



- ☐ 公開
☐ 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：080701e400

行政院農業委員會林務局98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1年/全程3年)
(英文名稱) Application of airborne multi-spectral imagery for the forest land management

計畫編號：98農科-8.7.1-務-e4

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 98年1月1日 至 98年12月31日

計畫主持人：鍾玉龍

研究人員：陳朝圳、吳守從、陳建璋、謝依達、吳坤真、胡瀨予、黃冠理、黃韋傑、董炤巖

執行機關：國立屏東科技大學



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主要步驟包括下列參部份：

- 一、崩塌地與敏感區內地形變遷之研究崩塌地與敏感區內地形變遷之研究，其中主要的分析步驟有崩塌地光譜特徵分析、崩塌地環境因子分析、崩塌地自動判釋模式、崩塌地潛感分析。
- 二、運用航照數位多光譜影像進行災害監測之研究：運用航照數位多光譜影像進行災害監測之研究，其中主要的分析步驟有災區光譜特徵分析、災害區域快速定位、災害特性分析。
- 三、航照數位影像在林地分類上之研究航照數位影像在林地分類上之研究，其中主要的分析步驟有樹種林型光譜特徵資料庫、物件導向土地利用分類等。

應用上述工作重點，配合第四次森林資源調查工作，針對森林進行林型、林相部分的先期分類研究。以期建置全台崩塌地資料庫、建立緊急災害分析提供機制、有效利用航照數位多光譜影像，以及有效推動數位相機取得之航照數位影像。

Abstract

Aerial survey office, Forestry Bureau onwards procurement 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 about more application, for forest management and land use monitoring, the focus of this project and the major part of the analytical steps in this plan were draw down:

1. Using airborne multi-spectral imagery to monitor landslide and susceptibility area of topography changes. In landslide and susceptibility area analysis, the main analytic steps were: characteristic analysis of landslide spectral, analysis of environment factors of landslide, model establishment for automated landslide extraction, landslide susceptibility analyses.
2. Using airborne multi-spectral imagery for disaster monitoring. According to disaster monitoring, the main analytic steps were: characteristic analysis of disaster spectral, disaster area rapidly positioning system, analysis of disaster characteristics.
3. Using airborne multi-spectral imagery for forest land classification. According to forest land classification, the main analytic steps were: establishment of land use and forest type spectral characteristic database, object-oriented land use

classification.

Application of the above-mentioned work, as well as with the fourth forest resources investigation in Taiwan, and it was focus on the advance experiment of forest land classification. With a view to establish the landslide database of Taiwan and the disaster monitoring system, as well as to promote effective application for airborne multi-spectral imagery.

目錄

摘要.....	I
Abstract.....	III
目錄.....	IV
表目錄.....	VI
圖目錄.....	IX
第一章 緒論	1
第一節、計畫目的.....	3
第二節、工作目標.....	4
第二章 文獻回顧	6
第一節、遙感探測於崩塌地分類應用.....	6
第二節、崩塌地潛勢推估.....	8
第三節、遙感探測技術於環境監測應用.....	11
第四節、物件導向分類.....	13
第三章 計畫區位與實驗材料	15
第一節、計畫區位簡介.....	15
第二節、實驗材料.....	20

第四章 研究方法	23
第一節 崩塌地與敏感區內地形變遷之研究.....	23
第二節 運用航照數位多光譜影像進行災害監測之研究.....	40
第三節 航照數位影像在林地分類上之研究.....	48
第五章 執行情形及結果分析	56
第一節 崩塌地與敏感區內地形變遷之研究.....	56
第二節 運用航照數位多光譜影像進行災害監測之研究.....	88
第三節 航照數位影像在林地分類上之研究.....	105
第六章 結論	134
參考文獻	137

表目錄

表 3-1 大甲溪事業區於第四次森林資源調查所包含之土地利用類別.....	17
表 3-2 Leica ADS40 空載數位掃描儀波譜特性.....	21
表 3-3 Z/1 Imaging DMC 航照數位相機波譜特性.....	22
表 4-1 坡度分級表.....	35
表 5-1 非植生地波譜統計.....	57
表 5-2 非植生地光譜夾角.....	58
表 5-3 非植生地單因子變異數分析成果.....	61
表 5-4 Duncan 檢定成果.....	62
表 5-5 因子負荷表.....	63
表 5-6 崩塌地質網格數.....	64
表 5-7 陰影校正統計值.....	69
表 5-8 非植生地分類之檢核成果.....	74
表 5-9 加入既有輔助資訊於非植生地分類之檢核成果.....	75
表 5-10 潛感面積.....	87
表 5-11 潛感準確性檢核.....	87
表 5-12 天然草生地災前災後影像與植生指標色調變化.....	88
表 5-13 天然竹闊葉混淆林災前災後影像與植生指標色調變化.....	89

表 5-14 麻竹林災前災後影像與植生指標色調變化.....	89
表 5-15 火災前後各林型波段均值與植生指標值之變化.....	90
表 5-16 火災前後各林型光譜夾角.....	93
表 5-17 受災各林型 NDVI 差異平均值及標準偏差.....	95
表 5-18 初步門檻值萃取之檢核結果.....	99
表 5-19 3×3 後處理之檢核結果.....	99
表 5-20 5×5 後處理之檢核結果.....	99
表 5-21 dNDVI 及 dPC2 描述性統計量.....	100
表 5-22 dNDVI 及 dPC2 單因子變異數分析成果.....	102
表 5-23 dNDVI 於 Duncan 檢定之成果.....	102
表 5-24 dPC2 於 Duncan 檢定之成果.....	103
表 5-25 最大概似法 IPCC6 類檢核成果.....	105
表 5-26 馬氏距離法 IPCC6 類檢核成果.....	106
表 5-27 最短距離法 IPCC6 類檢核成果.....	106
表 5-28 最近鄰域法降低解析力 5m IPCC6 類檢核成果.....	108
表 5-29 雙線內插法降低解析力 5m IPCC6 類檢核成果.....	109
表 5-30 立體迴旋法降低解析力 5m IPCC6 類檢核成果.....	109
表 5-31 2m 降低解析力 IPCC6 類檢核成果.....	111
表 5-32 10m 降低解析力 IPCC6 類檢核成果.....	112

表 5-33 無處理之鑲嵌航帶分類檢核成果.....	116
表 5-34 色彩平衡之鑲嵌航帶分類檢核成果.....	117
表 5-35 第三次森林資源調查 22 類分類檢核成果.....	120
表 5-36 第四次森林資源調查 13 類分類檢核成果.....	122
表 5-37 分層過濾影像分類檢核成果.....	124
表 5-38 16 類別物件導向分類檢核成果.....	130
表 5-39 9 類別物件導向分類檢核成果.....	131
表 5-40 IPCC 6 類物件導向分類檢核成果.....	131

圖目錄

圖 1-1 空載數位航測系統與傳統航測系統之發展趨勢 (Schiewe, 2005)	2
圖 1-2 Z/I Imaging DMC 航照數位相機.....	2
圖 1-3 Leica ADS40 空載數位掃描儀.....	2
圖 2-1 雪崩位置自動化判釋流程 (Bühler et al, 2009)	7
圖 2-2 自動化判釋之雪崩位置製圖以及現況照片(Bühler et al, 2009)	7
圖 2-3 各方法所產生之崩塌潛感圖 (Yilmaz, 2009).....	9
圖 2-4 灌叢棲地之長期變化(a)1999NDVI 影像，(b)2005NDVI 影像， (c)物件導向的分類成果.....	11
圖 2-5 大鵬灣地區過 21 年間之土地利用變遷(黃國楨等，2004)	12
圖 2-6 火災區位之萃取 (Fox et al., 2008)	12
圖 2-7 農地土地利用分類成果圖 (Tansey, et al., 2009)	14
圖 2-8 植物群系分類成果圖(Schiewe, 2003)	14
圖 3-1 大甲溪事業區位置圖.....	15
圖 3-2 大甲溪事業區第三次森林資源調查土地利用圖層.....	16
圖 3-3 大甲溪事業區 95 年崩塌地分布圖.....	18

圖 3-4 火災樣區位置圖.....	19
圖 3-5 ADS40 空載數位掃描儀資料之獲取.....	20
圖 3-6 ADS40 測試航帶影像.....	21
圖 4-1 紅光與近紅外光影像分布圖 (Jensen,2000)	24
圖 4-2 崩塌地圖層建置流程.....	28
圖 4-3 陰影區域分析流程.....	29
圖 4-4 影像 DN 值頻度分佈圖 (Asner and Warner, 2003)	30
圖 4-5 直方圖匹配圖示.....	31
圖 4-6 災前及災後多光譜影像圖.....	40
圖 4-7 火災災區自動判釋模式.....	42
圖 4-8 災後影像經由主軸轉換後所得之四軸影像.....	45
圖 4-9 物件導向分類流程.....	53
圖 5-1 崩塌地雙光譜圖.....	59
圖 5-2 河床雙光譜圖.....	59
圖 5-3 休耕地雙光譜圖.....	60
圖 5-4 建築地雙光譜圖.....	60
圖 5-5 亮度值計算與陰影遮罩成果.....	65
圖 5-6 陰影偵測成果.....	66

圖 5-7 各波段陰影影像數值分布直方圖.....	67
圖 5-8 陰影區域校正.....	68
圖 5-9 各波段陰影校正直方圖.....	69
圖 5-10 NDVI 門檻值所切取之多光譜影像局部放大.....	71
圖 5-11 陰影區域影像、陰影去除非植生影像、陰影去除植生影像.....	72
圖 5-12 非植生地分類成果圖.....	73
圖 5-13 經由既有輔助資訊協助過濾前後之比較圖.....	76
圖 5-14 高程分布圖.....	77
圖 5-15 坡度分布圖.....	78
圖 5-16 坡向分布圖.....	79
圖 5-17 地質分布圖.....	80
圖 5-18 距道路距離分布圖.....	81
圖 5-19 距嶺線分布圖.....	82
圖 5-20 距水系距離分布圖.....	83
圖 5-21 地表粗糙度.....	84
圖 5-22 採用六因子之潛感圖.....	85
圖 5-23 採用八因子之潛感圖.....	86

圖 5-24 雙光譜圖分布.....	92
圖 5-25 災前 NDVI、災後 NDVI 與差異 NDVI.....	94
圖 5-26 災前 PC2、災後 PC2 與差異 PC2.....	92
圖 5-27 門檻值萃取之火災區位.....	96
圖 5-28 兩次局部最小值運算結果.....	97
圖 5-29 兩次局部最大值運算結果.....	98
圖 5-30 dNDVI 於不同火災嚴重度的值域分布.....	101
圖 5-31 dPC2 於不同火災嚴重度的值域分布.....	101
圖 5-32 dNDVI 與 dPCA 之火燒嚴重度分布圖.....	104
圖 5-33 不同影像分類法於 IPCC 6 類影像分類成果.....	107
圖 5-34 最近鄰域法、雙線內插法、立體迴旋法之分類成果.....	110
圖 5-35 降低解析力 IPCC6 類分類成果圖.....	112
圖 5-36 降低解析力 IPCC6 類分類成果圖局部放大.....	116
圖 5-37 航帶鑲嵌影像 IPCC6 類分類成果圖.....	118
圖 5-38 第三次森林資源調查 22 類分類結果圖.....	121
圖 5-39 第四次森林資源調查類別分類結果圖.....	123
圖 5-40 分層過濾影像分類成果圖.....	125
圖 5-41 影像切割成果.....	127

圖 5-42 四波段平均值之物件影像.....	128
圖 5-43 16 類別物件導向分類成果圖.....	129
圖 5-44 9 類別物件導向分類成果圖.....	131
圖 5-45 IPCC 6 類別物件導向分類成果圖.....	132

第一章 緒論

數位航遙測資料是地理資訊系統不可或缺之一環，因其資料取得快速、便捷及涵蓋面積廣，所獲得之影像判釋資訊，舉凡國土規劃、都市計畫、經濟建設、資源調查、農林經營、災害防救、環境監測、學術研究及行政管理等，皆賴以為規劃之依據；而其中運用遙測技術分析森林訊息，主要是因為森林資源調查和生態系經營上的需求。

近年來各類遙測技術推陳出新，而航照數位多光譜影像亦已逐漸取代傳統航測技術(圖 1-1；Schiewe, 2005)，故國內對於航照數位多光譜影像應多加研究。林務局農林航空測量所於 2007 年 5 月購置 Z/I Imaging DMC 航照數位相機(圖 1-2)，2007 年 12 月購置 Leica ADS40 空載數位掃描儀(圖 1-3)，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 12bit 及 4band (Red, Green, Blue, NIR) 之影像，因此有極高的空間解析度(25cm~30cm)，大幅提升拍攝影像之輻射解析度及光譜解析度。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，使成果提供至更多的應用層面—例如萬一有災害發生時，可在最短時間取得災區之影像資料，加上現有 DEM，經正射糾正處理，即可取得現場正射影像圖進行災區判釋工作，以利後續救災處理，因此堪稱是資源調查之良好工具。

爰上所述，本計畫之執行，即試圖透過此一全新之數位航照技術，以其多光譜影像，探討於林地經營管理上之應用層面。

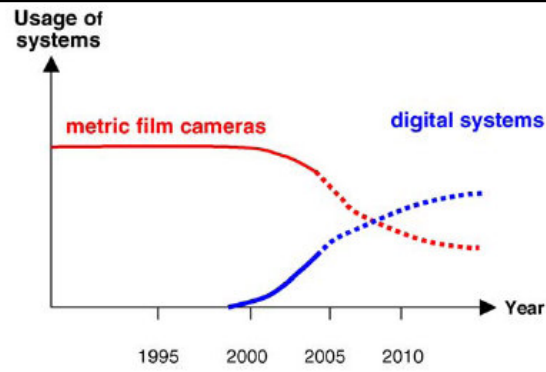


圖 1-1 空載數位航測系統與傳統航測系統之發展趨勢 (Schiewe, 2005)



圖 1-2 Z/I Imaging DMC 航照數位相機



圖 1-3 Leica ADS40 空載數位掃描儀

第一節、計畫目的

森林區域面積廣大，實地探勘相當耗時，導致基礎資料收集不易，因此以往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之多光譜影像，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害等研究發展之用，所以具有極高的潛力。

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，因此在學術研究與實際應用上具有一定程度之貢獻。其主要工作內容乃為配合第四次全國森林資源調查，針對森林進行林型、林相部分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。全計畫重點包括崩塌地與敏感區內地形變遷、災害監測、林地分類上之研究等三大部份，內容如下：

- 一、崩塌地與敏感區內地形變遷研究。
- 二、運用航照數位多光譜影像進行災害監測研究。
- 三、運用航照數位影像進行林地分類研究。

第二節、工作目標

本計畫期程三年(民國 98 年至 100 年),分年度工作目標如下:

1. 98 年度工作項目及內容:

針對農林航空測量所指定之區域進行三個子題的先期試驗。

(1)運用航照數位多光譜影像資料,研究崩塌地區之影像光譜值特徵及其與地形、地質及環境之關聯性,藉以建立崩塌地區位分類之方法。

(2)進行災害(森林火災)之光譜特性研究,並利用地理資訊系統技術,進行受災面積估算。

(3)以航照數位多光譜影像資料為材料,利用其高空間解析度特性,進行第四次森林資源調查土地覆蓋型代碼表之分類可行性研究。

2. 99 年度工作項目及內容:

針對農林航空測量所指定之區域進行三個子題的中期試驗。

(1)運用航照數位多光譜影像,針對特定局部敏感區域進行監測及各主要影響因子之相關性分析,藉以建置崩塌預警模式。

(2)利用光譜特性與災害因子關聯,建立快速辨識受災區域位置與範圍之方法。

(3)利用數位航照影像的光譜反射資訊,結合森林優勢樹種影像分佈之型態(Pattern)、高度資訊與相關 GIS 資訊…等,藉以評估利用數位航照判釋第四次森林資源調查主要優勢樹種的可行性。

3. 100 年度工作項目及內容：

針對全島範圍以航照數位多光譜影像完成三個子題的研究。

(1)針對敏感區域之地形、地物與環境因子，運用航照數位多光譜影像提供之現況資料，建置與崩塌之關係機制以建立崩塌敏感圖；並運用全島航照數位多光譜影像及農林航空測量所之崩塌地資料，建置完整崩塌地資料庫及更新機制。

(2)將災害成果資料建置完整災害歷史資料庫，以利後續監測與分析。

(3)運用航照數位多光譜影像資料，建立全島土地覆蓋型及森林主要優勢樹種分類圖。

第二章 文獻回顧

第一節、遙感探測於崩塌地分類應用

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，例如孔德懷（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（Vegetation Recovery Rate, VRR）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。上述研究皆利用 NDVI 可區分植生與非植生的波譜特性，於去除植生地後進行崩塌地分類工作；NDVI 計算為萃取崩塌地之可行方法，所得準確度能在可接受之範圍，其計算公式由 Tucker (1977) 所發展：

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (Tucker, 1977)$$

式中 NIR 為紅外光波段，RED 為紅光波段。

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分類，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 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之成果。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，可獲致較佳之成果。

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、質地、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(圖 2-1)，可有效獲得高精度之雪崩位置圖(圖 2-2)。

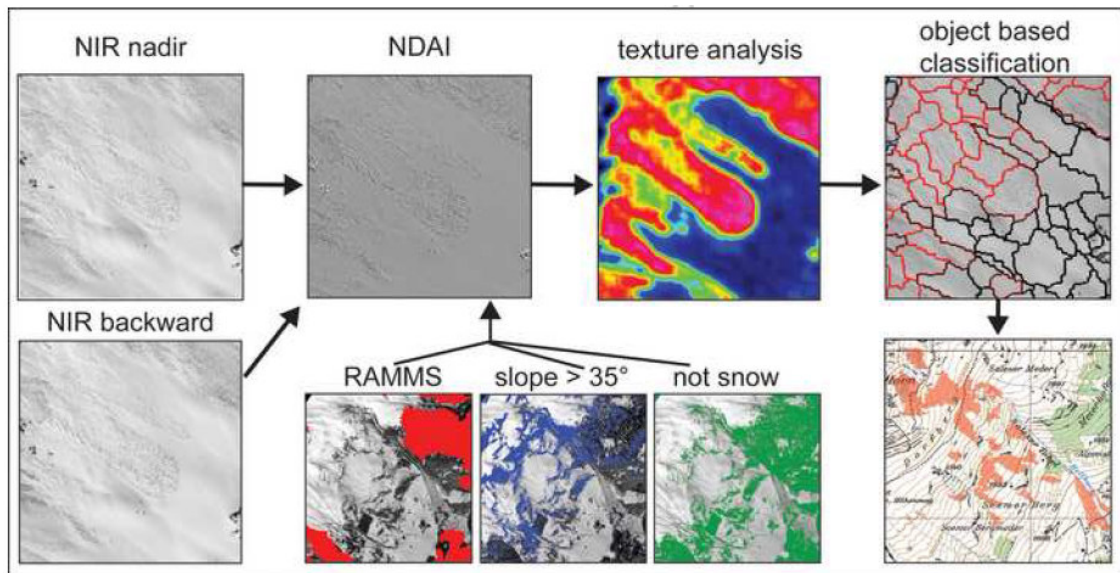


圖 2-1 雪崩位置自動化判釋流程(Bühler et al., 2009)

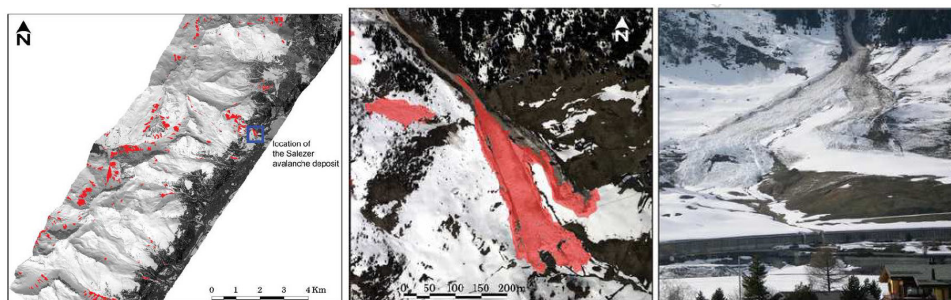


圖 2-2 自動化判釋之雪崩位置製圖以及現況照片(Bühler et al., 2009)

第二節、崩塌地潛勢推估

過去對於崩塌潛感之分析與研究，其方法多為利用影響崩塌因子(如坡度、坡向、高程、地質、岩性等)一將各因子進行量化及內部評分後，利用統計方法或專家評分之方法取得各因子之外部權重，再以線性方程式將因子累加後求得各網格或邊坡單元之崩塌潛感值，最後利用崩塌潛感值來繪製崩塌潛感圖(莊緯璉，2005)。一般而言，區域性崩塌潛感分析可分為定性(Qualitative)及定量(Quantitative)兩大類(Aleotti and Chowdhury 1999；Guzzetti et al., 1999)，茲分述如下：

(一)定性法

定性分析法分為地形判釋法及專家評分法兩種。地形判釋法是由專家依其本身專業經驗直接針對地形判釋，並劃設山崩潛感區；此法之缺點為主觀性太強，較無法具體判斷，所製作之潛感圖難以更新，且不同專家所製之潛感圖亦不易進行比較。專家評分法亦是由專家依其專業經驗，就現場調查之情形，針對各崩塌因子進行相對之排序，再賦予各因子之權重值，最後將各因子疊合，利用各因子權重計算最終之山崩潛感值；此法的優點為權重給定容易，且可利用地理資訊系統進行資料處理，惟其缺點以人為方式給定之權重或評分仍帶有主觀意識，且因區域性之差異，某一影響因子不適用於其他區域，在實際應用上有其不便之處。

