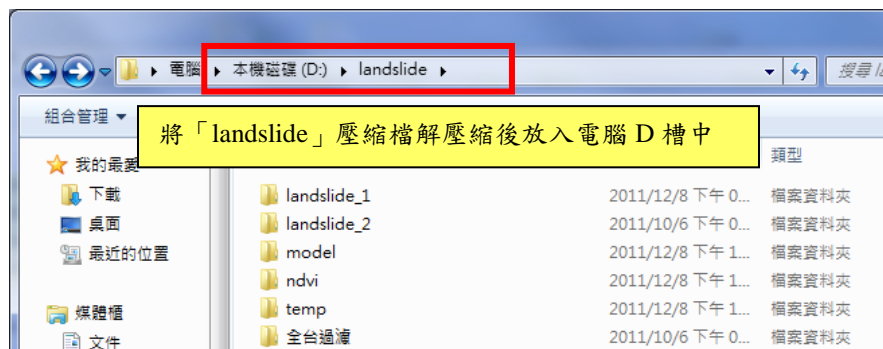
「landslide_1」資料夾為利用 ERDAS 模組進行分析所得之成果。

「landslide_2」資料夾為利用 GIS 模組進行分析所得之成果。

「model」為存放 ERDAS 與 GIS 模組之資料夾。

「temp」為存放暫存資料之資料夾。

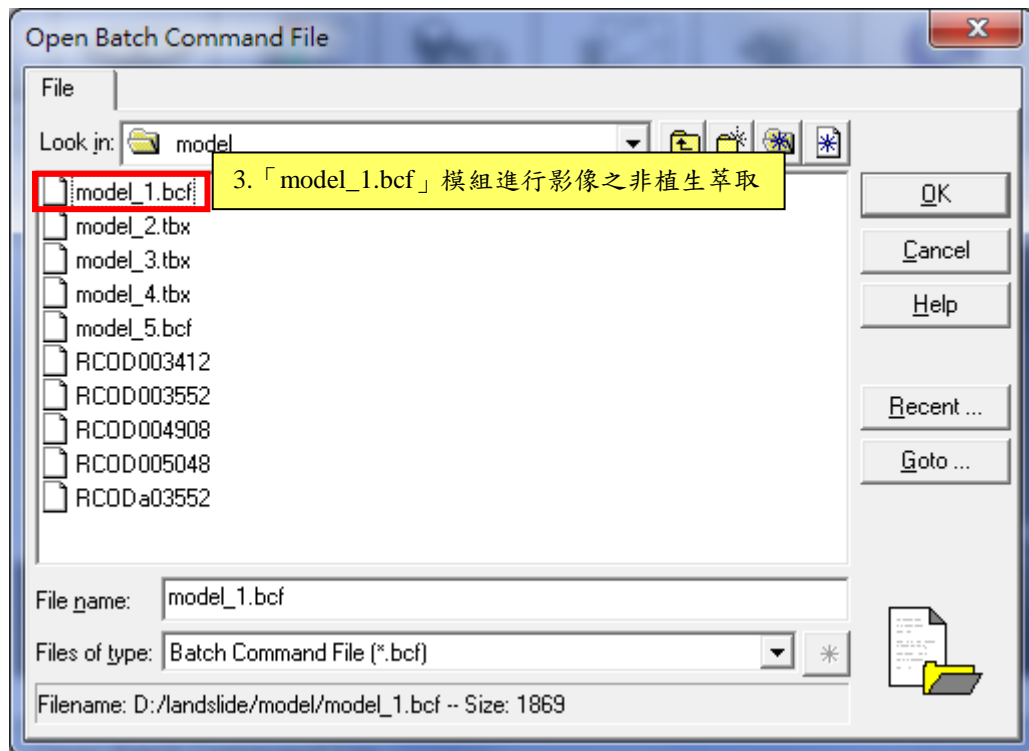
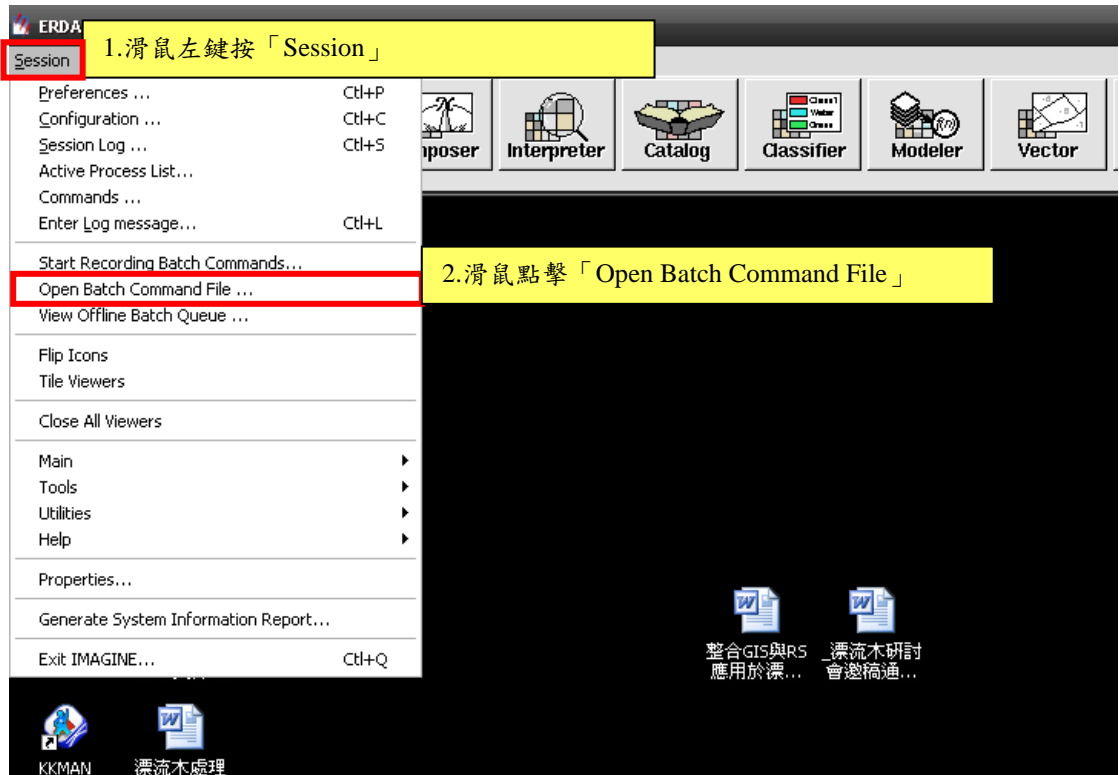
「全台過濾」資料夾內存放事先準備之全台過濾圖層。

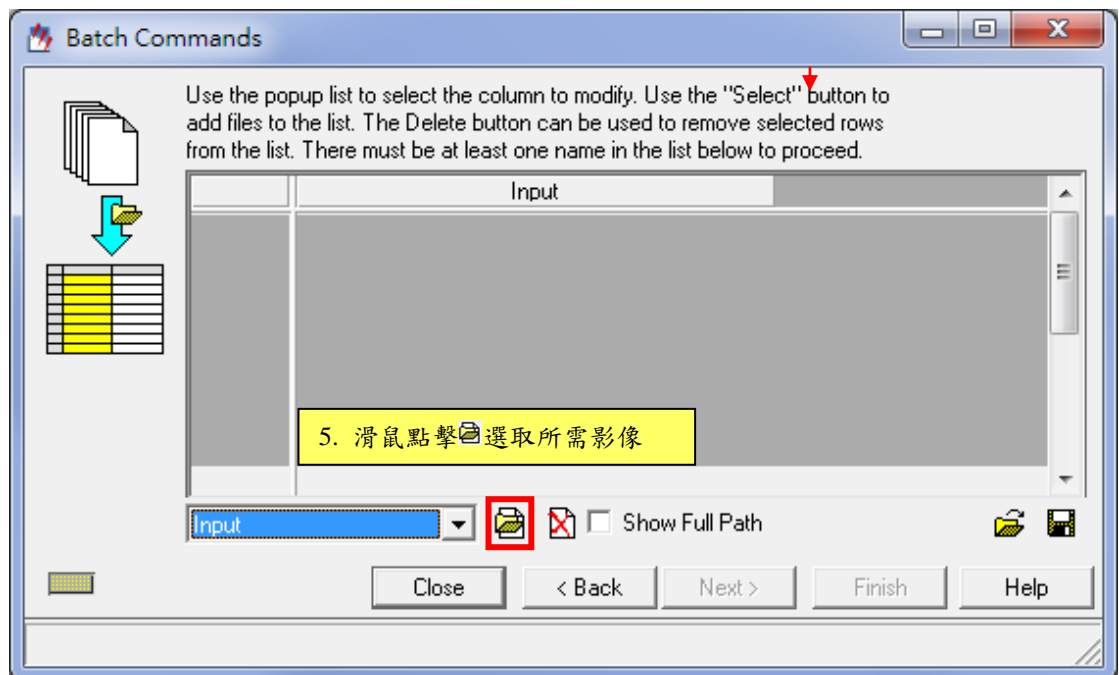
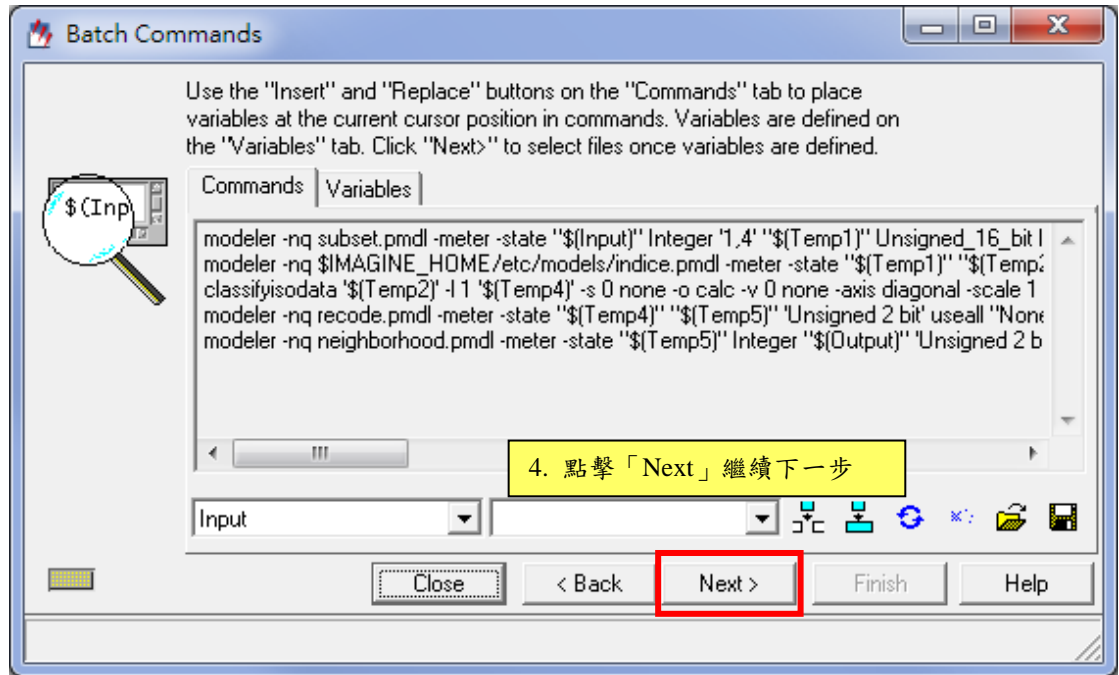


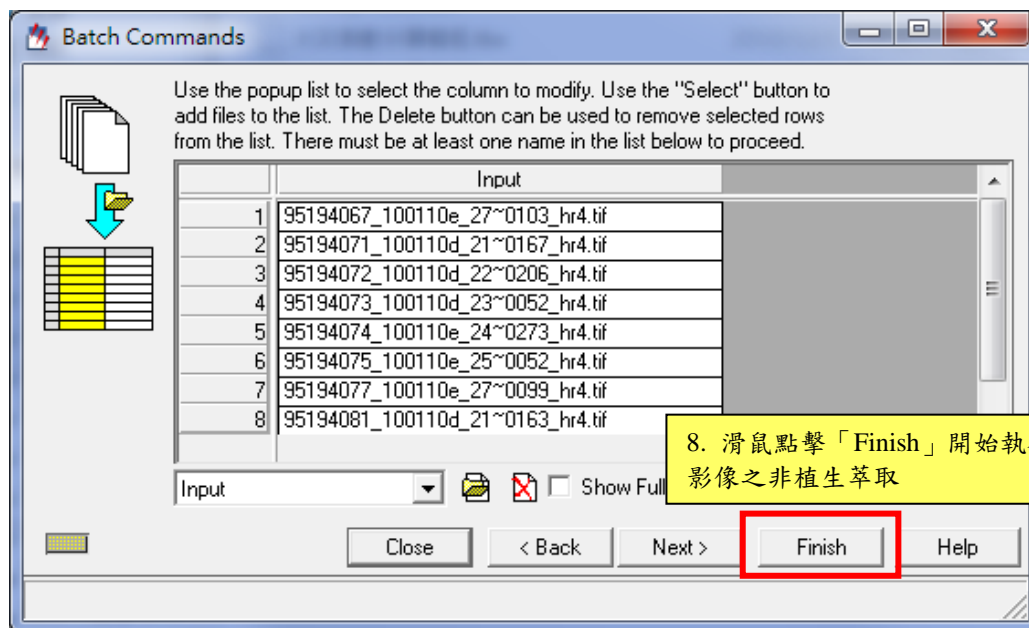
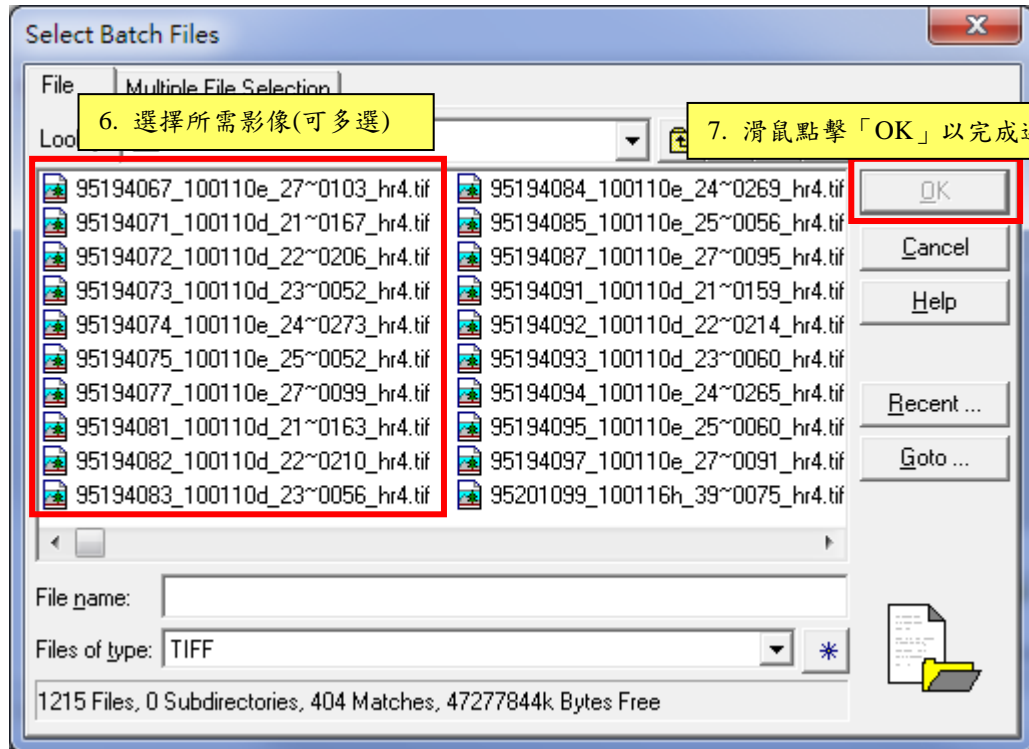
- (二)開啟 ERDAS 軟體，將滑鼠左鍵按「開始」，滑鼠游標再移到「所有程式」，會出現程式選單，再將滑鼠游標移到「Leica Geosystems」，會出現「ERDAS IMAGINE 9.2」的程式選單，滑鼠左鍵按「ERDAS IMAGINE 9.2」，ERDAS IMAGINE 軟體即可開啟。



(三)待 ERDAS 軟體開啟後，點選「Session」內的「Open Batch Command File」開啟功能，開啟後至「D:\landslide\model」選取「model_1.bcf」模組進行影像之非植生萃取，操作方法如下：

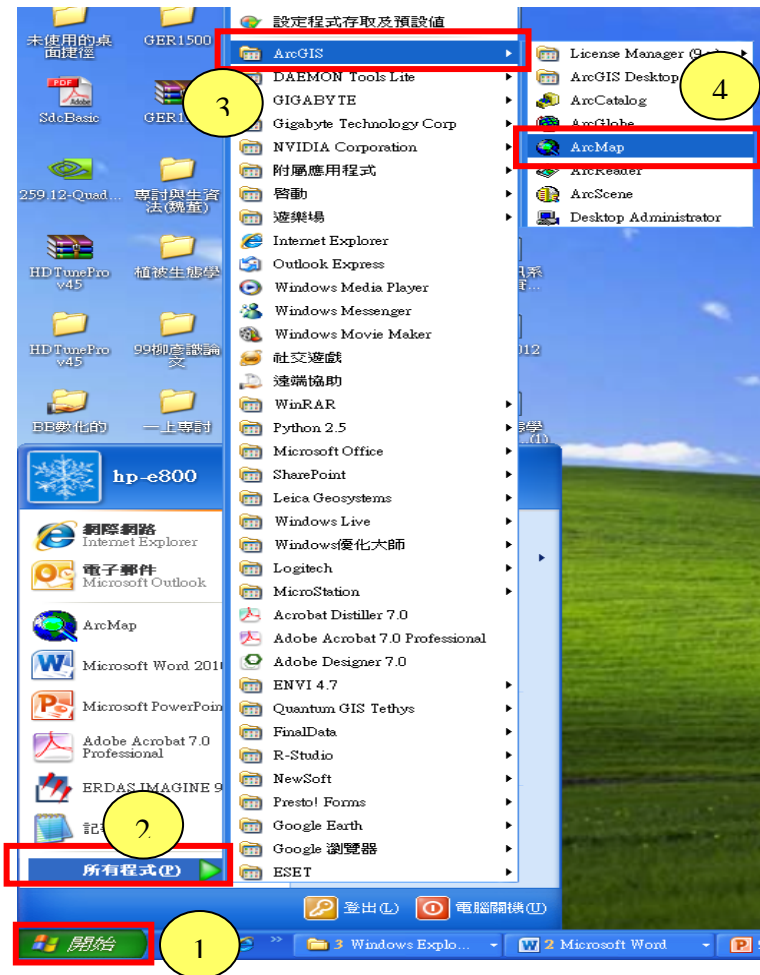






模組執行完成後，所得之影像為第一階段之非植生萃取成果，並將此成果存放於「D:\landslide\landslide_1」資料夾中。

(四)開啟 Arc GIS 軟體，將滑鼠左鍵按「開始」，滑鼠游標再移到「所有程式」，會出現程式選單，再將滑鼠游標移到「Arc GIS」，會出現 Arc GIS 的程式選單，滑鼠左鍵按「Arc map」，Arc GIS 軟體即可開啟。




開啟 Arc GIS 軟體

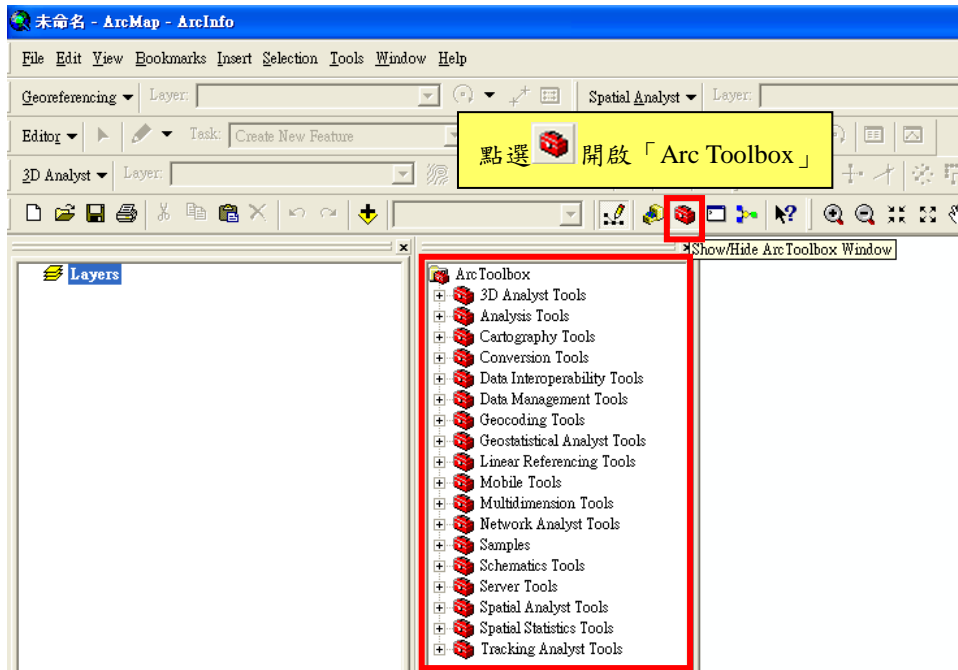
1.滑鼠左鍵按「開始」

2.滑鼠游標移到「所有程式」

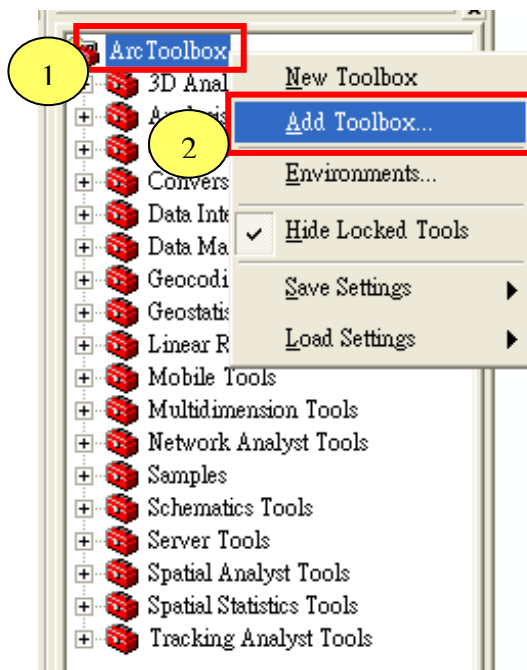
3.滑鼠游標再移到「Arc GIS」

4.滑鼠左鍵按「Arc map」

(五)待 Arc GIS 軟體開啟後，於操作介面上點選  開啟「Arc Toolbox」。



(六)在 Arc Toolbox 開啟後，在開啟的工具箱視窗中的「ArcToolbox」上方，按下滑鼠右鍵，開啟功能選單，滑鼠左鍵選擇「Add Toolbox」，出現 Add Toolbox 對話框，並選取於 D 槽「landslide」之「model」中的「model_2.tbx」檔案，並以滑鼠左鍵按「Open」開啟。

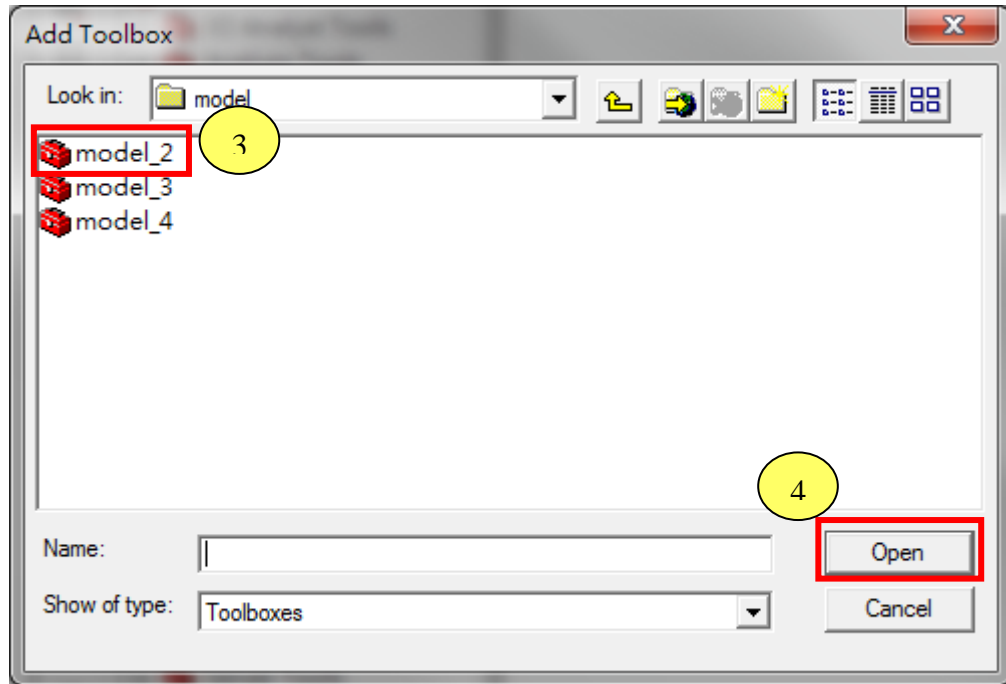




1. 滑鼠右鍵點擊「Arc Toolbox」

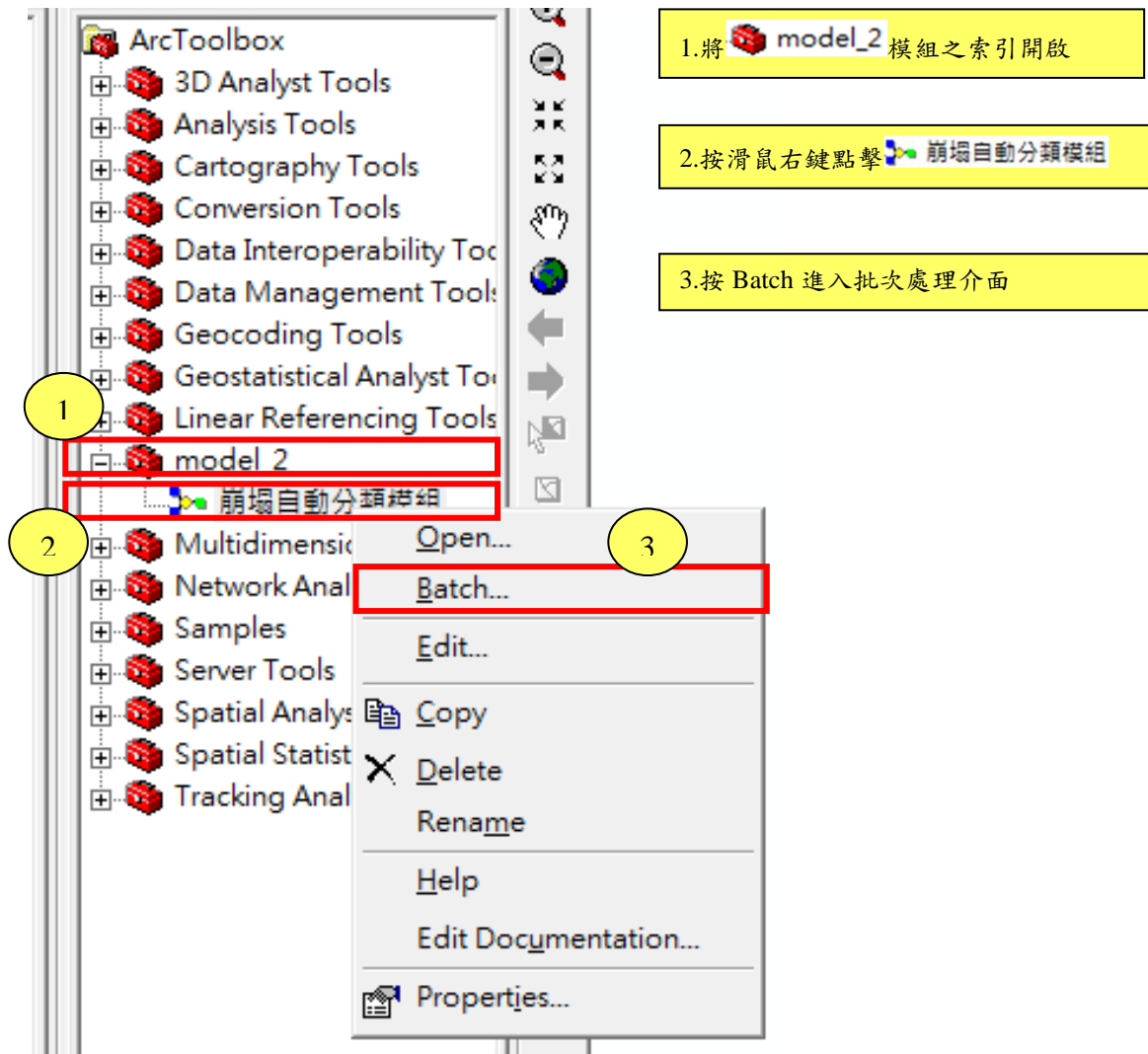
2. 滑鼠左鍵點擊「Add Toolbox」

3. 選擇「model_2」

4. 點擊「Open」以開啟 GIS 模組



- (七)待模組開啟後，Arc Toolbox 會出現崩塌「model_2」之工具，在  model_2 左方的加號按滑鼠左鍵，將模組之索引開啟，並以按滑鼠右鍵點擊  崩塌自動分類模組，開啟功能介面，按滑鼠左鍵點擊「Batch」，開啟批次模組。

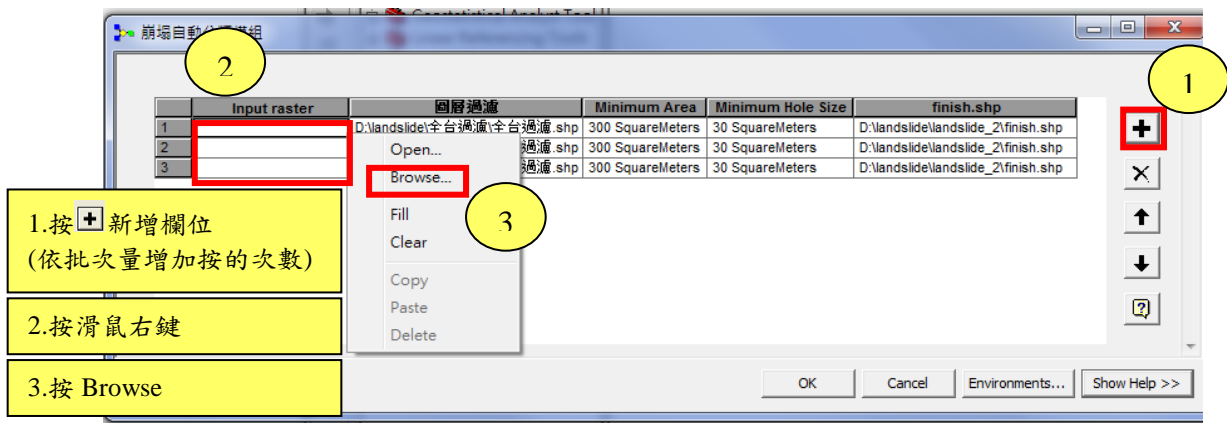


1. 將 **model_2** 模組之索引開啟

2. 按滑鼠右鍵點擊 **崩塌自動分類模組**

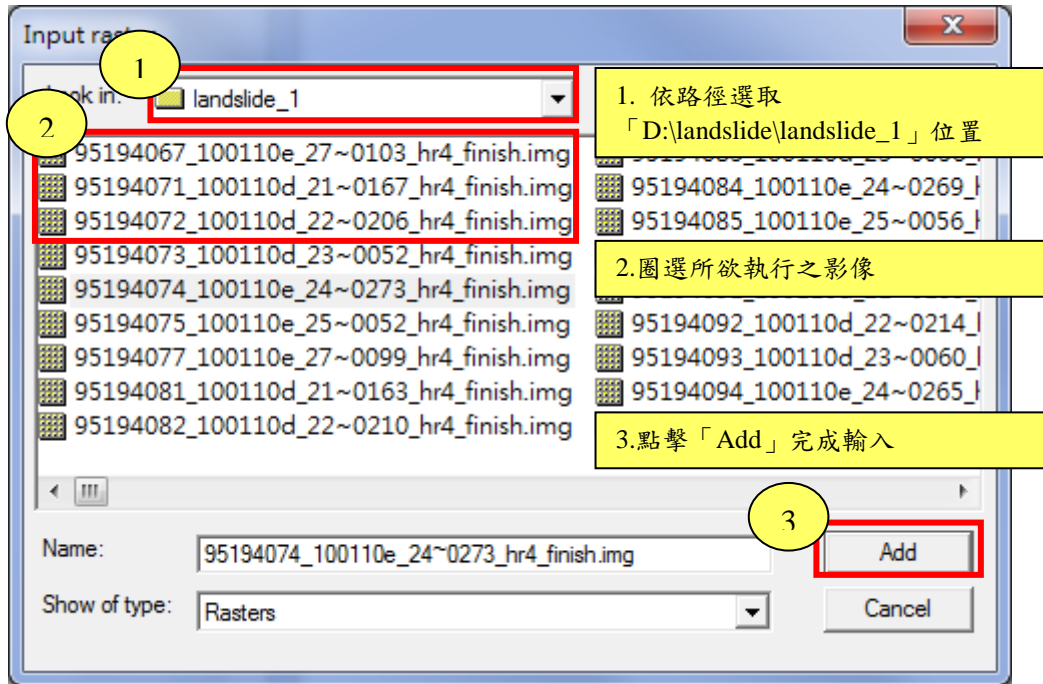
3. 按 Batch 進入批次處理介面

(八) 在「崩塌自動分類模組」的「Batch」介面開啟後，按 **+** 新增欄位，依批次量增加按的次數。於選單中加入於 ERDAS 模組完成之影像，在「Input raster」欄位下方之欄位，按滑鼠右鍵，出現選單選「Browse」以輸入所欲執行之影像。