(二)定量法

定量分析法乃利用統計分析已發生崩塌地之因子組合，並計算各因子評分，組合其權重或單一量的分級，此法提供較客觀的評分方式，且能較忠實的反應出各崩塌地的特徵。

定量分析包括統計分析、大地工程方法、不安定指數法、類神經網路分析等，如 Yilmaz (2009) 運用頻度率分析(Frequency Ratio)、羅吉思迴歸分析(Logistic Regression)、類神經網路分析(Artificial Neural Network)等法進行崩塌潛感製圖(圖 2-3) 獲致一定之成果。

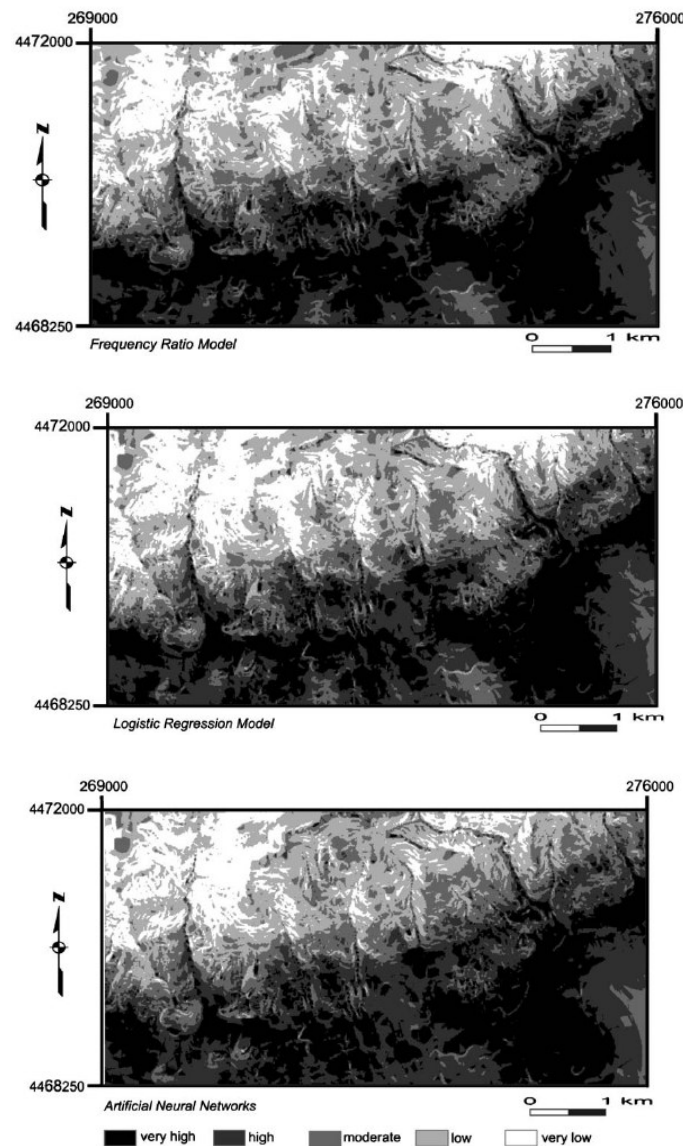


圖2-3 各方法所產生之崩塌潛感圖 (Yilmaz, 2009)

統計分析法中，二變量分析(Bivariate Analysis)與多變量分析(Multivariate Analysis)為最常見之崩塌災害評估方法。二變量分析一般是將各項因子圖層(如坡度、岩性、土地利用)與山崩分佈進行套疊，再依照山崩在各因子分級的崩壞比例以統計方式決定其權重後，利用各因子圖層套疊加上其權重值，進行運算得到最後的山崩潛感分級；多變量分析方法通常是將評估所用各項因子圖層進行套疊，得到研究區域內因子組合之矩陣，並將該矩陣與山崩進行套疊後，進一步得知各矩陣元素內是否存在山崩，同時利用多變量迴歸方法或鑑別分析等得到各因子權重之評估模式，最後再利用模式完成山崩潛感分級圖(李錫堤、黃健政，2005；林家榮、李錦育，2005；Baeza and Corominas, 2001；Dai and Lee, 2002；Lee and Min, 2004；Ayalew and Yamagishi, 2005)。

第三節、遙感探測技術於環境監測應用

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，結果有效取得灌叢棲地的長期變遷情形(圖 2-4)。

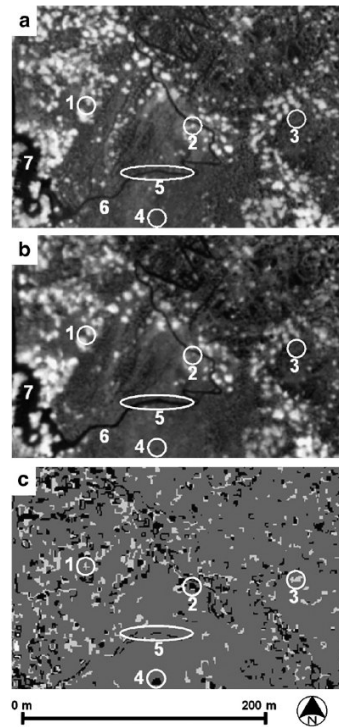


Fig. 4. Enlarged subsets of ADAR NDVI images and corresponding shrub change map for the Mission Trails Regional Park study area. Shrub increase and decrease features are indicated. a. 1999 image subset; b. 2005 image subset; c. three-class map subset derived using object-based approach with Standard Nearest Neighbor classifier: black=Shrub Decrease, mid-grey=No Change, light-grey=Shrub Increase. Features marked with ellipses demonstrate: 1=shrub expansion, 2=shrub mortality, 3=sub-shrub expansion, 4=sub-shrub removal, 5=trail widening, 6=main trail to top of Cowles Mountain, 7=parking lot for hikers.

圖 2-4 灌叢棲地之長期變化 (a) 1999NDVI 影像，(b)2005NDVI 影像，(c)物件導向的分類成果

黃國楨等(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(圖 2-5)。

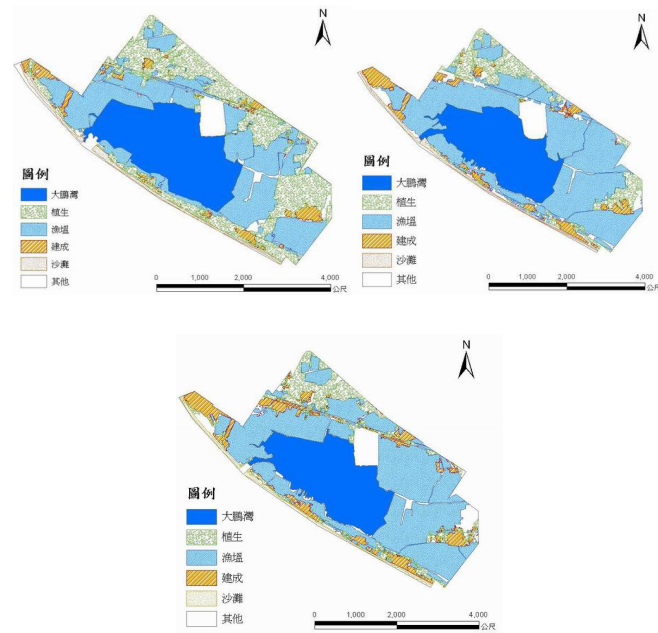


圖 2-5 大鵬灣地區過去 21 年間之土地利用變遷 (黃國楨等，2004)

Fox et al. (2008) 以三期 SPOT 衛星影像監測火災基地發生前後的植生變化，以評估土壤侵蝕之危險和受災程度分級，並利用兩期植生指標差異進行火災區位萃取，有效的快速取得火災區位(圖 2-6)。

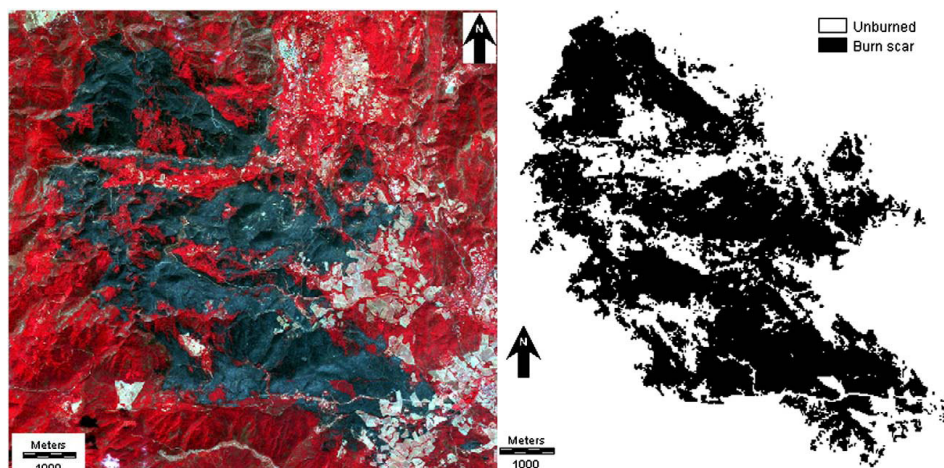


圖 2-6 火災區位之萃取(Fox et al., 2008)

第四節、物件導向分類

要實現主要優勢樹種判釋目的，僅單純以傳統的監督性分類或非監督性分類方法進行，通常會有分類準確度不夠高之限制；為提高分類準確度，需依賴較多的理論基礎，並建立一套可以運用於優勢樹種分類的模式。

物件導向影像分類模式，對於高空間解析力影像而言，為一頗為適切的方法。物件導向影像處理，乃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。鄭佩欣等(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；陳坤鈺等(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，結果對於國家公園內土地覆蓋情形之了解有一定的幫助；蕭國鑫等(2004)運用物件導向模糊分類法進行水稻丘塊分佈分類，所得總體精確度達 90.97%；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(圖 2-7)；Schiewe (2003)利用 HRSC-A 航照多光譜影像，進行土地利用分類，結果精密的分出不同的植物群系(圖 2-8)。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。



圖2-7 農地土地利用分類成果圖 (Tansey et al., 2009)

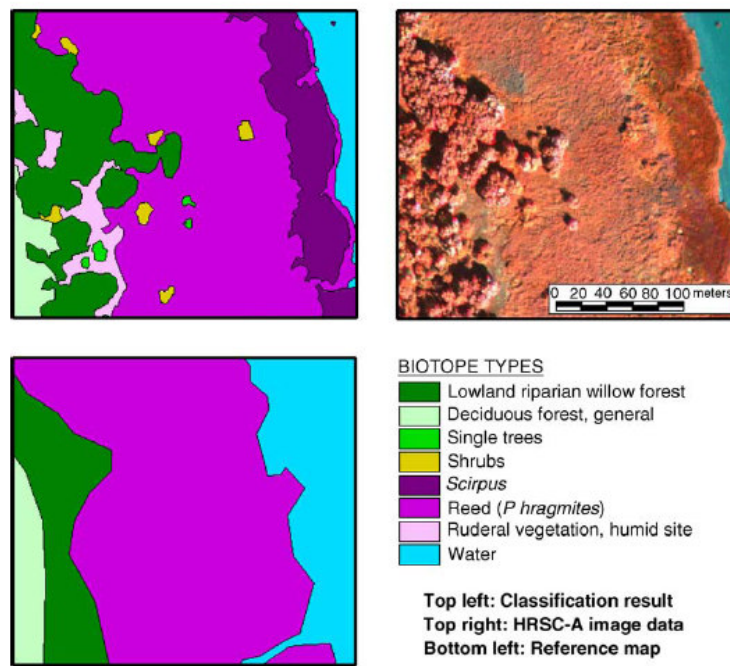


圖2-8 植物群系分類成果圖(Schiewe, 2003)

第三章 計畫區位與實驗材料

第一節、計畫區位簡介

一、大甲溪事業區

目前本研究選取國有林大甲溪事業區進行研究分析，此區域為林務局東勢林區管理處所管轄，共劃設 85 個林班，大部份位於大甲溪上游，海拔分布由 1,114 到 3,882 m 之間，大甲溪事業區位置圖如圖 3-1 所示。

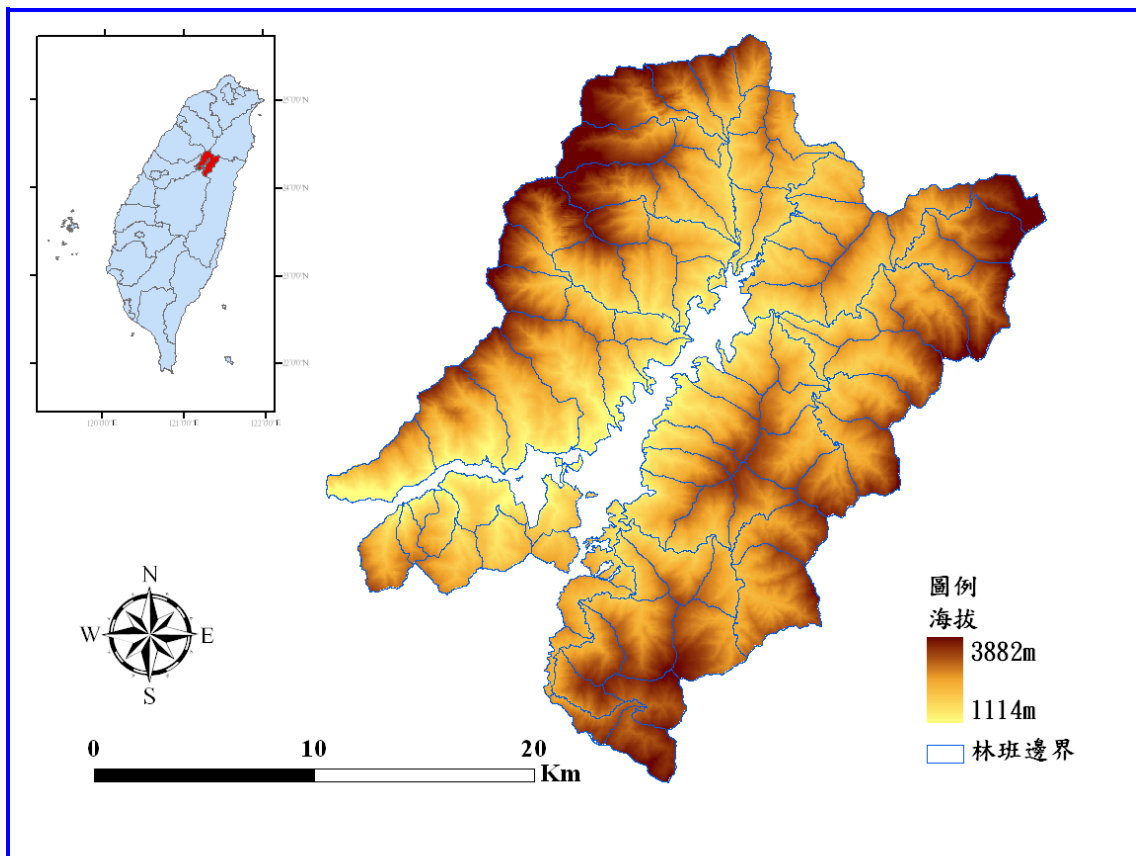


圖 3-1 大甲溪事業區位置圖

由第三次森林資源調查所繪製之土地利用圖層可知，大甲溪事業區之土地利用型涵蓋 34 類(圖 3-2)；而將第三次森林資源調查之土地利用型彙整為第四次森林資源調查之土地利用型後，本區則涵蓋了 19 類第四次森林資源調查之土地利用型(表 3-1)。本計畫主要目的之一即利用航照數位多光譜影像更 95 年崩塌地分布圖(圖 3-3)，並依第四次森林資源調查土地利用型之標準更新土地利用圖資。

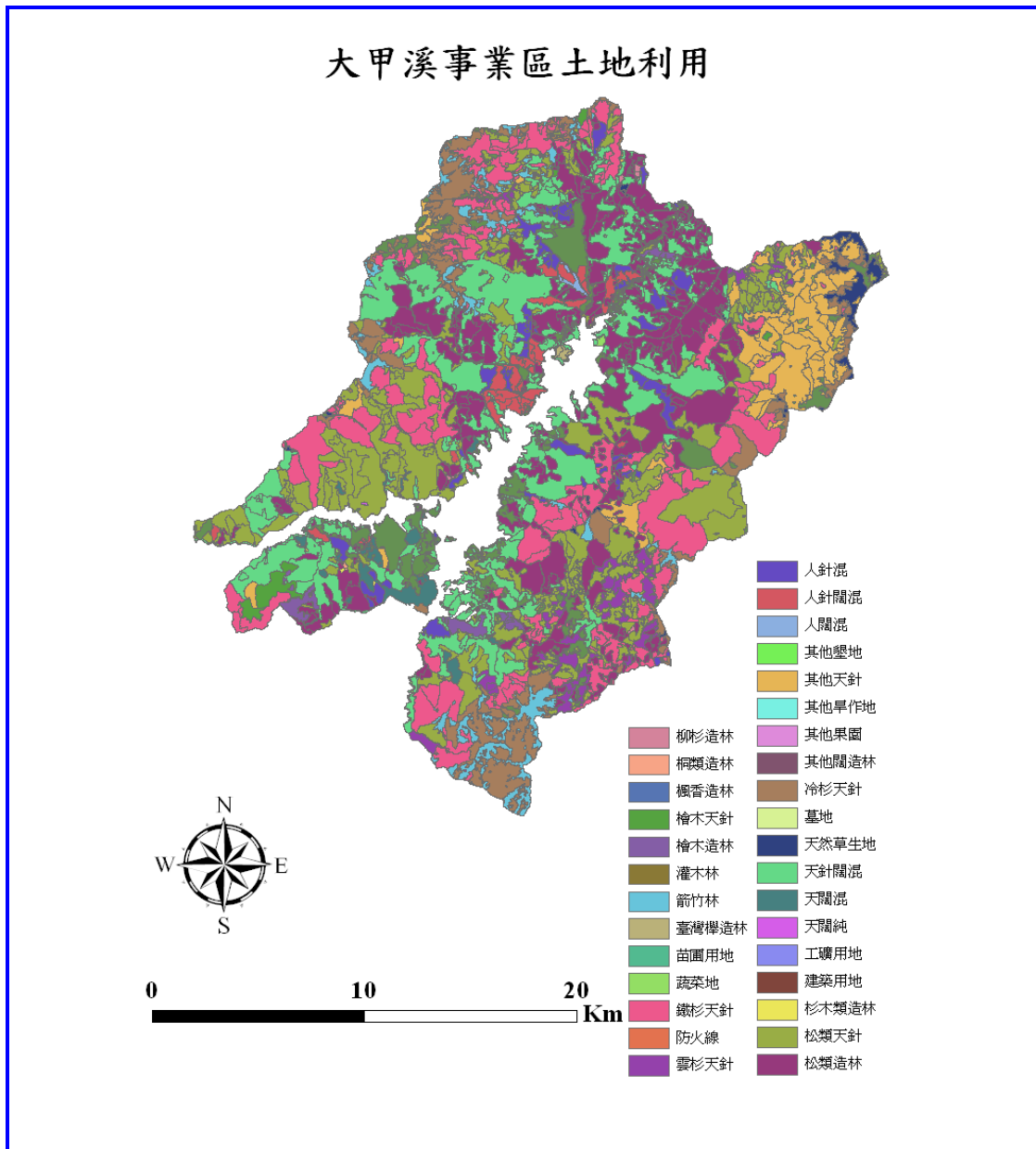


圖 3-2 大甲溪事業區第三次森林資源調查土地利用圖層

表 3-1 大甲溪事業區於第四次森林資源調查所包含之土地利用類別

大甲溪事業區於第四次森林資源調查所包含之土地利用類別
01 針葉樹純林 02 針葉樹混淆林 03 闊葉樹純林 04 闊葉樹混淆林 05 針闊葉樹混淆林 10 待成林地 22 茶園 23 果樹 25 其他農作地 32 天然草生地 33 箭竹地 41 人工濕地(漁塭、水庫、水池) 42 天然濕地(河床、溪流、池沼水面) 51 道路 52 墓地 53 工礦開採區 54 農(林)業附帶設施 55 其他建物 61 裸露地

大甲溪事業區95年崩塌地分布圖

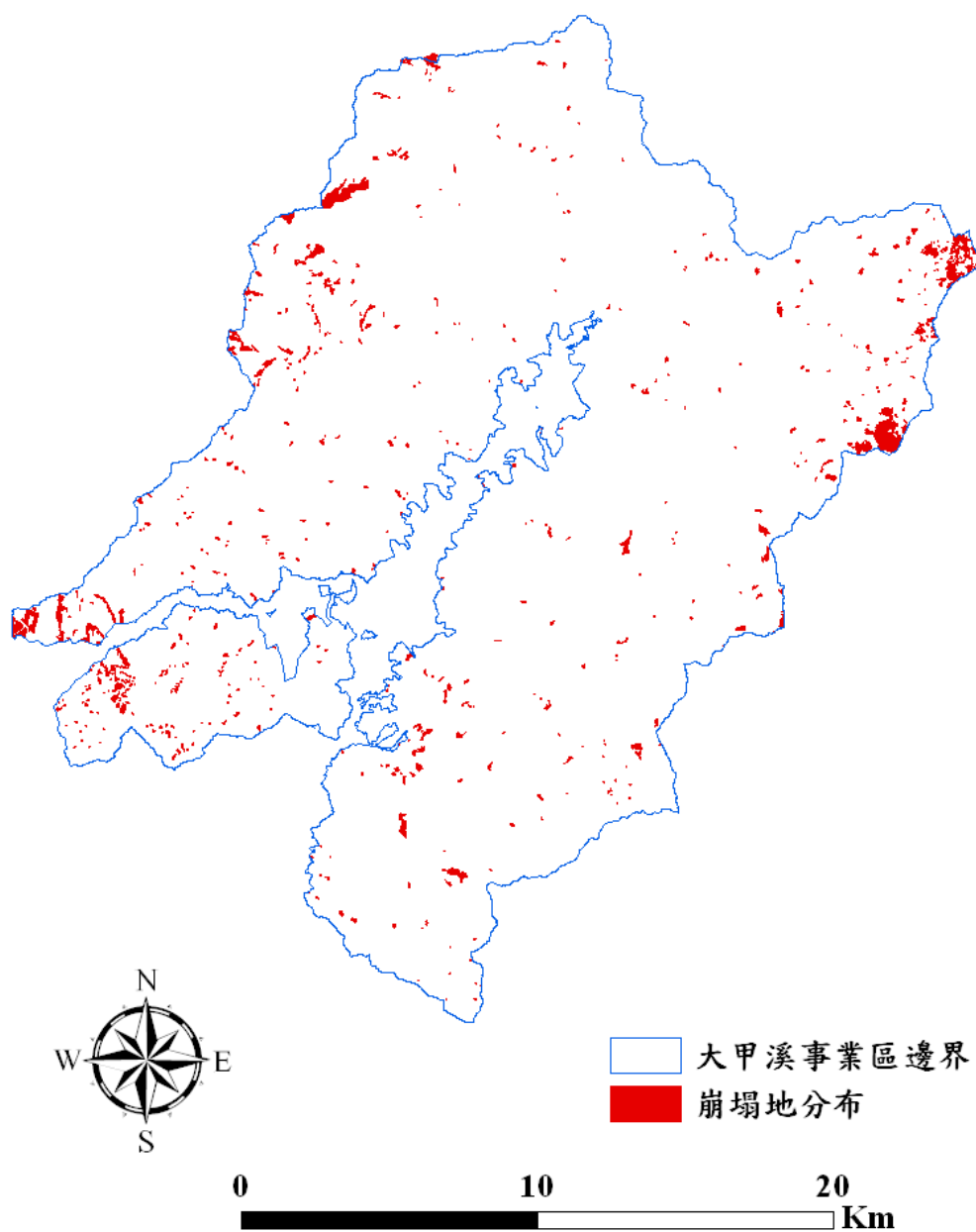


圖 3-3 大甲溪事業區 95 年崩塌地分布圖

二、大埔事業區火災樣區

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 3-4)。

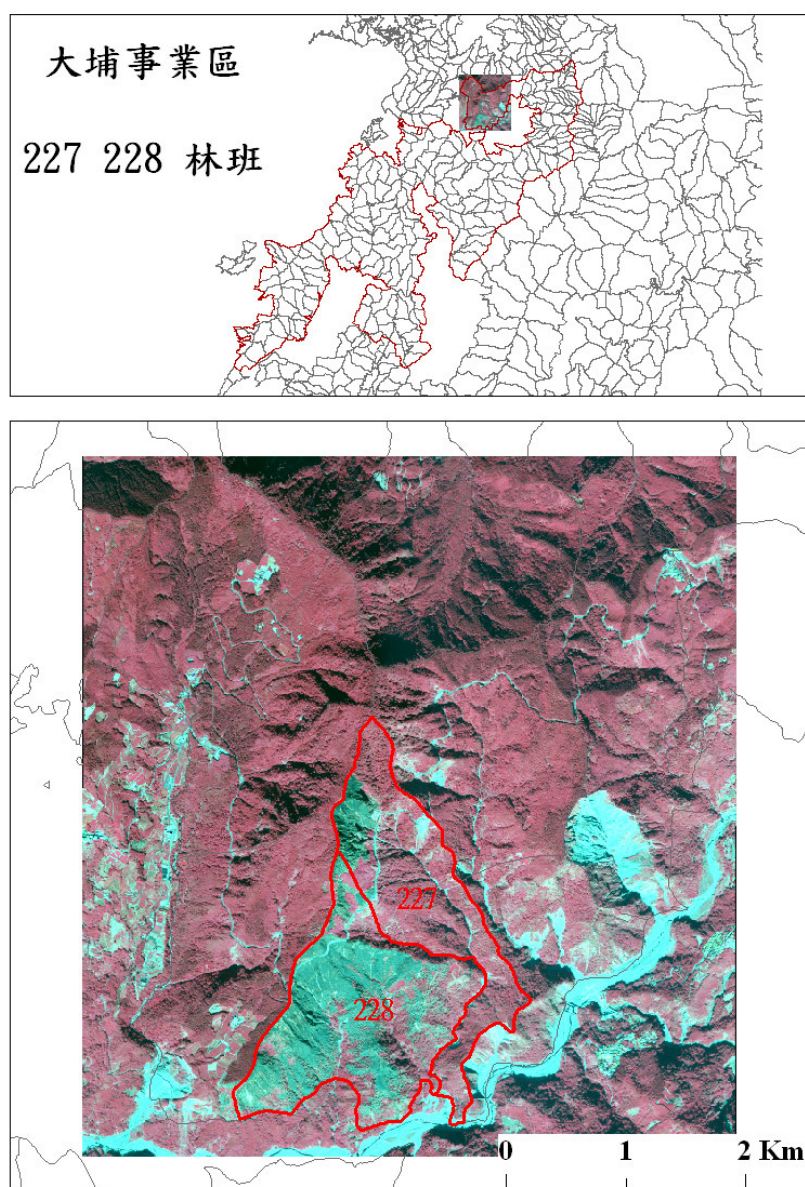


圖 3-4 火災樣區位置圖

第二節、實驗材料

一、ADS-40 多光譜數值影像

本研究所採用之 ADS-40 航照數位多光譜影像由林務局農林航空測量所提供，係由其所購置之 Leica 公司研發的 ADS40 空載數位掃描儀拍攝。Leica ADS40 空載數位掃描儀，可同時獲得十一個波段的資訊，其中三條全色態的 CCD 掃描線乃分別捕捉自飛行器上觀測的前視 27°、底視 2°、後視 14° (Forward, Nadir, Backward)，另於底視 0° 及後視 16° 位置分別具有四條多光譜 CCD 掃描線，提供紅光、綠光、藍光，以及捕捉近紅外光波段的資料，各波段波長：全色態 465 - 680 nm、紅光 610 - 660 nm、綠光 535 - 585 nm、藍光 430 - 490 nm、近紅外 835 - 885 nm (表 3-2)；此外，ADS40 同時取得多光譜之立體像對，並以連續掃描的方式獲得幾近無縫式的航攝影像(圖 3-5)。

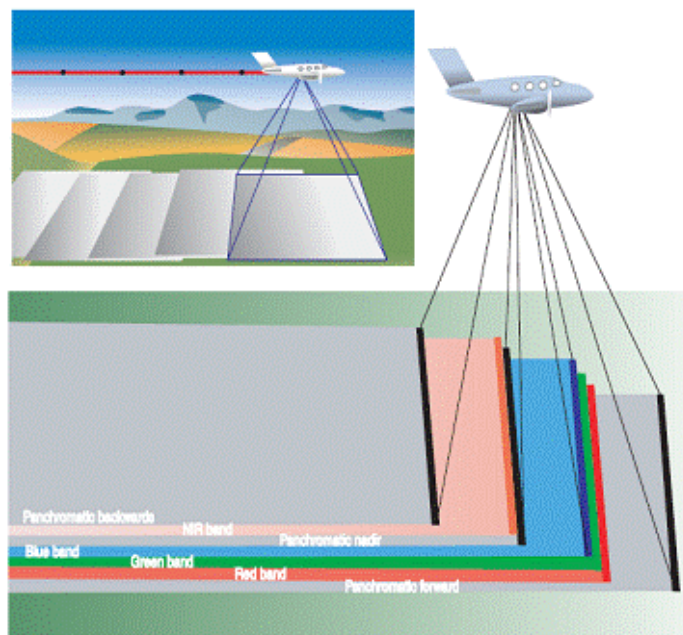


圖 3-5 ADS40 空載數位掃描儀資料之獲取

表 3-2 Leica ADS40 空載數位掃描儀波譜特性

波段	波長(nm)
全色態(Panchromatic)	465 – 680
紅光(Red)	610 – 660
綠光(Green)	535 – 585
藍光(Blue)	430 – 490
近紅外光(Near-infrared)	835 – 885

本研究運用於 2008 年 9 月 21 日拍攝之 ADS40 多光譜影像，採用 A24 與 A25 航帶影像(圖 3-6)，針對子題「崩塌地與敏感區內地形變遷之研究」、「航照數位影像在林地分類上之研究」進行研究。



圖 3-6 ADS40 測試航帶影像

二、DMC 多光譜數值航照

本研究所採用之 DMC 航照數位多光譜影像由林務局農林航空測量所提供，係利用其所購置，由 Intergraph 公司所研發的 Z/I Imaging DMC 航照數位相機拍攝。

Z/I Imaging DMC 航照數位相機系統購置的主要目的就是要取代以底片為基礎的航空攝影機。DMC 系統可達到高效能及高解析度之需求，並可同時進行小比例尺及大比例尺的製圖—該數位製圖相機利用中間四顆高解析度全色態鏡頭組成黑白影像，並以外圍四顆低解析度之多光譜鏡頭涵蓋全幅。DMC 多光譜影像包含四個波段，各波段波長分別為：紅光 590 – 675 nm、綠光 500 – 650 nm、藍光 400 – 580 nm、近紅外 675 – 850 nm (表 3-3)；另藉由影像融合技術，可以得到虛擬之高解析度多光譜影像，同時能夠適應各種不同的光源品質，並擁有廣大空間的曝光時刻，能夠展現全色態或是其他彩色的影像。

表 3-3 Z/I Imaging DMC 航照數位相機波譜特性

波段	波長(nm)
全色態(Panchromatic)	400 – 900
紅光(Red)	590 – 675
綠光(Green)	500 – 650
藍光(Blue)	400 – 580
近紅外光(Near-infrared)	675 – 850

本研究採用於 2007 年 10 月 25 日與 2009 年 3 月 5 日拍攝之兩期 DMC 多光譜影像，運用航照數位多光譜影像，針對大埔事業區火災樣區進行災害監測之研究。

第四章 研究方法

第一節 崩塌地與敏感區內地形變遷之研究

一、非植生地光譜特徵分析

本研究採用 ADS-40 多光譜影像進行非植生地光譜特徵分析，萃取崩塌地、河床、休耕地、建築地等四類非植生地的光譜值，利用統計分析探討其光譜特徵值分佈情形，以建構崩塌地之光譜特性及其與其他非植生地類別的鑑別能力；除分析原始波段的紅光、綠光、藍光、近紅外光外，並透過 NDVI、SAVI 等光譜指標對非植生地類別的解釋能力，來加強對上述議題之探討。

$$SAVI = (1+L) \frac{NIR - R}{NIR + R + L} \quad \text{Huete (1988)}$$

NIR 為近紅外光波段

R 為紅光波段

L 為 SAVI 增益值，因本研究之分析對象為非植生地，乃屬植生較低之情形，故 L 值選用 1。

本研究亦利用雙光譜圖 (Bi-Spectral Plot) 進行分析，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，並得以了解非植生地影像中土壤的潮濕及乾燥情形 (圖 4-1)。

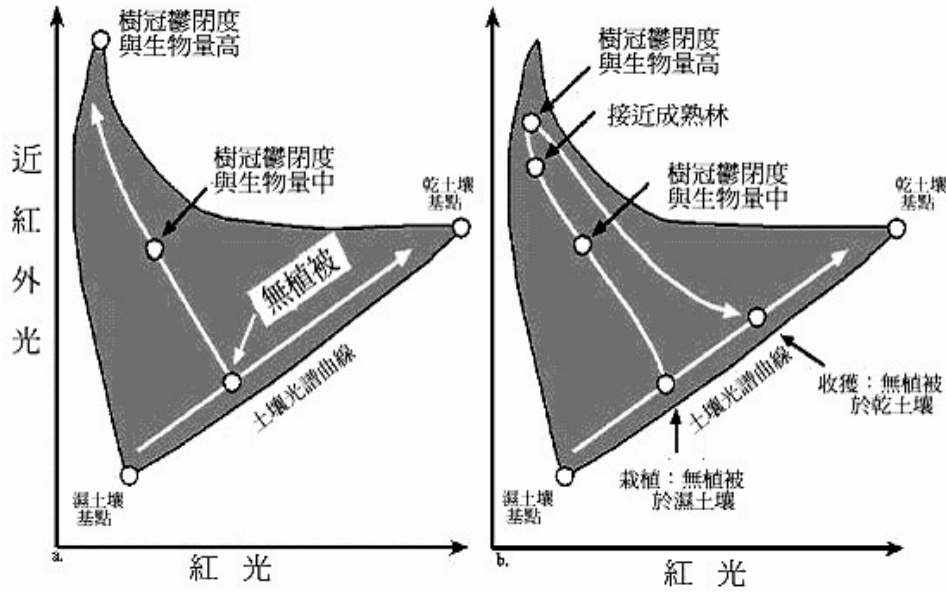


圖 4-1 紅光與近紅外光影像分布圖 (Jensen, 2000)

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} = \frac{\frac{NIR}{R} - 1}{\frac{NIR}{R} + 1} = \frac{\tan \theta - 1}{\tan \theta + 1}$$

$$\tan \theta = \frac{1 + NDVI}{1 - NDVI}$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1} \left(\frac{1 + NDVI}{1 - NDVI} \right)$$

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。

另本研究以非植生地類別之光譜值、光譜指標為反應變數，利用單因子變異數分析(One Way-ANOVA)，分析多組平均數間之差異程度，以探討該反應變數是否具有區分各類土地類別之能力，並藉 Duncan 多重比較法分析各種反應變數間是否具有差異性。

二、崩塌地地理環境因子分析

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、地表粗糙度、地質、距道路距離、距水系距離、距嶺線距離等。

1. 高程：本研究係利用 40m × 40m 之數值地形模型做為高程資料。
2. 坡度、坡向：本研究係以 40m × 40m 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，以代表地形變化程度，作為地表粗糙度。
4. 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。
5. 距道路距離、距水系距離：係利用道路、水系圖層，以 Arc GIS 軟體之 Euclidean Distance 空間分析模組，計算歐基里德距離，作為道路、水系與網格資料圖層距離。
6. 距嶺線距離：本研究係利用 40m × 40m 之數值地形模型為材料，先萃取嶺線後，再計算歐基里德距離，以取得嶺線與網格圖層距離。嶺線之萃取方式如下：

- (1) 先將數值地形模型之高程數值逆轉為負數。

- (2) 再將數值加一固定數值，使高程為正數，可得逆轉之數位高程模型。
- (3) 將逆轉之數位高程模型，利用 Arc GIS 軟體之水文分析模組，計算水系分布，以及萃取水系網格。
- (4) 將水系網格轉為向量資料，此即為嶺線圖層。

待地理環境因子資料製備後，先利用 95 年崩塌地圖層資料，擷取崩塌區域範圍內各地理環境因子；另為提高潛感推估模式的準確性，係以逢機方式將 80% 的原始崩塌地資料作為資料建模組，而以 20% 作為後續潛感推估模式評估之驗證檢核組。其次利用因素分析探討影響大甲溪事業區崩塌地構成之重要因素，並分析其表現特質，以作為崩塌地潛感推估或自動化分類之參考依據。

三、崩塌地圖層建置流程

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。崩塌地圖層之建置流程，主要包含下列幾個重要步驟：

1. 陰影區域分析與校正。
2. 植生地與非植生地區分。
3. 非植生地影像分類。
4. 既有輔助資訊萃取崩塌地圖層。
5. 結合地理資料進行崩塌地潛勢推估。

上述之研究流程示如圖 4-2。

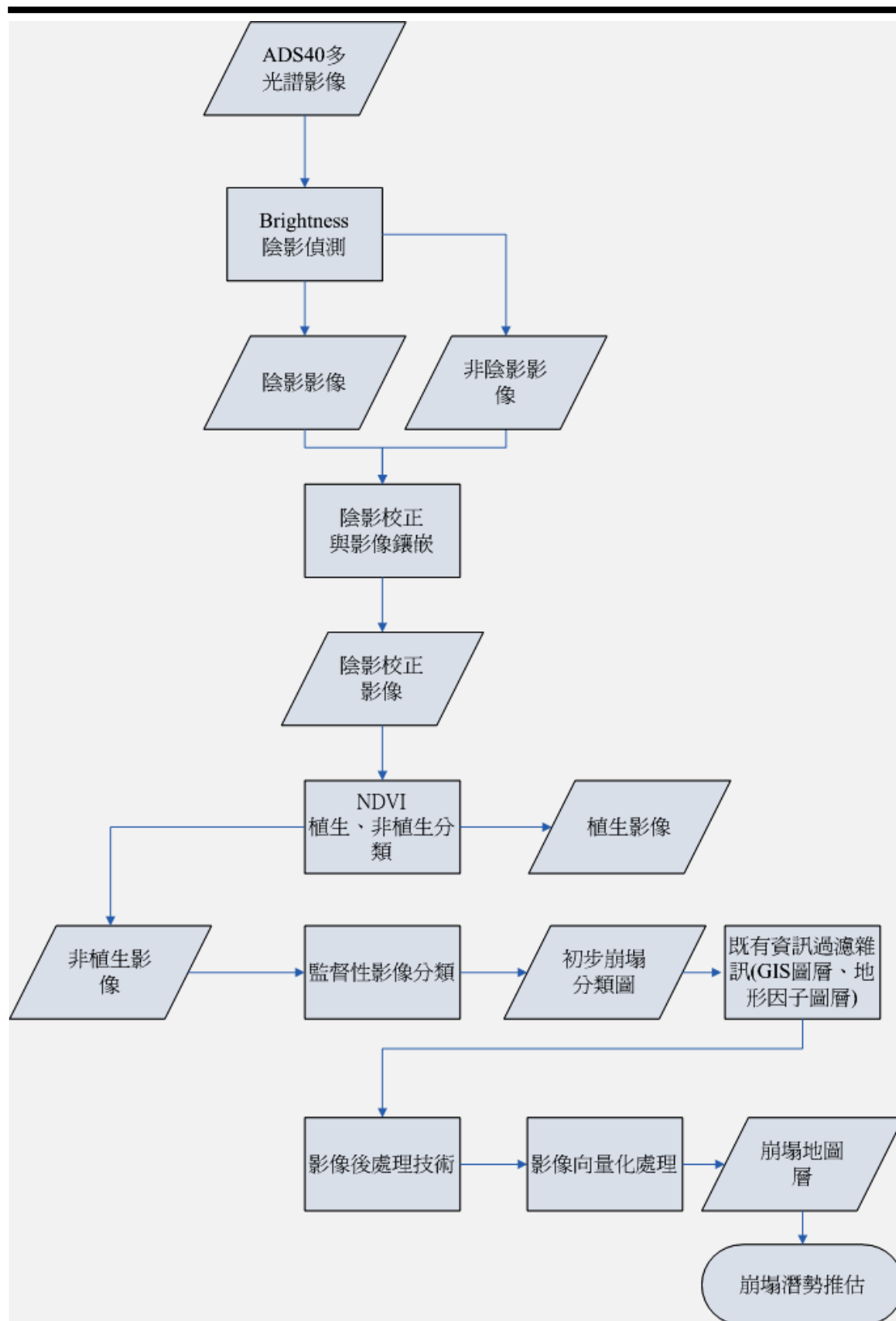


圖 4-2 崩塌地圖層建置流程

(一) 陰影區域分析與校正

陰影區域分析，主要由兩部份進行測試，分別為陰影自動判釋與陰影區域校正，藉由陰影自動判釋有效去除陰影對影像分類所造成之影響，以及擬嘗試針對陰影區域影像，進行影像校正，將影像恢復為非陰影之影像（圖 4-3）。