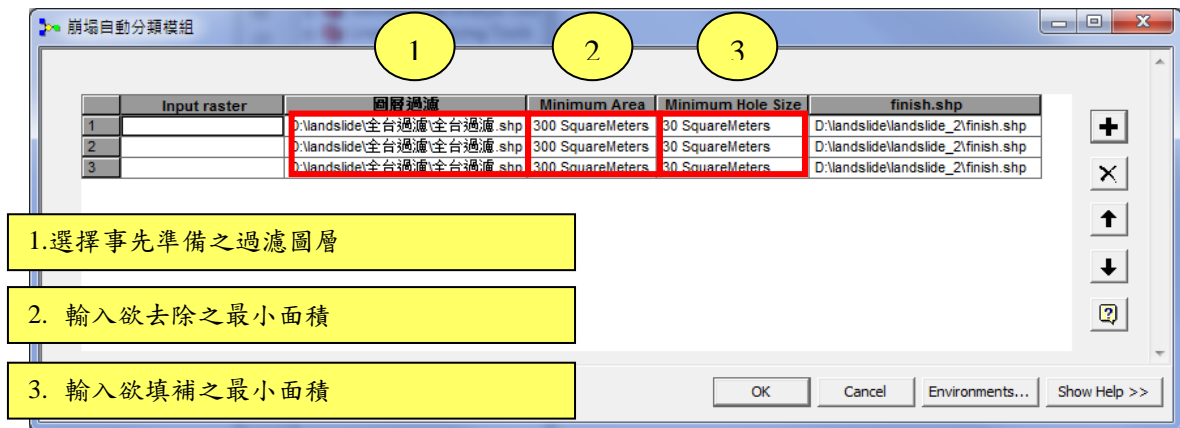


- 1. 按 **+** 新增欄位
(依批次量增加按的次數)
- 2. 按滑鼠右鍵
- 3. 按 Browse

(九) 點擊「Browse」後，為輸入 ERDAS 模組所完成之影像，依路徑選取「D:\landslide\landslide_1」位置，並以滑鼠左鍵選取影像按「Add」，即可將影像選入模組中。



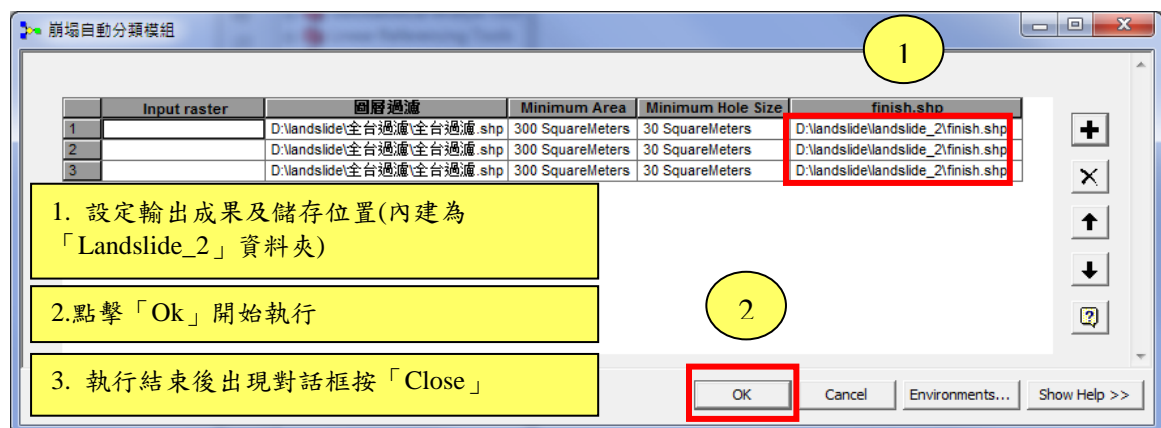
(十) 在「Input raster」欄位右方，依序可見「圖層過濾」、「Minimum Area」及「Minimum Hole Size」等欄位，「圖層過濾」欄位已內建事先準備之全台過濾圖層，若有需要可視情況調整過濾圖層內容；由於本模組判釋後之成果過於精細，面積較小的非植生地容易形成誤判之情形，故「Minimum Area」欄位則需輸入欲去除之最小面積，以減少誤判；而為避免崩塌地內的成果過於破碎造成漏授之情形，故「Minimum Hole Size」欄位則輸入欲填補之最小面積，本模組內建 300 平方公尺為最小過濾面積；30 平方公尺為最小填補面積，面積大小可視情形調整。



- 1. 選擇事先準備之過濾圖層
- 2. 輸入欲去除之最小面積
- 3. 輸入欲填補之最小面積

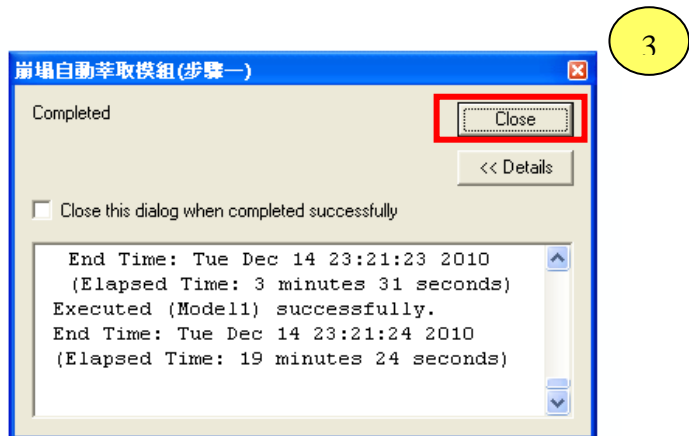
(十一) 在模組最右方的欄位，可見「finish」欄位，其為崩塌地自動萃取模組之成果，將此欄位輸入輸出檔案名稱及儲存位置。輸入完成後滑鼠左鍵按「Ok」執行。

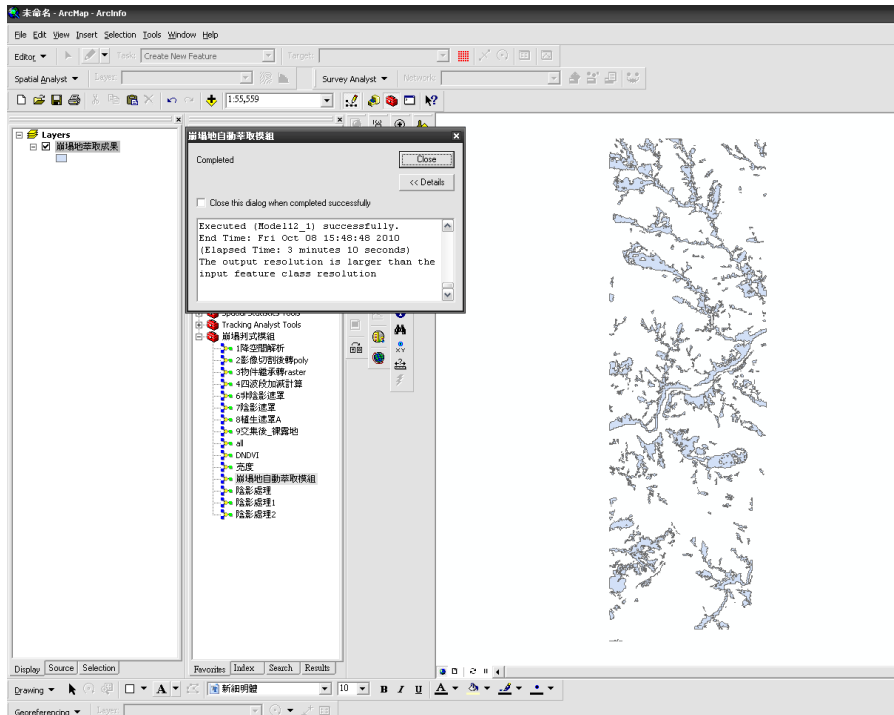
注：設定輸入檔案之前 15 位字元為輸出檔名。例：輸入檔案為「95194067_100110e_27~0103_hr4_finish」故選擇「95194067_100110」為輸出檔名。




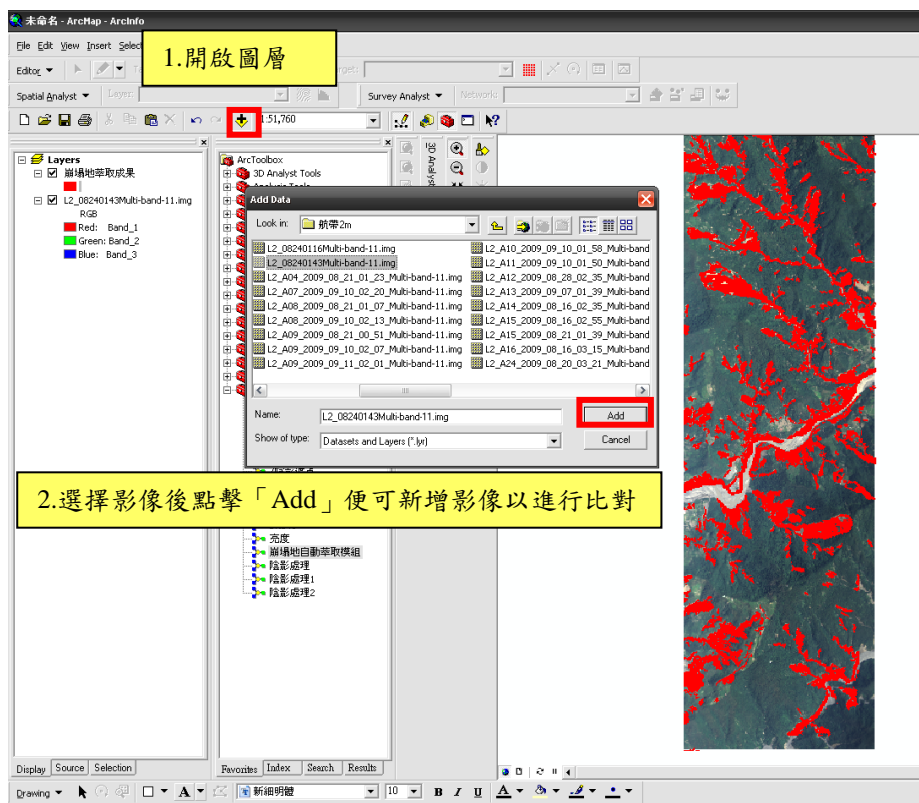
- 1. 設定輸出成果及儲存位置(內建為「Landslide_2」資料夾)
- 2. 點擊「Ok」開始執行
- 3. 執行結束後出現對話框按「Close」

(十二) 工作完成畫面完成，偵測出來的崩塌區位會呈現在軟體畫面。





(十三) 按「」新增影像以進行比對。

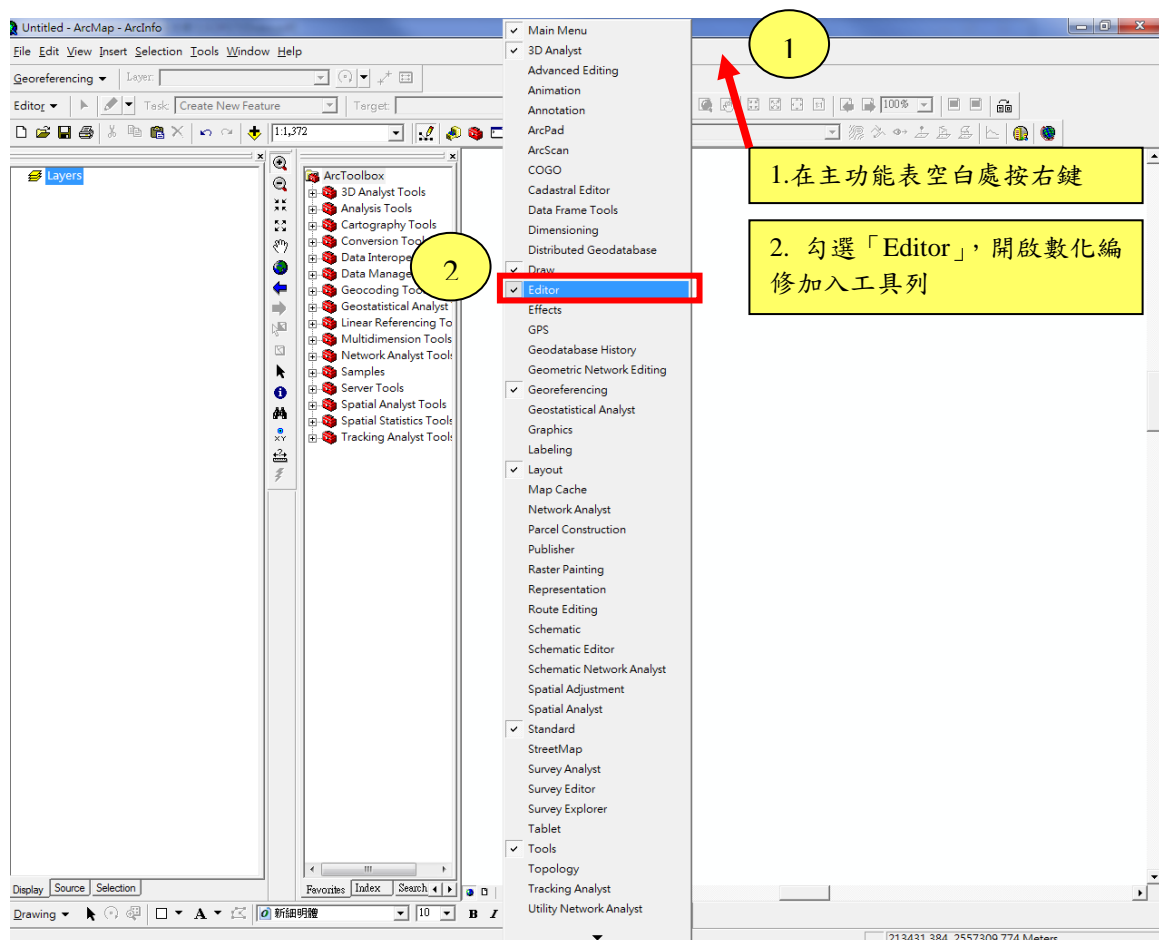


三、 萃取成果編修

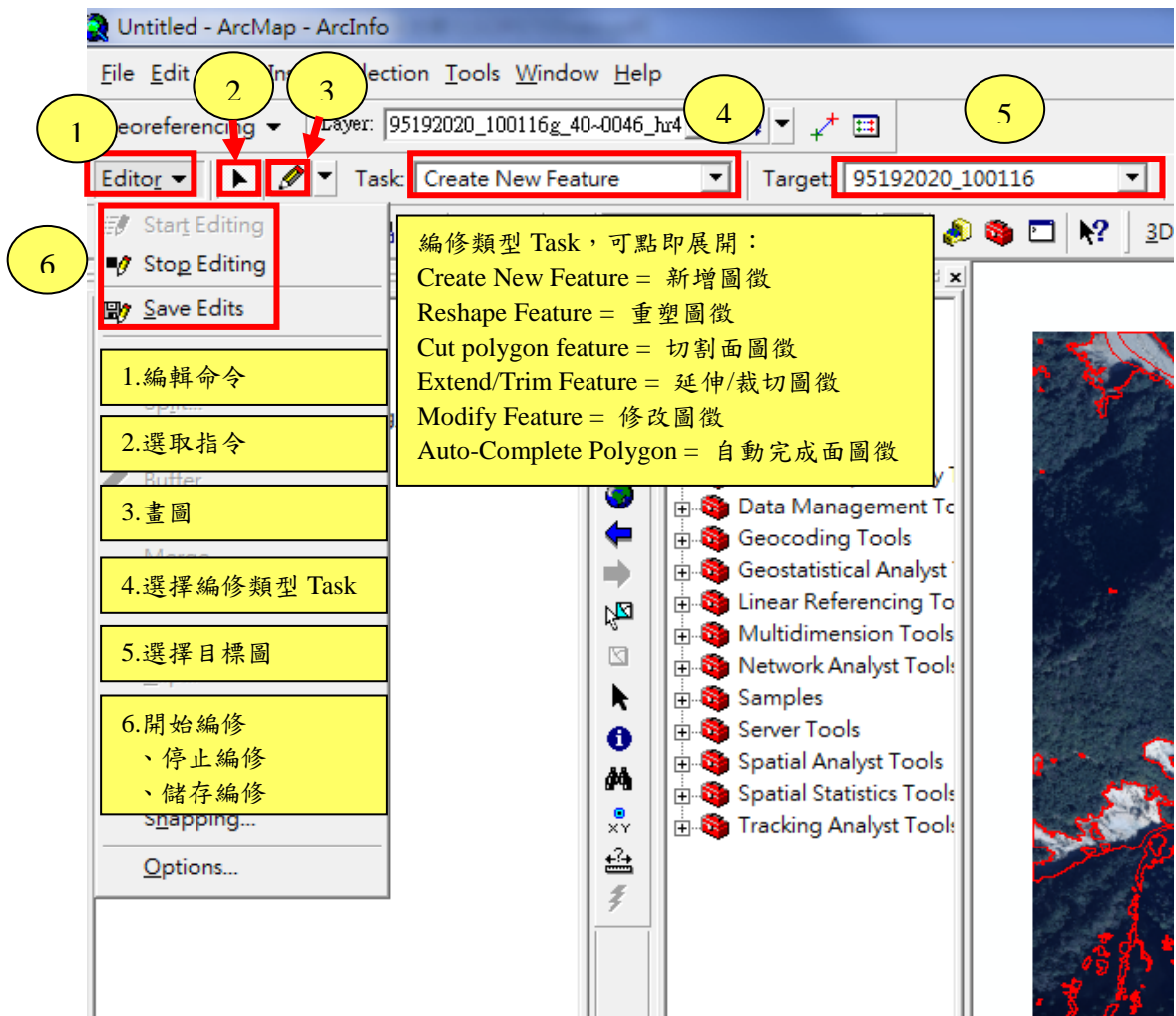
由上述自動模組得到的崩塌地成果可能受到部分樹冠孔隙陰影、新開墾之農地或是河道變遷等影響，而造成誤判為崩塌地之情形，可利用 GIS 之編修工具將崩塌地區位進行編修，進而提升自動萃取之準確性。

萃取成果編修標準工作流程，步驟如下：


(一)從主功能表空白處按右鍵，勾選「Editor」，開啟數化編修加入工具列。

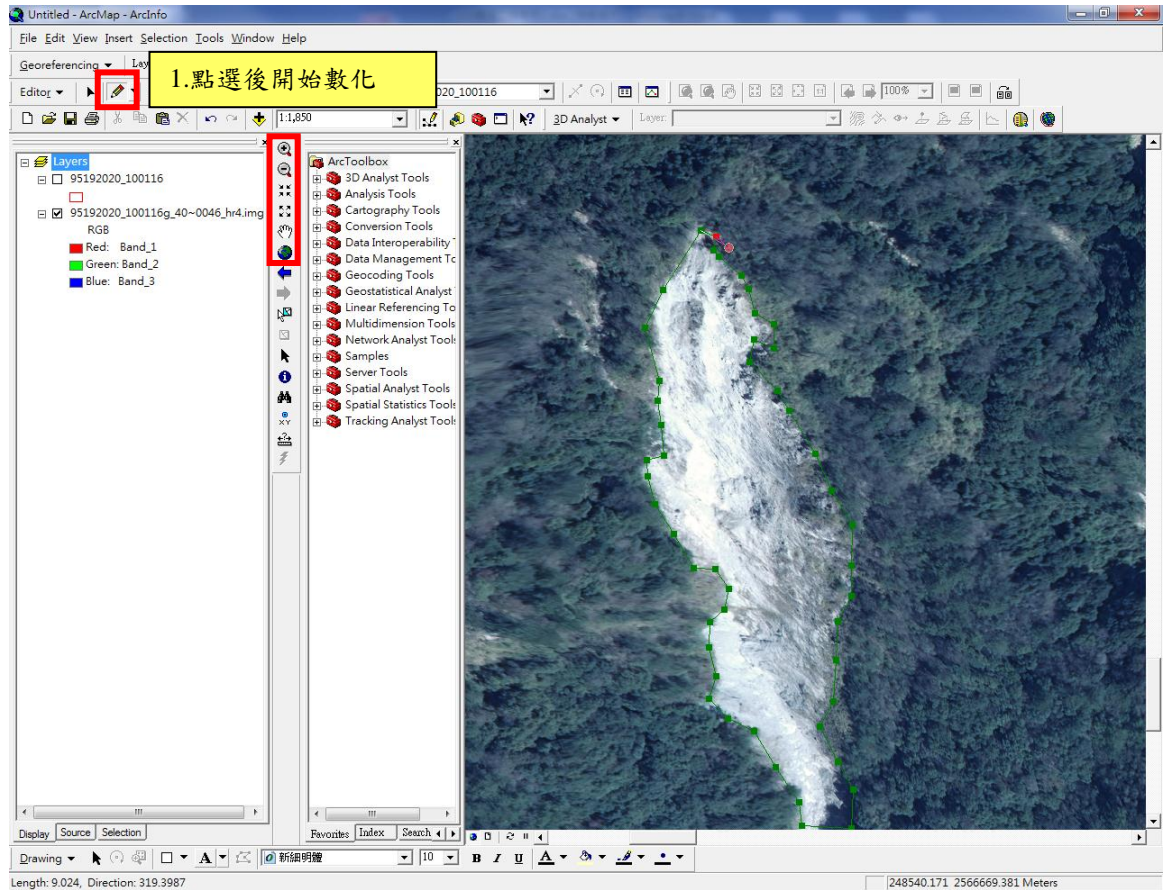




(二)進入編輯狀態並選擇要編修的圖層，以下為數化編修工具列各項功能之介紹

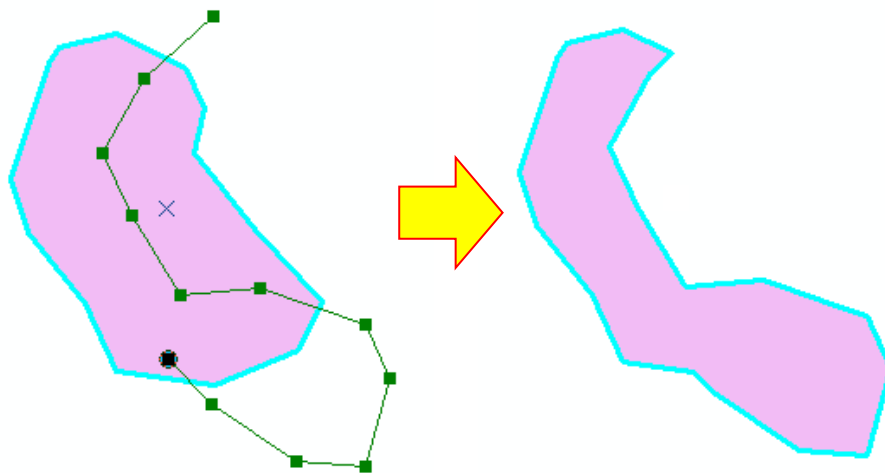





(三)常用之數化及編修功能：

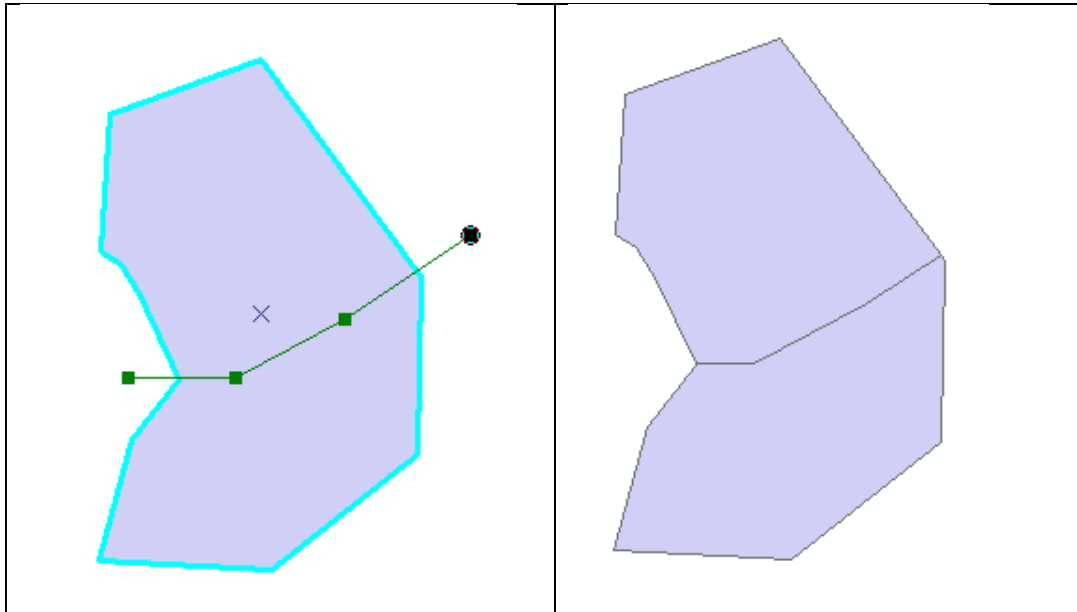
1. 如崩塌地萃取成果因過濾圖層濾除而造成大面積漏授之情形可使用「Create New Feature」功能，選按  開始數化，左鍵新增轉折點 Vertex，雙擊結束，將崩塌地範圍數化出來。





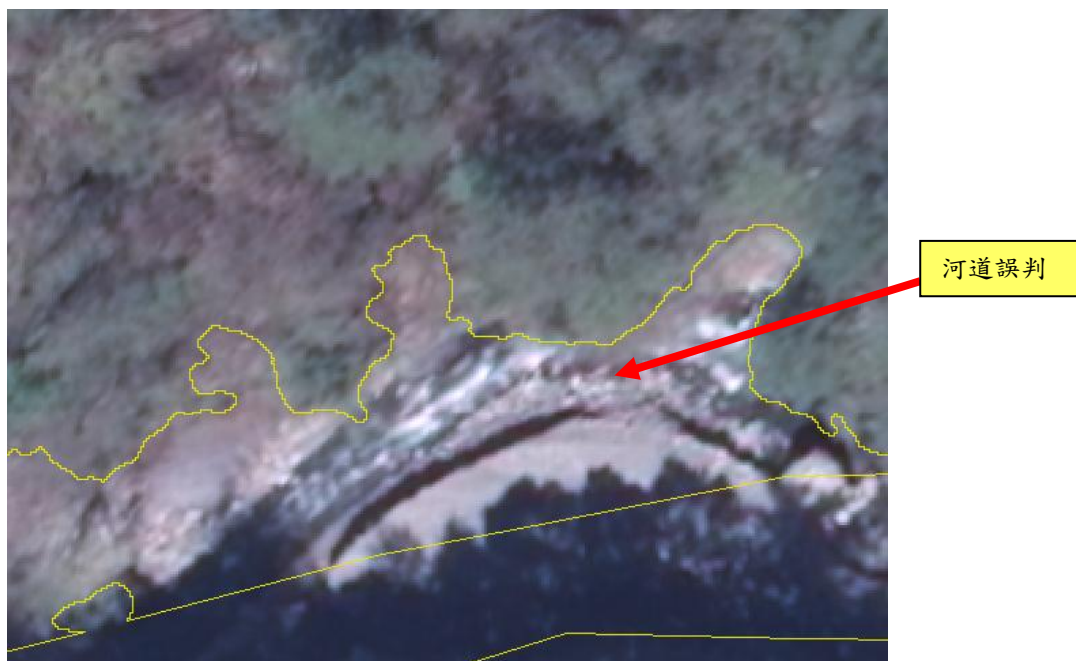
2. Reshape Feature 可編修現有 polygon 之形狀，以  選取欲編修之圖徵後，以  劃出修正範圍，內包的消除、外包的增加。




3. Cut polygon feature 可切割現有 polygon 之形狀，以  選取欲編修之圖徵後，以  劃出欲分割之邊界，最後再以  選取 polygon 進行刪除或編修。

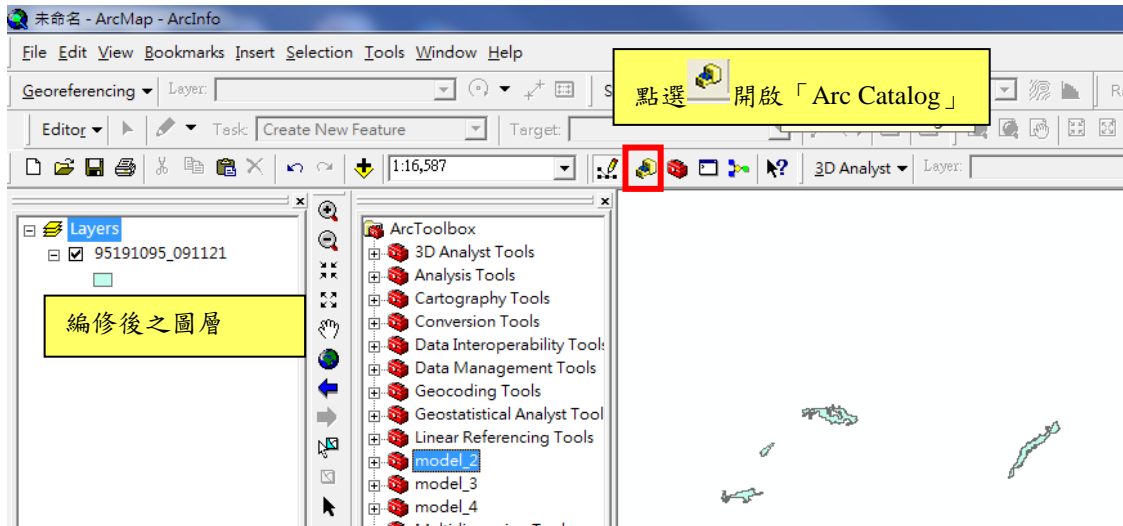


4. 變遷河道、枯木、新增農地、部分陰影等地物所造成之誤授為本模組之崩塌地萃取成果中最大誤差來源，欲解決此問題可使用  選取按  或用鍵盤上「Delete」刪除。
5. 由於本模組利用 NDVI 配合 ISODATA 非監督式分類可得初步非植生之成果，之後雖利用土地利用圖層濾除人造建物、農墾地、河道等較低植生且容易被誤判為崩塌地之區域，但能有部分河道因變遷或其它因素而未被濾除，因此需透過編修工作將其去除，以減少誤判，提高精度。

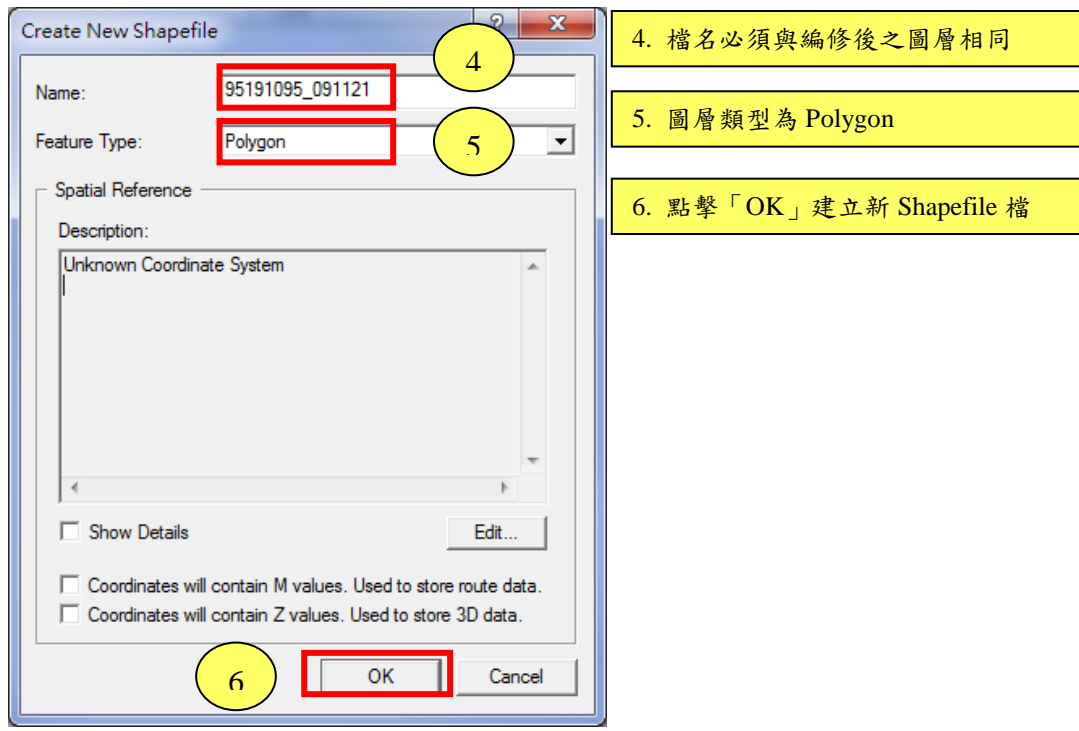
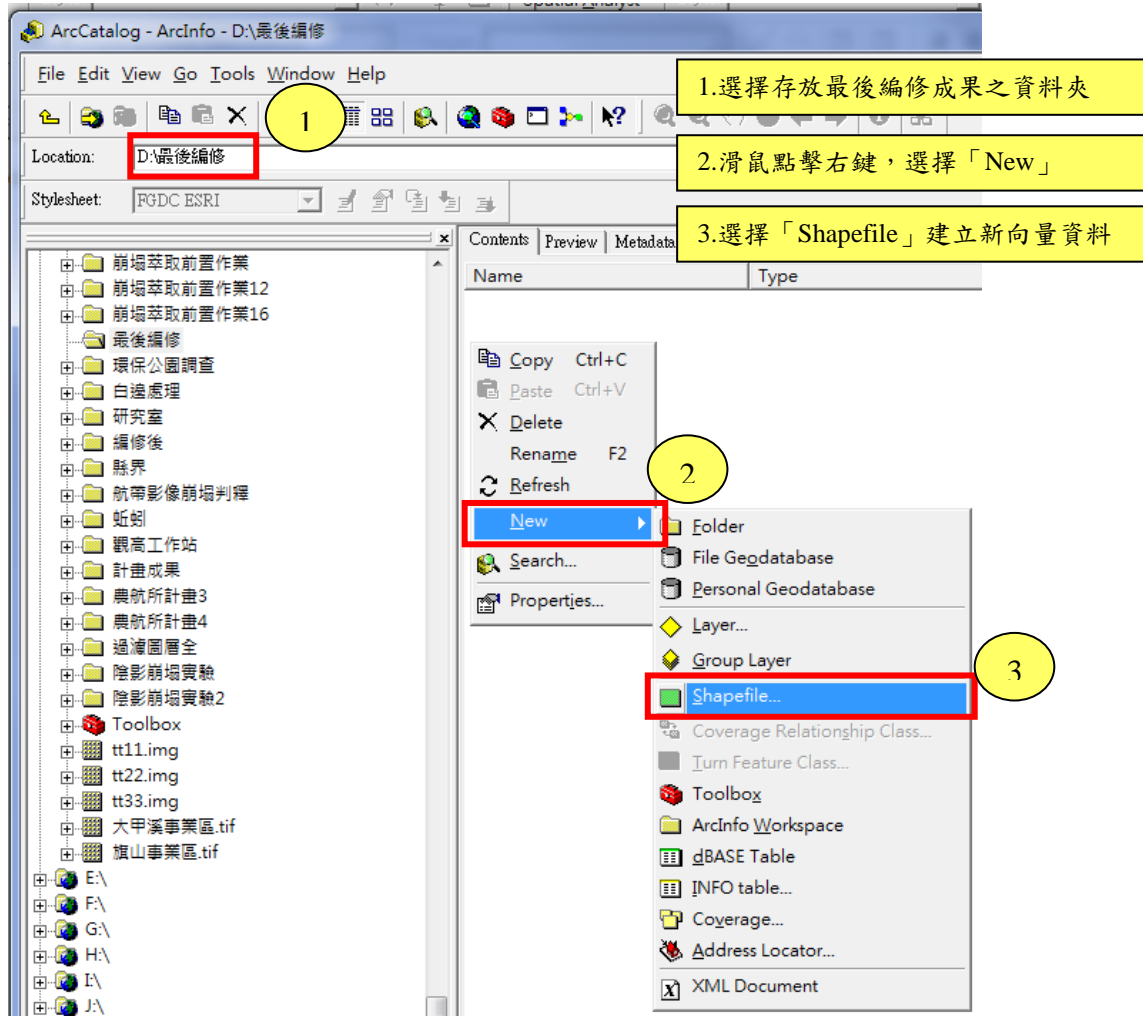


6. 編修完成後，須將編修之成果複製，並貼於新建立之 Polygon 資料，建立最後編修成果以取代舊有圖層，工作流程，步驟如下：

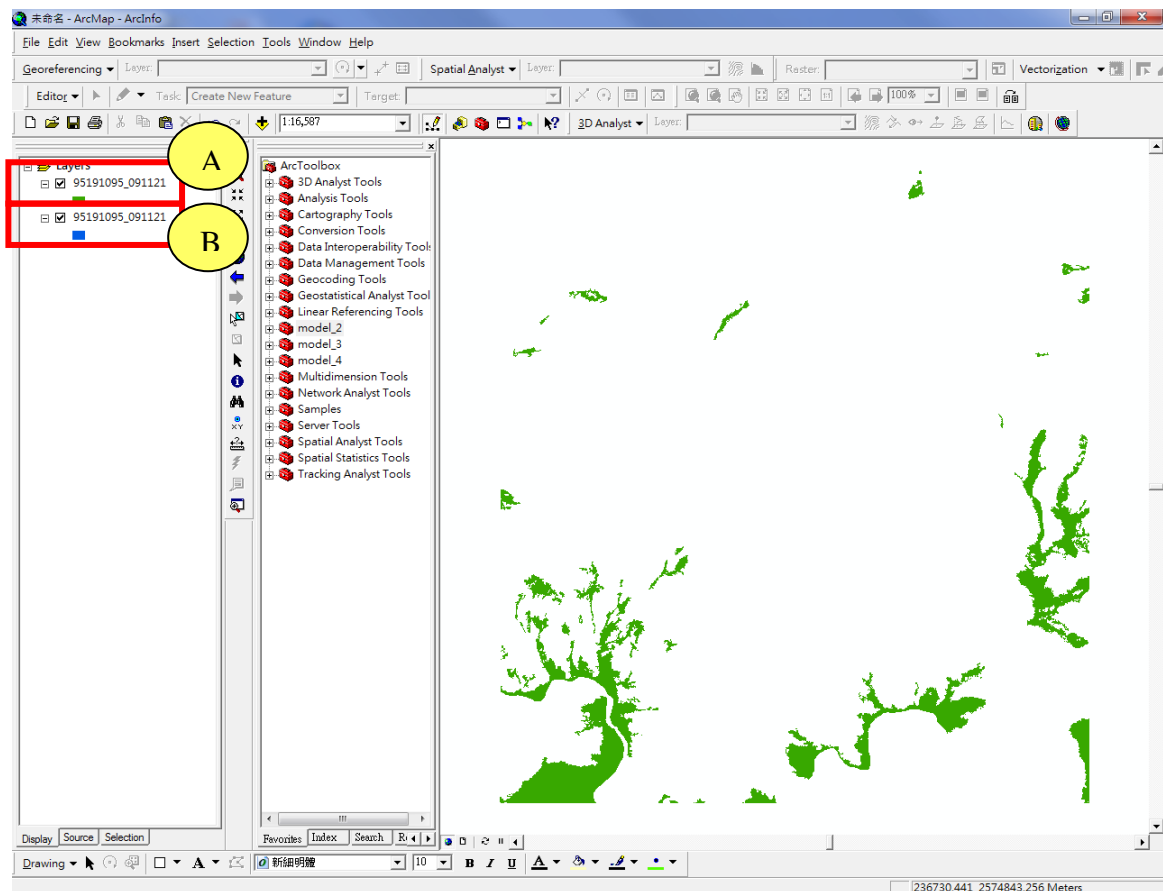
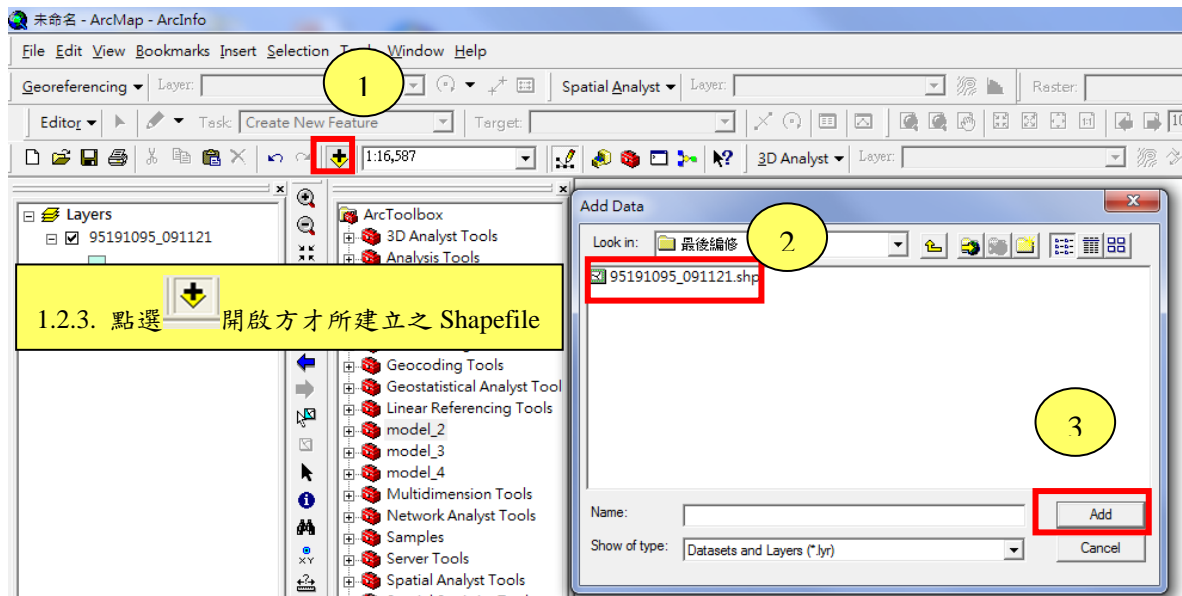
(1) 於 Arc GIS 操作介面上點選  開啟「Arc Catalog」。



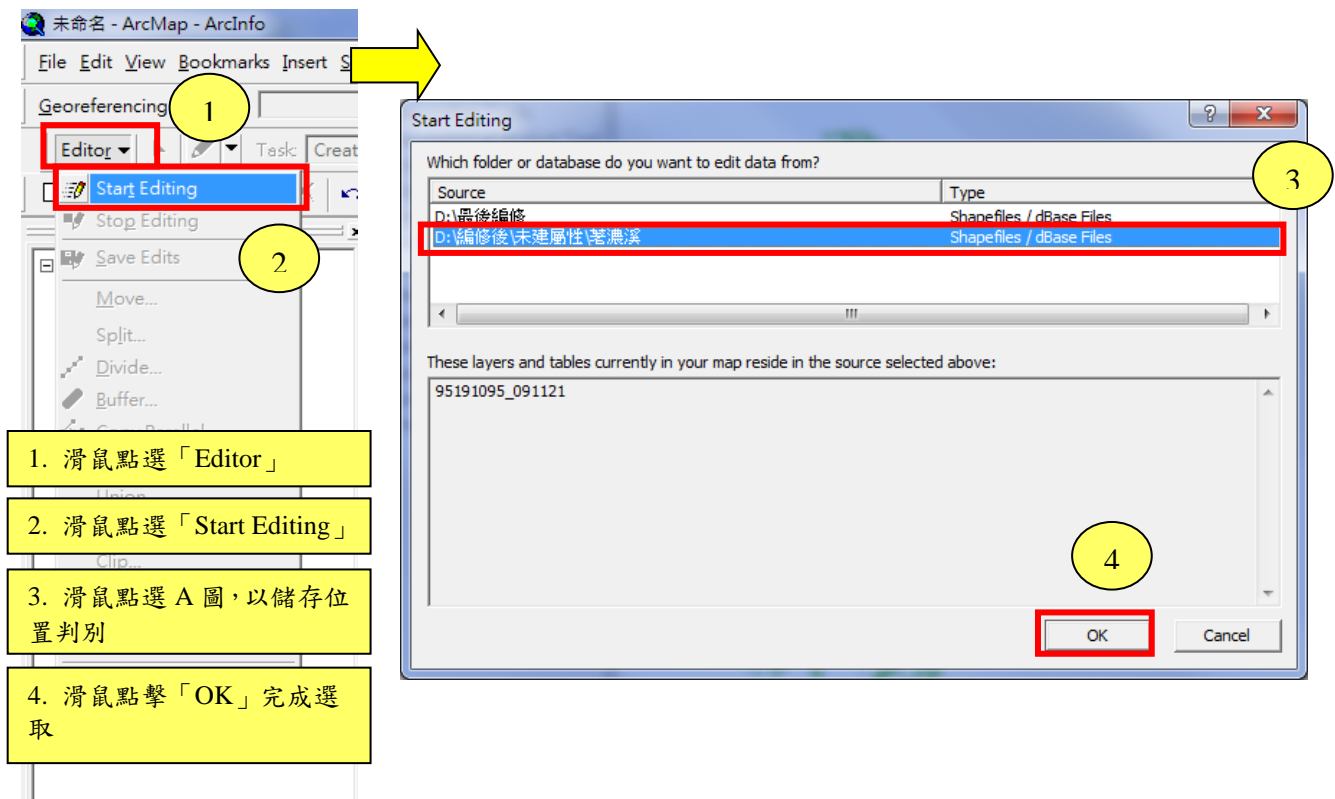
(2) 出現 Arc Catalog 視窗後，選擇存放最後編修成果之資料夾，並建立新 Shapefile 檔，其檔名必須與編修後之圖層相同，且圖層類型需為 Polygon。



(3)於 Arc GIS 操作介面上點選  開啟方才所建立之 Shapefile 檔，此時 Arc GIS 操作介面同時存在兩個相同檔名之 Shapefile 檔，其一為舊有編修完成之圖層(以 A 表示)，其一為新建立之空白圖層(以 B 表示)。

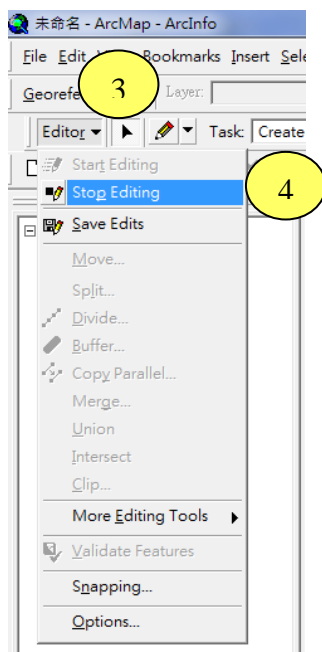
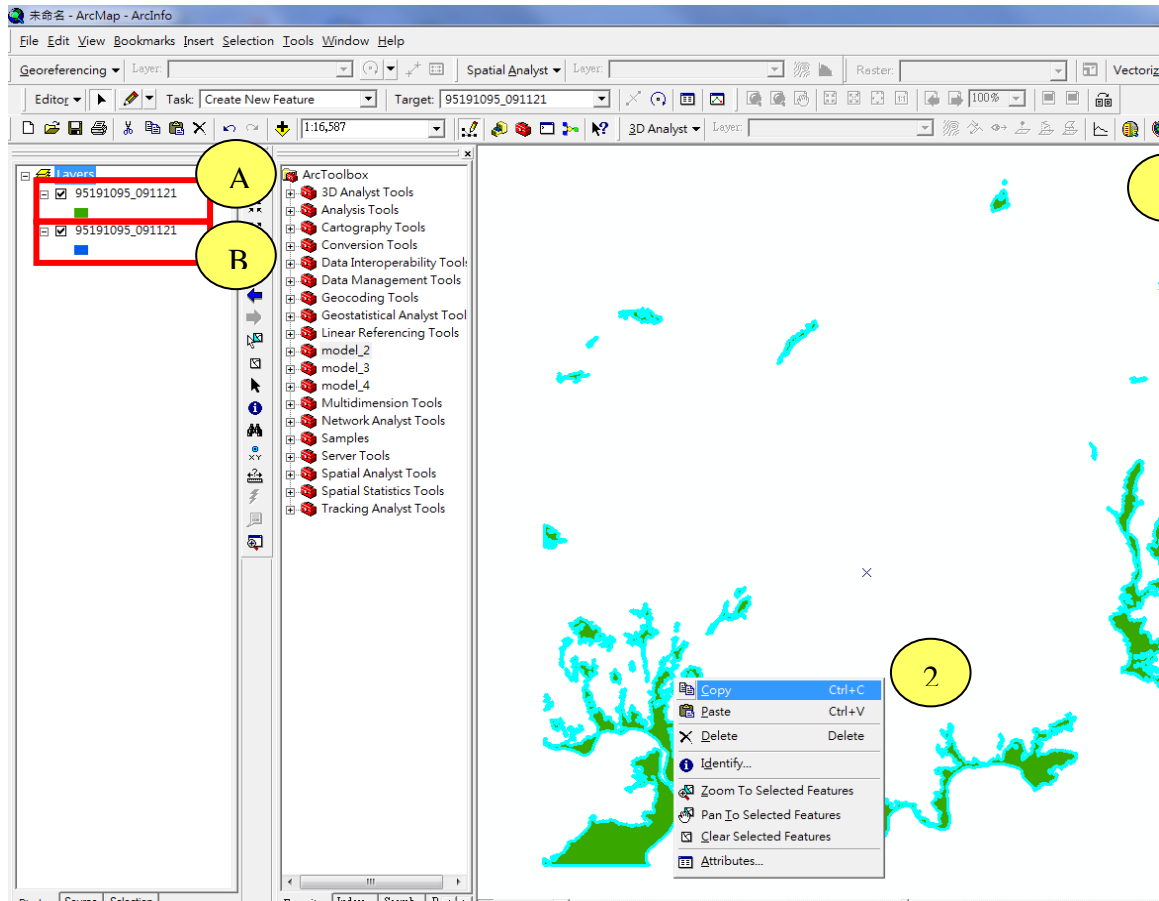


(4) 開啟「Editor」編輯 A 圖。



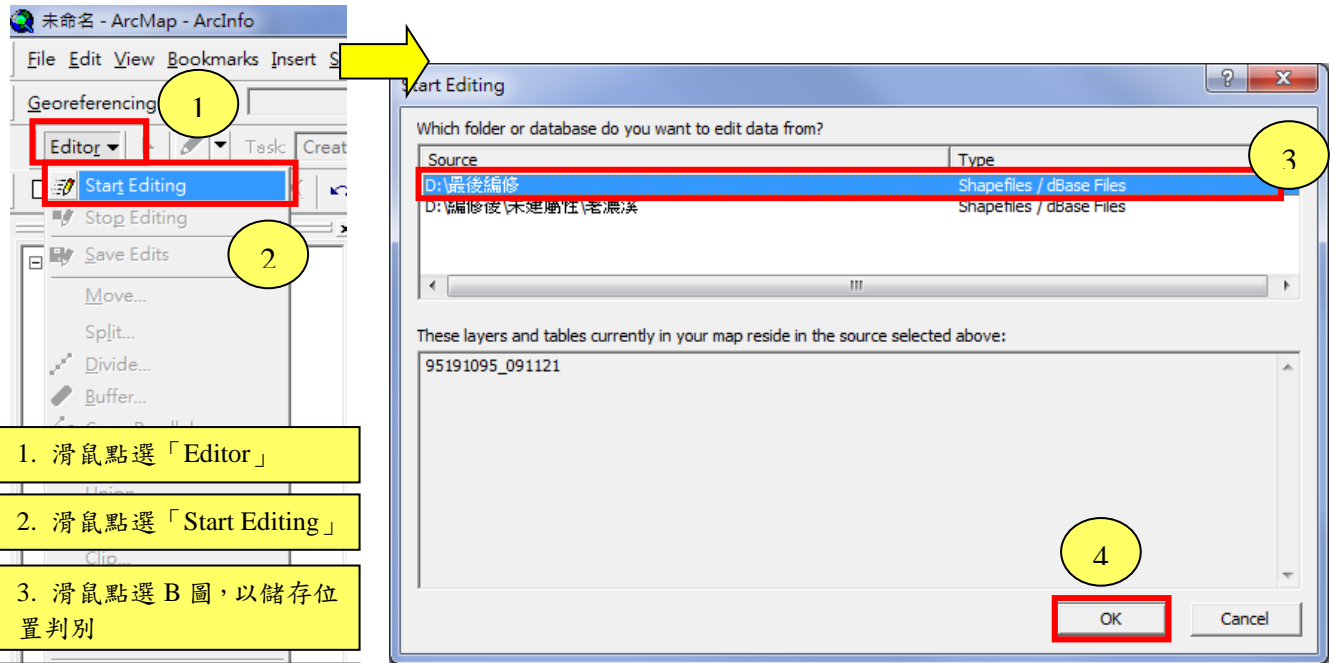
1. 滑鼠點選「Editor」
2. 滑鼠點選「Start Editing」
3. 滑鼠點選 A 圖，以儲存位置判別
4. 滑鼠點擊「OK」完成選取

(5) 將 A 圖圈選後點擊右鍵，選擇「Copy」將 A 圖複製後，停止編輯 A 圖。



1. 滑鼠圈選 A 圖範圍
2. 滑鼠按右鍵後點選「Copy」
3. 滑鼠點選「Editor」
4. 滑鼠點選「Stop Editing」

(6) 再次開啟「Editor」編輯 B 圖，啟動編輯後直接按右鍵選擇「Paste」，最後停止編輯，而 B 圖為最後之編修成果



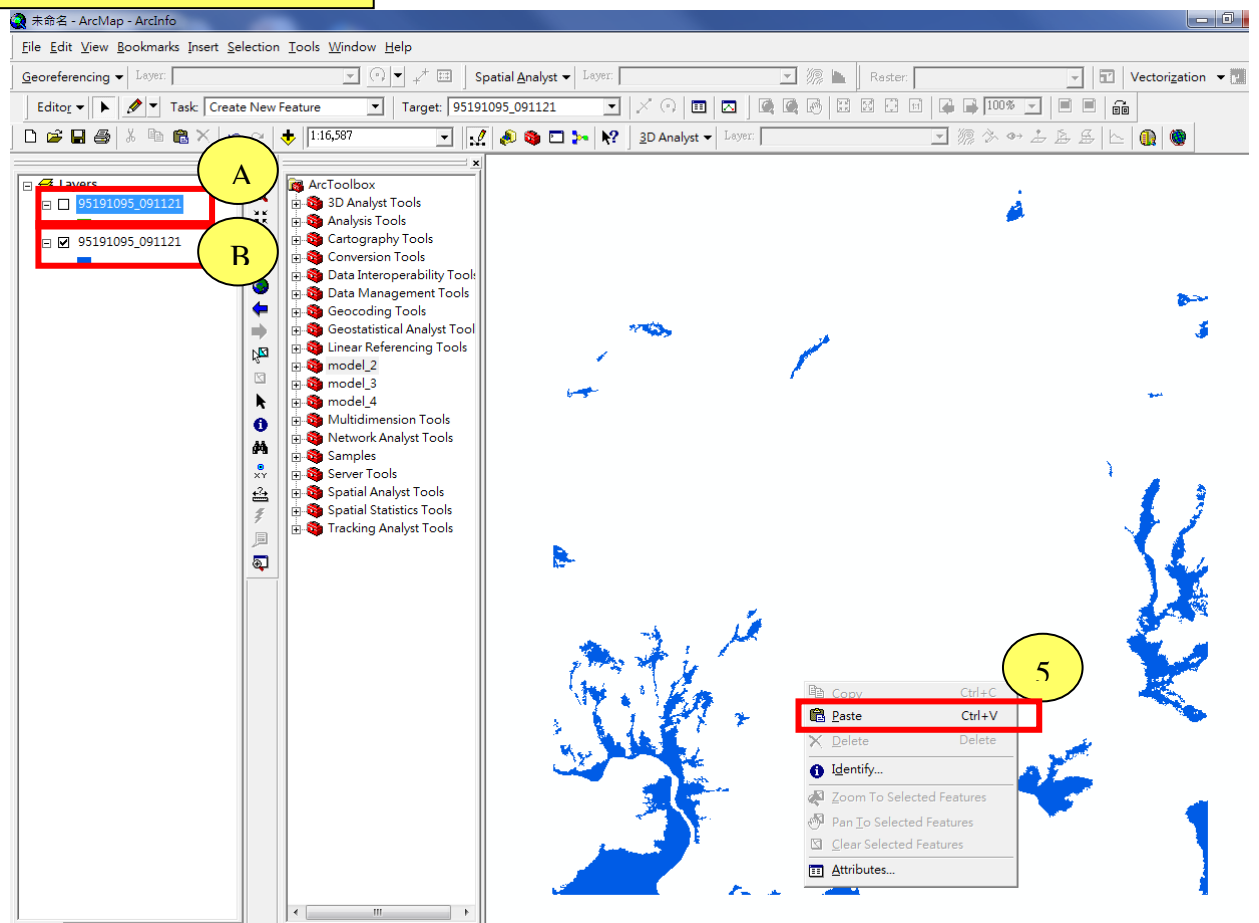
1. 滑鼠點選「Editor」

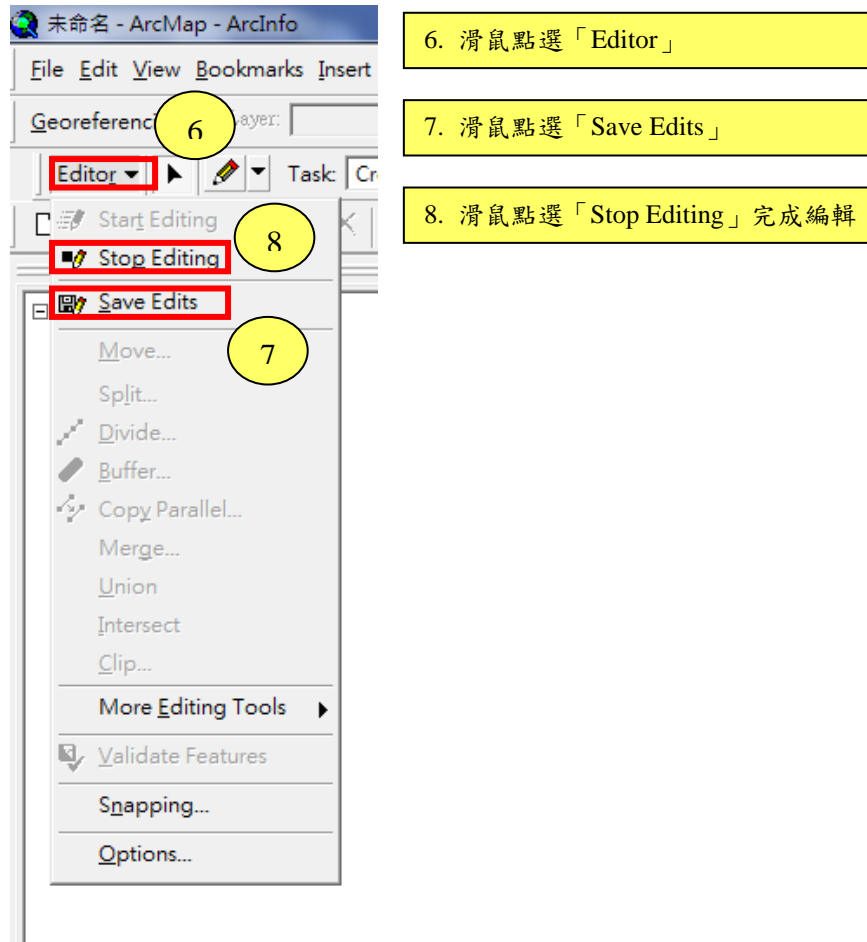
2. 滑鼠點選「Start Editing」

3. 滑鼠點選 B 圖，以儲存位置判別

4. 滑鼠點擊「OK」完成選取

5. 滑鼠按右鍵後點選「Paste」

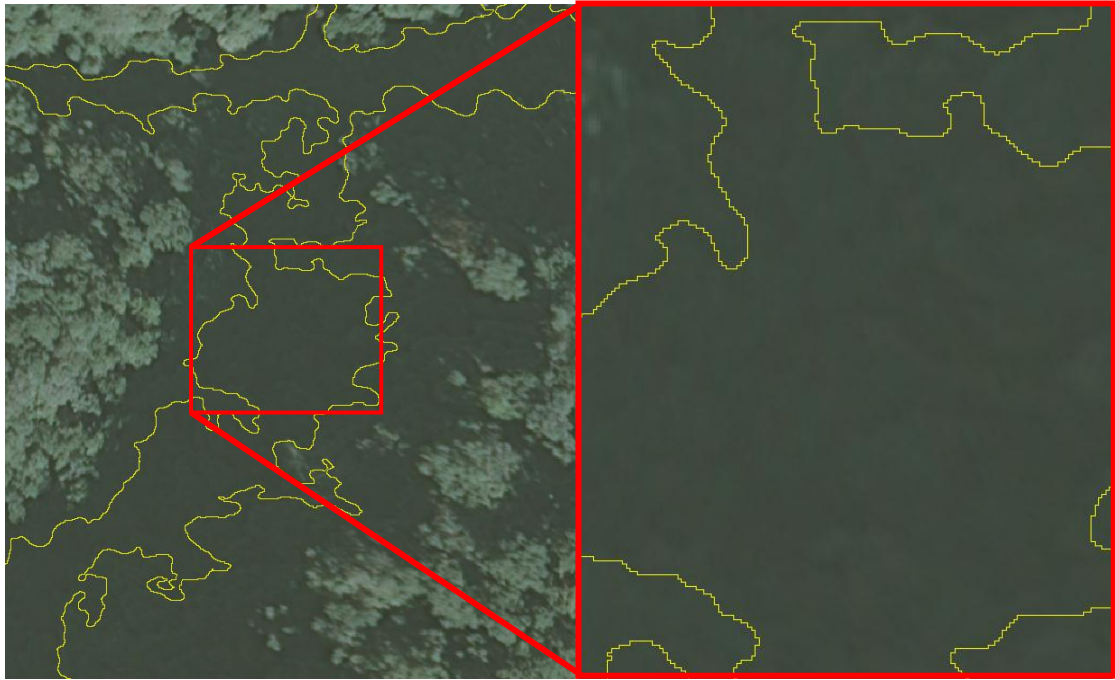




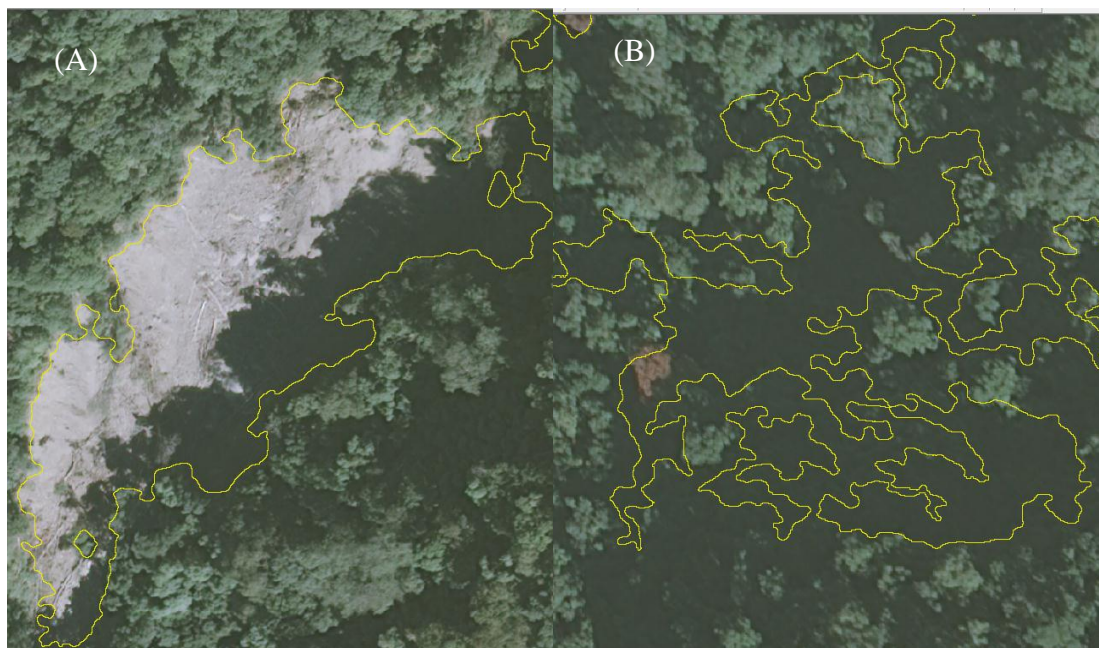
陰影誤判區域編修

由於部分較深陰影，難以一般四波段影像判釋其是否為崩塌地，因此可藉由下列所描述之情形來判斷：

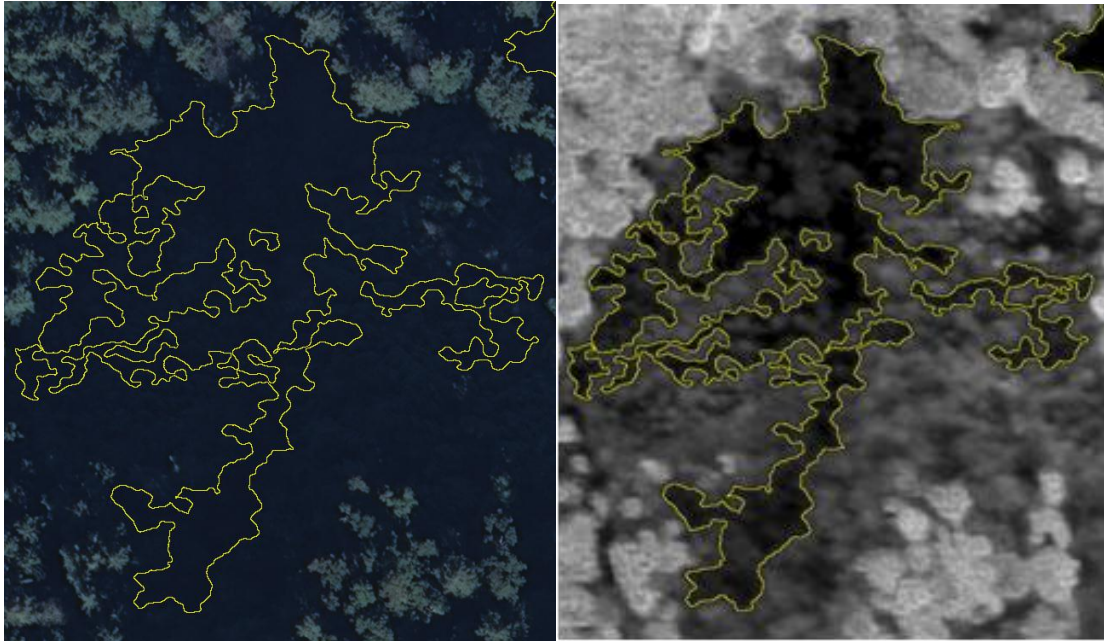
1. 由於 ADS40 和 DMC 影像具有高空間與高輻射解析力，因此若遇到部分較深陰影或大面積陰影，將影像拉近仍然可見樹冠的痕跡，固可判斷此區域是否誤判，如下圖所示。



2. 樹冠孔隙陰影除了由影像判斷外，亦可由崩塌地萃取成果之形狀找出端倪，一般崩塌地外型較為平滑，如圖(A)所示；而樹冠孔隙陰影則呈現不規則齒輪狀，如圖(B)所示，固可由此判斷是否誤判。