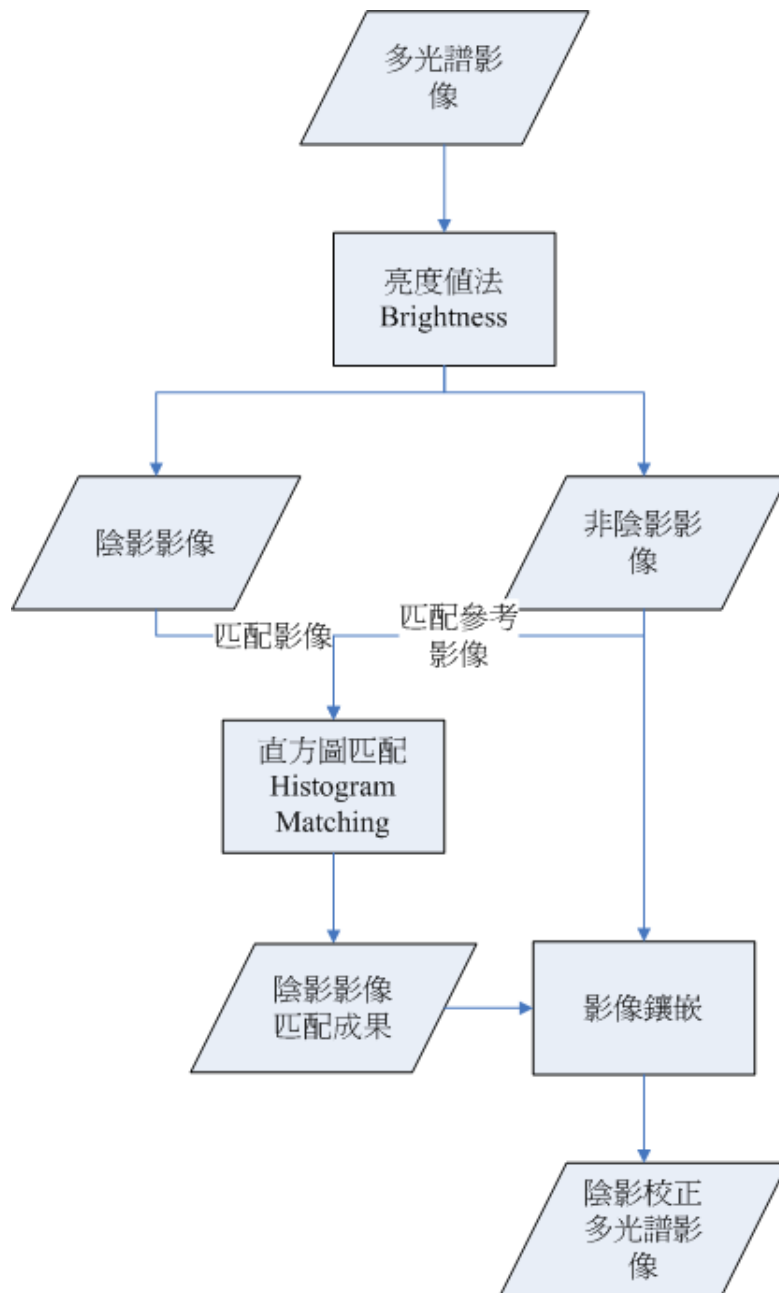


圖 4-3 陰影區域分析流程

A. 陰影自動判釋

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 ADS40 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。

$$\text{Brightness} = \frac{RED + GREEN + BLUE + NIR}{4}$$

Brightness 為亮度值

RED 為紅光波段

Green 為綠光波段

Blue 為藍光波段

NIR 為近紅光波段

其次利用陰影指標之頻度分佈圖，以人工判釋選擇頻度分佈圖上斜率轉折處(即 DN 值變化較大部份)作為門檻值 (Asner and Warner, 2003)(圖 4-4)。

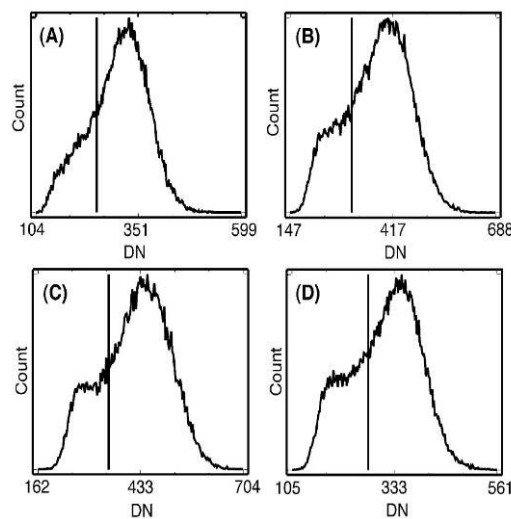


圖 4-4 影像 DN 值頻度分佈圖 (Asner and Warner, 2003)

經由多方測試，本研究採用亮度值 500 為門檻，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。

B. 陰影區域校正

由於 12-bit 之 ADS40 影像，能提供較佳之幅射解析能力，因此為提取 ADS 40 影像中之陰影資訊，本研究利用直方圖匹配 (Histogram Matching) 進行陰影區域校正。

直方圖匹配為相鄰影像拼接或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，可以消除部份因太陽高度角或大氣效應所造成的影響。本研究以非陰影區為參考區，陰影區為目標區，透過直方圖匹配，將陰影區域之光譜分佈映射到非陰影區之光譜分佈中(圖 4-5) 以去除陰影效應。

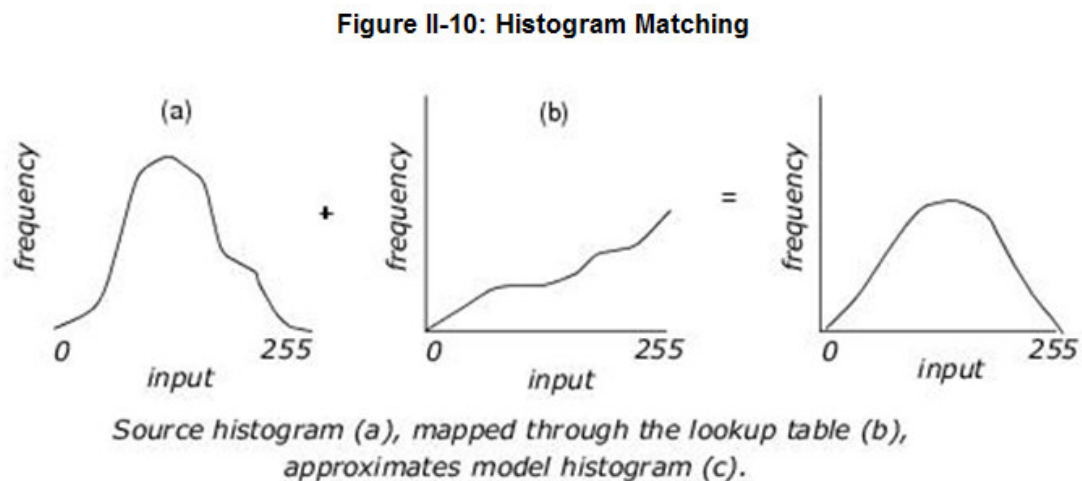


圖 4-5 直方圖匹配圖示

(二) 植生地與非植生地區分

為正確將崩塌地分出，應先將植生地與非植生地分離，此步驟可利用植生指標法進行之。所謂植生指標法係利用常態化植生指數 (NDVI) 之門檻值，將植生與非植生地先行分開—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，因此一般選定 $NDVI \leq 0$ 為非植生地， $NDVI > 0$ 歸為植生地。

本研究以陰影自動判釋所裁切的非陰影影像進行植生與非植生地分類，利用 NDVI 門檻值 0 將植生地與非植生地分離後，進行影像裁切，可得無陰影植生地影像與無陰影非植生地影像，後續再針對此二類別分別進行細分，包括非植生地的分類與植生地的分類。

(三) 非植生地影像分類

利用前述方法所取得之無陰影非植生影像，以 ERDAS IMAGINE 遙測影像處理軟體，採監督性分類 (Supervised Classification) 的最大概似法 (Maximum Likelihood Method) 進行研究區之非植生地土地覆蓋分類。

最大概似法係假設各波譜之反射值為常態分佈狀態 (Normal Distribution)，並利用歸屬機率為演算基礎，以其距離機率值 (D) 之最小值為其歸屬類別，最大概似法之機率等式如下 (Hord, 1982)：

$$D = \ln(a_c) - [0.5 \ln(|Covc|)] - [0.5(X - Mc)^T (Covc^{-1})(X - Mc)]$$

D = 權重距離

c = 某一分類別

X = 像元之訊號向量

Mc = c 分類群之均值向量

ac = c 分類群之機率百分比乘數

Covc = c 分類群像元值共變數

|Covc| = Covc 行列式

Covc⁻¹ = Covc 反矩陣

ln = 自然對數

T = 轉置函數 (矩陣代數運算子)

非植生地土地覆蓋分類係針對三種類別 (崩塌地、裸露地、水體) 進行之，首先分別針對三種非植生地選取適當之訓練樣區，此次利用最大概似法進行影像分類後，將崩塌地類別萃出，以利後續影像處理之用。

(四)既有輔助資訊萃取崩塌地圖層

為增加崩塌地圖層之準確度，本研究利用輔助資訊去除崩塌地錯誤分類結果，藉以提升精度輔助資訊，其內容如下：

A. 舊有裸露地圖層

採用第三次森林資源調查林地土地利用圖層進行過濾，選出圖層中舊有裸露地類別並予以匯出，同時配合航測數位影像將舊有裸露地圖層之 Twd 67 座標系統轉換為 Twd 97 座標系統，以利後續使用。

B. 非林地土地利用圖

採用國土利用調查圖層進行崩塌地錯誤分類過濾，方法是選出圖層中農業使用、建築使用之土地類別圖層將之切除。濾除農業使用土地主要目的為去除休、廢耕地，因為此類農業非植生地與崩塌地影像色調相近，常與崩塌地類別混淆，故利用圖層進行濾除；部份建築使用土地亦有相似之混淆情形，亦利用此方式處理之。

C. 坡度過濾

崩塌地發生與坡度有很大的關聯，許多研究指出，坡度為影響崩塌之重要因子，當坡度越高、坡地越不穩定，誘發崩塌的機率亦隨之增加(Lin et al.,2006；陳樹群等，2005)。蕭國鑫等(2003)指出，發生崩塌的坡度以 15° ~ 30° 的坡地居多，其次為 30° ~ 45° 的坡度範圍，坡度在 5° 以下或 75° 以上者，甚少有崩塌發生；劉盈劭(2001)指出，濁水溪支流陳有蘭溪地區之崩塌多發生在 20° ~ 50° 之間。因此本研究參考坡度 15° 之門檻值，並採用水土保持局公布之「山坡地土地可利用限度分類標準」之坡度分級標準，將坡度分級如下表：

表 4-1 坡度分級表

坡度級別	級序	坡度(S)範圍
一級坡	1	$S \leq 5\%$
二級坡	2	$5\% < S \leq 15\%$
三級坡	3	$15\% < S \leq 30\%$
四級坡	4	$30\% < S \leq 40\%$
五級坡	5	$40\% < S \leq 55\%$
六級坡	6	$55\% < S \leq 100\%$
七級坡	7	$S > 100\%$

由於坡度 15° 約略為坡度 30%，因此本研究利用數位高程模型計算之坡度圖層，以水土保持局公布坡度分級標準進行分級，濾除坡度 3 級坡以下(30%)之崩塌地錯誤分類。

(五)分類準確度評估

評估分類成果的良窳，一般最常用的分類精度評的方法為「誤差矩陣」(Error Matrix, Confusion Matrix, Contingency Table)，比較檢核資料與分類影像中相對應點的分類成果是否為同一類型。檢核點資料選取係以逢機點位產生 256 個點位資料，利用原始多光譜影像進行崩塌地之人工判釋外，並參考前期崩塌地圖層作為判釋依據。

為進一步探討崩塌地分佈資訊之準確程度，本研究利用誤差矩陣、總體準確度及 Kappa 值，分別檢測各分類別及總體分類之準確度，其計算公式如下：

1.總體準確度

$$OA = \sum_{i=1}^N X_{ii} / N \times 100\%$$

X_{ii} 誤差矩陣第i列第i行之值

N 評估像元總數，n 總分類組數

2.Kappa 值分類準確度評估法

$$\hat{k} = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{+i})}$$

N：觀測樣本數 r：誤差矩陣之行數(row)

X_{ii} ：誤差矩陣第i行i列元素

X_{i+} ：誤差矩陣第i列之和

X_{+i} ：誤差矩陣第 i 行之和

四、崩塌地潛勢推估

本研究採用簡李濱(1992)提出的不安定指數法(Dangerous Value Method)進行崩塌地潛勢推估，該方法屬於多變量分析法(Multivariate Analysis)，其方式係利用 95 年崩塌圖層針對高程、坡度、坡向、地質、距道路距離、距嶺線距離、距水系距離、地表粗糙度、地表起伏度等因子進行崩塌地潛勢推估。本研究亦採用本節「二、崩塌地地理環境因子分析」之因素分析成果，選定崩塌地潛勢因子進行潛勢推估。不安定指數法(Dangerous Value Method)計算步驟如下（簡李濱，1992）：

（一）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：

$$G_i = \frac{G_i}{G_{total}}$$

式中， G_i 代表第 i 級崩壞網格密度， G_i 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：

$$S_i = \frac{G_i}{\sum G_i}$$

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：

$$D_i = \frac{9(S_i - S_{\min})}{S_{\max} - S_{\min}}$$

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。

(二) 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：

$$V = \frac{\sigma}{X} \times 100\%$$

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：

$$W_j = \frac{V_j}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}$$

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。

(三) 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：

$$D_{total} = D_1^{W_1} \times D_2^{W_2} \times D_3^{W_3} \times \dots \times D_n^{W_n}$$

式中， D_{total} 為崩塌潛感值， D_1 、 D_2 、 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。

第二節 運用航照數位多光譜影像進行災害監測之研究

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。

本計畫針對火災災區之研究，係以大埔事業區第 227、228 林班所發生之森林火災為主題，透過火災前後 DMC 多光譜影像分析，並探討其變遷情形(圖 4-6)。

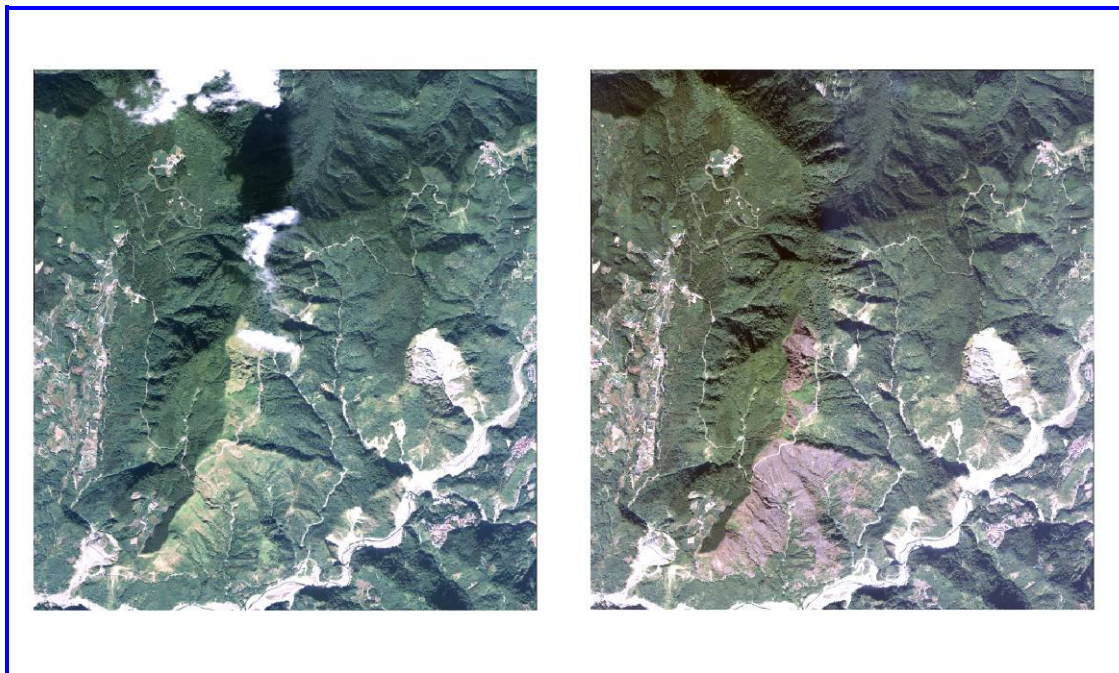


圖 4-6 災前及災後多光譜影像圖

一、火災災區光譜特徵分析

萃取火災災區之多光譜值，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。由於大埔事業區火災基地之植生類型以天然竹闊葉混淆林、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—除分析火災前後各林型之光譜特徵變化外，並透過光譜指標分析影像光譜特徵；此外，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，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。

二、火災區位萃取

用於火災判識方法有二：第一種方法係使用常態化植生指數 (NDVI) 將前後期 NDVI 影像相減，以取得 NDVI 之差異影像，進而減少其他土地類別之變遷混淆；第二種方法則利用主軸轉換法，取得第二軸資訊，進行影像變遷分析，同時利用門檻值萃取火災災區圖層，再將分析結果進行平滑化之後製處理與格式轉換，以取得火災災區圖層並進行受災面積估算，以利火災災區主題圖之製作(圖 4-7)。

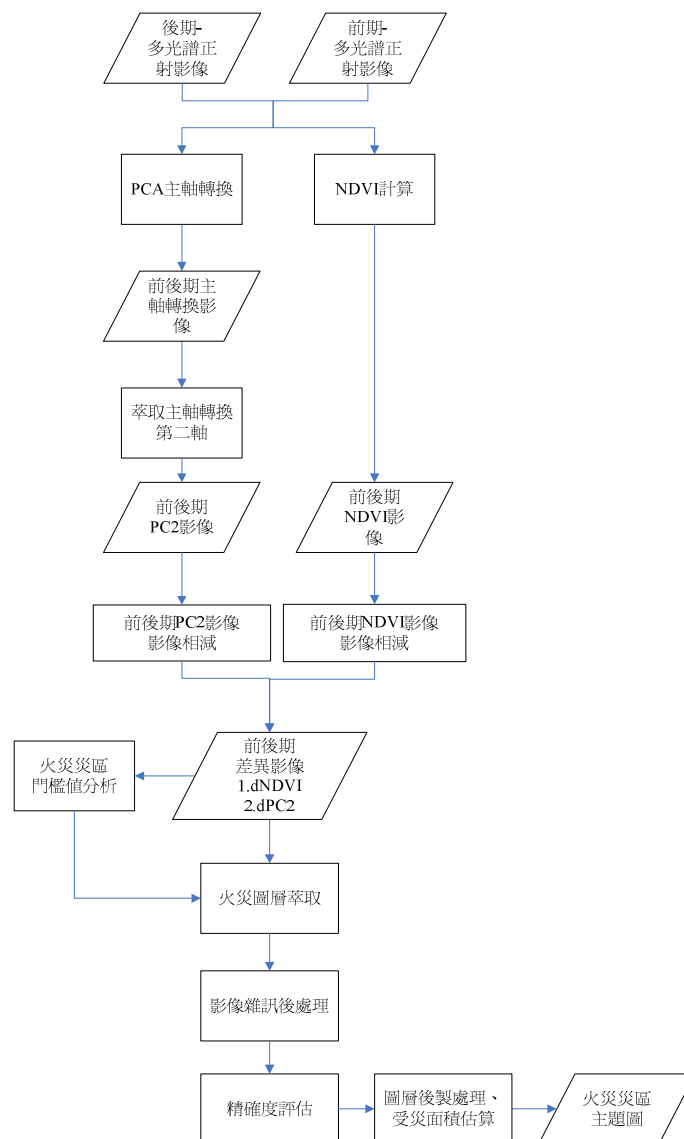


圖 4-7 火災災區自動判釋分析流程

(一) 常態化差異植生指標(Differenced Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)

利用兩期影像建立常態化差異植生指標(dNDVI)－由於藉兩期影像可以量測火災前後之植生差異，且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)(Jenson, 1995)。利用前期 NDVI 影像減掉後期 NDVI 影像，可以了解植生遭受火災損毀程度，其計算方式如下：

$$dNDVI = pre-NDVI - post-NDVI$$

NDVI 為常態化植生指標

post 為後期

pre 為前期

經過許多測試之後，參考直方圖分佈、統計均值、標準偏差，取得 dNDVI 之門檻值為 0.24，用以區別火災區域及非火災區域，並利用此門檻值切取火災受災區位。

(二) 差異主軸轉換第二軸(Differenced Second principal component)

應用主軸轉換方法計算災後影像－本計畫之影像經主軸轉換後，可得到四個主軸，第二軸可以清楚見到災後地區之亮度值較高，因此本研究採用第二主軸之影像進行火災區位萃取(如圖 4-8)。

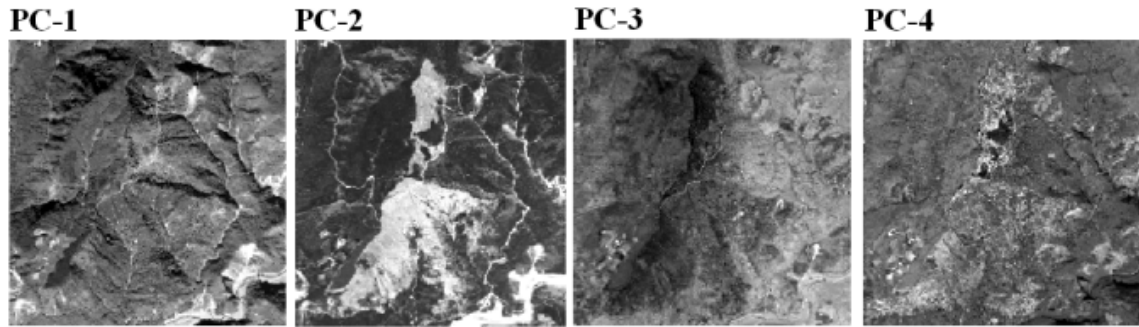


圖4-8 災後影像經由主軸轉換後所得之四軸影像

利用兩期影像所建立之災前－災後主軸轉換影像，可藉其第二軸影像之差異，量測火災前後亮度值之差異，藉以了解火災損毀變化，計算方式如下：

$$dPC2 = post-PC2 - pre-PC2$$

PC2 為主軸轉換第二軸

post 為後期

pre 為前期

經過許多測試之後，參考直方圖分佈、統計均值、標準偏差，取得 *dPC2* 之門檻值為 31，用以區別火災區域及非火災區域，並利用此門檻值切取火災受災區位。

(三) 圖層雜訊過濾

利用上述設定之門檻值將影像重新分類(*Reclassify*)為兩類，初步所產生之火災區位圖會有部份區域產生雜訊，且具嚴重椒鹽效應，故應設法將其去除，以提升精度。