3. 當上述兩種方法皆無法有效判斷是否為崩塌地時，可採用 NDVI 影像輔助判釋，影像經由 NDVI 計算後可得知陰影區域植生高低(植生越高 NDVI 顯色越淺，植生越低則相反)，藉此判斷該區域是否誤判，如下圖所示。



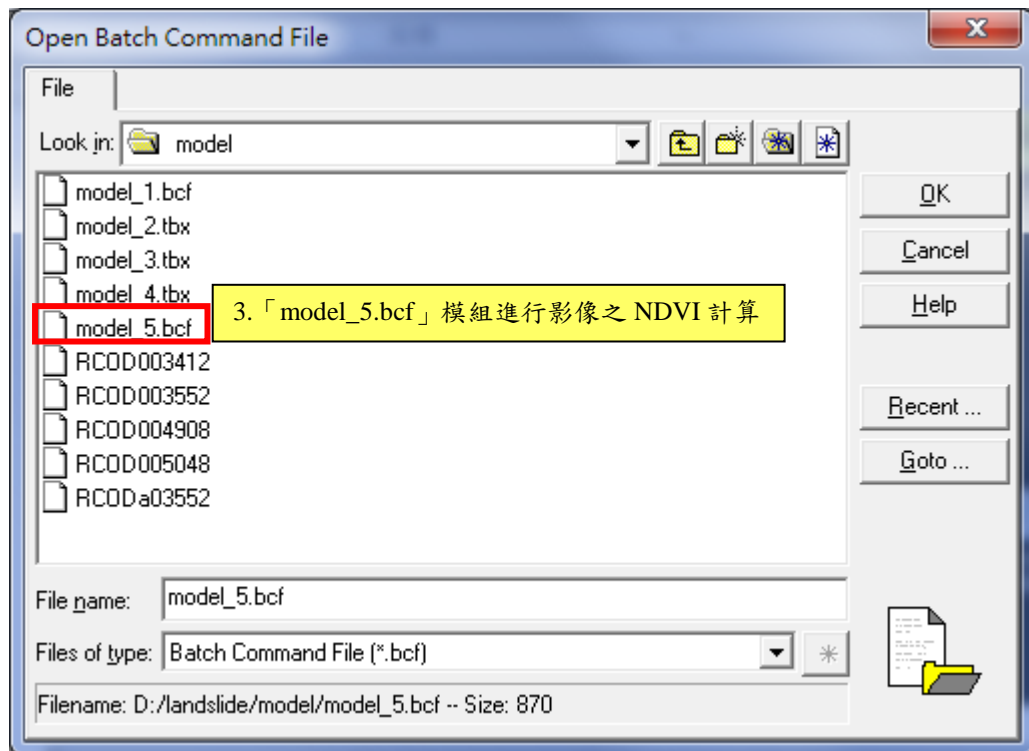
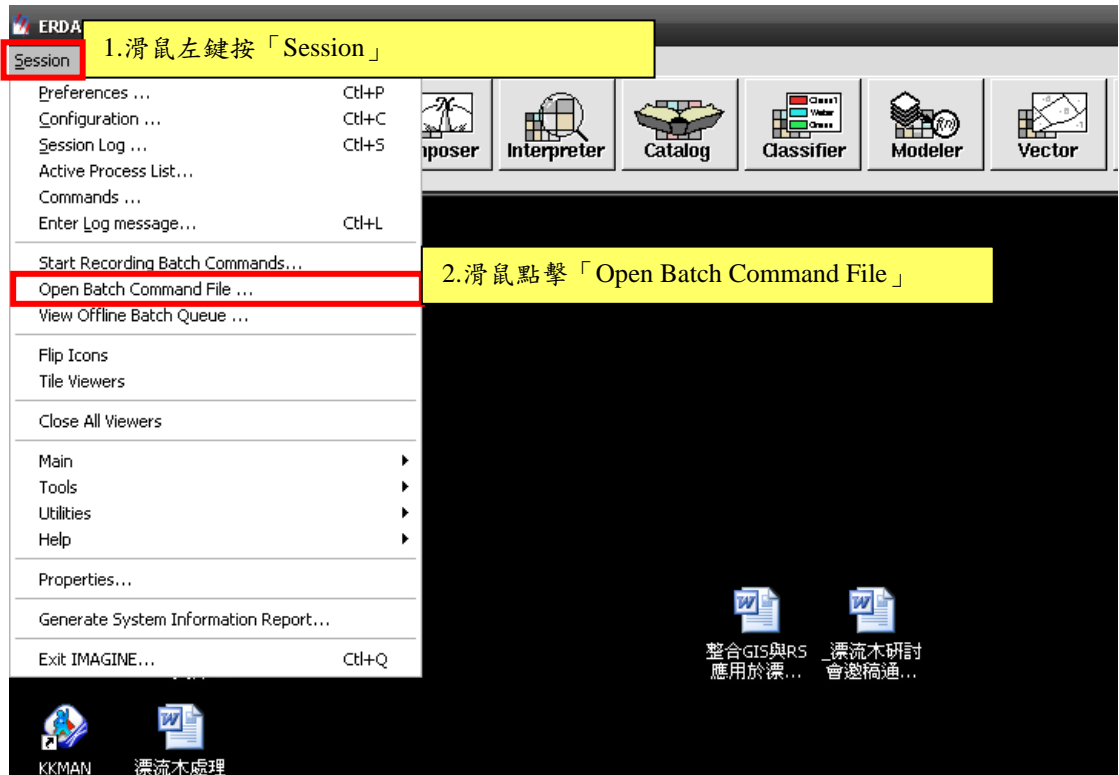
上述所提到要判斷陰影區域是否為樹冠孔隙誤判可藉由 NDVI 影像來辨別，因此本模組特別設置 NDVI 計算模組，透過模組可快速得到 NDVI 影像，使編修過程更為順暢。

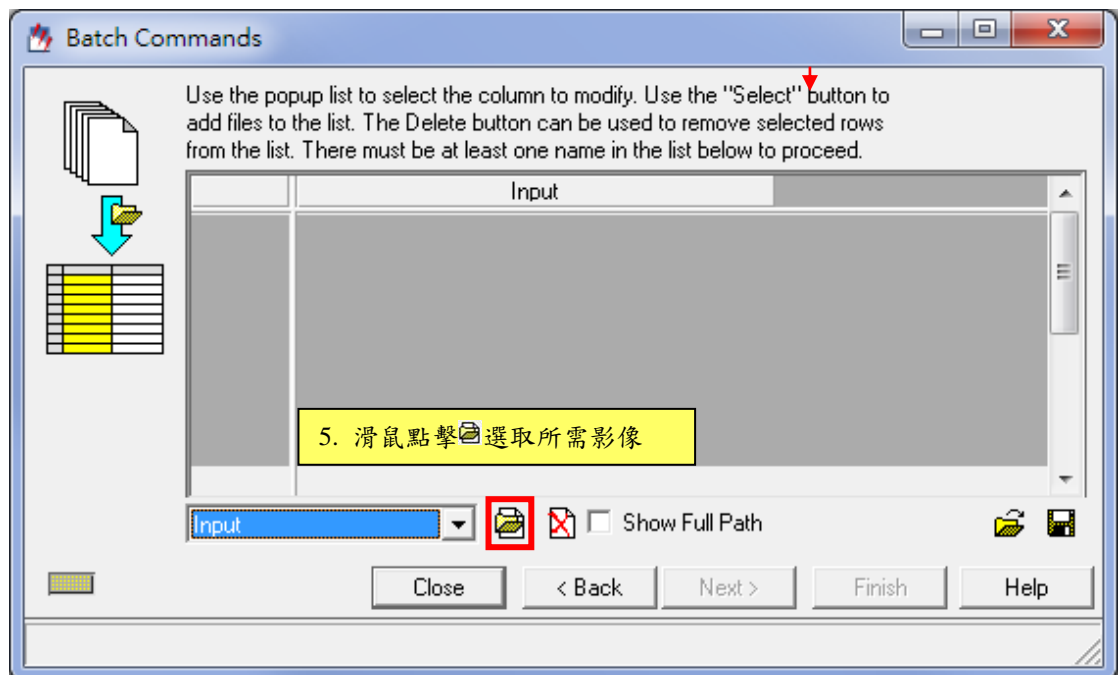
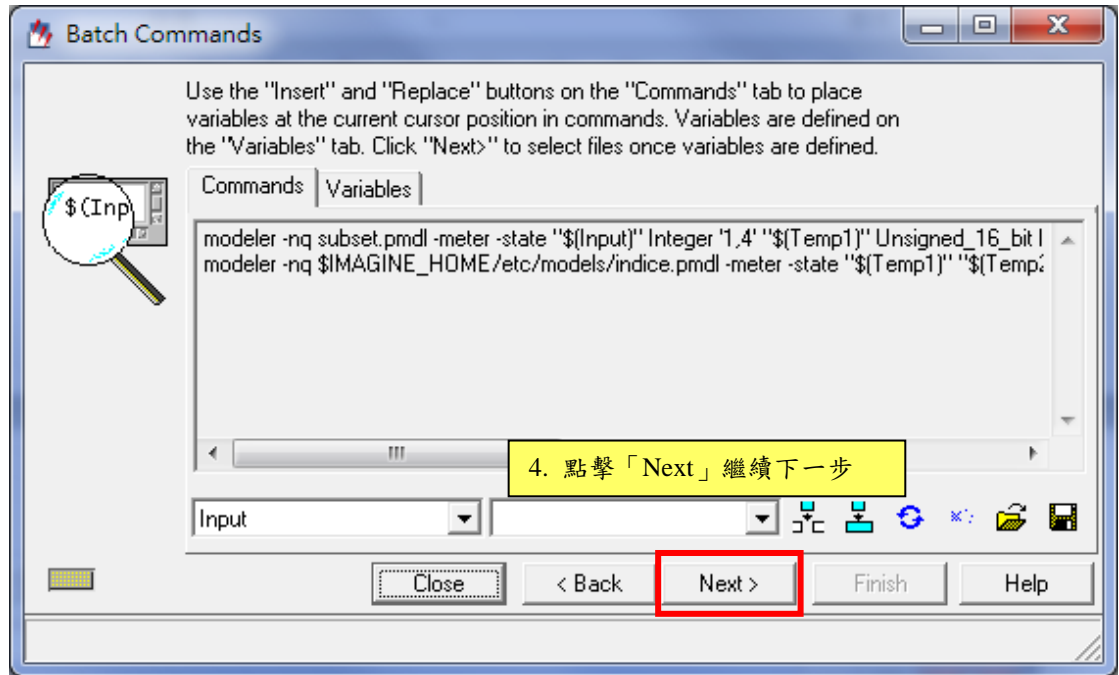
NDVI 之計算標準工作流程，步驟如下：

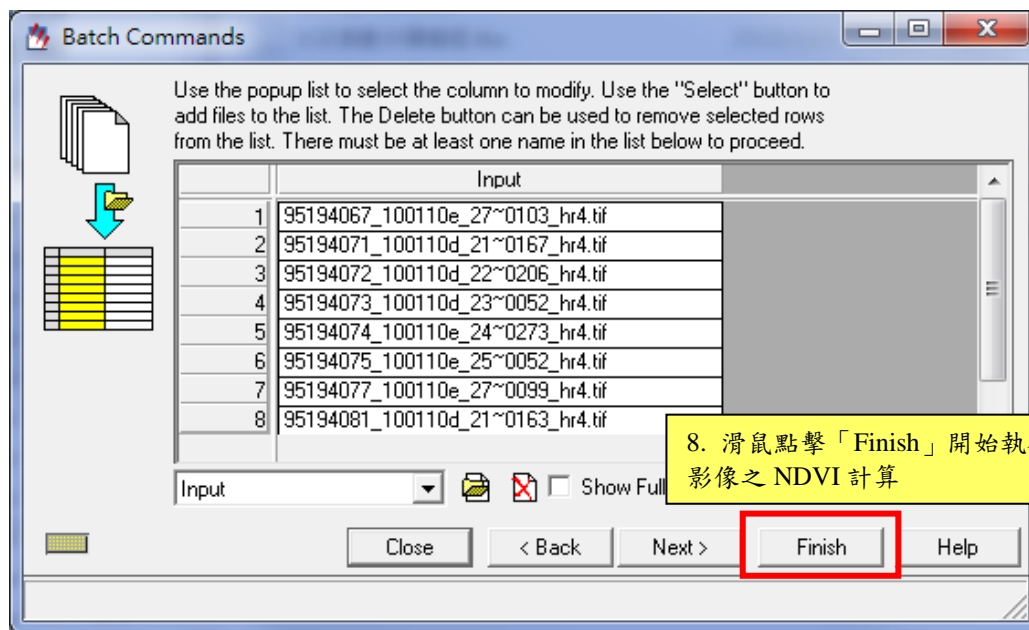
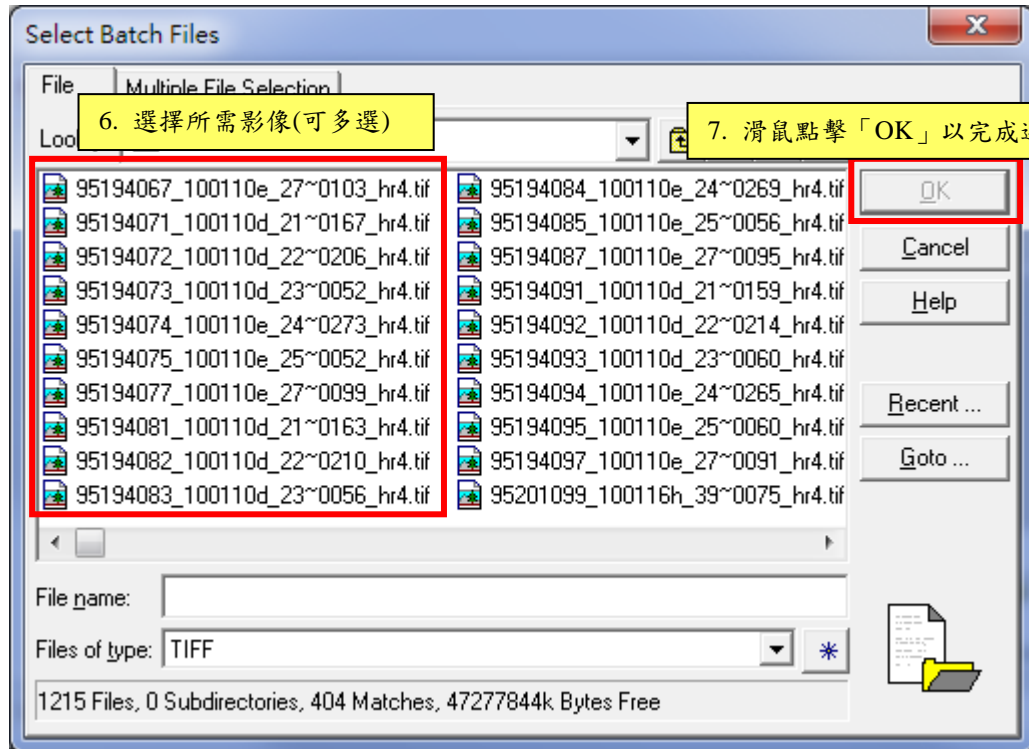
開啟 ERDAS 軟體，將滑鼠左鍵按「開始」，滑鼠游標再移到「所有程式」，會出現程式選單，再將滑鼠游標移到「Leica Geosystems」，會出現「ERDAS IMAGINE 9.2」的程式選單，滑鼠左鍵按「ERDAS IMAGINE 9.2」，ERDAS IMAGINE 軟體即可開啟。



待 ERDAS 軟體開啟後，點選「Session」內的「Open Batch Command File」開啟功能，開啟後至「D:\landslide\model」選取「model_5.bcf」模組進行影像之 NDVI 計算，操作方法如下：





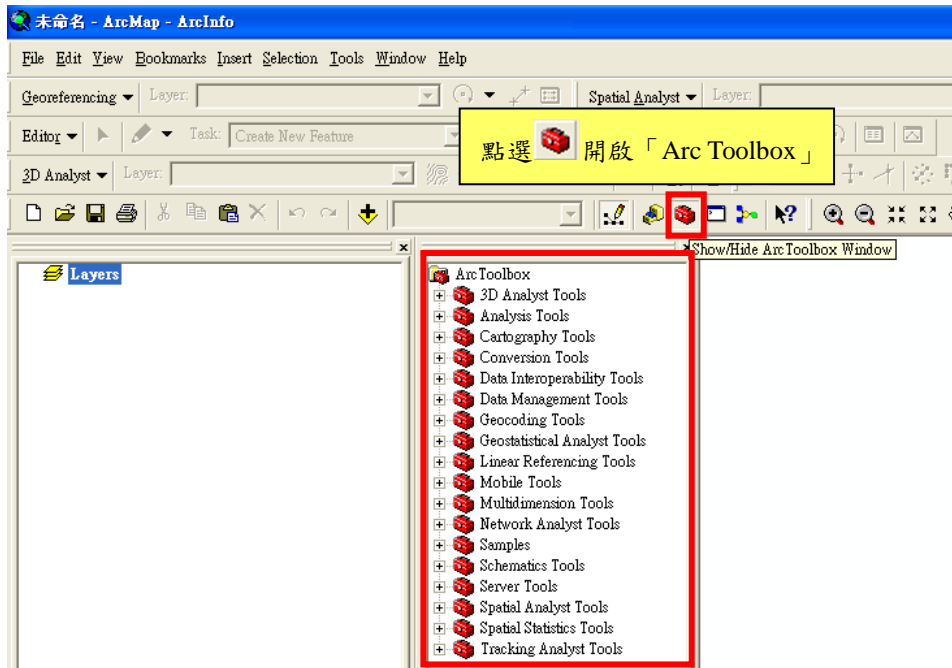


模組執行完成後，所得之影像為 NDVI 影像，並將此成果存放於「D:\landslide\ndvi」資料夾中。

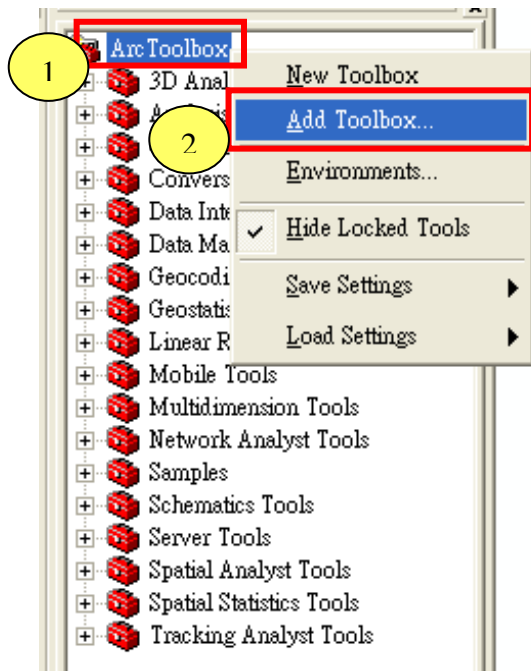
萃取成果欄位資訊建置

崩塌萃取成果欄位資訊建置，步驟如下：

(四)於 Arc GIS 操作介面上點選開啟「Arc Toolbox」。



(五)在 Arc Toolbox 開啟後，在開啟的工具箱視窗中的「ArcToolbox」上方，按下滑鼠右鍵，開啟功能選單，滑鼠左鍵選擇「Add Toolbox」，出現 Add Toolbox 對話框，並選取於 D 槽「landslide」之「model」中的「model_3.tbx」檔案，並以滑鼠左鍵按「Open」開啟。

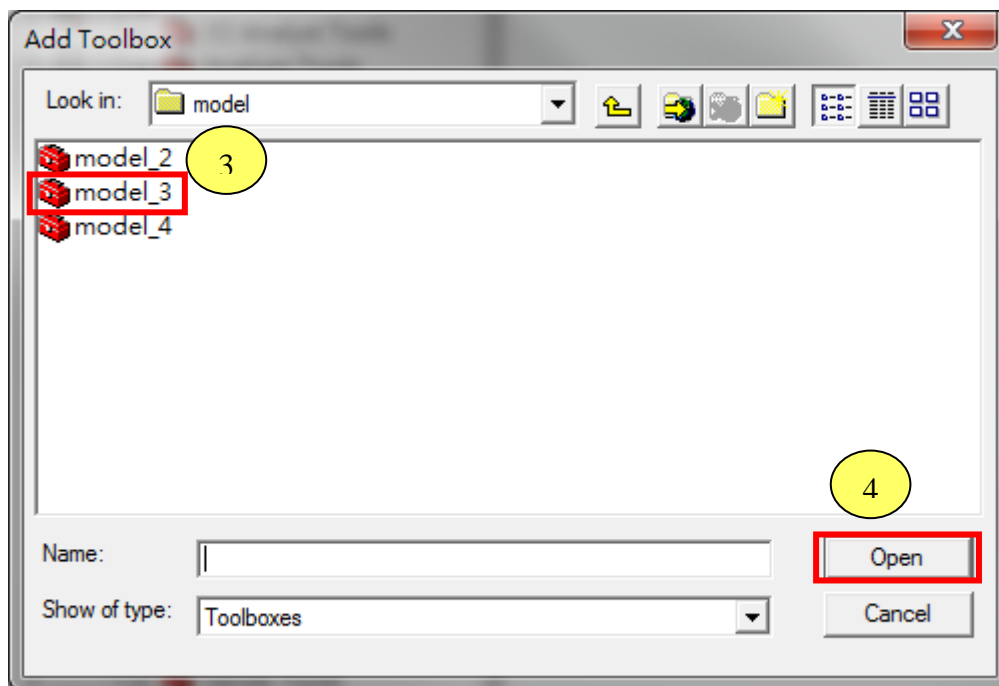


1. 滑鼠右鍵點擊「Arc Toolbox」

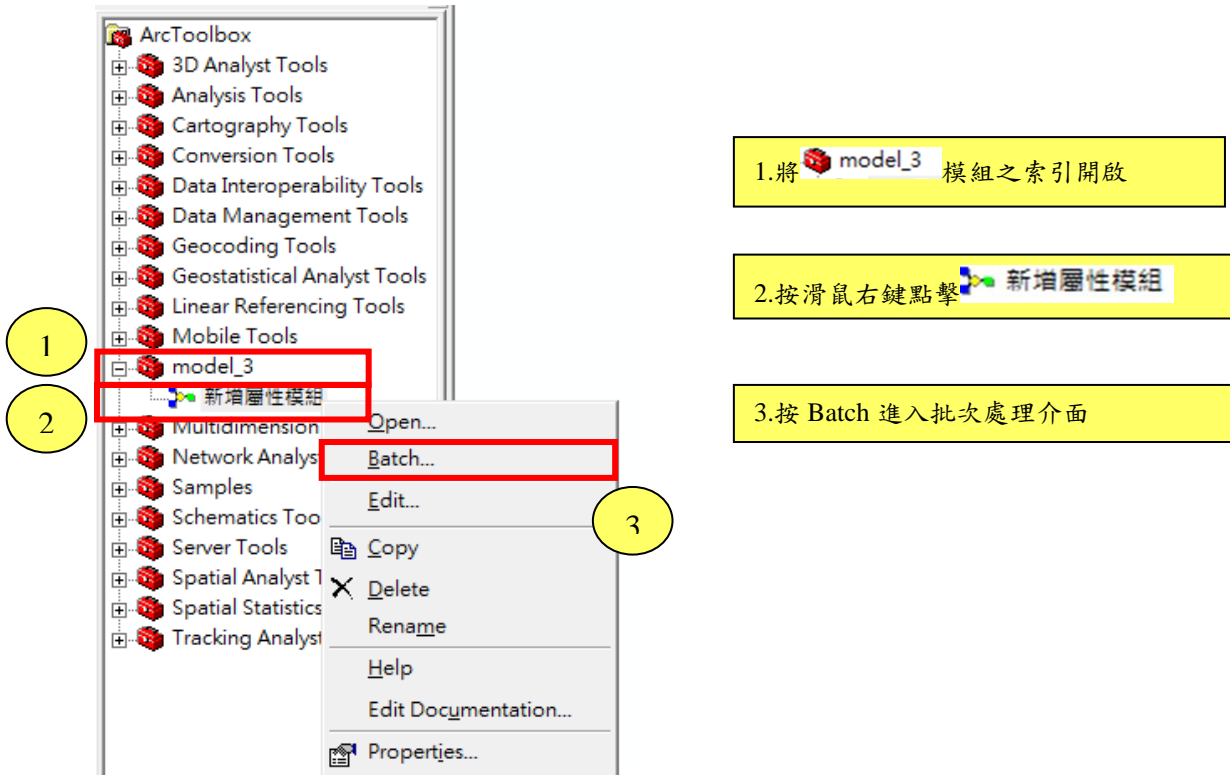
2. 滑鼠左鍵點擊「Add Toolbox」

3. 選擇「model_3」

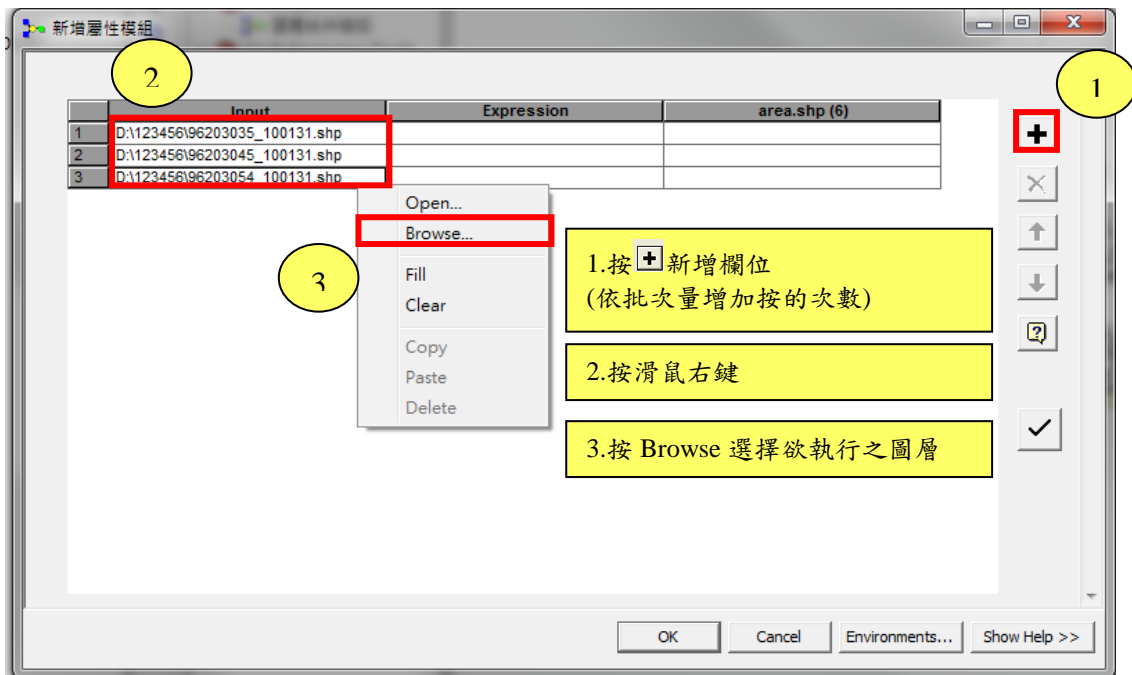
4. 點擊「Open」以開啟 GIS 模組



(六)待模組開啟後，Arc Toolbox 會出現崩塌「model_3」之工具，在model_3左方的加號按滑鼠左鍵，將模組之索引開啟，並以按滑鼠右鍵點擊新增屬性模組，開啟功能介面，按滑鼠左鍵點擊「Batch」，開啟新增屬性模組。



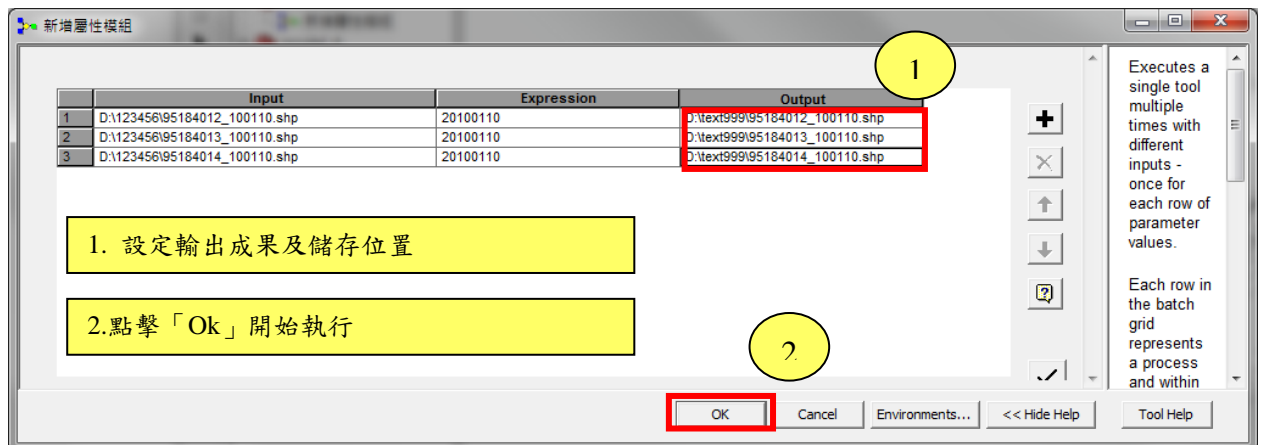
(七)在「新增屬性模組」的「Batch」介面開啟後，按新增欄位，依批次量增加按的次數。於選單中加入於崩塌自動分類模組完成之影像，在「Input Table」欄位下方之欄位，按滑鼠右鍵，出現選單選「Browse」以選擇所欲執行之影像。



(八)在模組中間的欄位，可見「Expression」欄位，其為影像日期，於此欄位鍵入 20 後，複製輸入檔案之後六碼貼於 20 之後。
 例：輸入檔案為「95184012_100110」複製輸入檔案之後六碼貼於 20 之後為「20100110」

| 1.複製輸入檔案之後六碼 | | 2.於 Expression 欄位輸入 20，並將上步驟之數字貼於 20 之後 | |
|--------------|-------------------------------|---|-------------------------|
| | Input | Expression | Output |
| 1 | D:\123456\95184012_100110.shp | 20100110 | D:\landslide\temp\2.shp |
| 2 | D:\123456\95184013_100110.shp | 20100110 | D:\landslide\temp\2.shp |
| 3 | D:\123456\95184014_100110.shp | 20100110 | D:\landslide\temp\2.shp |

(九)在模組最右方的欄位，可見「Output」欄位，其為新增屬性模組之成果，將此欄位輸入輸出檔案名稱及儲存位置 (Landslide_2 資料夾或自行設定儲存位置)。輸入完成後滑鼠左鍵按「Ok」執行。




(十) 模組執行完成後可得各項新增屬性資訊。

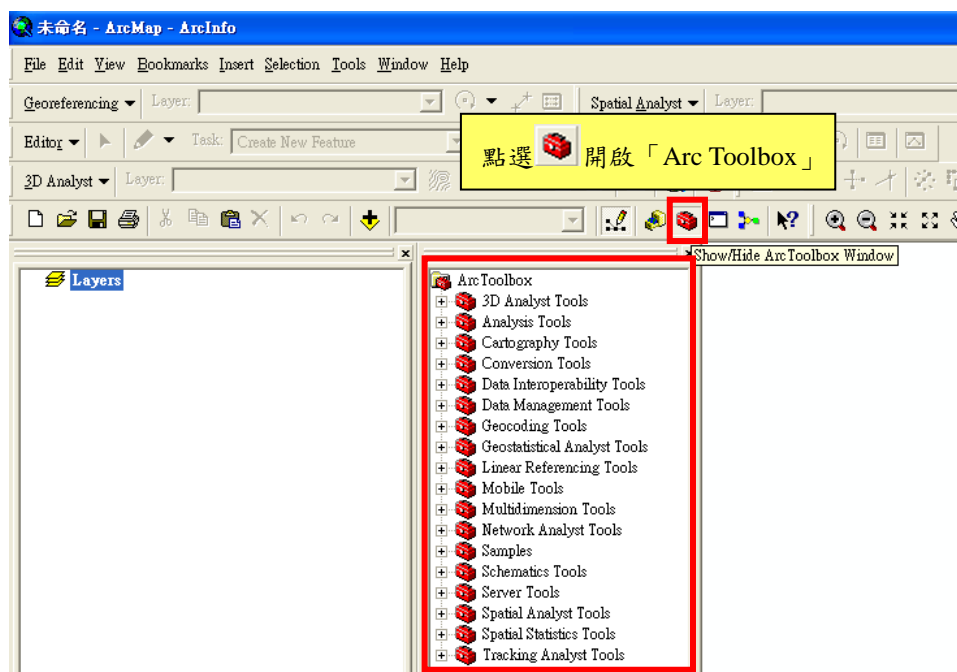
| FID | Shape * | Id | Date_ | X | Y | Area | Slope_Area | Slope | Min_dtm | danger |
|-----|------------|----|----------|-----------|------------|-------------|--------------|-------|---------|--------|
| 0 | Polygon ZM | 0 | 20100131 | 263015.5 | 2617661 | 935648.7729 | 1208752.2898 | 39.28 | 1540 | |
| 1 | Polygon ZM | 1 | 20100131 | 263641.25 | 2616352.5 | 31.625 | 34.0895 | 21.92 | 2536 | |
| 2 | Polygon ZM | 2 | 20100131 | 263595 | 2615983.63 | 898.5313 | 1096.5019 | 34.97 | 2576 | |
| 3 | Polygon ZM | 3 | 20100131 | 263724.25 | 2616370.63 | 1906.9063 | 1565.6222 | 33.41 | 2504 | |
| 4 | Polygon ZM | 4 | 20100131 | 263100 | 2618721.88 | 5998.3125 | 8252.8751 | 43.38 | 1699 | |
| 5 | Polygon ZM | 5 | 20100131 | 263060.75 | 2618947.63 | 23872.4688 | 29602.107 | 36.25 | 1576 | |
| 6 | Polygon ZM | 6 | 20100131 | 263054 | 2618909.13 | 1047.1875 | 1326.0116 | 37.84 | 1721 | |
| 7 | Polygon ZM | 7 | 20100131 | 263139.12 | 2618832.63 | 282.4375 | 332.0948 | 45.58 | 1708 | |
| 8 | Polygon ZM | 8 | 20100131 | 263091 | 2618706.5 | 39.375 | 58.6407 | 47.82 | 1782 | |
| 9 | Polygon ZM | 9 | 20100131 | 263142.87 | 2618723.38 | 320.0625 | 424.8612 | 41.12 | 1721 | |
| 10 | Polygon ZM | 10 | 20100131 | 263156 | 2618671.75 | 42.375 | 59.1278 | 44.22 | 1727 | |
| 11 | Polygon ZM | 11 | 20100131 | 263195.87 | 2618752.88 | 129 | 148.9263 | 29.98 | 1683 | |
| 12 | Polygon ZM | 12 | 20100131 | 263205.37 | 2618658.25 | 95.5 | 122.7641 | 38.98 | 1677 | |
| 13 | Polygon ZM | 13 | 20100131 | 263242.87 | 2618775.63 | 405.5313 | 533.0704 | 40.47 | 1631 | |
| 14 | Polygon ZM | 14 | 20100131 | 263390.74 | 2618825.31 | 5974.8377 | 6325.6016 | 19.17 | 1527 | |
| 15 | Polygon ZM | 15 | 20100131 | 263253 | 2618644.63 | 161.5781 | 228.7855 | 45.07 | 1617 | |
| 16 | Polygon ZM | 16 | 20100131 | 263243.37 | 2618872.75 | 296.375 | 286.9221 | 34.53 | 1621 | |
| 17 | Polygon ZM | 17 | 20100131 | 263279.62 | 2618709.88 | 654.3125 | 830.2209 | 37.99 | 1620 | |
| 18 | Polygon ZM | 18 | 20100131 | 263261.37 | 2618648.88 | 202.5625 | 281.8324 | 44.05 | 1618 | |
| 19 | Polygon ZM | 19 | 20100131 | 263274.25 | 2618668.38 | 50.875 | 70.2409 | 43.59 | 1630 | |
| 20 | Polygon ZM | 20 | 20100131 | 263281.62 | 2618629.13 | 30.3125 | 36.1558 | 33.03 | 1602 | |
| 21 | Polygon ZM | 21 | 20100131 | 263295.98 | 2618637.09 | 54.1581 | 61.5041 | 28.29 | 1597 | |
| 22 | Polygon ZM | 22 | 20100131 | 263650.6 | 2618832.04 | 60241.2537 | 70873.3231 | 31.79 | 1528 | |
| 23 | Polygon ZM | 23 | 20100131 | 263544.12 | 2618576.5 | 32.5 | 34.7288 | 20.63 | 1606 | |
| 24 | Polygon ZM | 24 | 20100131 | 263625.12 | 2618551.38 | 49.625 | 60.7522 | 35.23 | 1591 | |
| 25 | Polygon ZM | 25 | 20100131 | 263680.39 | 2618553.92 | 30.6095 | 33.8069 | 25.12 | 1578 | |
| 26 | Polygon ZM | 26 | 20100131 | 263734 | 2618352.63 | 138.9375 | 221.4425 | 51.14 | 1727 | |
| 27 | Polygon ZM | 27 | 20100131 | 263686.87 | 2618338.88 | 81 | 103.4857 | 38.49 | 1768 | |
| 28 | Polygon ZM | 28 | 20100131 | 263658.37 | 2618273.25 | 1664.1875 | 2273.6386 | 42.95 | 1767 | |
| 29 | Polygon ZM | 29 | 20100131 | 263553.37 | 2617952.5 | 65.875 | 88.1329 | 41.63 | 2092 | |
| 30 | Polygon ZM | 30 | 20100131 | 263726.75 | 2618044.88 | 488.5625 | 700.407 | 45.77 | 1971 | |
| 31 | Polygon ZM | 31 | 20100131 | 263670.87 | 2616399 | 38.625 | 41.6672 | 22.03 | 2547 | |
| 32 | Polygon ZM | 32 | 20100131 | 263672.5 | 2617926.63 | 1639.5313 | 2100.5093 | 38.69 | 2059 | |
| 33 | Polygon ZM | 33 | 20100131 | 263623.75 | 2617763 | 185.0625 | 287.9658 | 50.01 | 2254 | |
| 34 | Polygon ZM | 34 | 20100131 | 263660.62 | 2617804.88 | 846.1875 | 1252.0381 | 47.48 | 2183 | |
| 35 | Polygon ZM | 35 | 20100131 | 263654.25 | 2617737.13 | 83.6563 | 107.5543 | 38.94 | 2269 | |
| 36 | Polygon ZM | 36 | 20100131 | 263736.87 | 2617732.5 | 73.125 | 105.3246 | 46.03 | 2249 | |
| 37 | Polygon ZM | 37 | 20100131 | 263479 | 2617651.88 | 67.8125 | 77.5863 | 29.07 | 2318 | |
| 38 | Polygon ZM | 38 | 20100131 | 263452 | 2617649.38 | 30.6719 | 35.8431 | 31.16 | 2311 | |
| 39 | Polygon ZM | 39 | 20100131 | 263134 | 2617641.88 | 160.5625 | 304.0135 | 58.12 | 2255 | |
| 40 | Polygon ZM | 40 | 20100131 | 263124.5 | 2617657.13 | 32 | 66.4872 | 61.23 | 2257 | |
| 41 | Polygon ZM | 41 | 20100131 | 263091.25 | 2617675 | 102.3125 | 280.6718 | 63.67 | 2219 | |
| 42 | Polygon ZM | 42 | 20100131 | 263084 | 2617682.13 | 30.25 | 72.5289 | 65.35 | 2213 | |
| 43 | Polygon ZM | 43 | 20100131 | 262945.75 | 2617730.88 | 665.4688 | 827.3107 | 36.45 | 2133 | |
| 44 | Polygon ZM | 44 | 20100131 | 263045.62 | 2617675.88 | 73.625 | 152.2471 | 61.08 | 2183 | |
| 45 | Polygon ZM | 45 | 20100131 | 263190.75 | 2617631.75 | 375.125 | 539.9157 | 45.99 | 2262 | |
| 46 | Polygon ZM | 46 | 20100131 | 263010 | 2617630.5 | 84.25 | 131.1242 | 50.02 | 2248 | |
| 47 | Polygon ZM | 47 | 20100131 | 262955.87 | 2617754.5 | 93.1875 | 123.4746 | 41 | 2112 | |
| 48 | Polygon ZM | 48 | 20100131 | 262921.62 | 2617755.38 | 46.8438 | 69.2848 | 47.46 | 2119 | |
| 49 | Polygon ZM | 49 | 20100131 | 262923.13 | 2617763.38 | 30.5313 | 45.8500 | 48.78 | 2128 | |

四、圖層整合流程

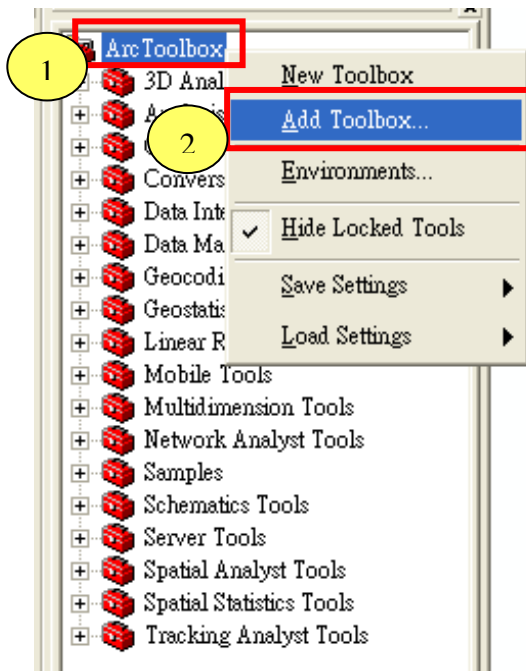
工作手冊主要以 5000 分之一圖幅大小製圖，因為崩塌地可能會發生於 2 幅 5000 分之一圖幅中間，在個別圖幅判釋的崩塌地屬性資料整合上會出現分歧（如：面積、坡度等不一致的狀況），因此建議匯入崩塌地資料庫是以 5000 分之一圖幅為單位的圖層，倘若相關單位有合併的需求，可使用此模組，將欲整合圖層整合，本流程提供欲將圖資整合所使用。

圖層整合標準工作流程，步驟如下：

(一)於 Arc GIS 操作介面上點選開啟「Arc Toolbox」。



(二)在 Arc Toolbox 開啟後，在開啟的工具箱視窗中的「ArcToolbox」上方，按下滑鼠右鍵，開啟功能選單，滑鼠左鍵選擇「Add Toolbox」，出現 Add Toolbox 對話框，並選取於 D 槽「landslide」之「model」中的「model_4.tbx」檔案，並以滑鼠左鍵按「Open」開啟。

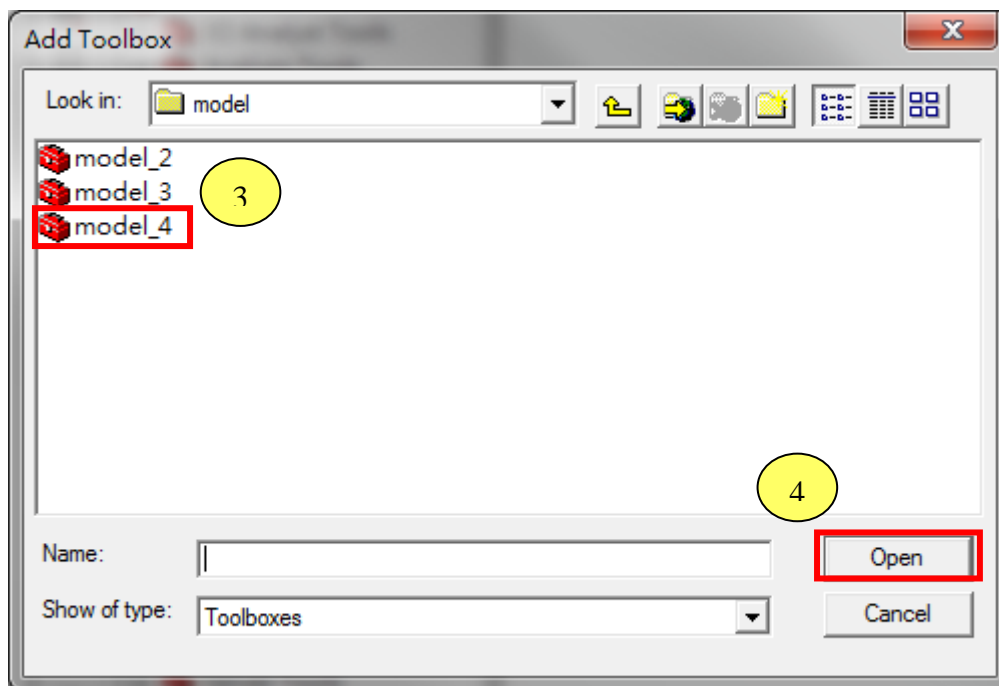




1. 滑鼠右鍵點擊「Arc Toolbox」

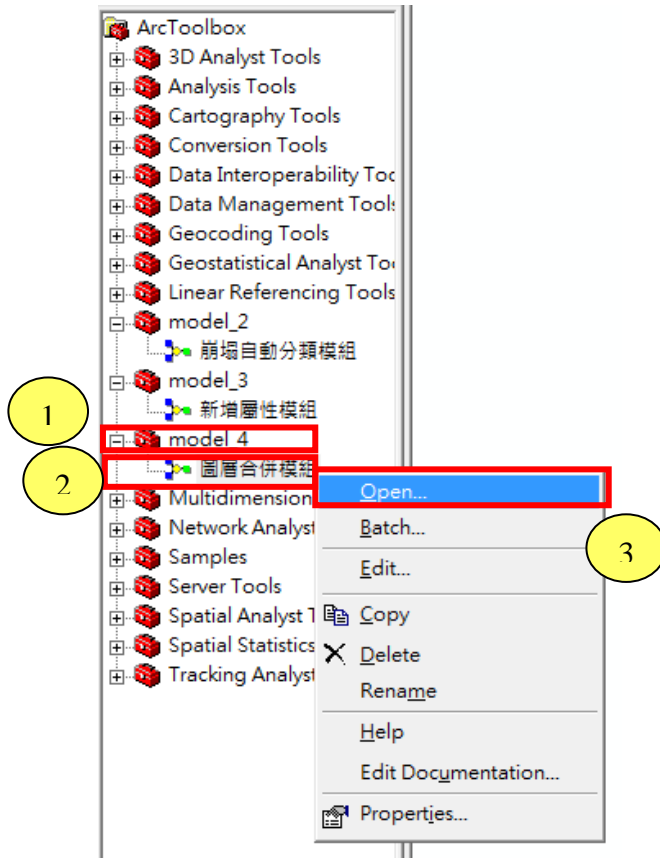
2. 滑鼠左鍵點擊「Add Toolbox」


3. 選擇「model_4」


4. 點擊「Open」以開啟 GIS 模組




(三)待模組開啟後，Arc Toolbox 會出現崩塌「model_4」之工具，在  model_4 左方的加號按滑鼠左鍵，將模組之索引開啟，並以按滑鼠右鍵點擊  圖層合併模組，開啟功能介面，按滑鼠左鍵點擊「Open」，開啟新增屬性模組。

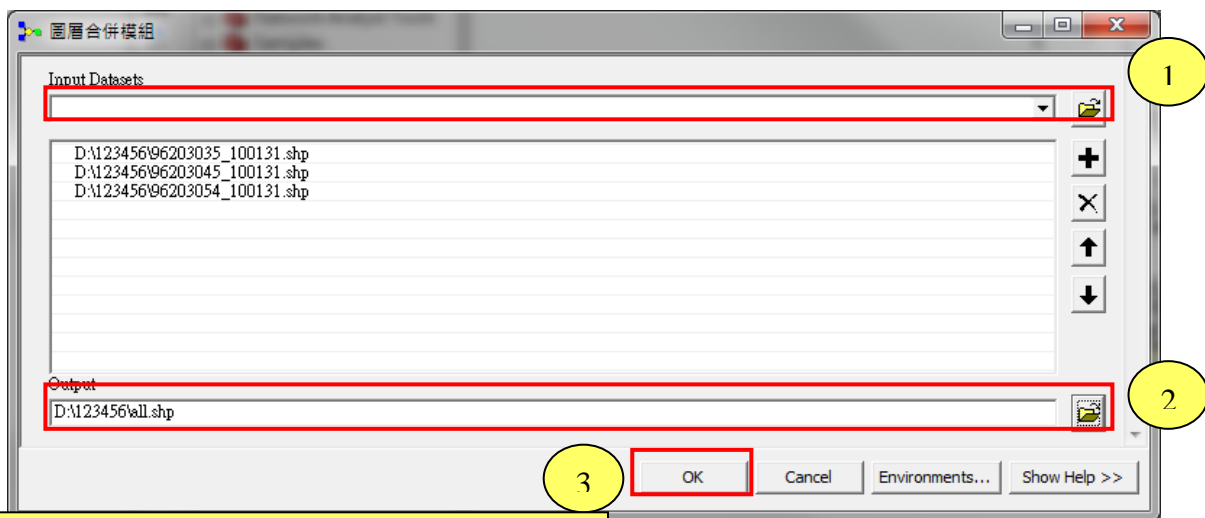


1. 將  model_4 模組之索引開啟

2. 按滑鼠右鍵點擊  圖層合併模組

3. 按 Open 進入批次處理介面


(四)在「 圖層合併模組」的「Open」介面開啟後，在「Input Datasets」欄位選擇欲合併之圖層。在「Output」欄位輸入成果檔名並選擇儲存位置，設定完成後點擊「OK」即可。



1. 在「Input Datasets」欄位選擇欲合併之圖層

2. 在「Output」欄位輸入成果檔名並選擇儲存位置

3. 設定完成後點擊「OK」即可

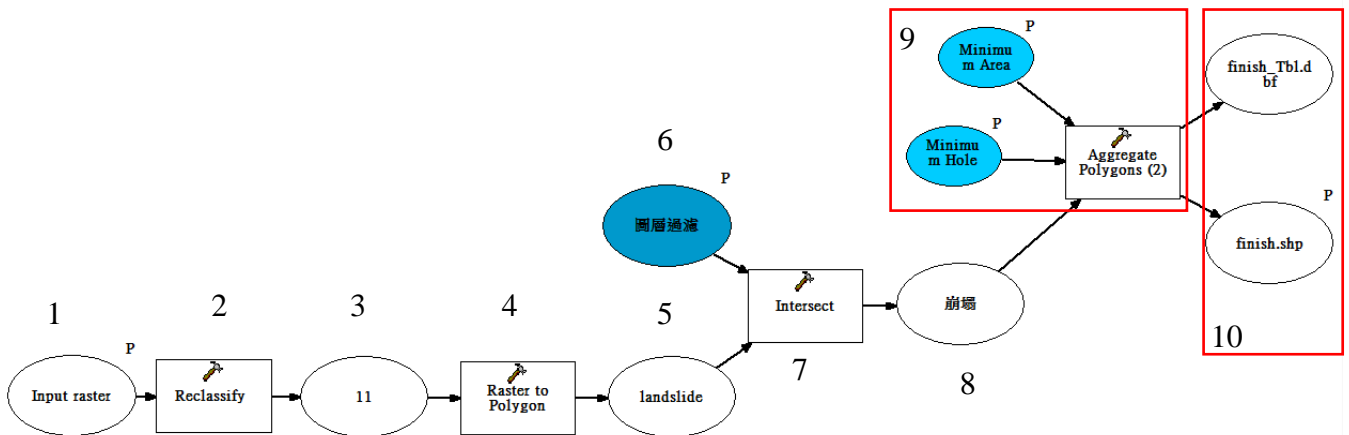
(五)在將合併出來的成果納入「萃取成果欄位資訊建置」，即是將合併的圖層納入  model_3 模組，製作欄位資訊。(見 24-28 頁)

5. modeler -nq neighborhood.pmdl -meter -state "\$(Temp5)" Integer "\$(Output)"
'Unsigned 2 bit' Integer Thematic "Thematic" 'matrix (5,5:
1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.
.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000,1.000)'
Majority "Majority" "\$(Temp5.Ulx)" "\$(Temp5.Uly)" "\$(Temp5.Lrx)" "\$(Temp5.Lry)"
Map useall "None" " " " " "

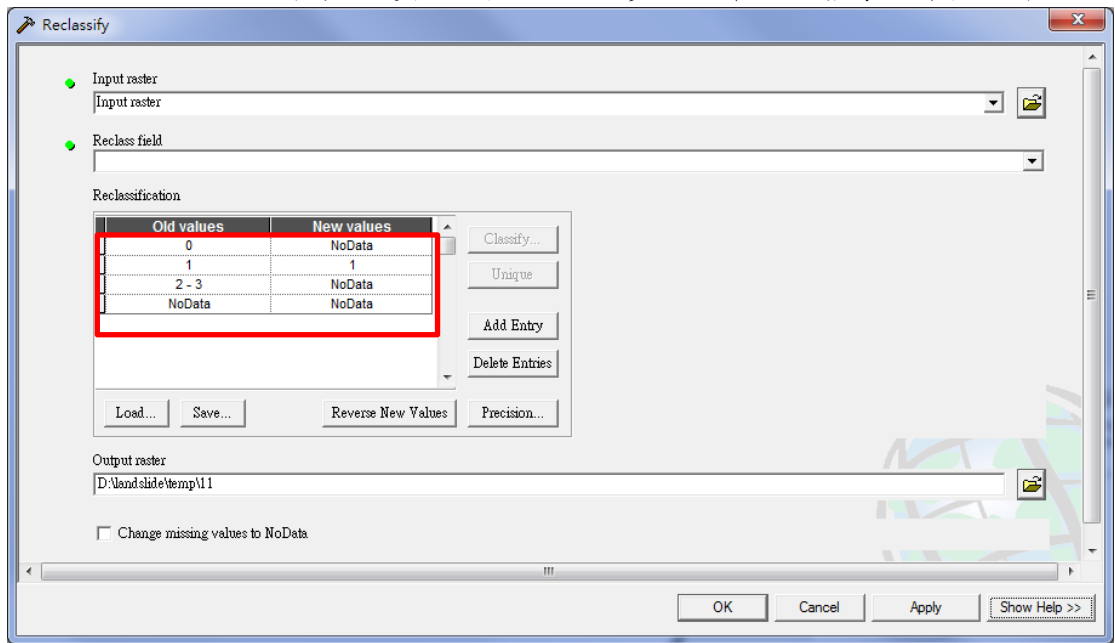
將步驟 3 所得之重新聚類(Recode)成果依據最近相鄰法進行分類成果之圖徵後處理。

"\$(Temp5)" 為輸入端(重新聚類成果)；"\$(Output)" 為輸出端(分類圖徵後處理之成果)。

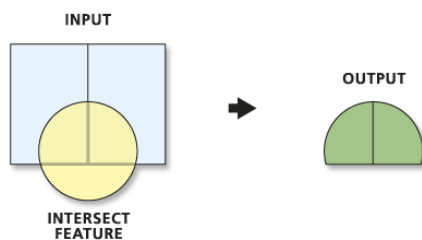
二、 model_2 (GIS 模組)：



1. 輸入端(ERDAS 模組所得之成果)。
2. 將 ERDAS 模組所得之成果重新分類，此步驟將萃取出影像之非植生部分。

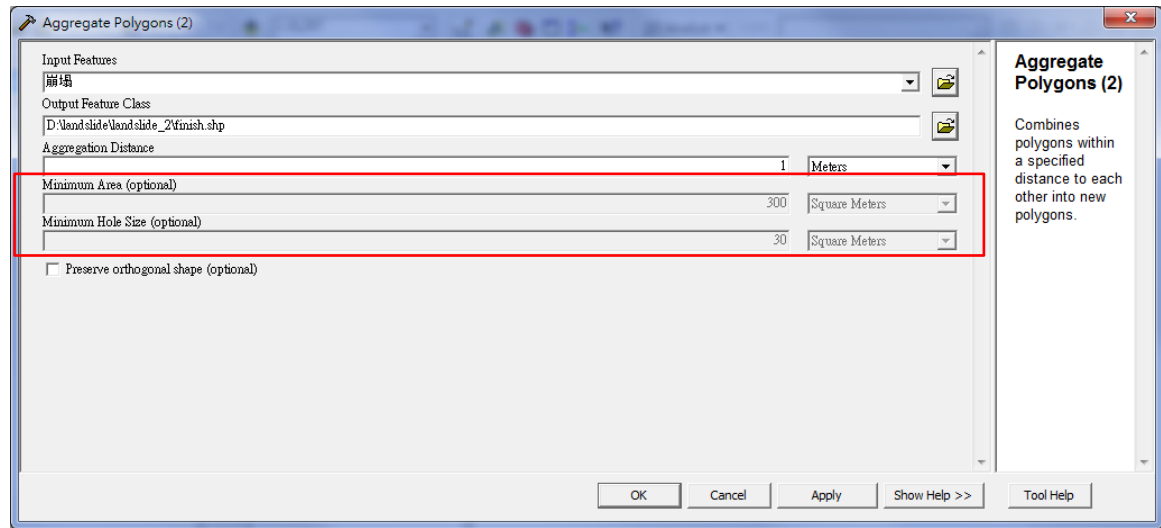


3. 暫存檔(步驟 2 重新分類後所得成果)。
4. 將網格資料轉為向量資料。
5. 暫存檔(步驟 4 網格資料轉為向量資料後所得成果)。
6. 輸入端(事先準備好之過濾圖層)
7. 以 Intersect 功能取得步驟 5 與步驟 6 之交集，如下圖。



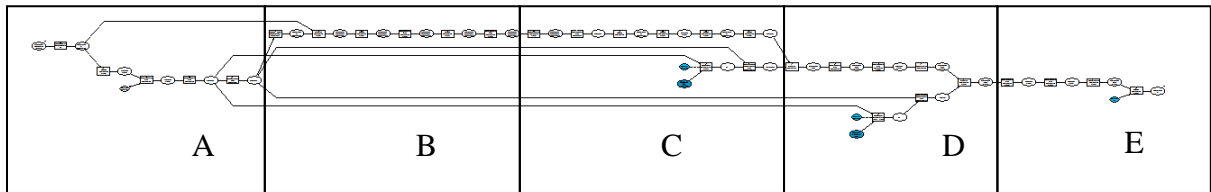
8. 暫存檔(步驟 7 交集後所得成果)。

9. 以 Aggregate Polygons 功能將步驟 8 進行聚合, 分別設定欲去除之最小面積、欲填補之最小面積, 如下圖。

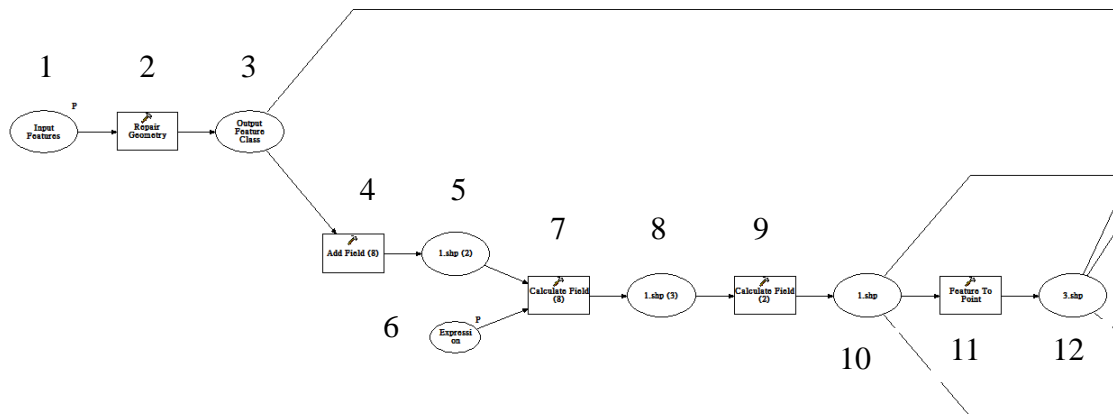


10. 輸出端(步驟 9 聚合後所得成果)。

三、 model_3 (GIS 模組)：



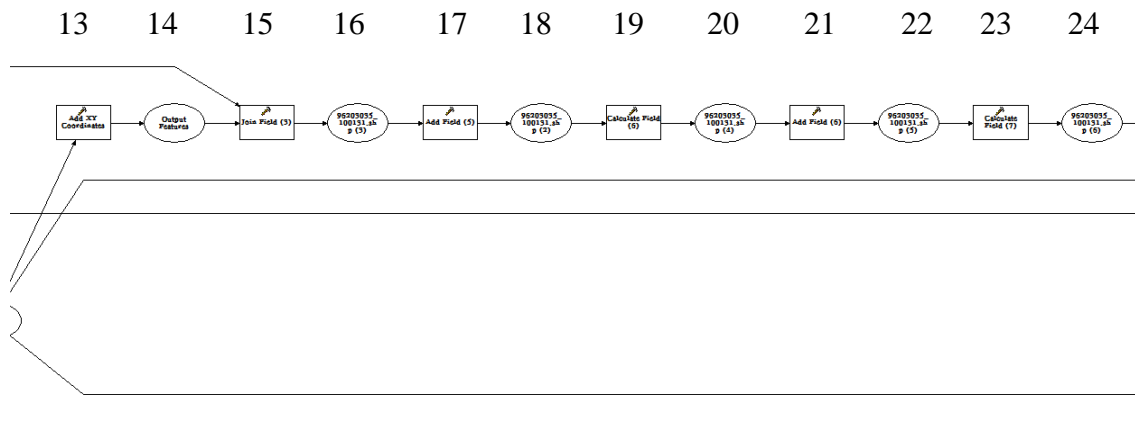
A:



1. 輸入端(欲給予欄位資訊之圖層)。
2. 將步驟 1 所輸入之圖層使用 Repair Geometry 功能重新計算。
3. 暫存檔(步驟 2 重新計算後之成果)。
4. 將步驟 3 之圖層, 利用 Add Field 功能增加 Date 欄位。
5. 暫存檔(步驟 4 所得之成果)。

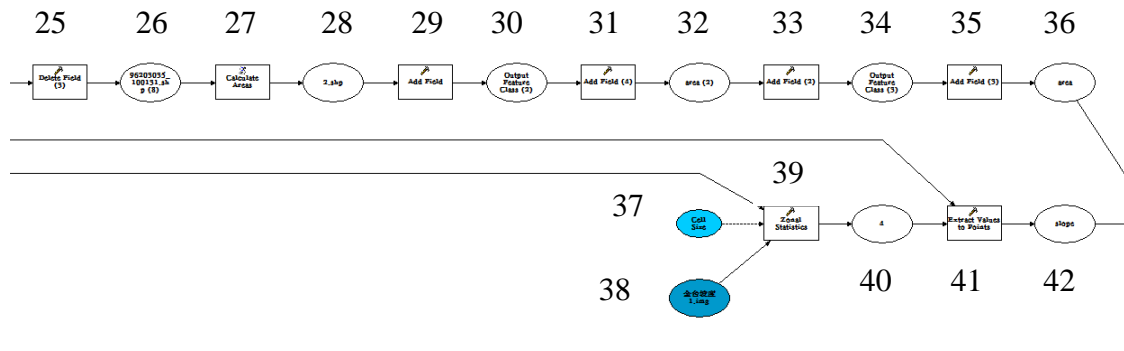
6. 輸入端(輸入此圖層日期)。
7. 將步驟 6 所輸入之日期，利用 Calculate Field 功能繼承至步驟 4 所創之 Date 欄位。
8. 暫存檔(步驟 7 所得之成果)。
9. 將步驟 8 之圖層，利用 Calculate Field 功能將 Fid 欄位繼承至 Id 欄位。
10. 暫存檔(步驟 9 所得之成果)。
11. 將步驟 10 圖層之 Id 欄位轉為點位資料。
12. 暫存檔(步驟 11 所得之成果)。

B:

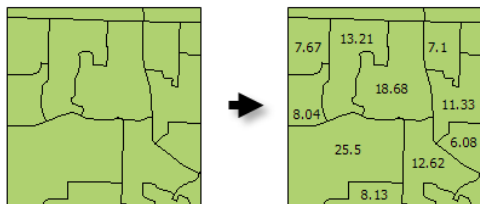


13. 使用步驟 12 之點位，萃取其 X Y 座標。
14. 暫存檔(步驟 13 所得之成果)。
15. 將步驟 14 之點位座標資料加入至步驟 3 之圖層
16. 暫存檔(步驟 15 所得之成果)。
17. 將步驟 16 之圖層新增 X 欄位。
18. 暫存檔(步驟 17 所得之成果)。
19. 將步驟 18 之圖層，利用 Calculate Field 功能將 Point_X 欄位繼承至 X 欄位。
20. 暫存檔(步驟 19 所得之成果)。
21. 將步驟 20 之圖層新增 Y 欄位。
22. 暫存檔(步驟 21 所得之成果)。
23. 將步驟 22 之圖層，利用 Calculate Field 功能將 Point_Y 欄位繼承至 Y 欄位。
24. 暫存檔(步驟 23 所得之成果)。

C:

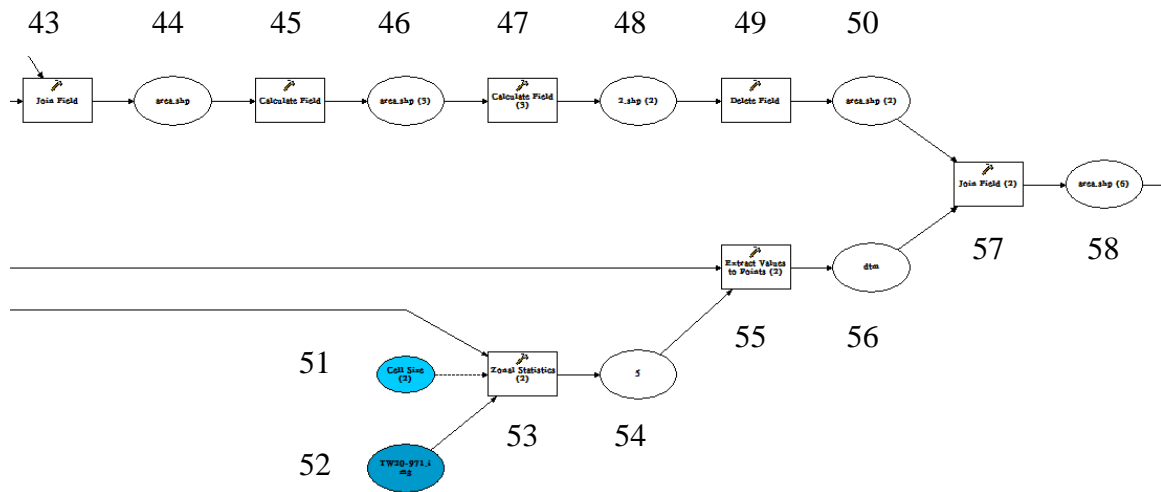


25. 利用 Delete Field 功能將步驟 24 圖層之 Point_X 與 Point_Y 欄位刪除。
26. 暫存檔(步驟 25 所得之成果)。
27. 利用 Calculate Areas 功能計算步驟 26 圖層之面積。