本研究採用 Erdas Imagine 中 Focal Analysis 進行局部最小值(Erosion)運算，並以 3×3 及 5×5 兩種視窗大小進行，其方式係搜尋視窗內最小值，指派視窗中心像元為最小值，如此影像中一些斑點狀的雜訊的像元值 1 會由鄰近的 0 取代，藉此侵蝕影像中較小的影像物件，以達去除雜訊像元之目的，本研究採兩次的最小值運算，藉以充分去除雜訊像元。

經由兩次的最小值運算，去除了大部分的雜訊像元，但在火災發生的邊界像元也受到兩次的最小值運算所侵蝕，故須將被侵蝕像元進行增長，以恢復應有的變遷範圍，此部份同樣應用 Erdas Imagine 中 Focal Analysis 進行兩次局部最大值(Dilation)運算，以 3×3 及 5×5 視窗大小進行，搜尋視窗內最大值，指派視窗中心像元為最大值，藉此將被侵蝕的火災災區的邊界像元進行增長，以回復至原先之邊界範圍。

為評估分類成果的良窳，一般最常用的分類精度評估方法為「誤差矩陣」—比較檢核資料與分類影像中相對應點的分類成果是否為同一類型，檢核點資料選取係利用原光譜影像進行火災基地之人工判釋，並利用誤差矩陣、總體準確度及 Kappa 值，分別檢測各分類別及總體分類之準確度，以及比較經由後處理的影像精度是否有所提升。

三、火燒嚴重度製圖

火災的受害程度可分為三級：重嚴重度級、中嚴重度級，以及未受火災區域。利用前述步驟所得之門檻值切取火災區位，利用 dNDVI 及 dPC2 兩種處理方法進行受災分級，藉由前後期影像變化之程度來界定火燒嚴重度分類，並以照片判釋選取火燒嚴重度訓練樣區，萃取 dNDVI 及 dPC2 於各火燒嚴重分級的像元值，並進行統計分析以探討受災程度與影像變化之關係，除計算敘述統計外，並進行單因子變異數分析(One Way-ANOVA)，求取各災害嚴重度間平均數間之差異程度，以判定該反應變數是否具有區分各類土地類別之能力，並藉 Duncan 多重比較法分析各災害嚴重度間是否具有差異性。

本研究針對 dNDVI 及 dPC2 兩種處理方法分別進行 Jenks' Natural Breaks，將火災嚴重度依三等級予以區分。Jenks and Coulson (1963) 所提出的 Jenks' Natural Breaks 為一般常用分群方法之一，係利用數據本身的自然特性得到的分群方法；主要以選擇資料數據產生大跳躍(Big Jumps)之處作為分群依據，使每一分群中各資料變異的差值總和達到最小，此法可以區分出資料的極端值，也有助於考慮到資料本身最真實的特性。Jenks' Natural Breaks 計算公式如下：

$$SSD_{i,j} = \sum_{n=i}^j (A[n] - \text{mean}_{i,j})^2$$

或

$$SSD_{i,j} = \sum_{n=i}^j A[n]^2 - \frac{(\sum_{n=i}^j A[n])^2}{j - i + 1}$$

SSD 為平方差總和

A 為 1-n 的集合

$$1 \leq i < j < N$$

Mean_{i..j} 為類別邊界 i 和 j 的平均值

第三節 航照數位影像在林地分類上之研究

本研究重要目的之一，為利用航照數位多光譜影像針對第四次森林資源調查類別，進行影像分類之先期測試，以期達影像自動分類之終極目標。

一、 像元基礎之土地覆蓋型分類

首先採用像元為基礎之分類模式，利用監督性分類進行研究區之影像分類工作—以原始光譜值 R, G, B, NIR 針對各土地利用型進行監督性分類，利用 ERDAS Imagine 軟體根據訓練樣區進行演算，將每一個像元歸納入適當的土地利用類別。訓練樣區之選取，係依據人工進行照片判釋，並配合第三次森林資源調查土地利用圖層類別，彙整為第四次森林資源調查土地利用圖層類別後進行選取，以作為地真資料，所選取之樣點應具代表性，且以均質像元為主。

為了評估分類成果的良窳，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。其方式先以人工判釋原始影像建立地真資料，並配合第三次森林資源調查土地利用圖層與經匯整之第四次森林資源調查土地利用圖層，逢機選取已知點位作為檢核點，利用誤差矩陣、總體準確度及 Kappa 值，分別檢測各分類別及總體分類之準確度。

本研究以上述基礎步驟進行像元式影像分類，並以下列不同處理條件、主題進行分類測試分析，以測試較佳之分類模式：

(一) 不同影像分類法

針對 ADS-40 原始單一航帶進行先期試驗，空間解析力為 0.25m，初期針對 IPCC 6 類進行分類測試，並比較最大概似法 (Maximum Likelihood Classification)、馬氏距離法 (Mahalanobis Distance Classification)、最短距離法 (Minimum Distance Classification) 等分類法進行比較，以尋找較佳之分類方法。

1. 最大概似法

最大概似法係假設各波譜之反射值為常態分佈狀態 (Normal Distribution)，並利用歸屬機率為演算基礎，以其距離機率值之最小值為其歸屬類別，經由計算後可得分類之圖層。

2. 馬氏距離法

Mahalanobis 距離是 1936 年由 Mahalanobis 博士所提出，主要用來量測多維空間中兩個樣本點間之距離，用以辨識不同的群體。Mahalanobis 距離是將傳統的歐基里德距離用共變異矩陣來加以調整 (Swain and Davis, 1978)。

$$D = (X - M_c)^T (Cov_c^{-1}) (X - M_c)$$

D = 馬氏距離

c = 某一分類別

X = 像元之訊號向量

M_c = c 分類群之均值向量

Cov_c = c 分類群像元值共變數

Cov_c⁻¹ = Cov_c 反矩陣

T = 轉置函數 (矩陣代數運算子)

3. 最短距離法

Minimum Distance 是以逐像元的方式計算每個未知像元之光譜向之參考向量，得到兩向量間相對的歐基里德距離，用以作為分類之依據，並將每像元分類至與之距離最短的類別(Swain and Davis, 1978)。

$$SD_{xyc} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\mu_{ci} - X_{xyi})^2}$$

n = 波段數

i = 某一波段

c = 某一分類別

X_{xyi} = i 波段的座標 x,y 的像元值

μ_{ci} = c 分類的 i 波段的平均值

SD_{xyc} = 座標 x,y 的像元到 c 分類別平均值的光譜距離

(二) 不同取樣法

以單一航帶影像進行先期試驗，針對 IPCC 6 類進行分類，進行降解析力後分類精度測試，將解析力降為 5m，利用最近鄰域法 (Nearest Neighbor Interpolation)、雙線內插法 (Bilinear Interpolation)、立體迴旋法 (Cubic Convolution Interpolation) 重新取樣後，以最大概似法進行影像分類，並比較各取樣法取樣後的分類精度。

1. 最近鄰域法 (Nearest Neighbor Interpolation)

最近鄰域法先算出放大或縮小比率，藉以判斷新加入的點跟原本影像中的哪一個點比較接近，再將最近的點直接複製搬移過去。這種方法適合影像類型為影像內容非常銳化(例如方形)且顏色對比非常明顯，因為此演算法可以保持處理後的影像色調與原始影像相同。

2. 雙線內插法 (Bilinear Interpolation)

雙線內插法係以四個鄰近的像元加權平均值作為取樣之轉換值，此方法產生了一個較為均勻形狀的樣品重組，是屬於影像複雜的樣品重新取方法，即估計一些周圍的像元以計算出轉換之影像值。

3. 立體迴旋法 (Cubic Convolution Interpolation)

立體迴旋法是以最小平方法(Least Squares Method)與立方迴旋插值補償公式推導而來，運用此項新技術以重建影像。

(三) 不同空間解析力

本研究嘗試降低空間解析力，以比較各種空間解析力 0.25m、2m、5m、10m 之差異性；為保留原始影像資料不變故採用最近鄰域法 (Nearest Neighbor Interpolation) 進行重新取樣。

(四) 跨航帶鑲嵌影像

本研究針對 2008/09/21 拍攝的 A24 與 A25 航帶影像進行鑲嵌後進行影像分類，針對 IPCC 6 類進行分類測試，並以最大概似法進行影像分類，並運用下列處理試驗：

1. 無處理鑲嵌航帶分類

將兩航帶進行影像鑲嵌，保持原影像資訊，採用 ERDAS Imagine 軟體之 Mosaic Pro 模組進行鑲嵌處理。

2. 影像平衡處理鑲嵌航帶分類

將兩航帶進行影像鑲嵌，採用 ERDAS Imagine 軟體之 Mosaic Pro 模組 Color Corrections 中 Automatic Color Balancing 以及 Histogram Matching 功能，進行鑲嵌航帶影像校正。

(五) 不同分類類別

本研究針對不同分類別進行分類，首先採用最大概似法以第三次森林資源調查類別、第四次森林資源調查類別、IPCC 6 進行影像分類，以及比較成果精度。

(六) 分層過濾影像

本研究利用去除陰影與非植生之過濾影像，採用最大概似法進行影像分類，探討其精度。

二、物件基礎之土地覆蓋型分類

本研究另採用物件導向式影像分類，進行初步分類可行性評估。物件導向影像處理，乃利用一種影像物件分割技術，取得影像物件，並利用物件繼承多樣的影像資訊，以進行後續分類(圖 4-9)。

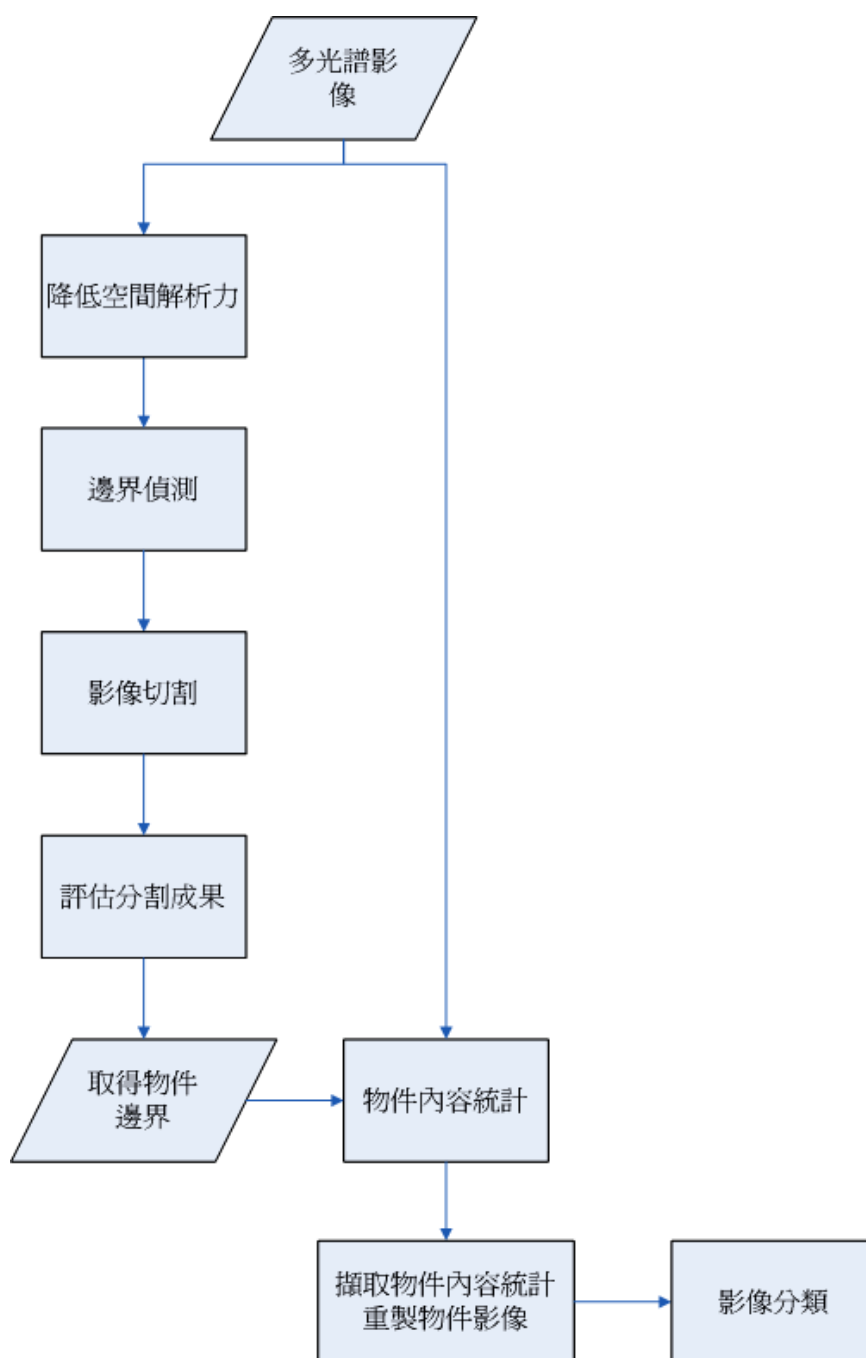


圖 4-9 物件導向分類流程

(一) 影像切割

影像分割是依據影像的特性，如光譜值或是紋理值，將影像特性相似的像素點聚集合併成同一區塊，一張影像經由影像分割會產生數個區塊，而產生之區塊優劣情形會影響之後的分類結果。

由於本研究所採用之影像為 ADS40 多光譜影像，其空間解析力較高(0.25m)，進行影像切割時會造成過度切割之情形，以及電腦計算能力之限制，因此針對切割之影像降低空間解析力，以利取得物件邊界。本研究採用降解析力降為 5m 進行影像切割。

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。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，Image Segmentation 採兩步驟進行影像切割：

1. 邊界偵測

針對影像之品質設定影像平滑預處理，減少邊界偵測時之雜訊，以利後續物件切塊之品質。設定鄰近像元門檻值，偵測相鄰網格數值較大變化區域，並設定邊界最小長度，以產生邊界偵測影像。

2. 切割參數設定

設定相鄰切塊像素的最小差異值，如相鄰像素之間的差額小於最低值，則視為一部分相同的切塊部分，設定方法乃以變異數因子決定物件切塊之變異量以及是否進行擴張。

(二) 物件內容統計

經由影像切割後取得物件邊界，再利用物件邊界針對原影像內之像元值進行區域統計，計算物件內光譜均值、標準偏差等統計數值，亦可加入光譜指標、紋理指標、地形因子等統計值。本研究初步僅採用 R、G、B、NIR 光譜均值作為物件內容統計值。

經由物件內容統計後，使物件繼承各參數統計值，並進行重新取樣，將物件內容統計值重製為物件影像，將 R、G、B、NIR 光譜均值的物件內容統計值重新取樣為四波段之物件影像，以利後續分類。

(三) 監督式影像分類

本研究將四波段之物件影像採用最大概似法進行影像分類，初步採用四波段光譜均值之統計參數之物件影像進行監督性分類，同時亦針對不同分類類別進行測試。

(四) 分類準確性評估

為了評估分類成果的良窳，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，檢核點資料選取係以逢機點位產生驗證點位資料，而各分類別係利用原光譜影像進行人工判釋取得；檢核方式係利用誤差矩陣、總體準確度、及 Kappa 值，分別檢測各分類別及總體分類之準確度。

第五章 執行情形及結果分析

第一節 崩塌地與敏感區內地形變遷之研究

一、非植生地光譜特徵分析

本研究採用 ADS-40 多光譜影像，以崩塌地、河床、休耕地、建地 4 類非植生地之光譜值分析，進行非植生地波譜統計、雙光譜圖分析、變異數分析。

(一) 非植生地波譜統計

在視覺上判釋崩塌地與休耕地時，崩塌地與休耕地的色調較為相似，但比較崩塌地與休耕地之光譜值，除近紅光波段外，崩塌地的紅、綠、藍波段皆比休耕地為高，故兩類別的光譜值是有差異的(表 5-1)。

相較於其他非植生類別，河床的光譜值與指標值皆呈現較低的標準偏差，其光譜值變異較小，表示河床的光譜特性較具同質性。建築地的光譜數值在各波段都較高，且呈現較大的標準偏差，故建築地呈現較大的變異量，因此建築地的光譜值具較高複雜性(表 5-1)。

分析對象為非植生地，在 NDVI 與 SAVI 皆呈現負值，其中休耕地的 NDVI 值最高而河床最低，而 SAVI 值之情形亦為如此 (表 5-1)。

表 5-1 非植生地波譜統計

土地類別	崩塌地	河床	休耕地	建地
波段	平均值 (標準偏差)			
R	3232.86 (840.34)	1840.91 (237.62)	2779.47 (651.68)	4233.93 (1864.65)
G	3371.038 (839.24)	2185.76 (249.42)	2808.03 (601.57)	3700.93 (2540.21)
B	2476.566 (537.69)	2069.43 (173.63)	1897.11 (313.55)	2785.82 (1536.03)
NIR	2127.968 (542.70)	1051.41 (120.19)	2373.54 (446.75)	2920.89 (1026.56)
NDVI	-0.18 (1.52)	-0.27 (0.02)	-0.07 (0.11)	-0.17 (0.10)
SAVI	-0.39 (1.53)	-0.54 (0.047)	-0.15 (0.23)	-0.33 (0.21)

(二) 非植生地雙光譜圖分析

在雙光譜圖的分析成果中，四類非植生地類別在雙光譜圖的特徵空間分布上皆位於土壤光譜曲線上，係因這四類別皆無植生反應(圖 5-2 至圖 5-5)，由各土地利用型的近紅外光於紅光的光譜夾角可知各土地利用型的植生反應，若 θ 愈大則植生反應越大；反之，則植生反應愈小。由圖 5-2 至圖 5-5 之結果可知， θ 值以休耕地最高 39.85° ，建地 36.98° 次之，崩塌為 34.69° ，而河床之光譜夾角 28.34° 最小(表 5-2)。

表 5-2 非植生地光譜夾角

土地類別	崩塌地	河床	休耕地	建地
光譜夾角 θ	34.69°	28.34°	39.85°	36.98°

本研究以非植生地的類別進行分析，雖比較其植生反應在實質上並無意義，但結果中亦顯示休耕地呈現具較高的植生反應，可見休耕地相較於其他類別可能隱含較多微量植生(少數雜草)，此類微量植生雖在影像中無法以視覺辨別，但在光譜特性上仍會隱約呈現。

影像中的乾裸土區與濕裸土分別位於土壤光譜曲線兩端，由此特徵可了解裸露地的乾濕情形，乾裸土在紅光與近紅外光的反射皆較高，故乾裸土分布在土壤光譜曲線上端，而濕裸土則反之，在紅光與近紅外光的反射皆較低(Jensen, 2000) (圖 4-1)。

由崩塌地的雙光譜圖中，呈現明顯的兩大區塊分布，分別在乾土壤區塊與濕土壤區塊，表示崩塌地的地表狀況皆具有乾、濕裸地的類型，未來有待釐清崩塌地地表類型乾濕度與光譜分布的關係(圖 5-1)。

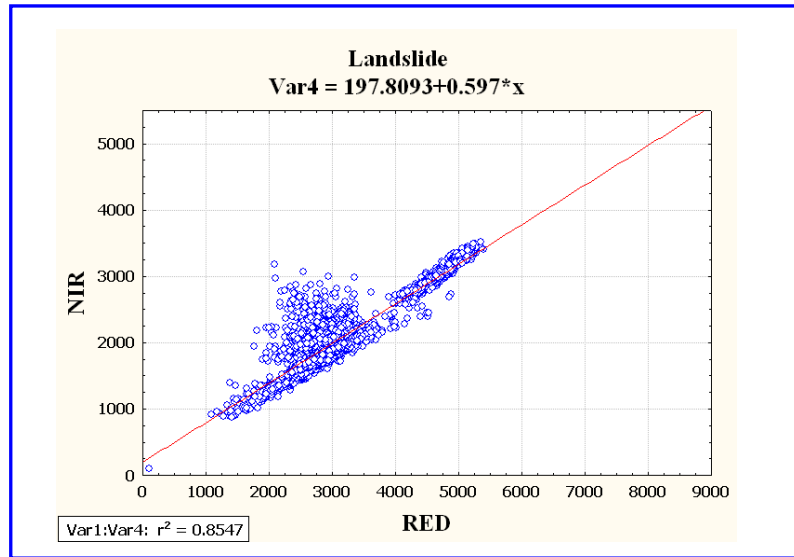


圖 5-1 崩塌地雙光譜圖

河床的雙光譜圖呈現十分集中的情形，且區塊分布的於雙光譜圖濕土壤基點部位，由此可見河床之光譜分布屬於濕土壤，與河床地土壤性質濕潤的實際情形十分符合(圖 5-2)。

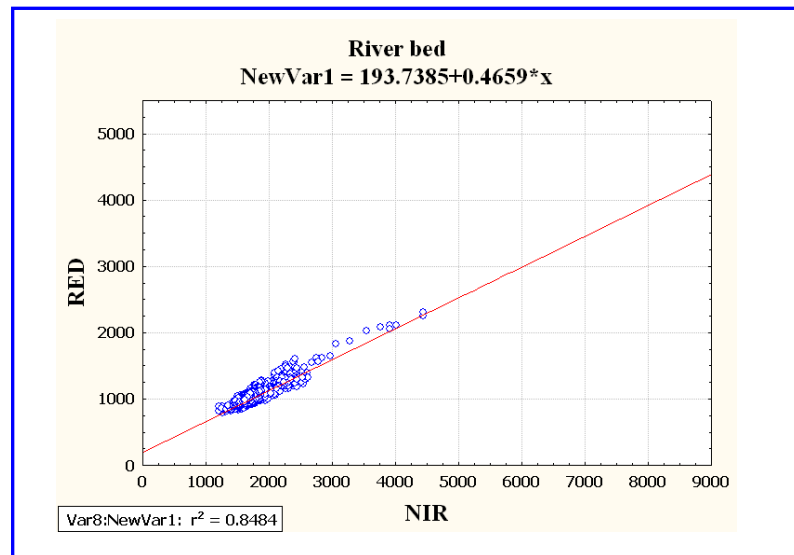


圖 5-2 河床雙光譜圖

休耕地雙光譜圖中，屬濕土壤部份呈現較低的紅光與近紅外光反射，但有部份光譜樣點介於低植生量區塊；相較於其他類別，其樣點分布較不一致性，故紅光與近紅外光線性關係較低($r^2=0.2$)(圖 5-3)。