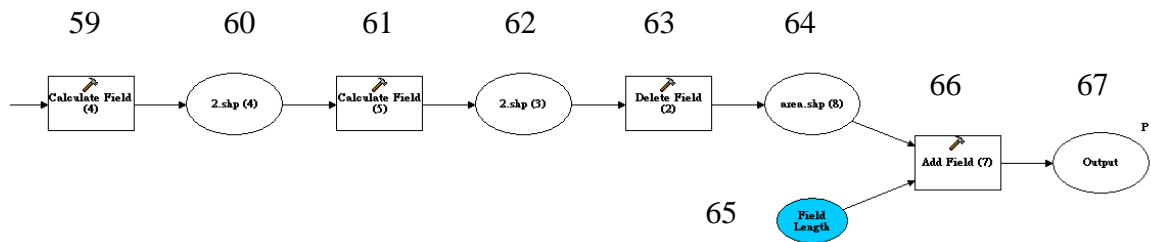
28. 暫存檔(步驟 27 所得之成果)。
29. 將步驟 28 之圖層，利用 Add Field 功能增加 Area 欄位。
30. 暫存檔(步驟 29 所得之成果)。
31. 將步驟 30 之圖層，利用 Add Field 功能增加 Slope_Area 欄位。
32. 暫存檔(步驟 31 所得之成果)。
33. 將步驟 32 之圖層，利用 Add Field 功能增加 Slope 欄位。
34. 暫存檔(步驟 33 所得之成果)。
35. 將步驟 34 之圖層，利用 Add Field 功能增加 Min_dtm 欄位。
36. 暫存檔(步驟 35 所得之成果)。
37. 輸入端(網格大小)。
38. 輸入端(全台坡度資料)。
39. 將步驟 38 之坡度資料，利用 Zonal Statistics 功能將值繼承至步驟 10 之圖層。
40. 暫存檔(步驟 39 所得之成果)。
41. 將步驟 40 之圖層，利用 Extract Values to Points 功能將值繼承至步驟 12 之點位圖層。
42. 暫存檔(步驟 41 所得之成果)。

D:



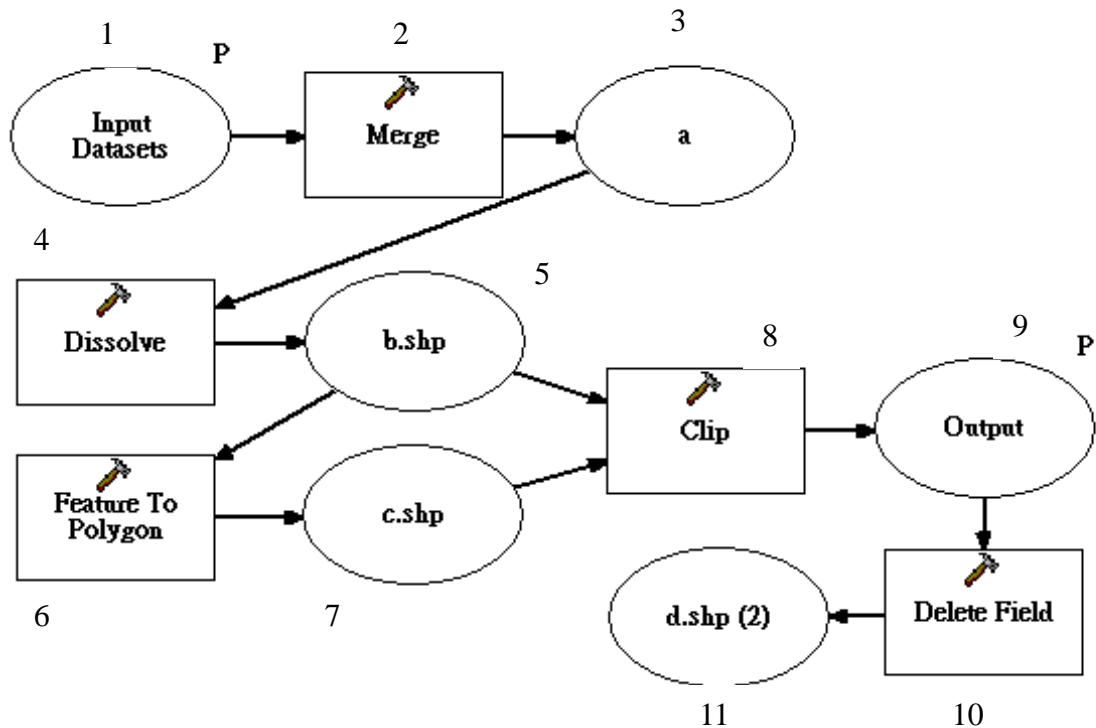
43. 將步驟 42 之點位資料，利用 Join Field 功能加入至步驟 36 之圖層。
44. 暫存檔(步驟 43 所得之成果)。
45. 將步驟 44 之圖層，利用 Calculate Field 功能將[F_AREA]欄位繼承至 Area 欄位。
46. 暫存檔(步驟 45 所得之成果)。
47. 將步驟 46 之圖層，利用 Calculate Field 功能將[RASTERVALU]欄位繼承至 Slope 欄位。
48. 暫存檔(步驟 47 所得之成果)。
49. 利用 Delete Field 功能將步驟 48 圖層之[F_AREA]與[RASTERVALU]欄位刪除。
50. 暫存檔(步驟 49 所得之成果)。
51. 輸入端(網格大小)。
52. 輸入端(全台高程資料)。
53. 將步驟 52 之高程資料，利用 Zonal Statistics 功能將值繼承至步驟 10 之圖層。
54. 暫存檔(步驟 53 所得之成果)。
55. 將步驟 54 之圖層，利用 Extract Values to Points 功能將值繼承至步驟 12 之點位圖層。
56. 暫存檔(步驟 55 所得之成果)。
57. 將步驟 56 之點位資料，利用 Join Field 功能加入至步驟 50 之圖層。
58. 暫存檔(步驟 57 所得之成果)。

E:

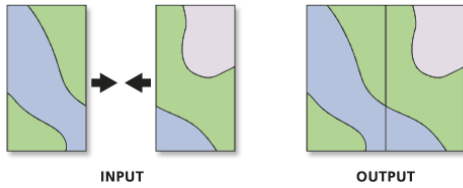


- 59. 將步驟 58 之圖層，利用 Calculate Field 功能將[RASTERVALU]欄位繼承至 Min_dtm 欄位。
- 60. 暫存檔(步驟 59 所得之成果)。
- 61. 將步驟 60 之圖層，利用 Calculate Field 功能計算 $[Area] / \cos((3.14159 * [Slope] / 180))$ 後繼承至 Min_dtm 欄位。
- 62. 暫存檔(步驟 61 所得之成果)。
- 63. 利用 Delete Field 功能將步驟 62 圖層之 [RASTERVALU]欄位刪除。
- 64. 暫存檔(步驟 63 所得之成果)。
- 65. 輸入端(欄位長度)
- 66. 將步驟 64 之圖層，利用 Add Field 功能增加 danger 欄位。
- 67. 輸出端(欄位資訊建置完成)。

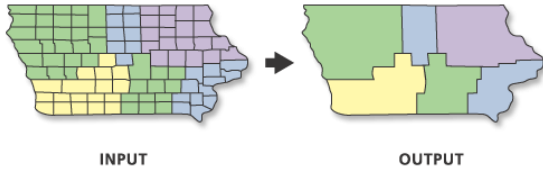
四、 model_4 (GIS 模組)：



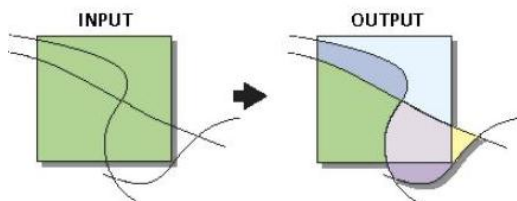
1. 輸入端(欲進行整合之圖層)。
2. 以 merge 功能取得上步驟之整合圖層。



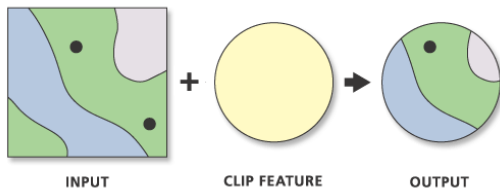
3. 暫存檔(步驟 2 所得之成果)。
4. 以 Dissolve 功能將步驟 3 圖層中屬性表欄位相同之位置合併。



5. 暫存檔(步驟 4 所得之成果)。
6. 步驟 4 將圖層屬性資料合併後，使用 Feature To Polygon 功能將屬性資料之欄位重新分配。

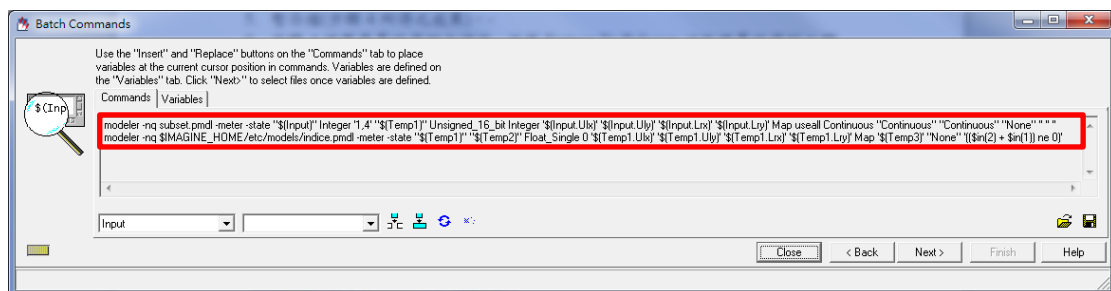


7. 暫存檔(步驟 6 所得之成果)。
8. 將步驟 5 與步驟 7 使用 Clip 功能進行切割。



9. 輸出端(步驟 8 切割後與步驟 10 去除不必要屬性欄位所得成果)。
10. 使用 Delete Field 功能去除不必要之屬性欄位。
11. 暫存檔(步驟 10 所得之成果)。

五、 model_5 (ERDAS 模組)：



1. modeler -nq subset.pmdl -meter -state "\$(Input)" Integer '1,4' "\$(Temp1)"
Unsigned_16_bit Integer '\$(Input.Ulx)' '\$(Input.Uly)' '\$(Input.Lrx)' '\$(Input.Lry)'
Map useall Continuous "Continuous" "Continuous" "None" " " "

以 Unsigned_16_bit 之型式提取影像中第 1 與第 4 波段。"\$(Input)" 為輸入端(欲分析之影像)；"\$(Temp1)" 為輸出端(提取之第 1 與第 4 波段)。

2. modeler -nq \$IMAGINE_HOME/etc/models/indice.pmdl -meter -state
"\$(Temp1)" "\$(Temp2)" Float_Single 0 '\$(Temp1.Ulx)' '\$(Temp1.Uly)'
 '\$(Temp1.Lrx)' '\$(Temp1.Lry)' Map '\$(Temp3)' "None" '(((\$in(2) + \$in(1)) ne 0)'

利用步驟 1 所提取之第 1 與第 4 波段進行常態化植生指標(NDVI)計算。

"\$(Temp1)" 為輸入端(步驟 1 所提取之 2 波段)；"\$(Temp2)" 為輸出端(NDVI)；

'\$(Temp3)' 為 NDVI 之計算公式。

附錄 C



行政院農委會 **林務局**

Taiwan Forestry Bureau

航攝數位影像 火災區位自動分類

工作手冊

委託機關：行政院農業委員會林務局農林航空測量所

執行機關：國立屏東科技大學森林系

中華民國一百年十一月

目錄

| | |
|-------------------------|----|
| 壹、目標..... | 1 |
| 貳、火災區位自動分類標準作業流程架構..... | 2 |
| 參、影像資料與軟硬體備製..... | 3 |
| 肆、工作步驟..... | 4 |
| 伍、模組簡介..... | 16 |

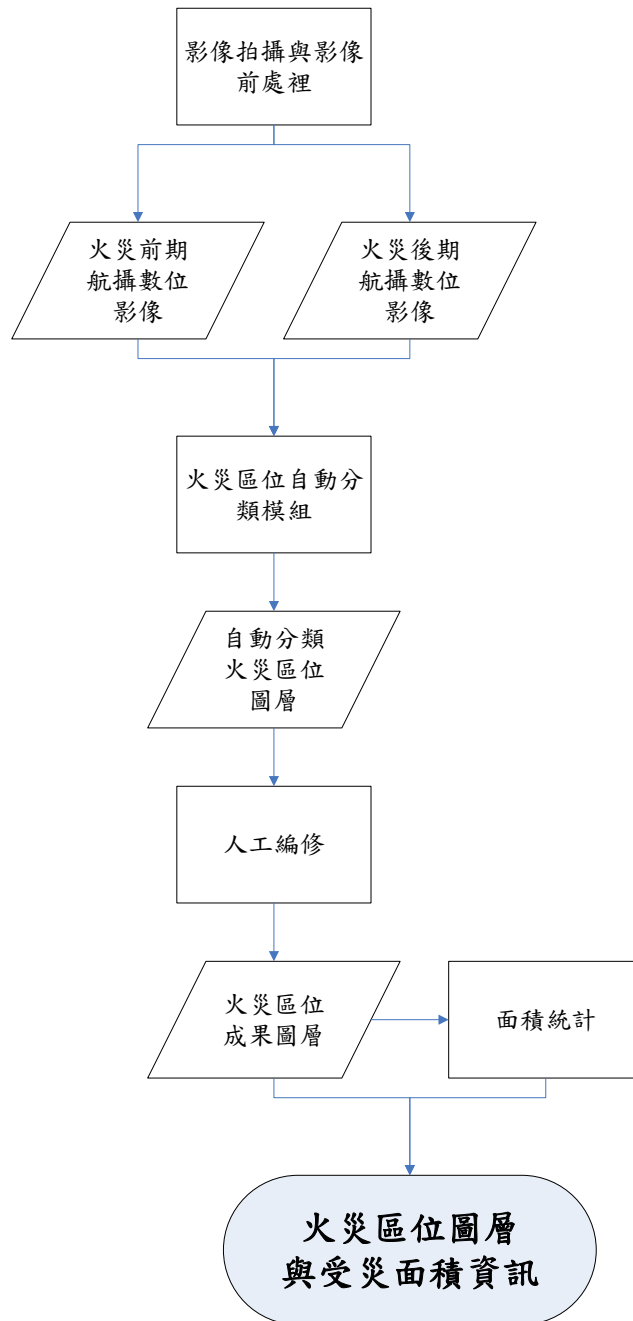
壹、目標

火災為森林重大災害之一，因此森林火災的事前防範與事後撲滅，一直是林業研究與實務工作之重點。欲快速掌握森林火災情形，快速災區定位十分重要—利用災害發生前後之航照影像進行土地利用變遷偵測，同時配合災區光譜特徵值進行分析，可快速建立災區位置與範圍。本工作手冊之目標如下：

- 一、提供火災區位自動分類技術
- 二、火災區位自動分類模組操作步驟
- 三、快速計算受災面積

貳、火災區位自動分類標準作業流程

火災區位自動分類標準作業流程如下：



圖火災區位自動分類標準作業流程

參、影像資料與軟硬體備製

一、 影像規格

針對森林火災採用**災害前後兩期影像**進行作業，並採用下列影像種類：

(一) ADS-40 航攝數位影像

影像採用 4 波段多光譜正射影像，以五千分之一圖幅大小，空間解析度 0.25m，輻射解析度 12-bit 資料。

(二) DMC 航攝數位影像

影像採用 4 波段多光譜正射影像，以五千分之一圖幅大小，空間解析度 0.25m，輻射解析度 12-bit 資料。

二、 軟體規格

本次流程採用 ERDAS 9.2 以及 Arc GIS 9.2 或 Arc GIS 9.3 地理資訊系統軟體。

三、 軟硬體規格

本次流程採用 ERDAS 9.2 或以上遙測軟體，以及 Arc GIS 9.2 或以上地理資訊系統軟體。

ERDAS Imagine 使用電腦基本規格為：

作業系統 Windows XP Professional SP2 以上、Windows Vista、Windows 7、Windows Server 2008、Windows 2000 Professional SP4 以上

1. 記憶體 2GB
2. 中央處理器 1.6GHz
3. 硬碟空間 4GB

ArcGIS 9.2-使用電腦基本規格為：

1. 作業系統 Windows XP、Windows 2000 或 Windows Vista
2. 記憶體 1GB 以上
3. 中央處理器 1.6GHz
4. 硬碟空間 2.4GB。

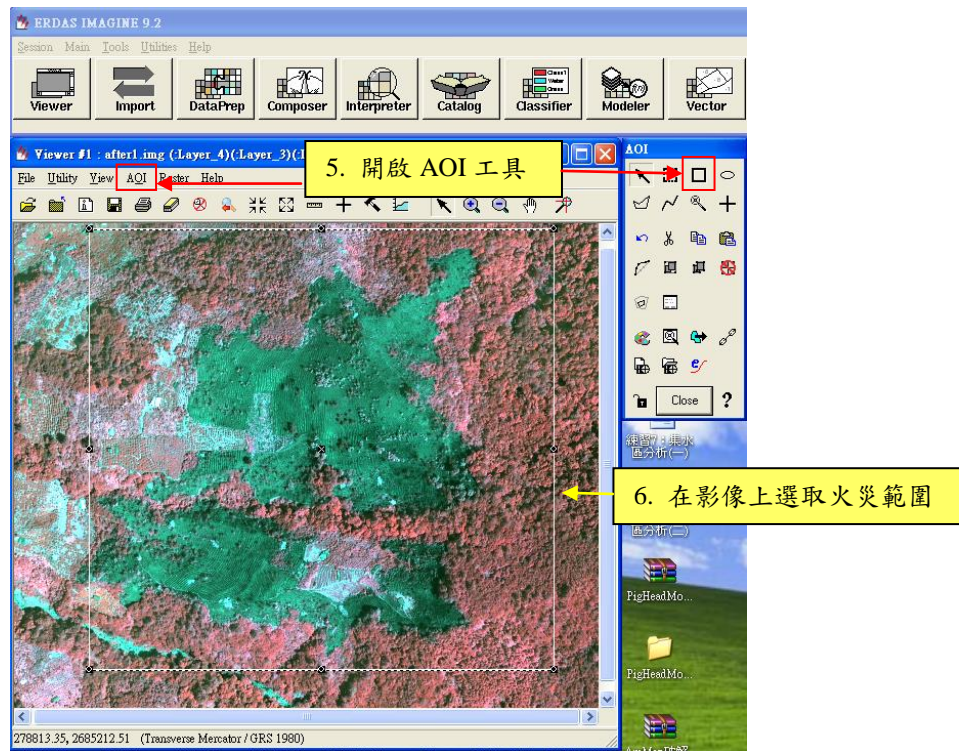
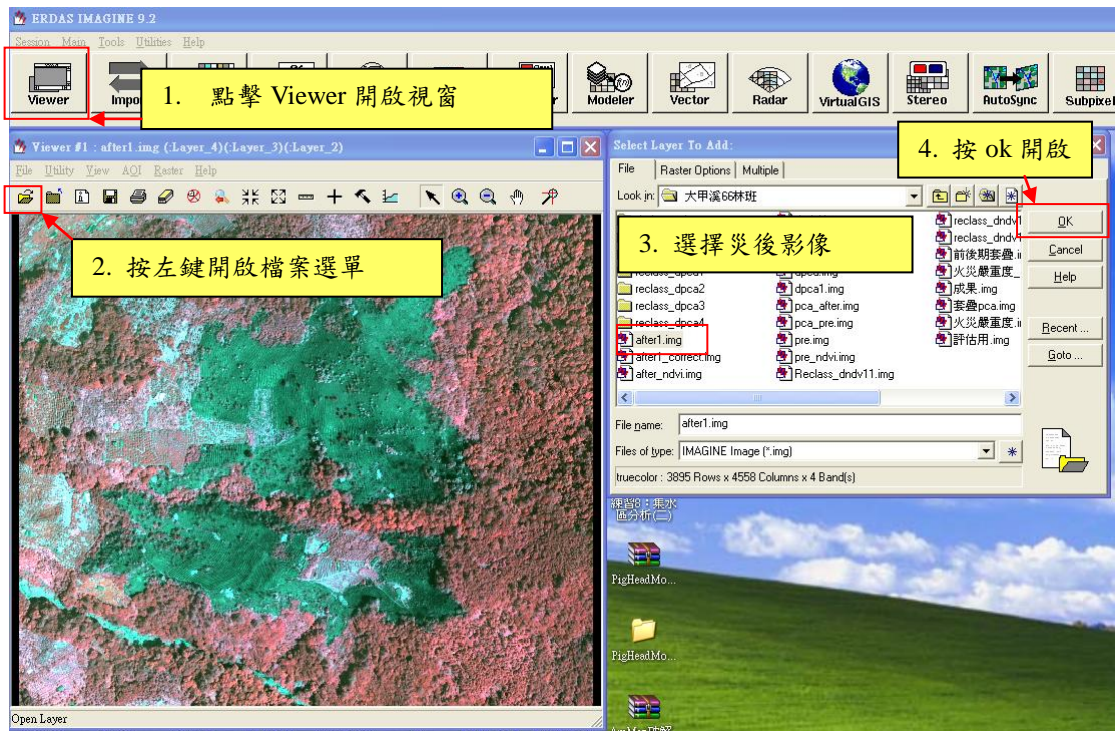
肆、工作步驟

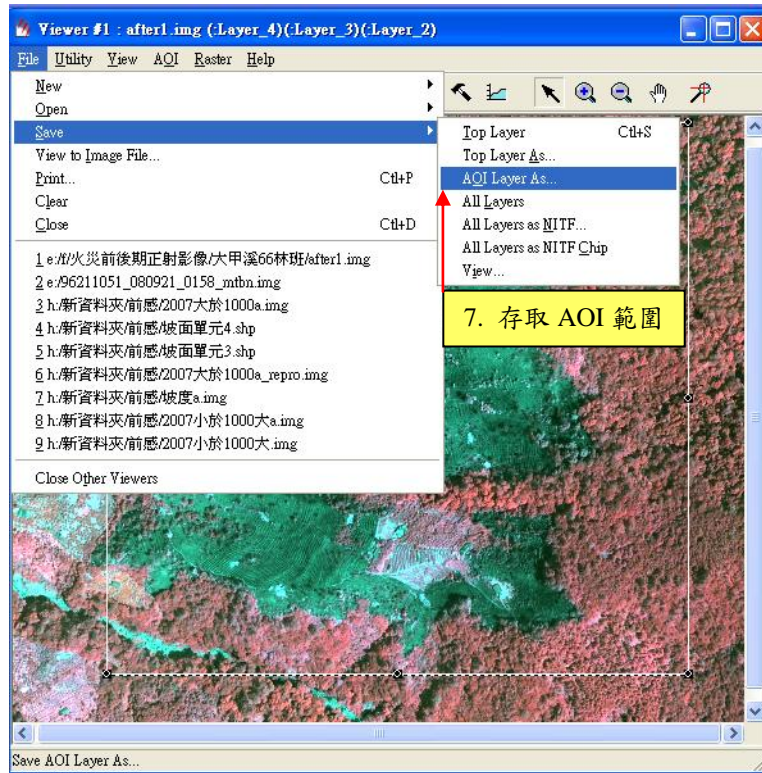
影像裁切

- 一、 開啟 ERDAS 軟體，將滑鼠左鍵按「開始」，滑鼠游標再移到「所有程式」，會出現程式選單，再將滑鼠游標移到「Leica Geodytem」，會出現 ERDAS 程式選單，滑鼠左鍵按「ERDAS IMAGINE 9.2」，ERDAS 軟體即可開啟。

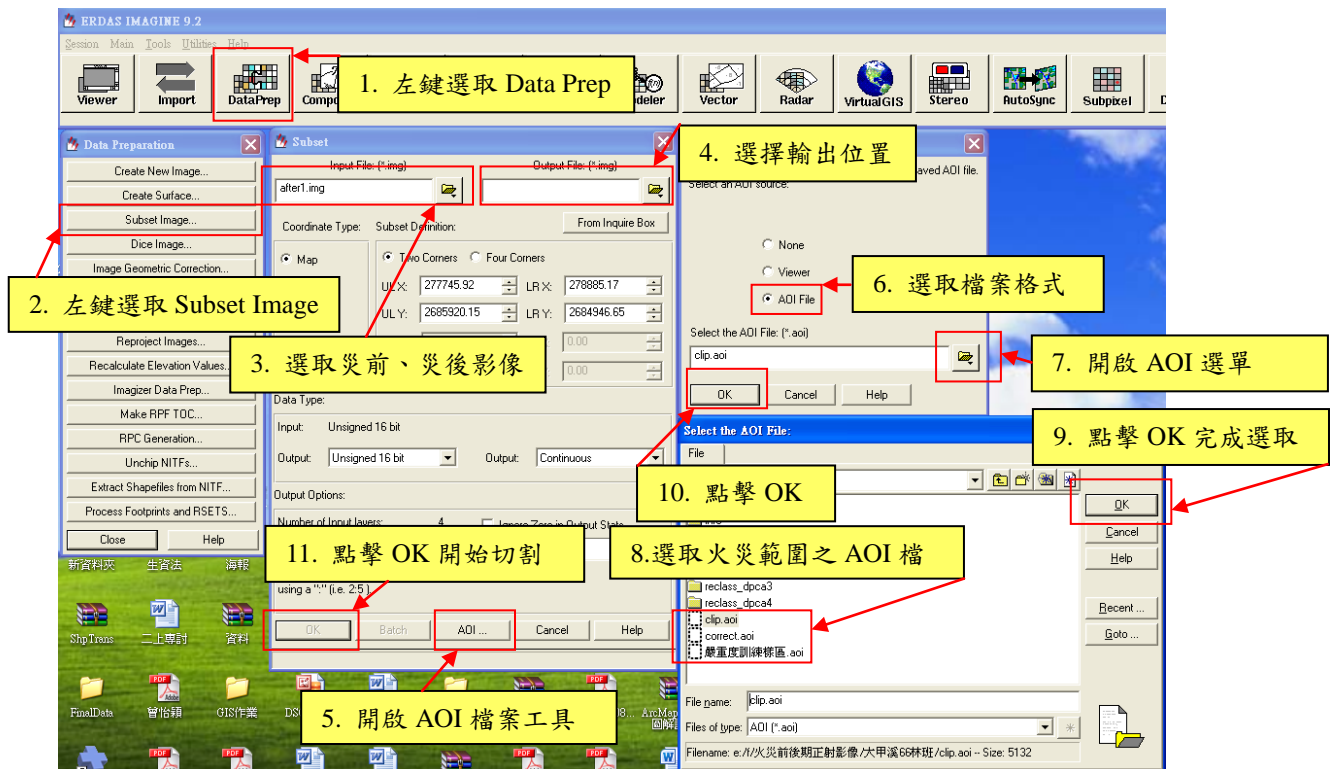


- 二、 開啟 ERDAS 軟體後，開啟災後影像以 AOI 工具選取影像中火災之範圍，並存取 AOI 範圍，操作過程如下。



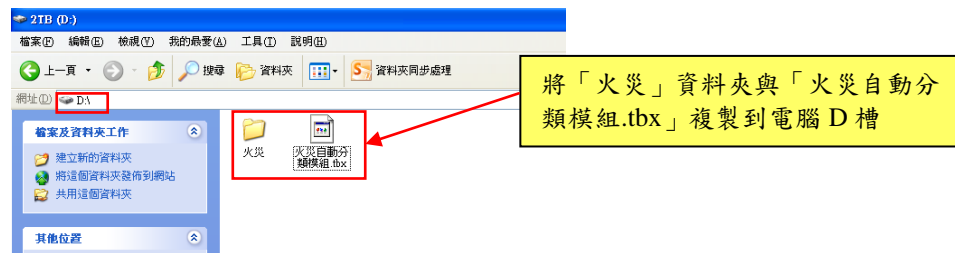


三、 AOI 範圍存取後，分別開啟災前與災後影像，並將 AOI 範圍內之災前、災後影像切下，操作過程如下。

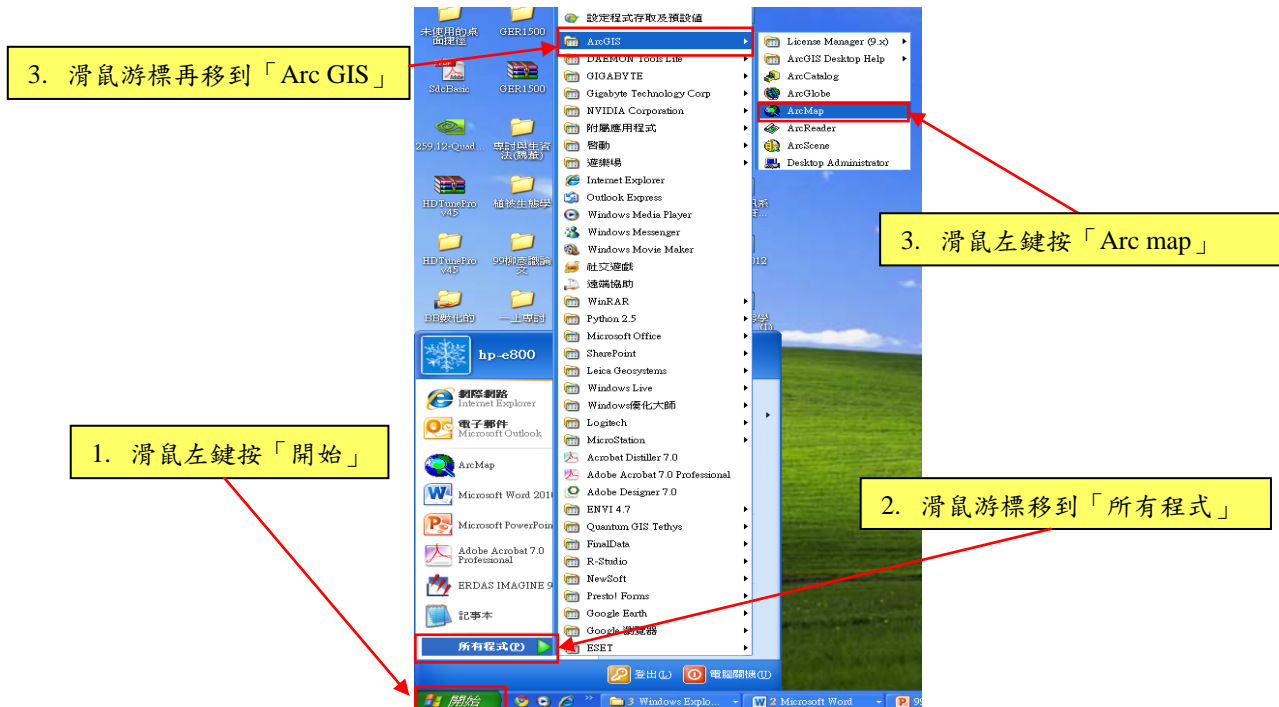



火災區位自動分類標準工作流程，步驟如下：

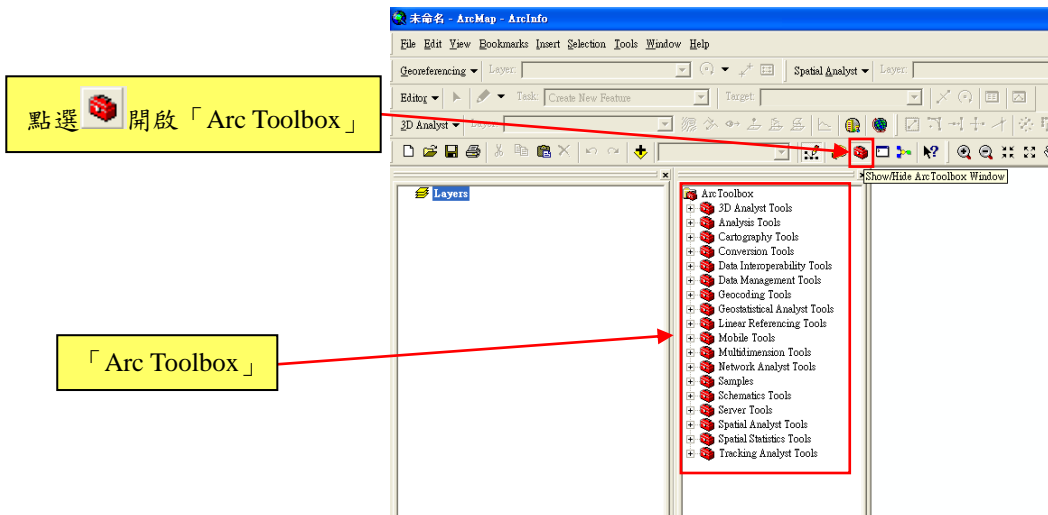
- 一、提供模式運算時所需的暫存區域，將檔案光碟之「火災」資料夾複製到電腦 D 槽存放，或自行新增「火災」資料夾至 D 槽存放。
- 二、亦將檔案光碟之「火災自動分類模組.tbx」複製到 D 槽存放。



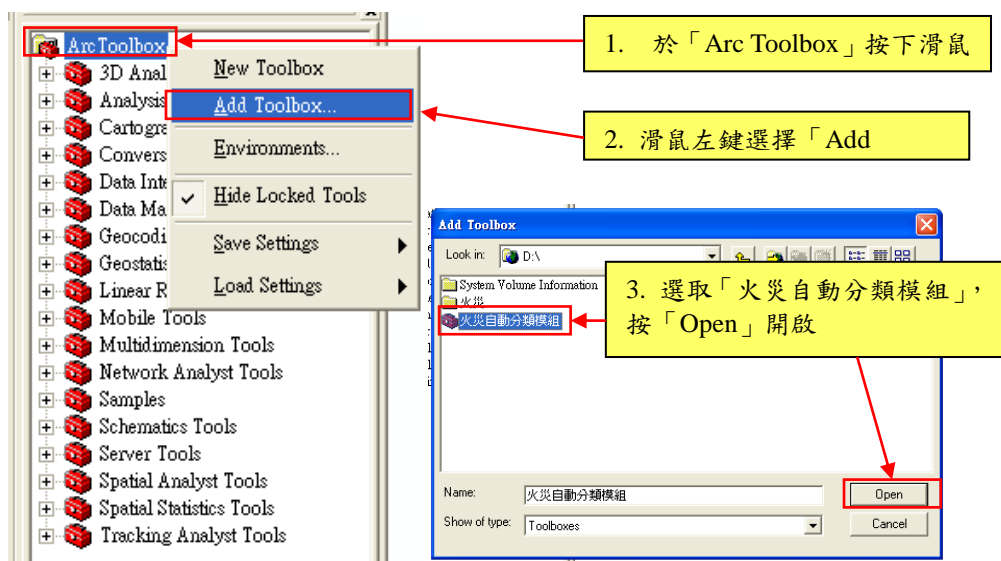
- 三、開啟 Arc GIS 軟體，將滑鼠左鍵按「開始」，滑鼠游標再移到「所有程式」，會出現程式選單，再將滑鼠游標移到「Arc GIS」，會出現 Arc GIS 的程式選單，滑鼠左鍵按「Arc map」，Arc GIS 軟體即可開啟。