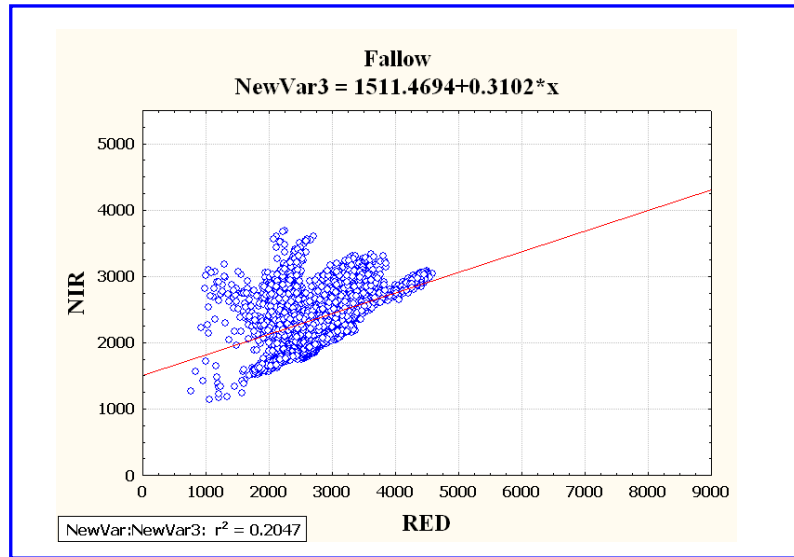


圖 5-3 休耕地雙光譜圖

建築地的雙光譜圖中，呈現多樣的區塊分布情形，因建築的屋頂顏色繁多，故其雙光譜圖分布較複雜；相較於其他非植生地類別，建築地在紅光與近紅外光的反射皆較高。利用光譜特性進行建地的分類可能導致較大的變異，較易與其他非植生地類別混淆(圖 5-4)。

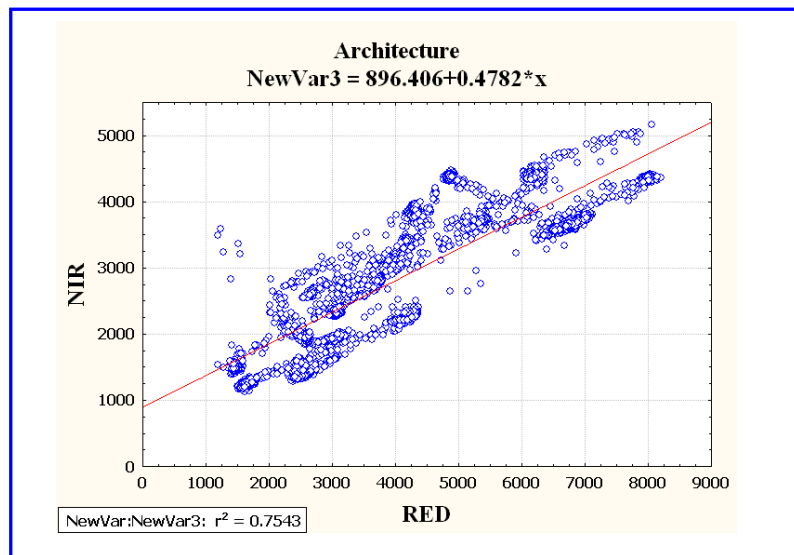


圖 5-4 建築地雙光譜圖

(三) 非植生地變異數分析

在單因子變異數分析(One Way-ANOVA)的結果中，四類非植生地土地類型對於紅、綠、藍、近紅外光波段以及 NDVI、SAVI 皆呈現極顯著差異(表 5-3)。

表 5-3 非植生地單因子變異數分析成果

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
紅光	組間	11790850449.072	3	3930283483.024	3211.194	.000
	組內	20505758249.314	16754	1223932.091		
	總和	32296608698.386	16757			
綠光	組間	5216739538.874	3	1738913179.625	873.311	.000
	組內	33360127772.775	16754	1991173.915		
	總和	38576867311.648	16757			
藍光	組間	2075919512.127	3	691973170.709	949.368	.000
	組內	12211616076.094	16754	728877.646		
	總和	14287535588.221	16757			
近紅外光	組間	7090863116.078	3	2363621038.693	5762.538	.000
	組內	6871990927.331	16754	410170.164		
	總和	13962854043.408	16757			
NDVI	組間	82.797	3	27.599	3952.654	.000
	組內	116.983	16754	.007		
	總和	199.781	16757			
SAVI	組間	330.939	3	110.313	3951.027	.000
	組內	467.774	16754	.028		
	總和	798.713	16757			

而在 Duncan 檢定的結果中，所有變數在各非植生地土地類型皆呈現顯著差異，因此各因子對四類非植生地土地類型都具有鑑別能力。由各組的 F 值中，近紅外光為 5762.52 最大，NDVI 為 3952.65 與 SAVI 為 3951.02 次之，再次之為紅光 3211.19，而在綠光與藍光則較小。因 NDVI 與 SAVI 皆是由近紅外光與紅光所組合而成之指數，故近紅外光與紅光佔較大之變異量，其中近紅外光所佔變異量最大(表 5-4)，近紅外光不僅可明顯區分水體和草地，且其光譜反射能力亦可初步區分崩塌裸露地、植生地與混凝土建築物之差別(Xiao et al., 2002)。

表 5-4 Duncan 檢定成果

變項	F-值	Duncan 檢定
原始影像 DN 值	紅光	3211.19** 河床 ^a 、休耕地 ^b 、崩塌地 ^c 、建築 ^d
	綠光	873.31** 河床 ^a 、休耕地 ^b 、崩塌地 ^c 、建築 ^d
	藍光	949.37** 河床 ^a 、崩塌地 ^b 、建築 ^c 、休耕地 ^d
	近紅外光	5762.52** 河床 ^a 、崩塌地 ^b 、休耕地 ^c 、建築 ^d
	NDVI	3952.65** 河床 ^a 、崩塌地 ^b 、建築 ^c 、休耕地 ^d
	SAVI	3951.02** 河床 ^a 、崩塌地 ^b 、建築 ^c 、休耕地 ^d

二、崩塌地環境因子分析

本研究採用因素分析主成分法進行崩塌影響因子之抽取。而依據 Kaiser (1970)所訂出準則指出，選取因素時以特徵值大於 1 之共同因素，為了達到將因素結構簡單化之目的，將資料進行直交轉軸，採用方法為正規化最大變異法(Varimax)。萃取 Varimax 轉軸過後之前 4 項因子成分軸，並選取因子負荷量絕對值大於 0.7 作為成分軸中之代表因子，累積總解釋率為 72.25% (表 5-5)。本研究依據各成分軸之影響因子，予以命名。

表 5-5 因子負荷表

	PC1	PC2	PC3	PC4
	2.30411	1.16126	1.16003	1.15482
	28.80133	14.51580	14.50041	14.43521
	28.80133	43.31712	57.81754	72.25275
高程	0.80784	-0.33177	-0.22658	-0.17503
水系	0.84388	0.10713	-0.03821	-0.03318
地質	-0.13527	0.16969	0.75923	-0.13449
坡向	-0.13826	0.22641	-0.67380	-0.12204
坡度	0.02951	0.90601	-0.05747	-0.03509
道路	0.86560	0.03829	0.20751	0.03266
嶺線	-0.38751	0.34717	0.15492	0.55734
粗糙度	0.04071	-0.12963	-0.08022	0.88157

由第一成分軸之影響因子可知，崩塌地是以其所在位置高程(0.807)、距水系距離(0.843)、距道路距離(0.865)為最具影響之因子，而海拔較高、較靠近水系以及道路的地區為崩塌地發生較頻繁之地區，故將此軸命名為「環境區位因子」(表 5-5)。

第二成分軸影響因子為坡度(0.906)，坡度陡峭容易使得坡面的下滑力增加，進而導致崩塌作用發生(陳添水，2005)，坡度屬於坡面狀況之相關因子，故將第二成分軸命名為「坡面狀況因子」。

第三軸成分軸則以地質(0.759)、坡向(-0.674)為影響因子，大甲溪事業區境內崩塌地的地質分為四稜砂岩、眉溪砂岩、白冷層、廬山層、蘇樂層、畢祿山層、西村層、佳陽層、達見砂岩，其中崩塌地發生的地質又以畢祿山層為最多(表 5-6)，顯示在事業區內畢祿山層是屬於容易發生崩塌的地區，故將第三成分軸命名為「地理狀況因子」。

表 5-6 崩塌地質網格數

地質	崩塌網格數
四稜砂岩，眉溪砂岩，白冷層	532
大桶山層，乾溝層，水長流層	26
廬山層，蘇樂層	480
畢祿山層	1076
西村層，佳陽層	673
達見砂岩	696

第四軸成分軸則以地表粗糙度(0.881)、嶺線距離(0.557)為崩塌地的影響因子，林淑媛(2003)曾指出地表粗糙度係為崩塌發生因素中較關鍵的因子，粗糙度大的地區容易發生崩塌，故將第四成分軸命名為「地表狀況因子」。

由上述結果指出，高程、坡度、地質、距道路距離、距水系距離、地表粗糙度較具影響，而坡向、距嶺線距離則影響力較低。

三、崩塌地圖層建置流程

(一) 陰影區域分析

1. 陰影自動判釋

本研究採用亮度值法進行陰影自動判釋，經由亮度值法計算過後的亮度值影像，平均各波段的像元值，在陰影部份呈現較低的像元值，利用頻度分布圖上斜率轉折處設定門檻值，經由設定門檻值即可有效萃取陰影區位(圖 5-5)。

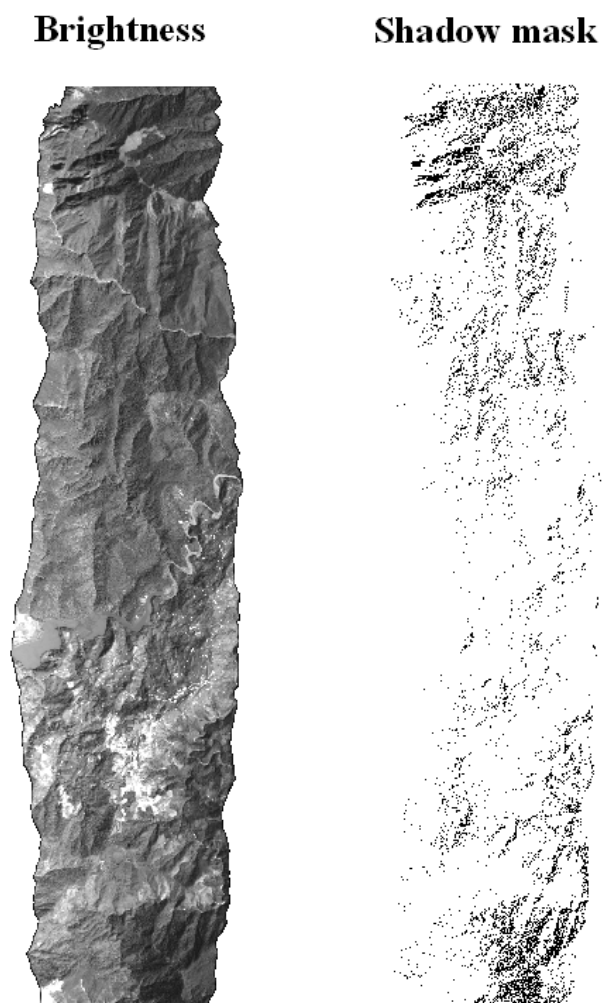


圖 5-5 亮度值計算與陰影遮罩成果

圖 5-6 為陰影偵測成果的細部放大，圖左為原多光譜影像，圖右中黑色遮罩部位為偵測出的陰影區位，陰影區位被精確的偵測出來；其中以樹冠陰影佔大多數，呈現碎塊狀分布，較大塊的陰影主要為地形陰影。

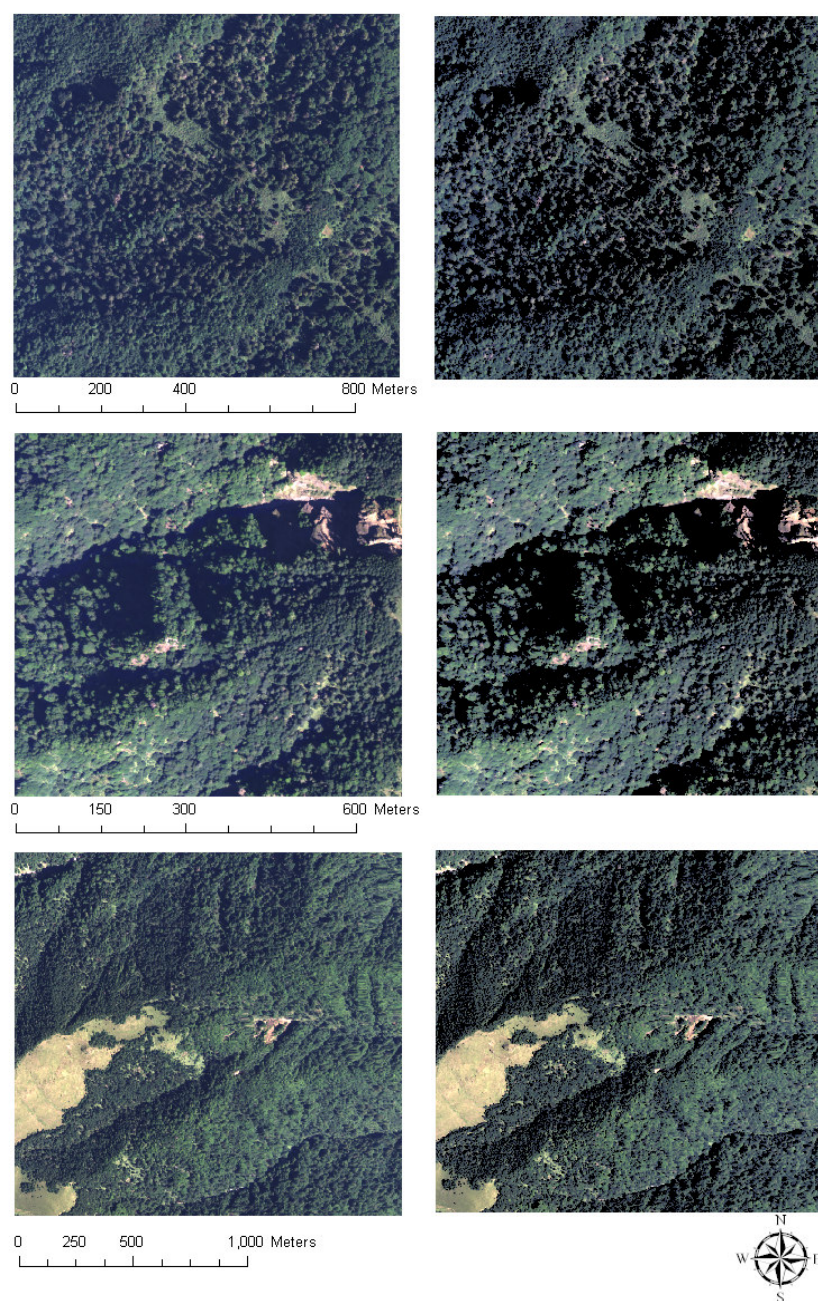


圖 5-6 陰影偵測成果

2. 陰影區域校正

經由陰影自動判釋取得陰影影像後，本研究進一步進行陰影影像之分析，由各波段陰影數值範圍的直方圖可發現，各波段的數值分布皆呈現常態分布之情形，其中紅光分布的像元值範圍較窄，介於 0-436 之間；綠光介於 0-692 之間；藍光介於 0-965 之間；近紅外光介於 0-1024 之間。由直方圖之結果可了解，陰影影像帶有相當豐富的資訊(圖 5-7)，可見 ADS-40 12-bit 之影像確實對於陰影資訊的恢復具有潛力，故將 ADS-40 之陰影影像進行進一步之分析及影像校正試驗。

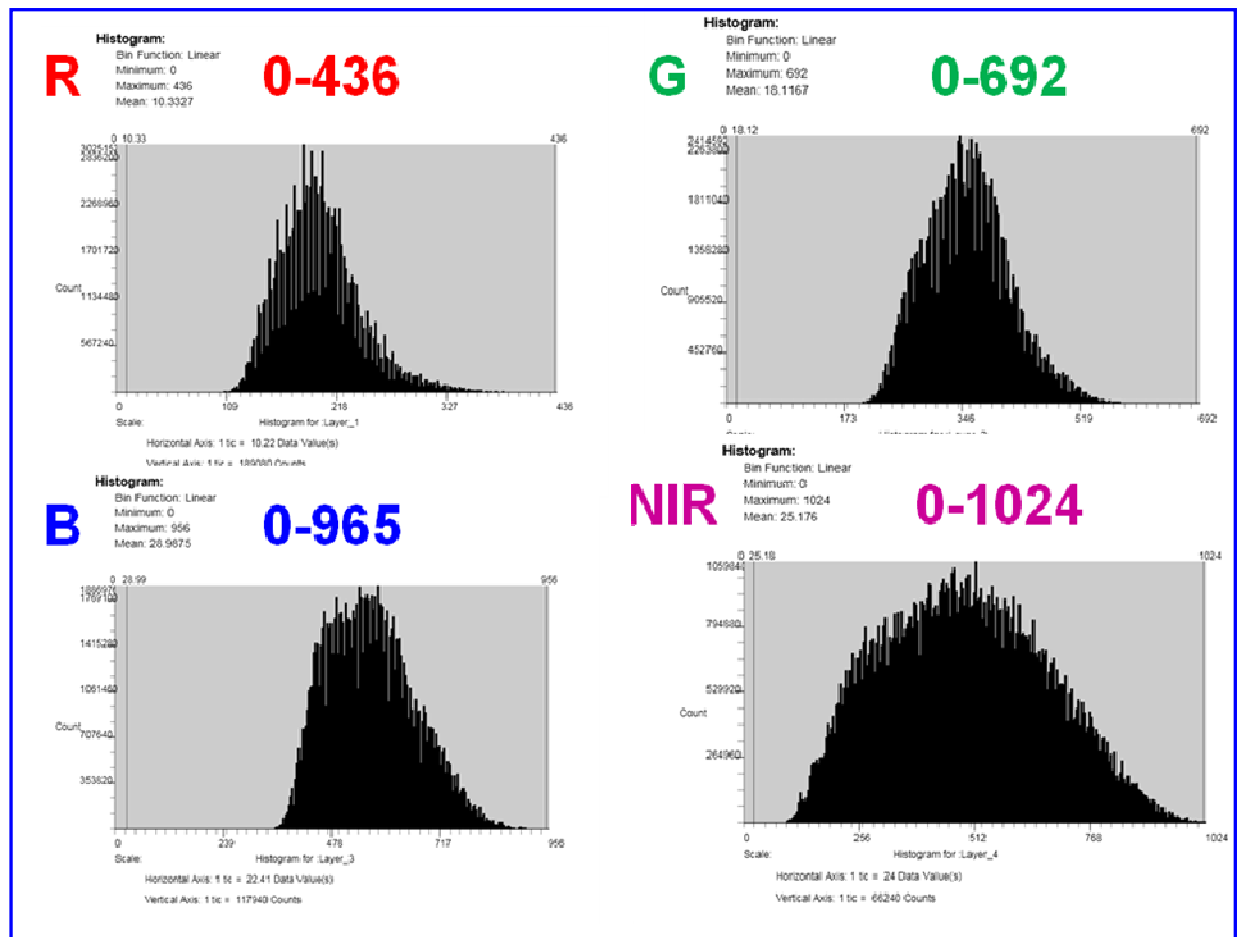


圖 5-7 各波段陰影影像數值分布直方圖

陰影之校正係將非陰影區影像設為參考影像，陰影區影像設為目標影像，利用直方圖匹配(Histogram Matching)進行陰影影像的增揚(圖 5-8)。

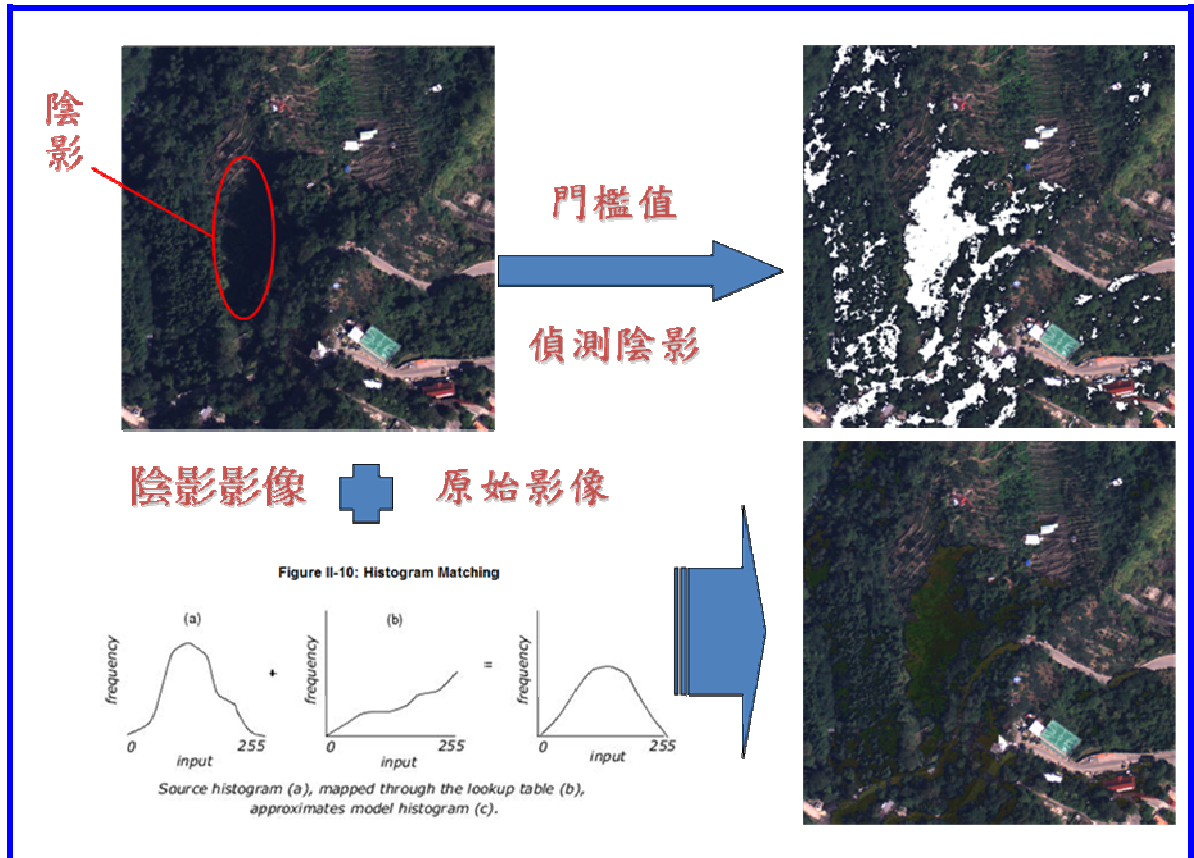


圖 5-8 陰影區域校正

陰影影像經由直方圖匹配後，結果呈現過度增揚之情形，由圖 5-9 中可見各波段在直方圖匹配處理前後的數值分布，以及與無陰影區域的數值分布差異，可明顯看出經由直方圖匹配後，所有波段的陰影影像都呈現過度增揚的情形，其數值分布明顯高於非陰影影像（表 5-7）。

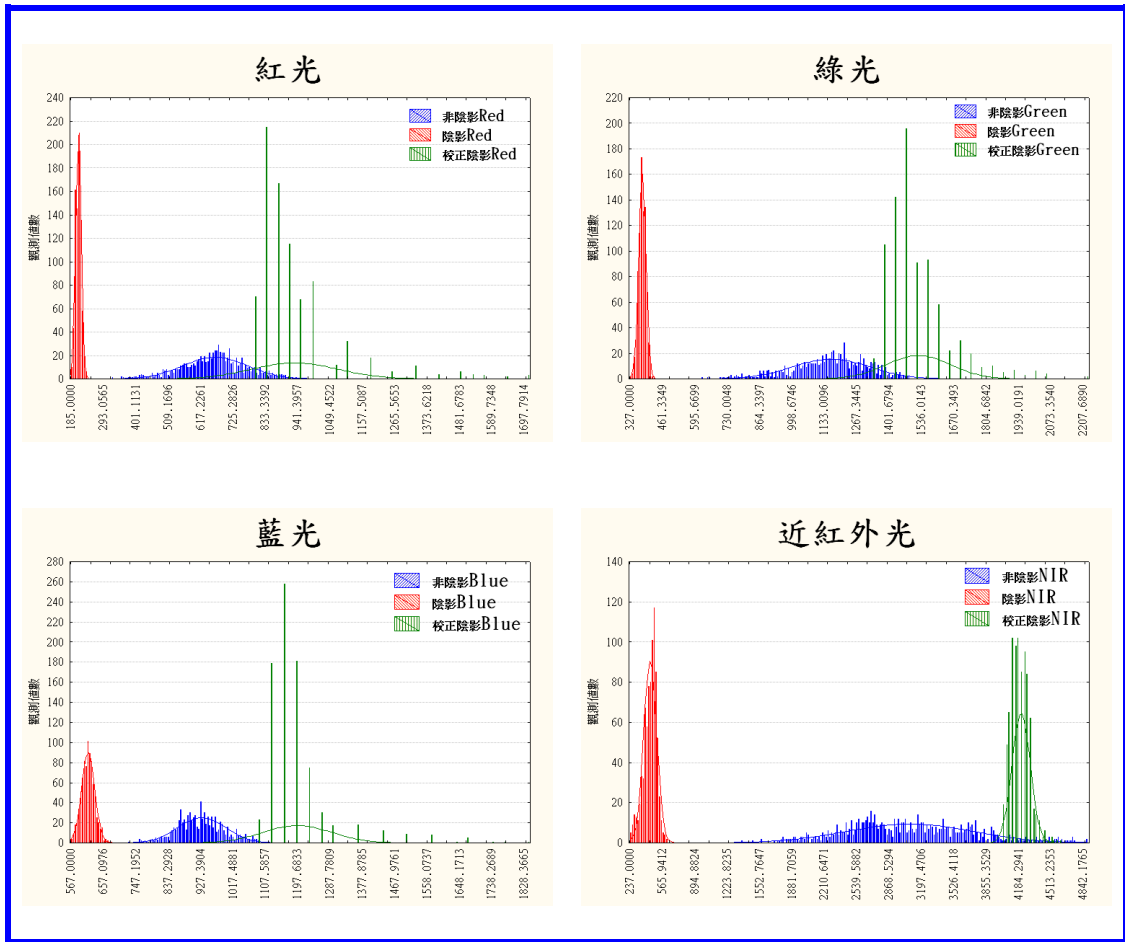


圖 5-9 各波段陰影校正直方圖

表 5-7 陰影校正統計值

	非陰影區塊	陰影區塊	直方圖校正陰影區塊
	平均值 (標準偏差)		
紅光	665.02 (106.70)	210.63 (9.10)	928.78 (143.61)
綠光	1158.20 (158.60)	378.58 (15.07)	1518.58 (133.07)
藍光	929.87 (66.21)	615.01 (18.25)	1193.91 (94.87)
近紅外光	3069.70 (643.54)	422.78 (65.74)	4194.21 (92.33)

採用非陰影影像作為參考影像進行糾正，因為非陰影影像所涵蓋之範圍較大且內容多樣性高，其像元值之分布較寬廣，利用直方圖匹配將像元值分布較窄的陰影影像拉伸至非陰影的分布情形，導致地物產生過度增揚之情形，故對於參考影像之選擇應慎重考慮。惟經由增揚後，部分地物可以從陰影中呈現，因此建議未來可將陰影影像個別進行增揚處理，同時測試多種影像增揚模式，以利將隱含之地物資訊萃出。

(二) 植生與非植生地分類

利用常態化植生指數之門檻值將植生與非植生地先行分開，選定 $NDVI \leq 0$ 為非植生地， $NDVI > 0$ 歸為植生地後，針對前述步驟所得之無陰影影像進行植生與非植生地分類工作。

圖 5-10 為利用 NDVI 門檻值所切取之多光譜影像之局部放大，利用 NDVI 門檻值確實可有效切取非植生地，由圖中可看到房屋、道路、崩塌地被有效地區分出來。

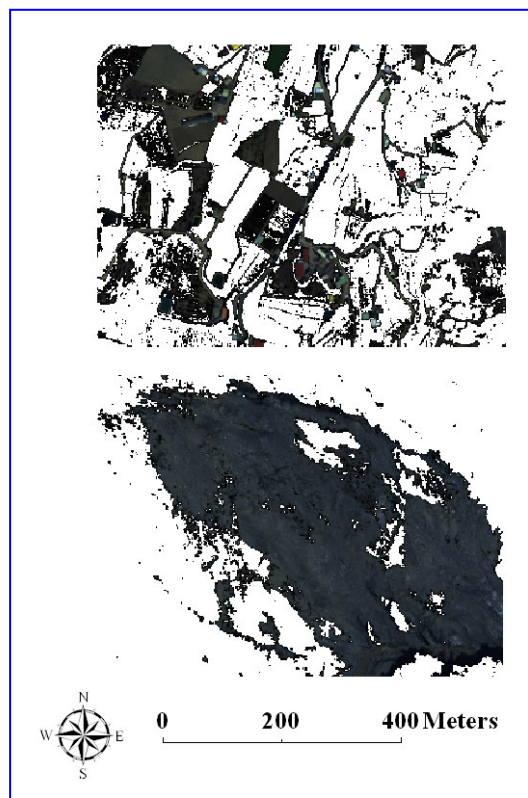


圖 5-10 NDVI門檻值所切取之多光譜影像局部放大

因非植生區域尚具有多樣土地類型，如建物、道路、河道等區塊，欲再細分出崩塌地，需再進行監督性影像分類，以利崩塌地圖層的萃出，故利用 $NDVI \leq 0$ 的非植生區塊範圍切取原始多光譜影像，取得非植生之多光譜影像區塊，以利後續分類。

本研究採用下列三種影像過濾方式進行後續分析：陰影區域影像—擬嘗試將陰影影像進行恢復；陰影去除之非植生影像—進行非植生地的影像分類；陰影去除之植生影像—進行植生地的影像分類(圖 5-11)。

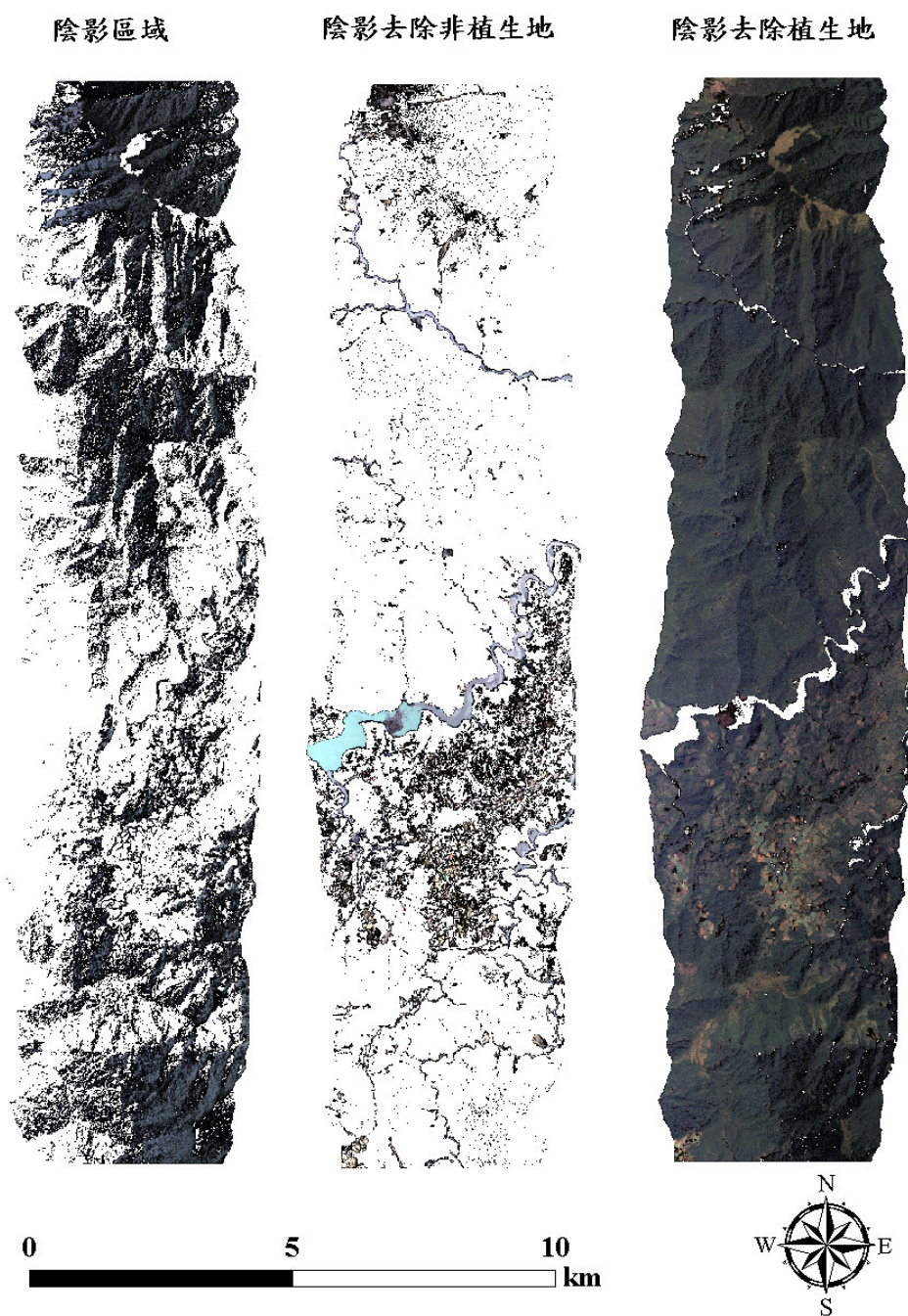


圖 5-11 陰影區域影像、陰影去除非植生影像、陰影去除植生影像

(三) 非植生地分類

針對陰影去除的非植生地影像進行監督性影像分類，採用原始光譜值紅、綠、藍、近紅外光波段，以最大概似法進行影像分類，以崩塌地、裸露地、水體三類進行區分。分類結果圖如圖 5-12，非植生地分類之檢核成果，總體分類準確度 = 76.56%，總體 Kappa = 0.56 (表 5-8)，誤差主要在於崩塌地與裸露地的混淆，在分類精度上仍有許多進步空間。

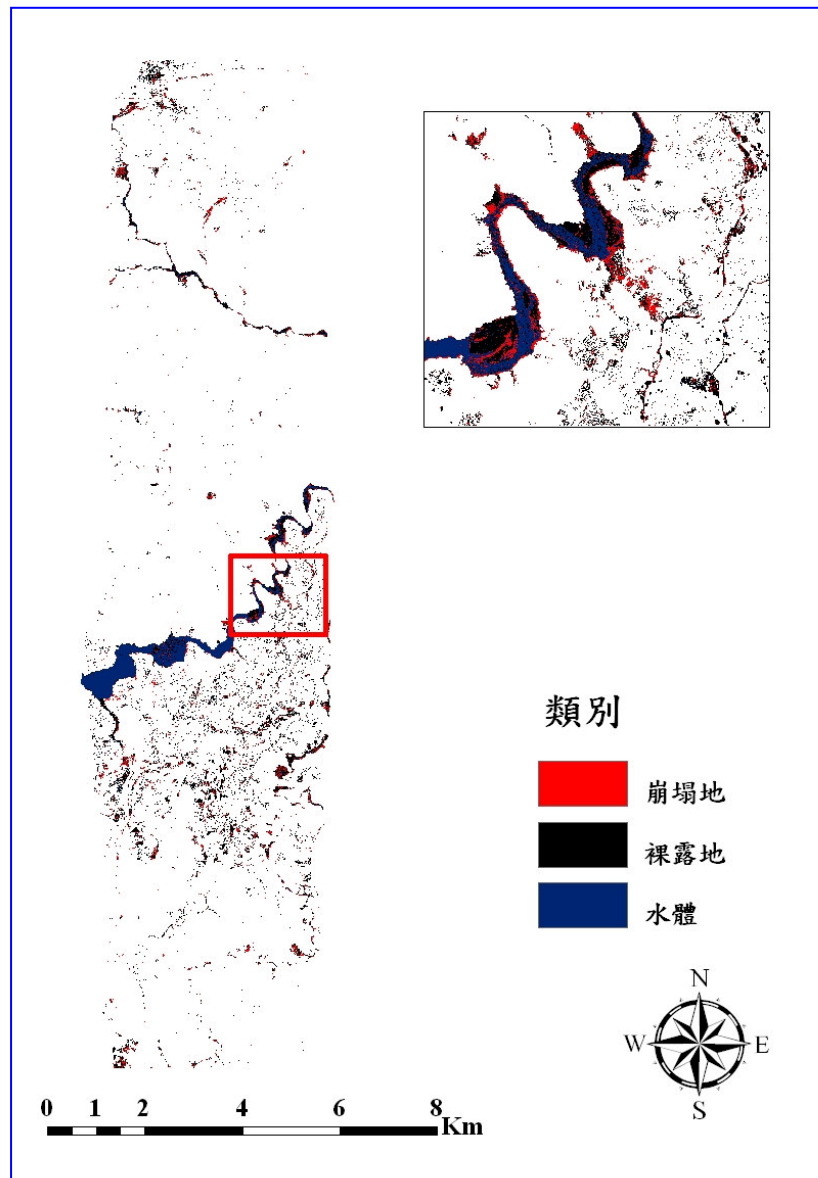


圖 5-12 非植生地分類成果圖

表5-8 非植生地分類之檢核成果

	崩塌地	裸露地	水體	總合	使用者精度(%)
崩塌地	27	26	1	79	50.00
裸露地	21	141	9	109	82.46
水體	1	6	41	61	85.42
總合	49	173	51	249	
生產者 精度(%)	55.10	81.50	88.14		總體準確度 = 76.56% 總體Kappa = 0.56

在檢核的過程中，發現大部份休耕地被分為崩塌地，以及部份建物亦被分為崩塌地，故對於崩塌地與裸露地的影像分類，尚需進行其他處理以提高產出精度；水體的分類結果亦產生誤差情形，究其原因為部份水體呈現較為混濁的泥流狀況，導致在影像分類上與裸露地產生混淆。

(四) 既有輔助資訊於非崩塌地雜訊過濾

為進行非崩塌地雜訊過濾，本研究利用舊有裸露地圖層、非林地土地利用圖、坡度圖等輔助資訊進行之，透過既有輔助資訊協助崩塌地過濾後，非植生地的分類成果明顯提升，其總體分類準確度達 80.32%(總體 Kappa 值 0.69)(表 5-9)。

表5-9 加入既有輔助資訊於非植生地分類之檢核成果

	崩塌地	裸露地	水體	總合	使用者精度(%)
崩塌地	52	24	3	79	65.82
裸露地	9	96	4	109	88.07
水體	3	6	52	61	85.25
總合	64	126	59	249	
生產者 精度(%)	81.25	76.19	88.14		總體準確度 = 80.32% 總體Kappa = 0.69

上述成果較原非植生地之分類結果為佳(總體準確度 76.56%，總體 Kappa 值 0.56)，其中利用農業、建築使用土地的類別圖層去除了許多原有錯誤分類；而濾除坡度 30%以下的資訊，則明顯可以去除大部份由河道及其他平地區域所產生的錯誤分類(圖 5-13)。不過由於本研究採用 40×40m 數位高程模型所產生之坡度圖層，其空間解析力較差，僅能粗略的濾除部份錯誤，未來將加入較高解析力的數位高程模型，預期可有效改善崩塌圖層產出之品質。