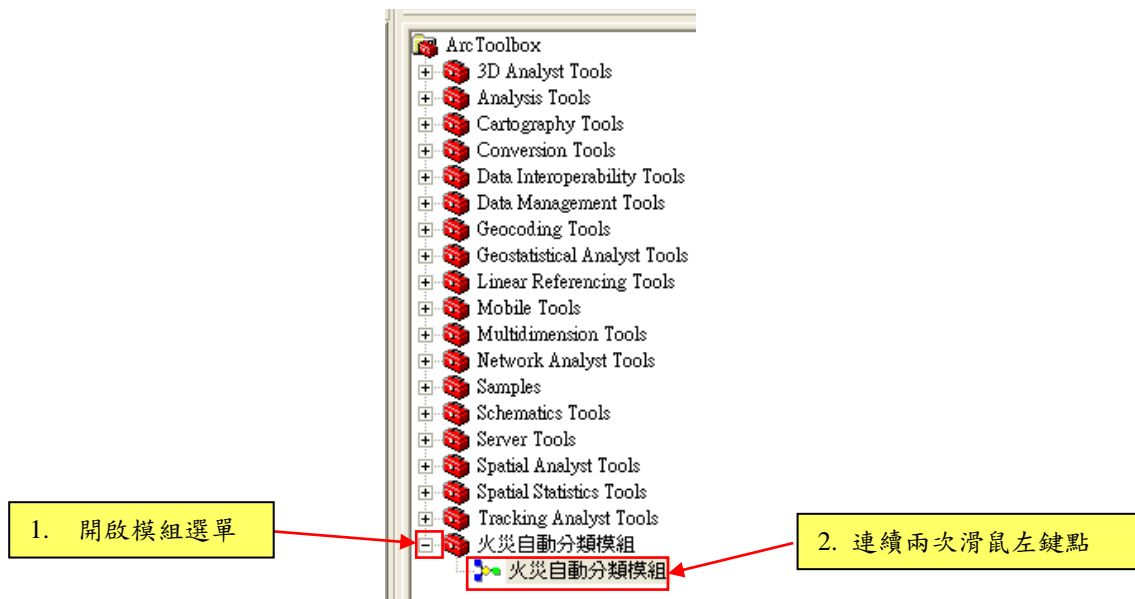
- 四、待 Arc GIS 軟體開啟後，於操作介面上點選  開啟「Arc Toolbox」












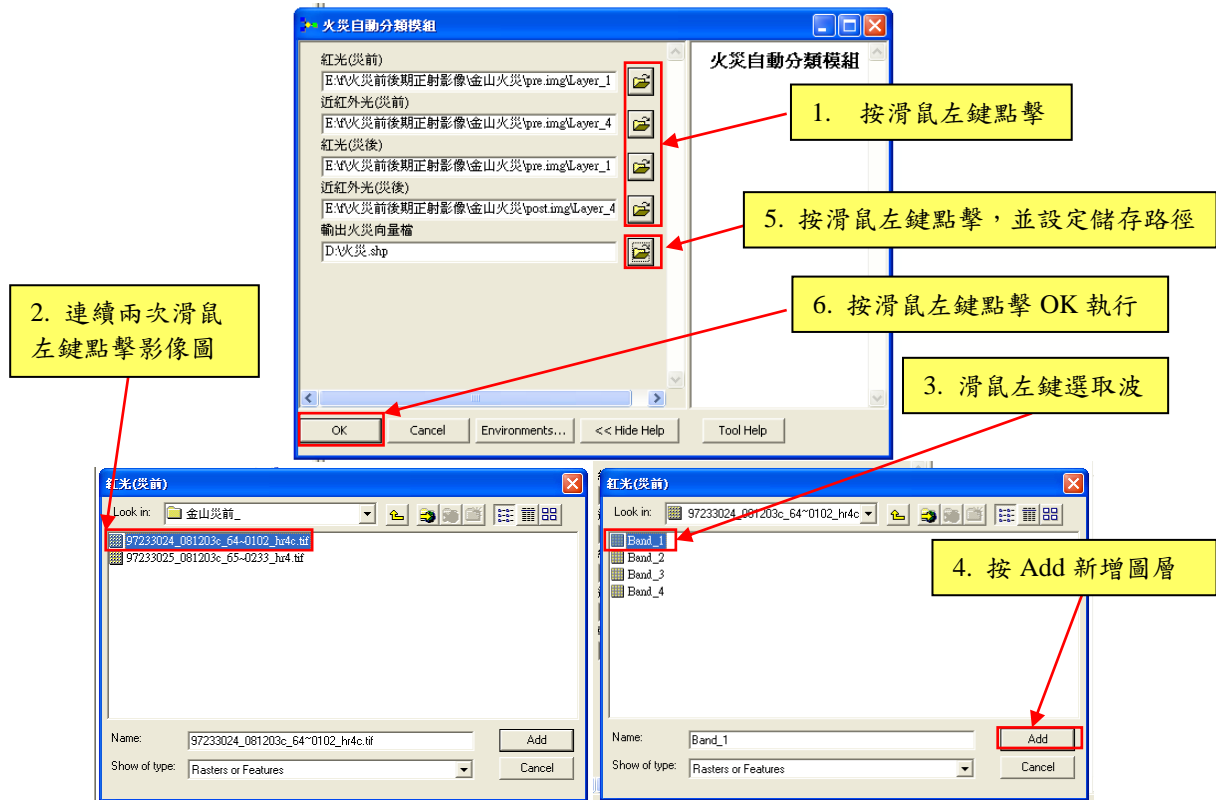
五、在 Arc Toolbox 開啟後，在開啟的工具箱視窗中的「ArcToolbox」上方，按下滑鼠右鍵，開啟功能選單，滑鼠左鍵選擇「Add Toolbox」，出現 Add Toolbox 對話框，並選取於 D 槽之「火災自動分類模組」的 tbx 檔案，並以滑鼠左鍵按「Open」開啟。



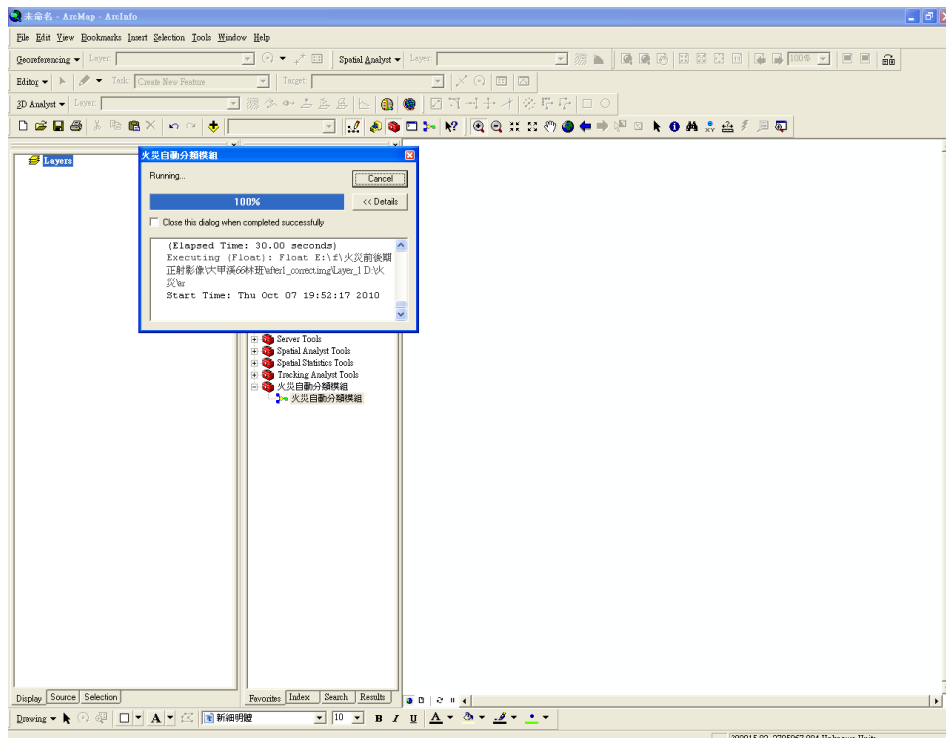
六、待火災自動分類模組開啟後，Arc Toolbox 會出現火災自動分類模組之工具，在  火災自動分類模組 左方的加號按滑鼠左鍵，將模組之索引開啟  火災自動分類模組，並以連續兩次滑鼠左鍵點擊，開啟火災自動分類模組介面。



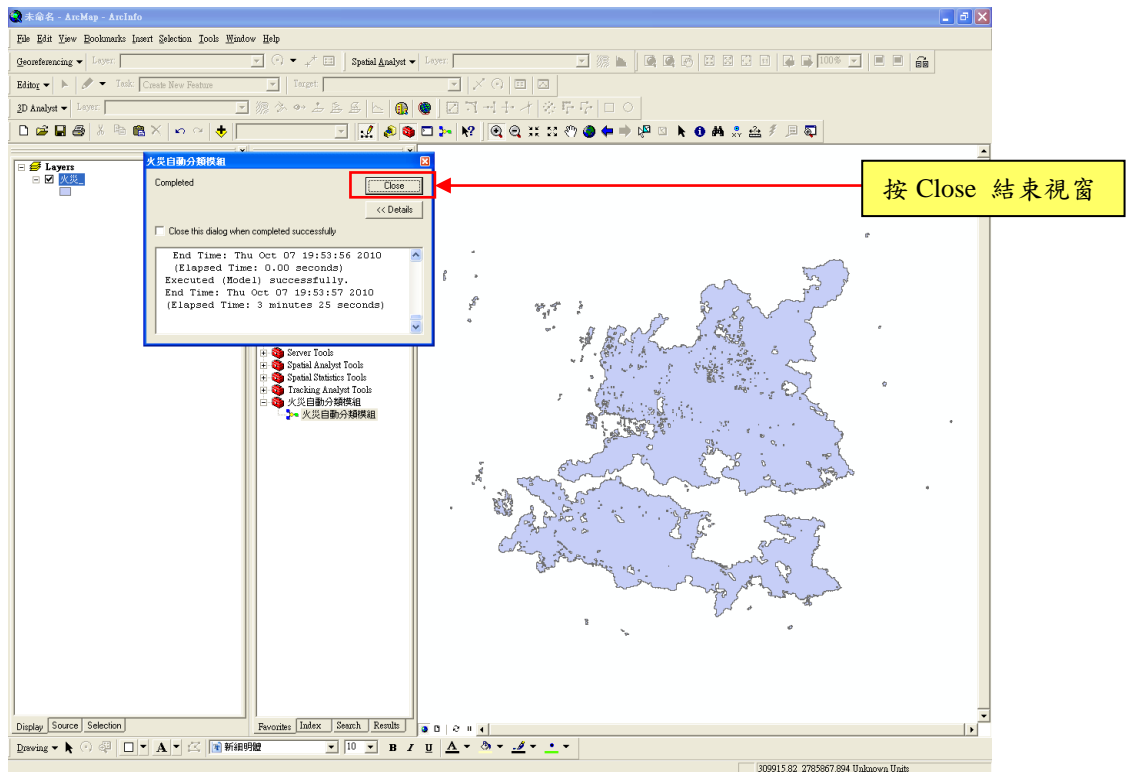
- 七、在「火災自動分類模組」介面開啟後，於選單中加入災害前後期的紅光與近紅外光波段，在「紅光(災前)」選單右方以滑鼠左鍵按 ，沿路徑尋找災前影像(如  97233024_081203c_64-0102_hr4c.tif)，以連續兩次滑鼠左鍵點擊影像圖示，可開啟 4 個波段之影像圖示 ( Band_1 為紅光波段，  Band_2 為綠光波段，  Band_3 為綠光波段，  Band_4 為近紅外光波段)，以滑鼠左鍵選取  Band_1 紅光波段，再用滑鼠左鍵按 Add，即可加入災前紅光影像。「近紅光(災前)」選取則  Band_4 近紅外光波段，「紅光(災後)」與「近紅光(災後)」的選單操作與上述相同。
- 八、在「輸出火災向量檔」選單右方以滑鼠左鍵按 ，並設定儲存路徑。
- 九、資料設定完畢後，滑鼠左鍵按「OK」執行即可。



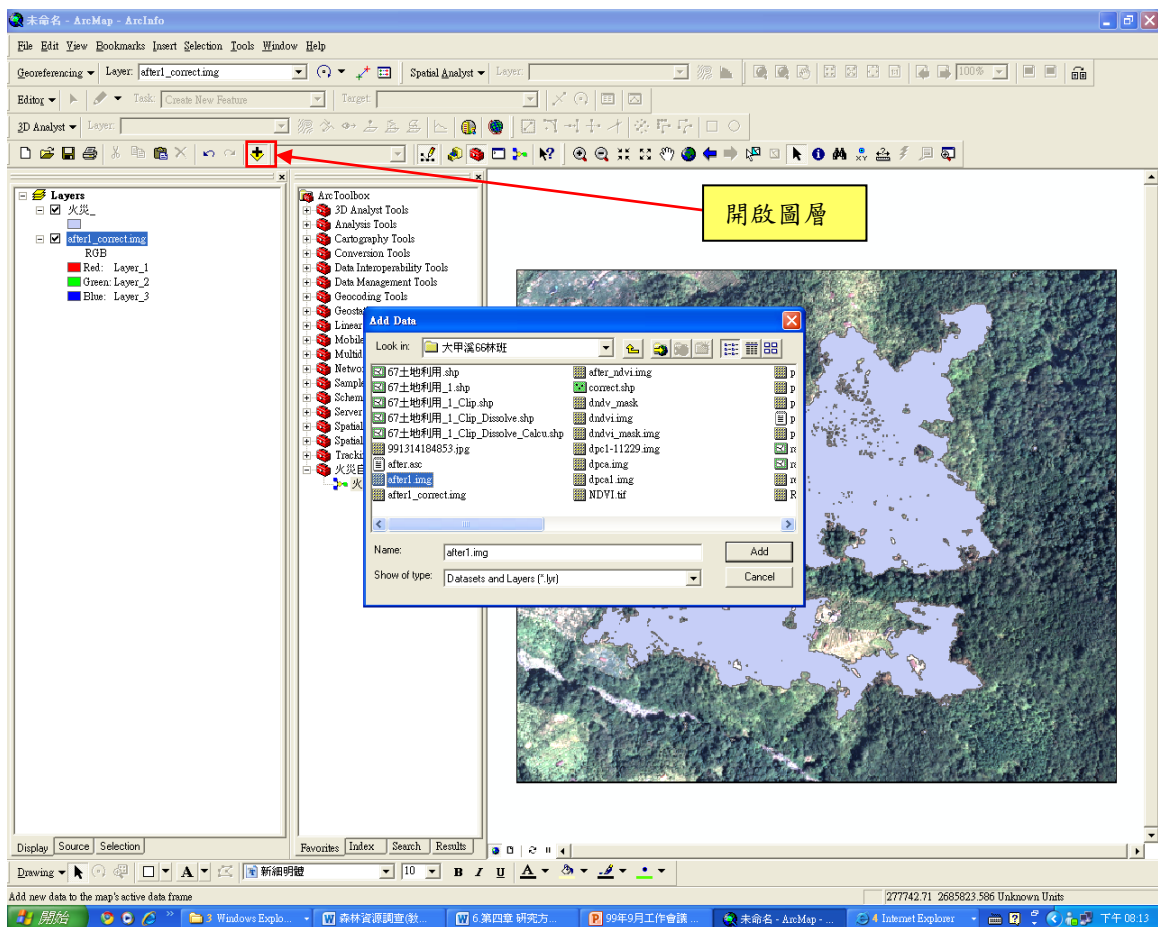
十、系統執行畫面



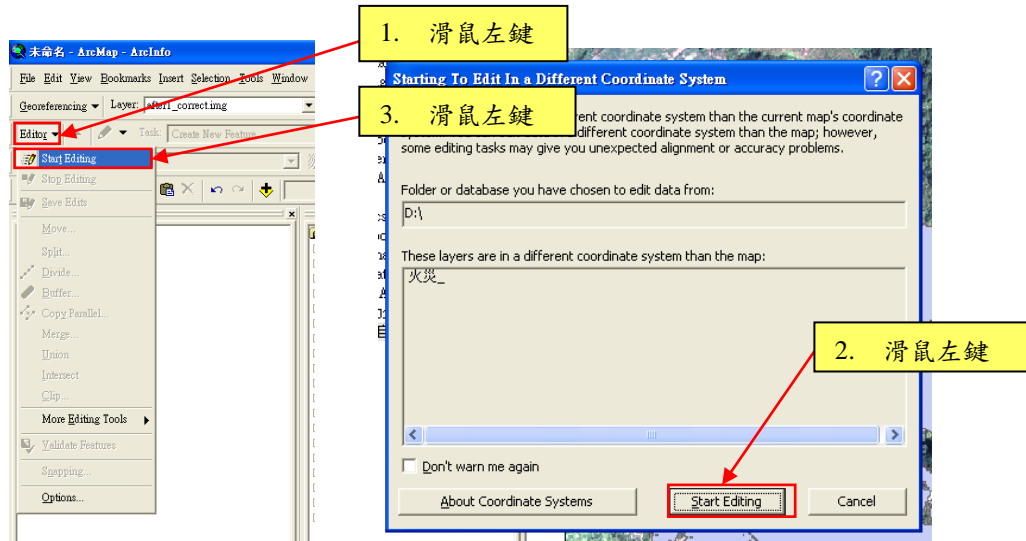
十一、工作完成畫面完成，滑鼠左鍵按「Close」結束視窗，偵測出來的火災區位會呈現在軟體畫面。




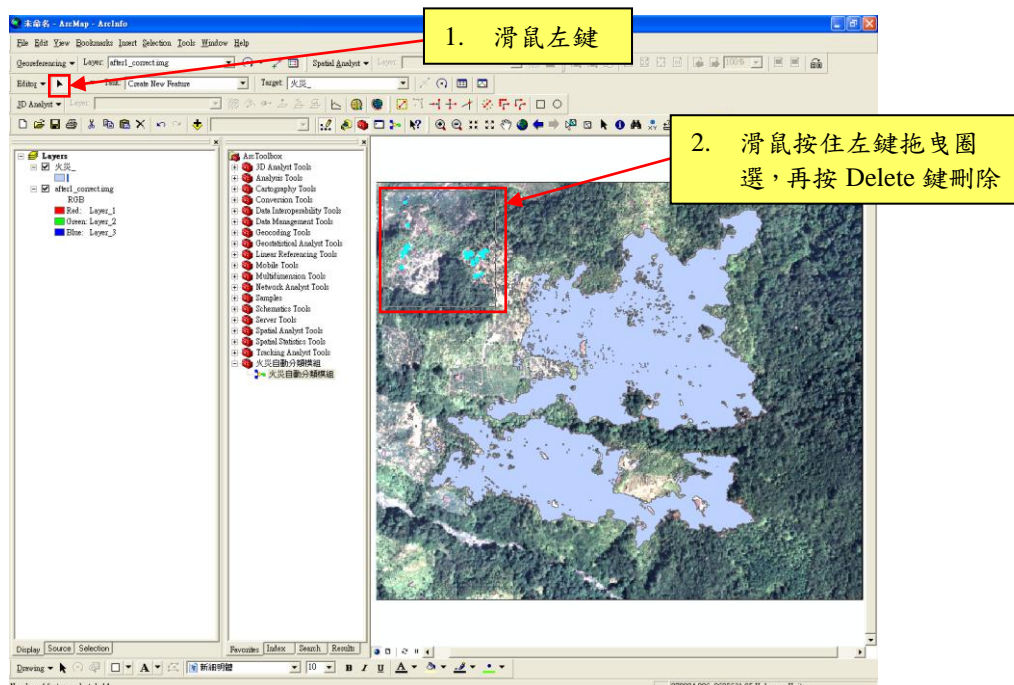
十二、按「」新增災後影像以進行比對



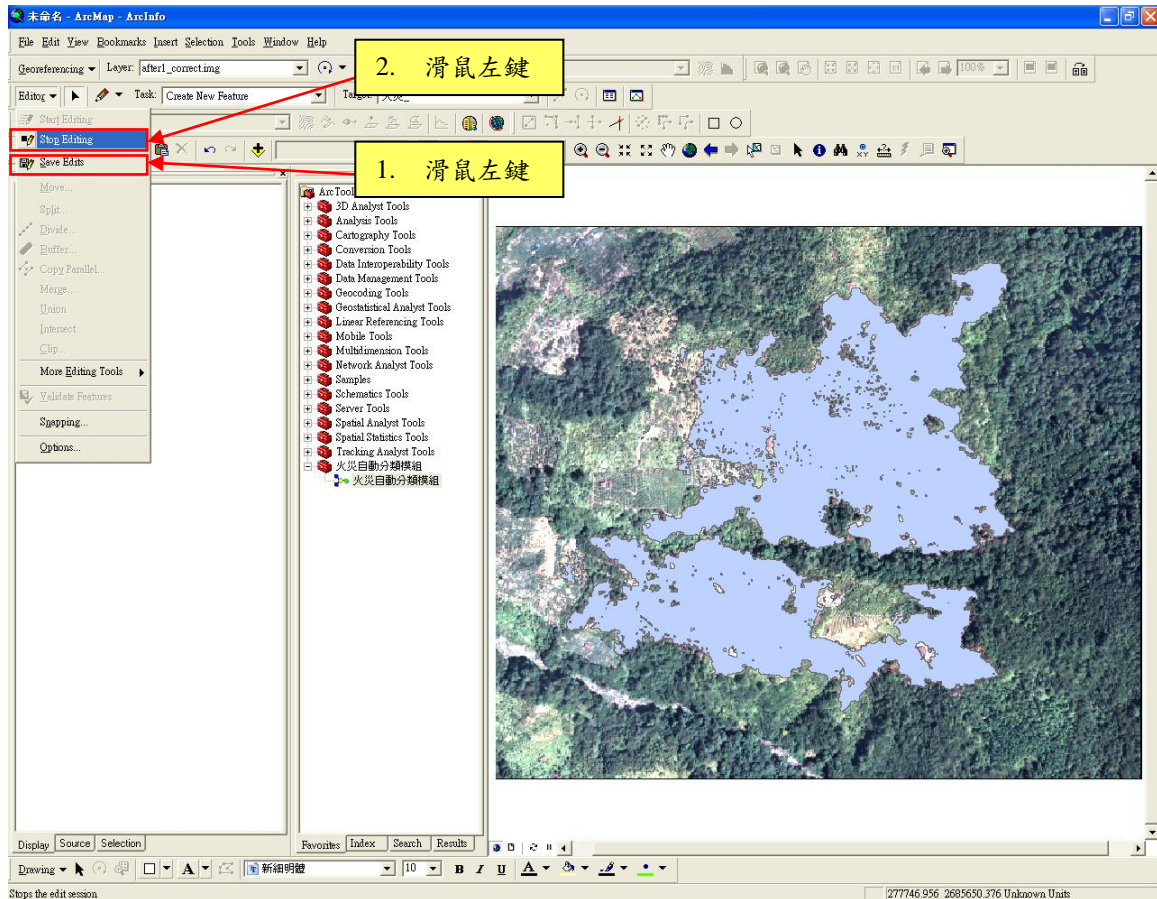
十三、滑鼠左鍵按「Editor」，再以滑鼠左鍵按「Start Editing」，出現對話框，再對話框內以滑鼠左鍵按下「Start Editing」，即可進行圖層編修。



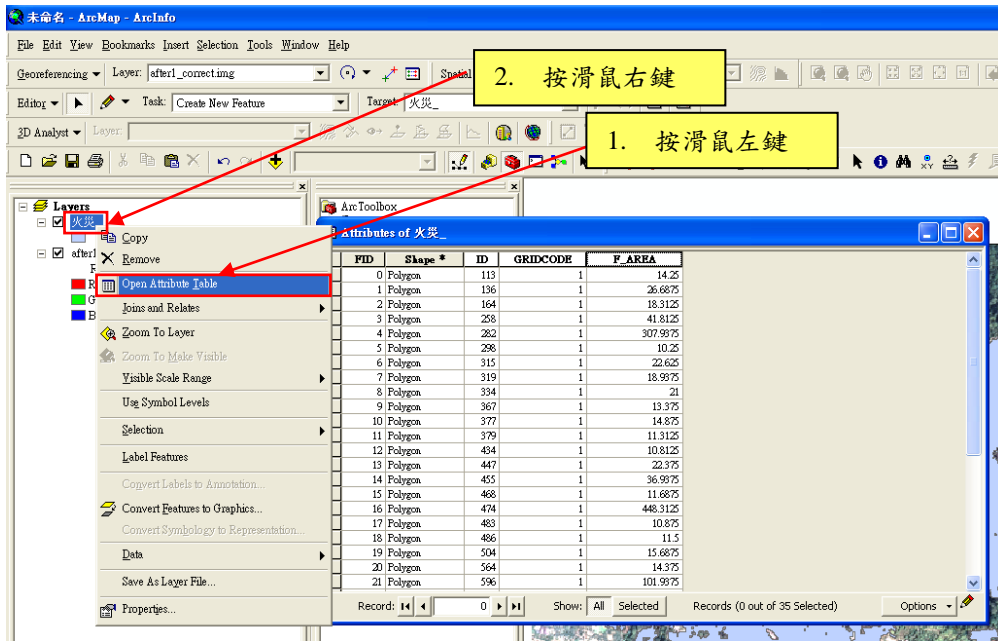
十四、利用滑鼠游標點選「」，再利用滑鼠按住左鍵拖曳圈選分類錯誤之雜訊區塊，經由圈選之區塊會呈現亮藍色，再按鍵盤中 Delete 鍵刪除。



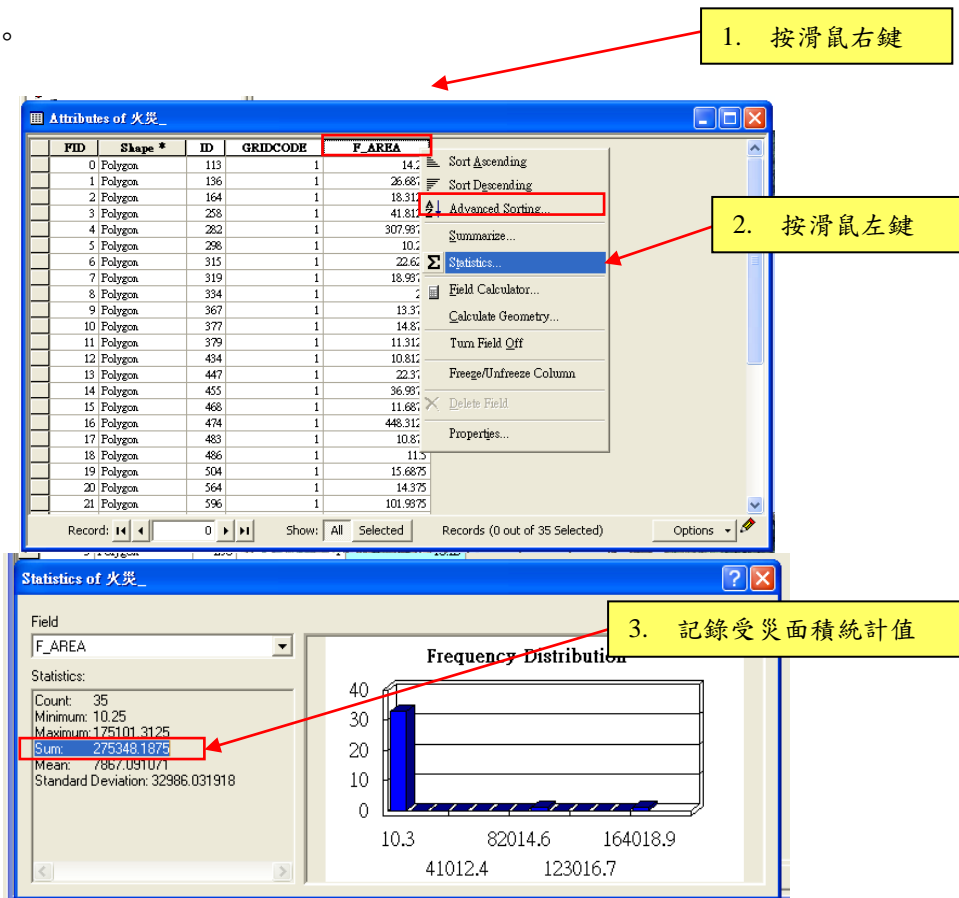
十五、編修完畢後，滑鼠左鍵按「Editor」，再以滑鼠左鍵按「Save Editing」，再用滑鼠左鍵按下「Stop Editing」，即可完成圖層存檔。



十六、在圖層標題上按滑鼠右鍵，出現工具列滑鼠左鍵選「Open Attribute Table」，屬性表即會被開啟。

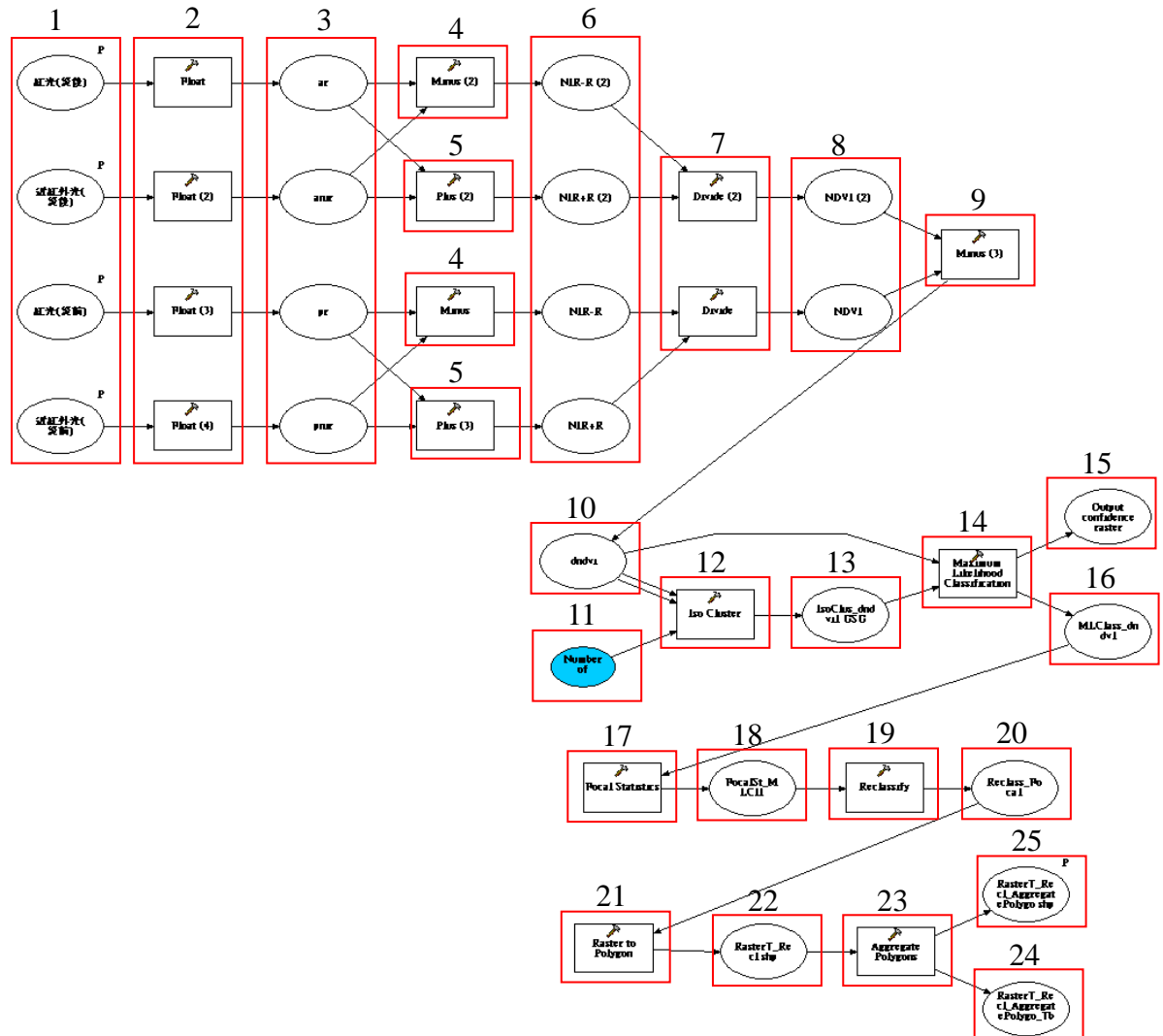


十七、屬性表上方的列標題中以滑鼠右鍵點選「F_Area」，會出現對話框，再以滑鼠左鍵按下「 Σ Statistics...」，即會出現統計表，將表中「Sun:」的統計值記錄起來，此即為受災面積(單位:平方公尺)。



伍、模組簡介

GIS 模組：



1. 輸入端(輸入 ERDAS 裁切之影像)。
2. 浮點轉換。
3. 暫存檔(步驟 2 浮點轉換後成果)。
4. 減法運算
5. 加法運算
6. 暫存檔(步驟 4、5 成果加減運算成果)。
7. 除法運算
8. 暫存檔(步驟 7 成果，前後期 NDVI)。
9. 減法運算
10. 暫存檔(步驟 9 成果，dNDVI)。
11. 群聚數量設定

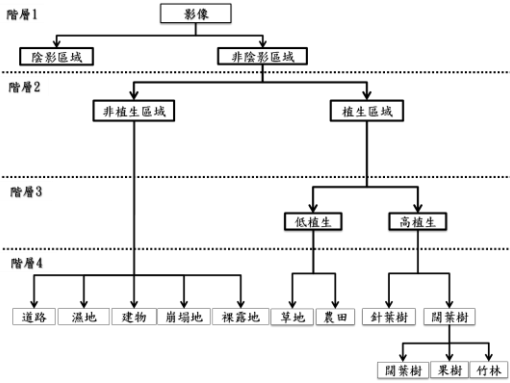
12. ISODATA 計算
13. 暫存檔(步驟 12 成果，ISODATA 特徵值模板)
14. 最大概似分類器
15. 暫存檔(輸出 confidence raster)
16. 暫存檔(步驟 14 成果，ISODATA 分類影像)
17. 形態學計算
18. 暫存檔(步驟 17 成果)
19. 重新分類
20. 暫存檔(步驟 19 成果)
21. 網格向量轉換
22. 暫存檔(步驟 21 成果)
23. Aggregate Polygons 聚合、補洞、最小面積過濾功能。
24. 暫存檔(步驟 23 成果，Aggregate 輸出表格)
25. 輸出端(步驟 23 成果，輸出向量圖層)

附錄 D

附錄 D 建議事項及辦理情形

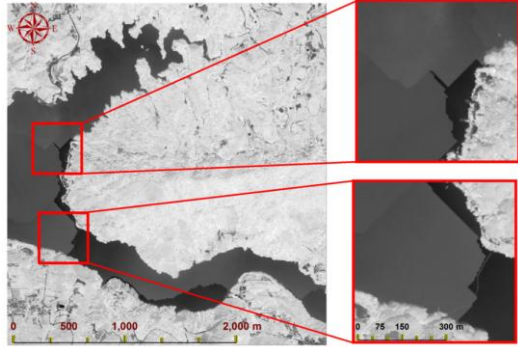
100 年期初會議

| 問題內容 | 處理情形 |
|--|--|
| 1. 就目前現有 3 種輻射解析度(8 bits、12bits、16bits)的影像，請思考製作不同輻射解析度的自動判釋模組是否有其必要性。 | 自動模組主要採用 12bits、16bits 影像進行分析，目前自動判釋模組可一併處理。 |
| 2. 請說明如何避免崩塌地自動判釋漏授情形的產生？ | 以自動判釋方式確實會有漏授的情形發生，可依成果檢視以手動編修其漏授情形。 |
| 3. 利用大甲溪事業區 DMC 影像自動判釋崩塌地的結果有白邊產生，是否已解決？ | 自動模組已進行修正，不須降解析力分析，故降解析力產生之白邊已不存在，故此為題亦解決。 |
| 4. 崩塌地自動判釋之研究，是否可將新濫墾或濫建的區域分類出來？ | 理論可行，未來可另案執行。 |
| 5. 請依計畫採購案研究構想書徵求文件之 100 年度工作項目，將崩塌地資料庫及圖層之更新機制納入研究中。 | 已納入工作項目。 |
| 6. 請解釋 99 年計畫重要成果中，如何將崩塌地分類成不同之敏感區域？ | 99 年計畫採用小型崩塌地面積做為主要敏感分析因子，以進行敏感分類。 |
| 7. 建議可利用同一區域不同時期之航照影像進行變遷研究。 | 針對崩塌敏感分析會以多期資料比對研究。 |
| 8. 請將目前幾個明顯變遷的地點，如：觀高工作站、塔山(觀日峰)、梨山賓館、塔羅溪(廬山溫泉)，納入本年度敏感區域的研究，且分析時使用影像原 | 影像收集完成。 |

| | |
|---|---|
| <p>始的空間解析度。</p> | |
| <p>災害監測的研究範圍除了火災以外，是否有其他的災害可納入研究，如：病蟲害、河道變遷等。</p> | <p>可另案執行。</p> |
| <p>請解釋何為火災特性分析？</p> | <p>經由審慎評估，火災特性分析對本計畫意義較低，已將此分析取消。</p> |
| <p>災害研究的部份，建議可敘明有哪些災害是歸類至其他子計畫(如：崩塌等)；亦可註明有哪些災害類別是在多光譜影像後仍未發生，因此未納入本次的研究。</p> | <p>會進行修正。</p> |
| <p>請說明林地分類項目之分類優先順序何為？</p> | <p>林地分類之分類採分層試分類，規則如下：</p>  |
| <p>建議可將第四次森林資源調查的資料做為檢核的依據。</p> | <p>所內已提供相關資料提供研究。</p> |
| <p>林地分類仍需照計畫採購案研究構想書徵求文件之所示，以第四次森林資源調查之分類項目為主。而 IPCC 之林地分為 6 大類，其中分類項目之溼地定義仍不明確，請思考將林地分為前述 6 類之必要性。</p> | <p>經由審慎評估，IPCC 6 類自動分類對本計畫意義較低，已將 IPCC 6 類自動分類研究取消。</p> |

| | |
|--|------------------|
| <p>本計畫為三年計畫中的第三年，期末審查標準之項目中，林地分類之標準作業流程不應僅為雛型，需應製作出完整標準作業流程。</p> | <p>遵照委員意見修正。</p> |
|--|------------------|

100 年 4 月工作會議

| 問題內容 | 處理情形 |
|---|---|
| <p>1. 請舉出 DMC 影像 1/5000 圖幅內同質異譜的實例。</p> | <p>同質異譜的情形如下圖 NDVI 影像：</p>  |
| <p>2. 於影像前處理時，不同期的影像是否有做光譜校正的工作？</p> | <p>光譜校正(絕對或相對) 是否必要需視目的而定</p> <p>本研究主要採用兩類影像處理方式</p> <p>(一) 各圖幅、航帶各別分類之處理方式(崩塌裸露分類、林地分類)</p> <p>依各圖幅、航帶分別進行分類，之後再進行成果鑲嵌，可無須考慮各影像間光譜的變異，但分析成果進行鑲嵌，會出現不連續之情形。</p> <p>只要影像中用於分類的訓練數據具有相對一致的尺度，大氣輻射校正與否就對分類精度幾乎沒有影響(Kawata, 1990; Song et al., 2001)。</p> <p>(二) 以兩期影像進行變遷偵測方式(火災變遷監測)</p> <p>因為進行變遷偵測需考慮兩期影像間的光譜變異，故須針對兩期影像進行輻射校正，如採用相對輻射糾正(relative radiometric normalization)。</p> |
| <p>3. 說明本研究如何區分裸露地及崩塌地？</p> | <p>本研究先由 NDVI 進行影像分類，分出非植生區域。然後採用國土利用調查圖層過濾人為建物、農地、河道類別區</p> |

| | | <p>域。新一期之崩塌裸露地資訊與前一期之崩塌裸露地資訊套疊分析可明顯定義為新崩或擴崩或原來的裸露地。本研究以單期影像資料分析，將崩塌裸露地區分出，其屬性為非植生、非人為開發、非既有河道圖層之天然裸露地，其中以崩塌地、變遷河道為主。</p> | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|---|-------------|--|--|--|--|--|-------|--------|------|--------|--------|------|--------|--------|------|
| | <p>請說明崩塌地自動判釋結果中，發生漏授的原因為何？如何於自動判釋結果中發現漏授情形？</p> | <p>漏授的原因有許多，包括被國土利用調查圖層濾除之崩塌地、被最小面積過濾濾除之崩塌地、圖徵後處理簡化部分等。如將過濾條件去除，可減少漏授，但亦帶來大量誤授。自動判釋程序中不能預知漏授情形，只能透過航照判釋並套疊圖層資訊，來進行漏授檢視。</p> | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <p>建議可以先將影像分類後，再逐步利用各個加權的圖層過濾，以期得到較準確的崩塌地圖層。</p> | <p>會將委員意見納入參考，但是自動分析模組中加入不確定加權因素有其困難之處。</p> | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <p>請說明不同輻射解析度(8 bits、12 bits、16 bits)之影像，何者於研究執行或分類上有較好的成果。</p> | <p>經由試驗，三種解析力於崩塌裸露地分類的成果差異不大。</p> <table border="1" data-bbox="853 1198 1252 1467"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">總體精確度 Kappa</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8 bit</td> <td>93.50%</td> <td>0.87</td> </tr> <tr> <td>12 bit</td> <td>93.50%</td> <td>0.87</td> </tr> <tr> <td>16 bit</td> <td>94.00%</td> <td>0.88</td> </tr> </tbody> </table> | 總體精確度 Kappa | | | | | | 8 bit | 93.50% | 0.87 | 12 bit | 93.50% | 0.87 | 16 bit | 94.00% | 0.88 |
| 總體精確度 Kappa | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 bit | 93.50% | 0.87 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 bit | 93.50% | 0.87 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 bit | 94.00% | 0.88 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <p>請提出以小型崩塌地為主要敏感分析因子的原因及理論基礎。</p> | <p>經由影像特徵觀察所提出之試驗，仍需後續驗證。</p> | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <p>利用 NDVI 區分敏感區，試探討造成 NDVI 差異的原因(如：土壤水分含量、植物缺水、樹種…等)？</p> | <p>土壤水分含量、植物缺水、樹種當然影響分析結果，然實際驗證，建議另案辦理。</p> | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <p>是否可利用前述 NDVI 的分析結果，推估其他未崩塌之區域？</p> | <p>尚在研究中。</p> | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| <p>觀高工作站鄰近區域簡報中，崩塌地敏感區周圍與其河流對岸未崩塌之NDVI 值相近，請探討可能原因為何。</p> | <p>因河流對岸為影像陰影區域，NDVI 值較低，故產生與崩塌區域 NDVI 值較相近之情形。</p> |
| <p>林地分類採用決策樹之紋理指標方式，是否可以細分到樹種分類？</p> | <p>會朝目標持續研究。</p> |

100 年 5 月工作會議

| 問題內容 | 處理情形 |
|--|--|
| 1. 請完整敘述 DMC 影像同質異譜情形發生時如何解決（將其忽略或利用其他方式）。若前述狀況可解決，請比較該情形發生前後之分類精確度是否有差異。 | DMC 影像選擇天候良好及無雲、無水汽等天候狀況較佳的影像為主，可避免鑲嵌線影響分類精確度的問題。 |
| 2. 建議將有雲覆蓋的區域區分出來後，再進行崩塌地自動分類的研究。 | 本研究目前以數化方式進行雲霧去除。雲覆蓋與本研究之崩塌地偵測會有嚴重混淆，本研究初步統計雲霧、植生、非植生之波譜分布差異，如欲自動分類，尚須時間研究。 |
| 3. 請於崩塌裸露地區位自動分類工作手冊中，列舉出影像可能出現之各種狀況，並指出有哪些狀況需要分開處理；手冊中亦需指示前述狀況發生時，使用者應如何調整模組臨界值，方得執行模組批次化，進而產生分類成果。 | 會將模組進行修正，於期中交付。 |
| 請將崩塌裸露地區位自動分類工作手冊編修後（包含各種 scripts 的解釋及臨界值應如何設定等）繳交至承辦單位。 | 會將手冊進行修正，於期中交付。 |
| 建議可利用人工數化的崩塌地圖層檢核自動分類的成果，且歸納易發生誤授的情形為何。 | 經由檢視發生誤授的原因主要為河道變遷地、過濾圖層無法過濾之裸露地、部份陰影等。 |
| 建議利用崩塌敏感區域自動分類成果，歸納出易發生崩塌區域之坡度、坡向、位置，進而可推測崩塌敏感區域。 | 本計劃於 98 年度已利用崩塌自動分類成果，分析各地理因子圖資(坡度、坡向、海拔、地質、地表粗糙度、距水系距離、距嶺線距離、距道路距離)以不安定指數法進行崩塌敏感區域預測。 |

| | |
|---|--|
| <p>請說明影像（單張或多張 1/5000 圖幅的影像）需花多少時間方可將崩塌裸露地區位自動分類模組執行完成？</p> | <p>本研究採用兩模組分段執行，以單張 1/5000 圖幅影像執行時間： 第一步:ERDAS (4 分 30 秒) 第二步: Arc GIS (2 分 56 秒-5 分)。 硬體：Intel® Core™i7 CPU, NVIDIA GeForce9800GT GPU 以及 4G 之 RAM。</p> |
| <p>試說明崩塌地圖層更新頻率如何訂定。</p> | <p>建議崩塌地圖層的更新於影像拍攝後依既定製圖流程，在正射影像產製後立即製作崩塌地圖層並納入資料庫，採立即更新方式，使用者可依圖層之空間分布、時間序列自行定義使用。</p> |
| <p>請將崩塌敏感地區之研究成果補上影像的格式（如：影像之波段及輻射解析度）。</p> | <p>會進行修正。</p> |

100 年 6 月工作會議

| 問題內容 | 處理情形 |
|---|-----------------------------|
| 1. 建議 DMC 影像選擇天候良好及無雲、無水汽等天候狀況較佳的影像為主，可避免鑲嵌線影響分類精確度的問題。 | 認同委員意見。 |
| 2. 建議可利用高解析度航照影像區分出之陰影區域崩塌地資料，以補足衛星影像判釋崩塌地之不足。 | 詳見期中報告 27-29 頁。 |
| 3. 本研究崩塌地判釋目前已將部份問題（如：誤授及漏授）做進一步的釐清，建議可針對雲、陰影及不同地形等崩塌地影像分類之限制做進一步的探討？ | 會加以探討(期中報告 58 頁)。 |
| 4 建議崩塌地模組加上前後期成果比對的統計分析功能（如：形狀、面積等誤差容許範圍計算）。 | 會納入考量。 |
| 5 建議崩塌地圖層之屬性欄位的"狀態"可填列擴增、植生恢復等變遷資料，並有一欄填列危險度分級，其資料將會對林業經營管理上有很大的幫助。 | 狀態欄位取消已經取得共識，本研究將危險度納入資料欄位。 |
| 6 請敘述本計畫建立崩塌地資料庫的目的為何，未來的應用層面（如：做為即時防災及救災參考的依據）及使用對象為何，其資料可供本所與其他單位（如：經濟部中央地質調查所...等相關單位）合作，未來建立更完整、更精確的參考圖資。 | 認同委員意見。 |
| 7 請試做台東蘇鐵病蟲害區域之分類圖層，其他災害的項目仍需進一步討論。 | 請提供地真資料，供團隊嘗試分析。 |

| | | |
|----|---|--|
| 8 | 目前林地分類之竹林誤授率高達73.44%，請加強竹林的分類準確度。 | 團隊會繼續努力(期中報告 103-104頁)。 |
| 9 | 林地分類目前成果僅限於大甲溪事業區，建議下次展示其他事業區的林地分類成果。 | 會進行第二樣區(阿里山)的試驗。 |
| 10 | 建議在報告上註明林地分類成果之實用價值，及目前可以到達分層式分類的層級為何。 | <p>目前分類層級以二、三級分類為主。</p> <hr/> <p style="text-align: center;">地物類別分類等級</p> <hr/> <p>針葉樹 3級</p> <p>闊葉樹 3級</p> <p>竹林 3級</p> <p>果樹 3級</p> <p>農田 2級</p> <p>草地 2級</p> <p>崩塌地 3級</p> <p>濕地 2級</p> <p>道路 3級</p> <p>建物 3級</p> <hr/> <p>裸露地 3級</p> <hr/> |
| 11 | 請說明林地分類成果如何應用於第四次森林資源調查。前述成果與第四次森林資源調查之屬性資料是否有融合的問題？建議目前需增加可供 2 種圖資相關聯結的欄位。 | 因完整之林地分類流程尚未健全，未來屬性資料的規劃會納入思考。 |
| 12 | 建議以第 4 次森林資源調查的分類成果(11 類)歸納成 IPCC 的 6 類分類項目，以減少 2 種不同分類方式所產生的問題。 | 第 4 次森林資源調查的分類項目已有標準可歸納成 IPCC 的 6 類分類項目，故兩分類方式可進行整合。 |
| 13 | 請思考林地分類資料庫是否有建置的必要。 | 因完整之林地分類流程尚未健全，會思考林地分類資料庫的必要性。 |

| | | |
|----|--------------------------------|-------------|
| 14 | 建議工作手冊中註明模組使用之最低系統需求及使用之軟硬體版本。 | 遵照委員意見加以註明。 |
| 15 | 建議資料庫的更新、圖資處理及相關技術之訓練仍需更完整的規劃。 | 會加以改進。 |

100 年 7 月期中報告

| 問題內容 | | 處理情形 |
|------|--|----------------------------|
| 1. | 若本所產製之影像為非完整的 1/5000 圖幅，是否仍可執行自動判釋模組？ | 無論影像形狀，皆可執行模組。 |
| 2. | 分析崩塌裸露地自動判釋成果漏授及誤授發生的原因及如何解決，以 1/5000 圖幅編號為 95184014 為例，其漏授率高達 30.95%，試說明解決方案。 | 部分為地真資料的誤差造成，可透過數位編修，提升精度。 |
| 3. | 建議在崩塌裸露地判釋成果圖層中，除了註明影像格式外，再加上分析影像的拍攝時間。 | 遵照委員意見改進。 |
| 4 | 筆筒樹分類測試研究與台東蘇鐵病蟲害研究因目的不同，建議在報告的敘述中加以修飾，以免誤導讀者認為數位多光譜影像對災害的分類準確度不高。 | 其成果並未納入期中內容，在目地陳述上，會加以改進。 |
| 5 | 請說明如何提高竹林的分類準確度。 | 團隊會繼續努力，測試各類方法。 |
| 6 | 請說明林地分類判釋流程中，影像為陰影的區域應如何分類。 | 目前僅能區分至陰影區域的植生與非植生。 |

| | | |
|---|---|----------------------|
| 7 | 本所提供之檢訂調查圖層為 89~98 年間所製作的國有林事業區第二輪檢訂資料，作為林地分類研究之地真資料可能會有所差距，建議僅供參考。 | 本研究以航照判釋為準，圖層資料僅為輔助。 |
| 8 | 請將崩塌裸露地及災害自動判釋模組的各種程式碼及註記一併附在報告書後，以供同仁後續使用模組及針對不同影像調整參數時使用。 | 遵照委員意見修改。 |

100 年 8 月工作會議

| 問題內容 | 處理情形 |
|--|---|
| 1. 請說明利用航照影像自動判釋崩塌裸露地是否比衛星影像分類佳？ | 理論上以高空間解析力影像進行崩塌裸露地分類，可得高精度之成果。如所內提供資料，可供比對精度。 |
| 2. 新產製之崩塌裸露地圖層是否有做分類準確度的檢核？ | 目前以抽樣方式，進行檢核。本研究以 1/5000 圖幅為分析單位，以 3% 率取樣，隨機選取 11 幅 1/5000 圖幅影像進行面檢核(見期中報告 45-58 頁)。後續新增圖層亦會以此方式檢核精度。 |
| 3. 請探討崩塌裸露地之地真資料及自動判釋圖層個別誤授或漏授的原因。 | 人工數化可判釋的細膩度沒有比自動判釋的精度高。故進行面檢核比對時，會造成系統誤差，未來以點檢核為佳。(見期中報告 58 頁) |
| 4. 建議利用自動判釋成果與同一幅影像進行人工數化的結果做比對後，再進行誤授漏授的檢核。 | 期中報告中已與人工數化成果進行比對。(見期中報告 45-58 頁) |

| | | |
|----|---|-----------------------------|
| 5 | 請詳述如何將非完整的 5000 分之一圖幅判釋圖層歸檔使用？ | 建議將來以 5000 分之一圖幅進行製圖，以便管理。 |
| 6 | 因為崩塌裸露地可能會發生於 2 幅 5000 分之一圖幅中間，在個別圖幅判釋的崩塌裸露地屬性資料整合上會出現分歧（如：面積、坡度等不一致的狀況），因此建議匯入崩塌裸露地資料庫是以 5000 分之一圖幅為單位的圖層，不需將跨圖幅的崩塌裸露地予以合併。倘若相關單位有合併的需求，再行後製崩塌裸露地整合的工作即可。另請將後續整合圖層的方法一併寫入崩塌裸露地自動判釋工作手冊中。 | 遵照委員意見進行修正，將工作手冊新增圖層整併步驟。 |
| 7 | 建議崩塌裸露地圖層屬性資料之拍攝日期從影像檔案名稱產生可減少人工鍵入之錯誤。 | 目前以複製、貼上方式輸入。 |
| 8 | 建議將屬性欄位標題之“欄位定義”修正為“欄位資訊”較為恰當。 | 遵照委員意見進行修正。 |
| 9 | “Danger”欄位若無填入內容，建議將其預設為“Null”。 | 將原本“Danger”欄位的“0”修正為“ ”空白。 |
| 10 | 建議阿里山林地分類試驗區可利用既有圖層將河道區分後，再進行影像分類。 | 遵照委員意見進行分類。 |
| 11 | 建議先執行崩塌裸露地自動判釋模組，過濾出非崩塌裸露地之區域後，再執行林地分類。 | 遵照委員意見，先行進行崩塌裸露地分類，再執行林地分類。 |

| | | |
|----|--|-----------------------------|
| 12 | 本計畫係針對森林區域進行林地分類，建議利用國土利用成果圖層檢核林地分類時，先將果園或其他農作地區的地真資料先行去除，可避免檢核時農作區域經自動判釋後產生誤授的情形。 | 會將檢核步驟加以改進。 |
| 13 | 請敘述阿里山林地分類試驗區之分類方法與先前旗山事業區試驗區是否相同？ | 阿里山林地分類試驗與大甲溪事業區試驗區的分類方式相同。 |
| 14 | 建議林地分類的成果以 Level 1~3 的方式表現。 | 會把成果以 Level 1~3 來呈現。 |
| 15 | 建議下次報告時，將此阿里山試驗區之地真資料向量圖層一併展示於簡報中。 | 列於期末報告中。 |
| 16 | 目前研究航照影像分類試過許多方法，在林地經營管理應用上仍有限制，建議可將研究至今之航照應用的困難及原因整理於報告書中（如：台東蘇鐵或筆筒樹等分類準確度不高之原因）。 | 會於期末報告進行總整理。 |
| 17 | 建議未來研究方向可探討同一個樣區、不同時期拍攝的影像反射值。 | 不同時期的影像反射值固然不同，委員建議會納入考慮。 |
| 18 | 建議未來可以分析新增及舊有崩塌裸露地的差異，應用於長期監測上。 | 會納入考量。 |
| 19 | 建議若各單位欲應用本計畫之崩塌裸露地圖資，需將工作手冊連同崩塌地圖資一併提供給所需單位使用，方能將本圖資發揮最大的效益。 | 認同委員意見。 |
| 20 | 建議崩塌裸露地之欄位可以加上行政區、林班地及致災原因，以便各界參考應用。 | 目前欄位已擬定，未來可依使用者需求新增欄位。 |

100 年 9 月工作會議

| 問題內容 | 處理情形 |
|---|---|
| 1. 請解釋簡報 p4 “人工數化可判釋的解析力有限” 之意思為何？ | 人工數化過程中因人為因素，致使細微變化難以圈繪。 利用高解析力影像進行自動分類，所得結果可呈現細微變化成果，以補人工數化之不足。崩塌地製圖應先進行自動分類，再進行人工編修數化，以取代以往全程數化方式。 |
| 2. 請明確定義本計畫之崩塌裸露地。 | 本研究以修正採用「崩塌地」 崩塌地的定義：崩塌係指邊坡土石之崩落或滑動現象，主要分為陷落、山崩及地滑。 |
| 3. 若將崩塌地與裸露地分開執行是否可以提高分類準確度？ | 目前所得結果屬具崩塌可能性之天然裸露地，若要將兩者分開執行，則除分類技術外尚需加入多項分類準則，才能提高分類準確度。 |
| 4. 如何避免將農耕地中裸露地被誤判為崩塌裸露地？ | 利用圖層過濾可避免此情形發生，然而「農耕地中裸露地被誤判」的情形可能為土地濫墾，多數情形為農地用地擴張的超限利用。此類誤判可以編修去除。 |
| 5. 崩塌裸露地自動判釋成果圖層中，有許多座落於崩塌裸露地中之細小區塊判釋為非崩塌裸露區域，可能係因岩盤滑動使得植被滑落所致，但此區域仍為崩塌危險範圍，請說明遇到類似情形應如何解決，是否需進行人工編修？ | 模組中可調整內接多邊形最小面積，可填補崩塌地中的小型植生區塊，一般將內接多邊形面積調大即可。 |

| | | |
|----|---|--|
| 6 | 請彙整在不同影像狀況下能提高分類準確度之方法。 | 本計畫所採用方法已具有一定準確度，惟各種影像狀況所需處理方法或有不同，因此可能無法一概而論。 |
| 7 | 請將崩塌裸露地成果檢核統計模式之分析討論，詳細敘明於文字上。 | 採用隨機取樣方式，選取 1/5000 圖幅做檢核。 |
| 8 | 建議利用截取影像檔案名稱之方式，建立崩塌裸露地自動判釋成果圖層之拍攝日期屬性欄位。 | 目前並無現成模組可執行。 |
| 9 | 若將崩塌裸露地成果圖層之 danger 欄位預設值設定為“空白”仍會佔字元空間，是否設定為“null”為佳？ | 目前 danger 欄位設為 2-byte string，內容為 y 以及 n。 |
| 10 | 請按步驟說明林地分類研究之執行方法。 | 已在期中報告明述。 |
| 11 | 林地分類之崩塌裸露地分類其精確度為 100%，請說明計算方式？ | 本研究以航照判釋選取檢核點，以轉移矩陣、kappa 指標進行準確性評估。 |
| 12 | 烏來事業區之地真資料之分類方法與影像直接判釋之結果差異甚遠，建議以時間較接近之地真資料做為檢核依據，或利用當期立體像對判釋之圖層資料做為地真資料參考，並請於日後成果展示時，將地真資料來源及向量圖層一併展示。 | 依委員意見修正。 |
| 13 | 將目前林地分類成果轉成 shp 檔時，是否可以藉由物件導向、smooth 等方式，改善林地分類較破碎分散的區域？ | 分類後影像處理確實可改善部分破碎情形，並可提升精度，但實際為概約化動作。 |

| | | |
|----|--|--|
| 14 | 請依合約書之林地分類研究目標，以第四次森林資源調查架構來執行分類，再將前述項目分類成果予以合併成 IPCC 之分類成果。 | 本研究依第四次森林資源調查架構來執行分類，至於如何合併可依使用者目的自行處理。 |
| 15 | 若能證明航照在陰影區域判釋崩塌裸露地較衛星影像判釋效果佳，在未來應用於崩塌裸露地分析將大有助益。 | 團隊的研究已證明以 12-bit 的航照進行陰影區域判釋崩塌裸露地，總體精度可達 80% 以上。 如以一般 8-bit 的影像資料應無法執行。 |
| 16 | 不論目前研究分類精確度高或低，請於期末報告前將研究成果做出總結。 | 遵照委員意見進行總結。 |

100 年 10 月工作會議

| 問題內容 | 處理情形 |
|--|-----------------|
| 1 請於期末報告及工作手冊中，詳細敘述崩塌地自動判釋完整作業流程，以供未來執行單位依循。 | 已列於期末報告中。 |
| 2 有關本計畫「崩塌裸露地」一詞定義仍不明確，建議仍使用「崩塌地」一詞，並在自動判釋圖層之屬性欄位內加註，何者可能為非崩塌地，供使用者參考。 | 遵照委員意見修正。 |
| 3 「轉移矩陣」一詞建議修改成「誤差矩陣」以免造成誤會。 | 遵照委員意見修正。 |
| 4 林地分類成果轉成 shp 檔時產生之雜訊可用雜訊去除，若用 smooth 的方式可能造成誤判。 | 遵照委員意見修正。 |
| 5 陰影區與非陰影區分開進行分類確實會提高準確率，二者合併分類精確度下降不多，而工作流程將二者合併執行，為準確度與工作複雜度的妥協結果，故結論應謹慎以免造成誤導。 | 遵照委員意見修改。 |
| 6 崩塌地敏感區案例分析中廬山的部分為何選定 2009 年 9 月 6 日及 2010 年 6 月 19 日的前後期影像進行分析，這兩個時間點的崩塌地有何差異？當中是否有發生甚麼事件造成此差異或是有其他原因？請進行探討。 | 遵照委員意見在期末報告中討論。 |

| | | |
|----|---|--|
| 7 | <p>廬山地區兩期崩塌地變遷之分析可得新增崩塌地、植生恢復地及舊有崩塌地，若將來全島需做此分析，崩塌地自動判釋模組可否做到此成果，亦或需要人工介入？</p> | <p>目前模組以崩塌地製圖為目的，崩塌地變遷之分析可依一般套疊分析即可進行。</p> |
| 8 | <p>本研究結果顯示高解析度多光譜影像於崩塌地及火災跡地萃取有較好的成果，但對於林地及樹種分類結果較差，此結論應審慎評估，以免造成高解析度影像無用的結論，例如可將 SPOT 影像分類成果較差處再用高解析度影像進行分類，或許可得較好的結論。</p> | <p>認同委員意見。</p> |
| 9 | <p>林地分類的過程中或許太著重於空間解析度的問題，而造成不好的結果，是否可嘗試空間解析度仍維持 25×25cm，但是增加光譜取樣的像素至所需的解析度。</p> | <p>本研究採用 25cm 空間解析力之影像進行分析。</p> |
| 10 | <p>地真資料的尺度不同亦會影響到分類成果的精確度，因此在做不同空間解析度對精確度之比較時，其地真資料之解析度亦應跟著改變，方不致造成太大誤差。</p> | <p>認同委員意見。</p> |
| 11 | <p>林地分類研究建議依航帶分別分類後再行將成果鑲嵌，此結論在編修時會造成困擾，也就是說在不同航帶交界處，相同的物件被分類成二種不同的類別時，該如何處理。</p> | <p>目前尚無自動處理方案，可利用數化編修處理。</p> |
| 12 | <p>先鑲嵌再分類及先分類再鑲嵌二種方法的精確度差異多少時，才認為真正有差異，例如本研究的 81.82% 及 77.15%，此差異真的可以說是先鑲嵌再分類較好嗎？</p> | <p>先分類再鑲嵌的誤差較少。</p> |
| 13 | <p>分層式分類法中有區分低植生及高植生其門檻如何決定，低植生下有農田，而高植生下有果樹及竹林，農田</p> | <p>本研究改以木本植生、草本植生類別行分析。</p> |

| | | |
|----|--|---|
| | <p>一定就是低植生嗎?而果樹及竹林一定就是高植生嗎?這當中是否為造成分類成果較差的原因,可進行探討。</p> | |
| 14 | <p>「物件式知識庫分類_決策樹篩選多尺度影像」的分類方式得到最好的結果 77.73%, 這個結果是否夠好?與傳統的分類方式或非高解析度多光譜的影像相比有何差異,其優劣點何在。</p> | <p>係因林地分類之地物類別較為複雜,經本研究多方嘗試精確度 77.73%為本研究目前最佳之分類結果;當採用傳統逐像元之分類方式會產生較為嚴重之分類混淆情形且除此之亦會產生椒鹽現象而降低其精確度,而透過知識庫分類法可有效簡化影像複雜度進而達到較佳之分類成果。</p> |
| 15 | <p>本計畫為本所高解析度多光譜影像的第一個研究計畫,對於此影像之優缺點為何,與傳統影像之分類方法有何不同,有何極限及限制,不同的分類方法或研究主題是否都適用等,應詳細敘述。</p> | <p>認同委員意見。</p> |

100 年期末報告

| 問題內容 | 處理情形 |
|---|--|
| 1 請詳述高解析度航照影像，如何在陰影區域崩塌地分類補足福衛二號影像。 | 未來福衛二號影像進行全台大面積崩塌地製圖後，先萃取出福衛二號影像的陰影範圍，將無法判釋的陰影範圍套上數位航照的崩塌地成果，即可補足其無法判釋之區域，因數位航照的崩塌地成果具有陰影區域之崩塌地。 |
| 2 請於 p31 之段落中，詳細說明崩塌地陰影分析結果是用何種方法或數據推論，且於下結論時謹慎小心，以免誤導讀者產生“使用未將陰影分離的影像即可達到有效分類精度”的觀念。 | 遵照委員意見謹慎修正結論。 |
| 3 本研究崩塌敏感區域是利用某些因子之權重來分析，建議加強前述因子之理論基礎，俾利增加其未來的實用性。 | 遵照委員意見修正。 |
| 4 請敘述如何解決崩塌地圖層在各圖幅(1/5000)間接邊的問題。 | 無論數化或自動分類，皆會碰到此類問題，其主要為正射影像邊界常有的形變之情形。可後續再以人工編修方式修正。 |
| 5 請修正 p135 之地真資料來源，並探討影響各試驗區林地分類成果精確度之因素是否為地真資料的問題。 | 遵照委員意見修改。 |
| 6 請具體的陳述目前林地分類結果、執行分類可行性及其誤差。 | 遵照委員意見在期末報告討論。 |
| 7 崩塌地之敏感區域或火災跡地研究做過許多試驗區域，建議可以就各試驗區研究成果的部份整理出小結。 | 遵照委員意見在期末報告討論。 |

| | | |
|----|---|-----------------------|
| 8 | 建議完整敘述各項研究中曾嘗試過的方法及整體精度，再下結論。 | 遵照委員意見修正結論。 |
| 9 | 請修正報告中諸多錯字、語句不順的地方（如：p30 圖 4-2 文字有誤、p31 段落語句不明）及參考文獻。 | 遵照委員意見逐一修正。 |
| 10 | 建議將工作手冊撰寫得更人性化，並納入檢核機制。 | 遵照委員意見修正工作手冊。 |
| 11 | 建議將目前成果與其他研究歷年的分類成果做比較，並於成果報告中呈現。 | 遵照委員意見修正。 |
| 12 | 建議附上本計畫分析試驗區域之現場照片及其詳細說明以供比對，將對讀者了解各分析區域有莫大幫助。 | 遵照委員意見新增地真檢核照片(附錄 A)。 |
| 13 | 成果報告之主體應為研究動機、方法及結果與討論，建議將自動判釋的流程統一寫在工作手冊中，與成果報告有所區隔。 | 遵照委員意見修正。 |
| 14 | 未來研究上，可以探討土地利用及覆蓋型的差異。 | 感激委員寶貴意見。 |