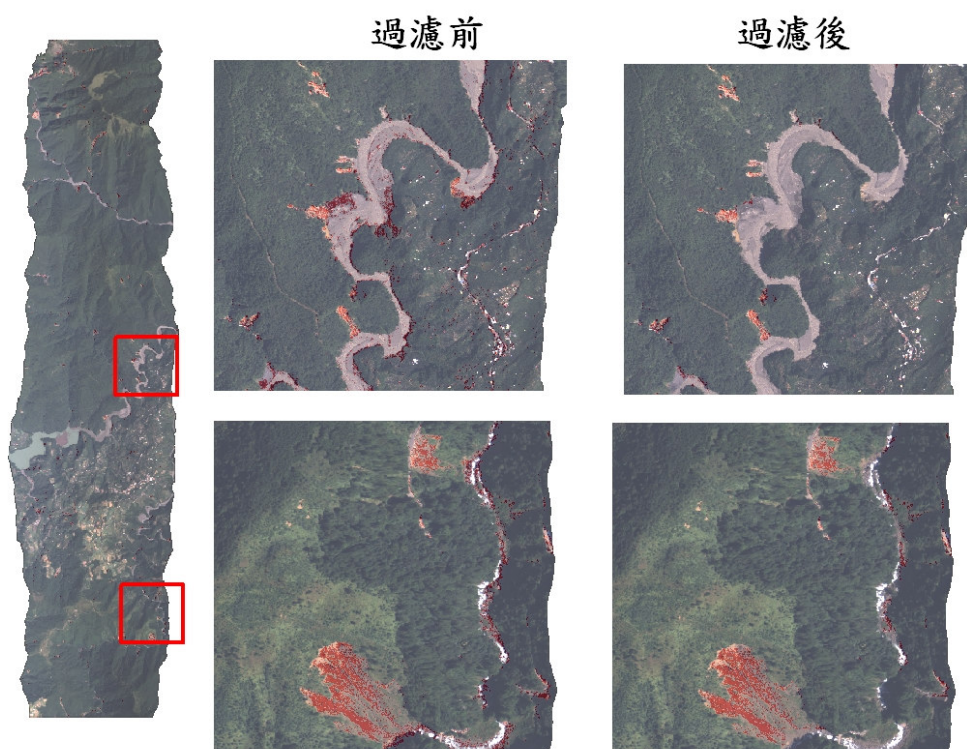


圖5-13 經由既有輔助資訊協助過濾前後之比較圖

四、崩塌地潛感推估

本研究採用不安定指數法進行崩塌地潛勢推估，利用 95 年崩塌圖層針對高程、坡度、坡向、地質、距道路距離、距嶺線距離、距水系距離、地表粗糙度、地表起伏度等進行崩塌地潛勢推估(圖 5-14 至圖 5-23)。

(一) 高程因子

大甲溪事業區區域內，高程均以 500m 為分類標準，將海拔 1,000m~4,000m 分為六個級別(圖 5-14)。

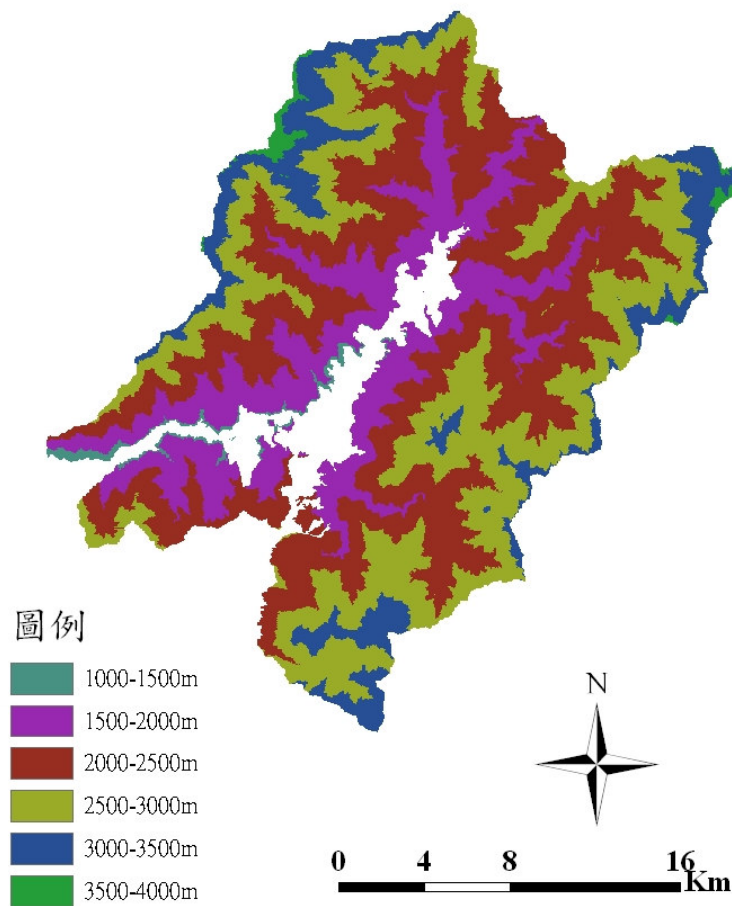


圖5-14 高程分布圖

(二) 坡度因子

坡度為邊坡之傾斜斜率，與邊坡穩定性具有相關性，邊坡越傾斜，坡地物質向下滑動力亦越高，將提升崩塌之機率，本研究根據水土保持技術規範將坡度分為七個級別(圖 5-15)。

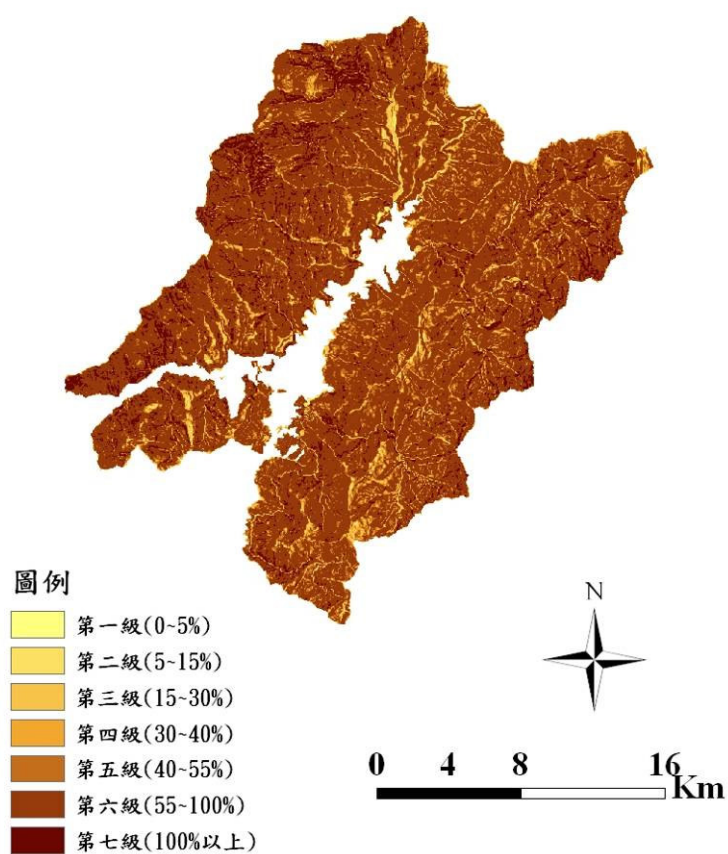


圖5-15 坡度分布圖

(三) 坡向因子

坡向部份，依各方位分布情形統一劃分為東北方、東方、東南方、南方、西南方、西方、西北方、北方等八類 (圖 5-16)。

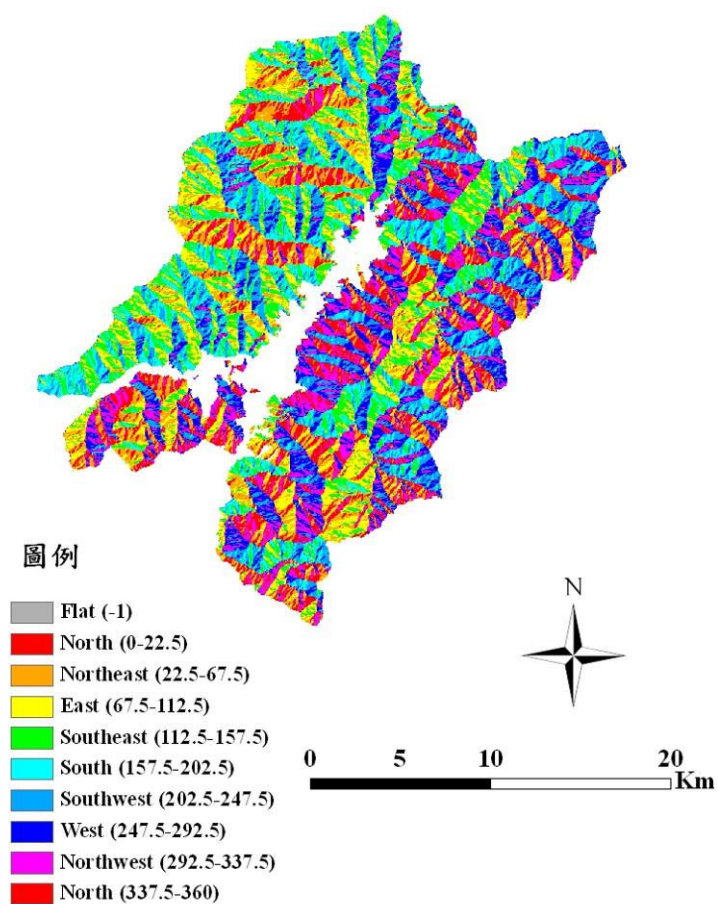


圖5-16 坡向分布圖

(四) 地質因子

大甲溪事業區內，地質主要有四稜砂岩、眉溪砂岩、白冷層、大桶山層、乾溝層、水長流層、廬山層、蘇樂層、畢祿山層、西村層、佳陽層與達見砂岩等，本研究依其性質將岩層分為六個不同類別(圖5-17)。

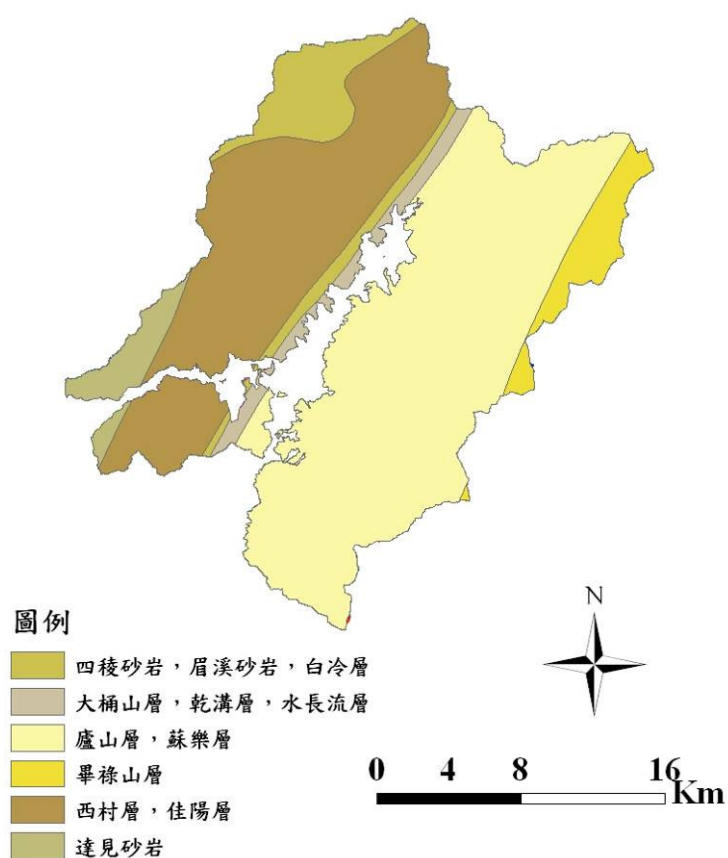


圖5-17 地質分布圖

(五) 距道路距離因子

當邊坡受到人為開發擾動後，會破壞邊坡之穩定性，進而誘發崩塌之發生。本研究將距道路距離分為 40m、200m、400m 和 500m 等四個級別(圖 5-18)。

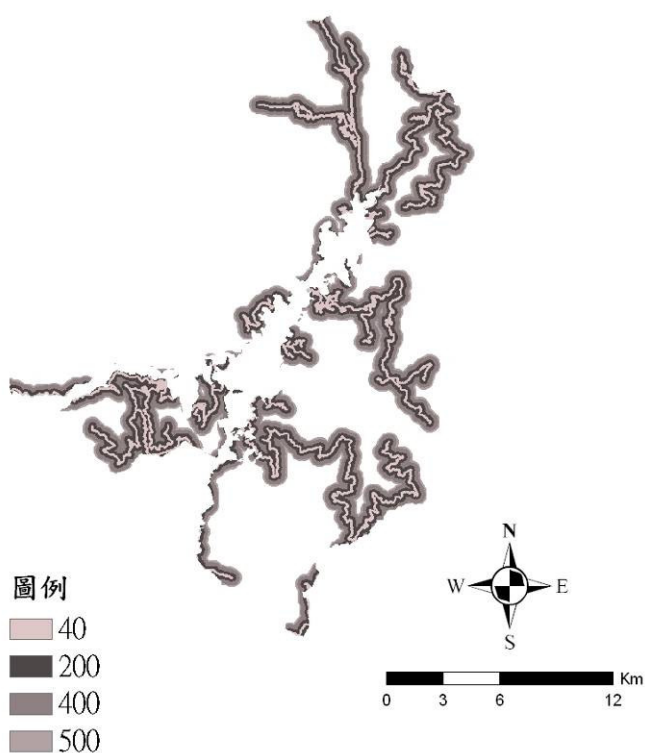


圖5-18 距道路距離分布圖

(六) 距離嶺線因子

由崩塌地的分布圖發現，嶺線附近有較多區塊，因此將距嶺線因子納入。本研究將距嶺線距離分為 40m、200m、400m 和 500m 等四個級別(圖 5-19)。

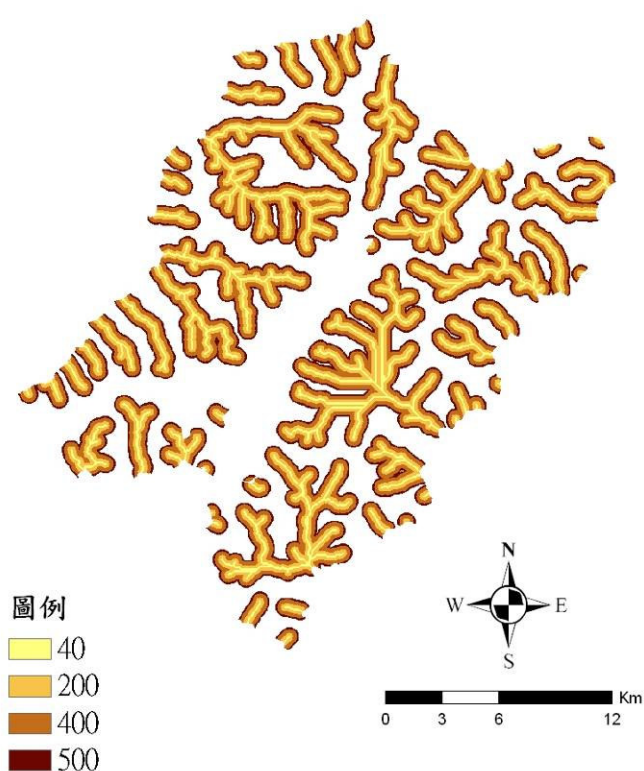


圖5-19 距嶺線分布圖

(七) 距水系距離因子

河流之侵蝕作用力會破壞邊坡原有穩定性，進而造成崩塌之發生，另因降雨所產生的暫時性溪流，亦是造成崩塌原因之一。本研究將距水系距離分為 40m、200m、400m 和 500m 等四個不同級別(圖 5-20)。

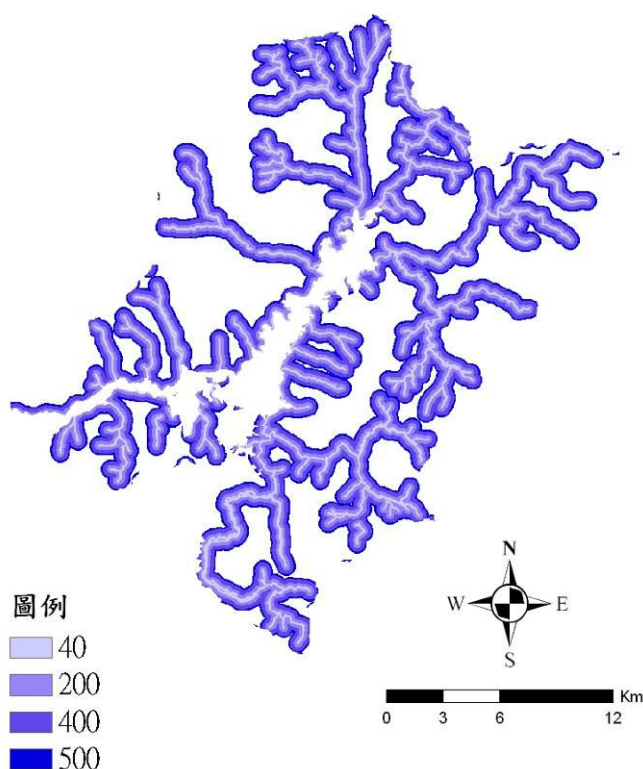


圖 5-20 距水系距離分布圖

(八) 地表粗糙度因子

地表粗糙度為崩塌地重要因子之一，地表粗糙度越高的地方容易產生崩塌地，因而將此因子納入，並將地表粗糙度分為五個不同級別(圖 5-21)。

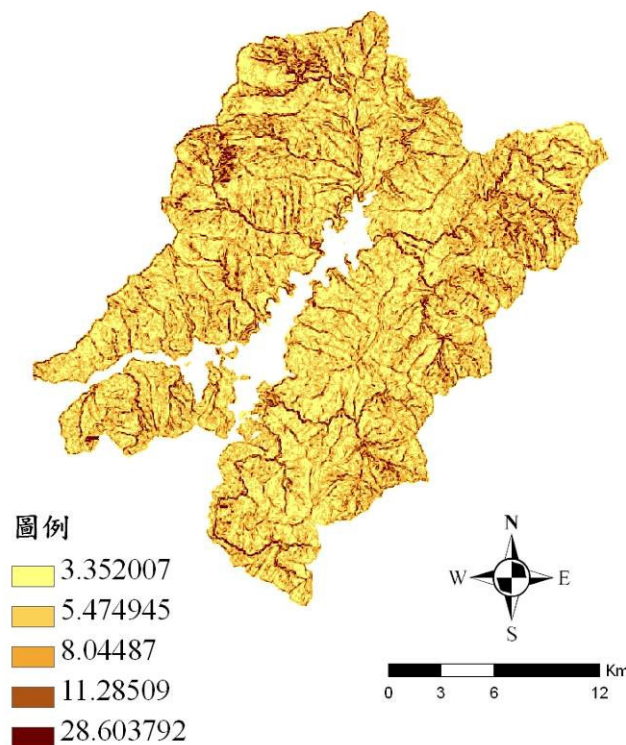


圖 5-21 地表粗糙度

本研究採用本節「二、崩塌地地理環境因子分析」之因素分析成果進行崩塌地潛勢推估。結果指出，高程、坡度、地質、距道路距離、距水系距離、地表粗糙度較具影響；而坡向、距嶺線距離則影響力較低，因此本研究分別採用較重要的六因子與全部的八因子進行潛勢分布圖繪製，其結果如圖 5-22、圖 5-23 所示。

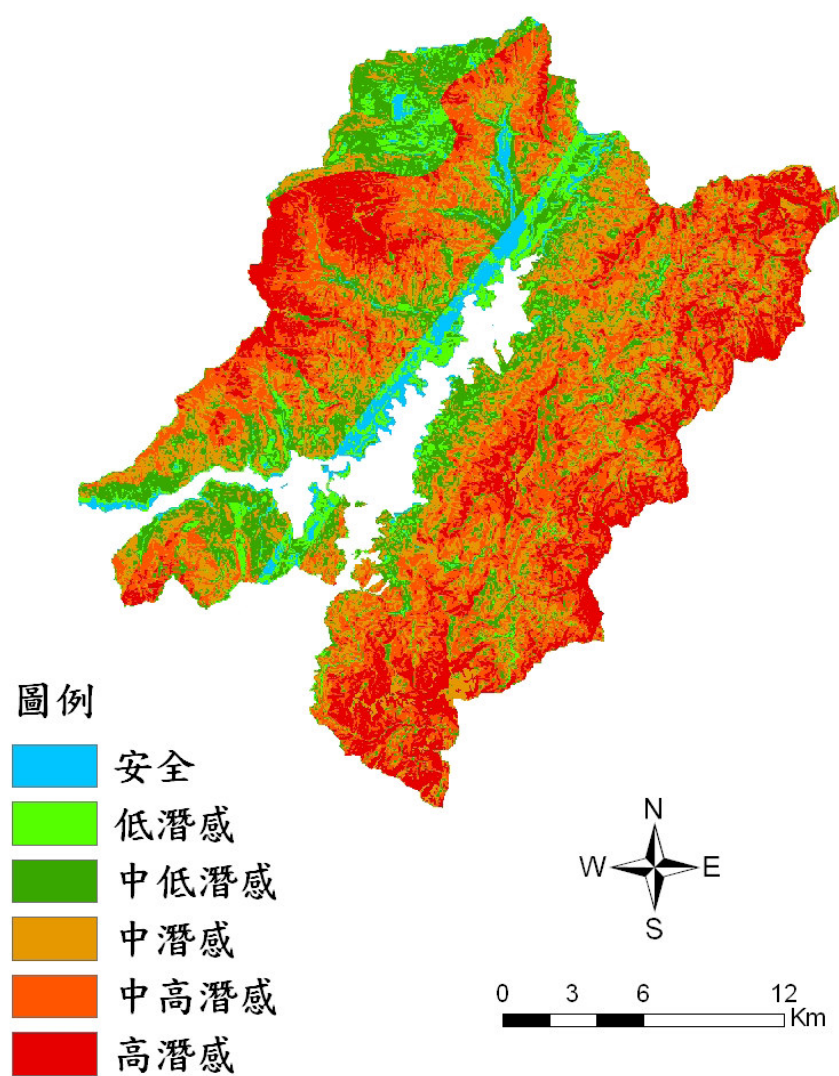


圖 5-22 採用六因子之潛感圖

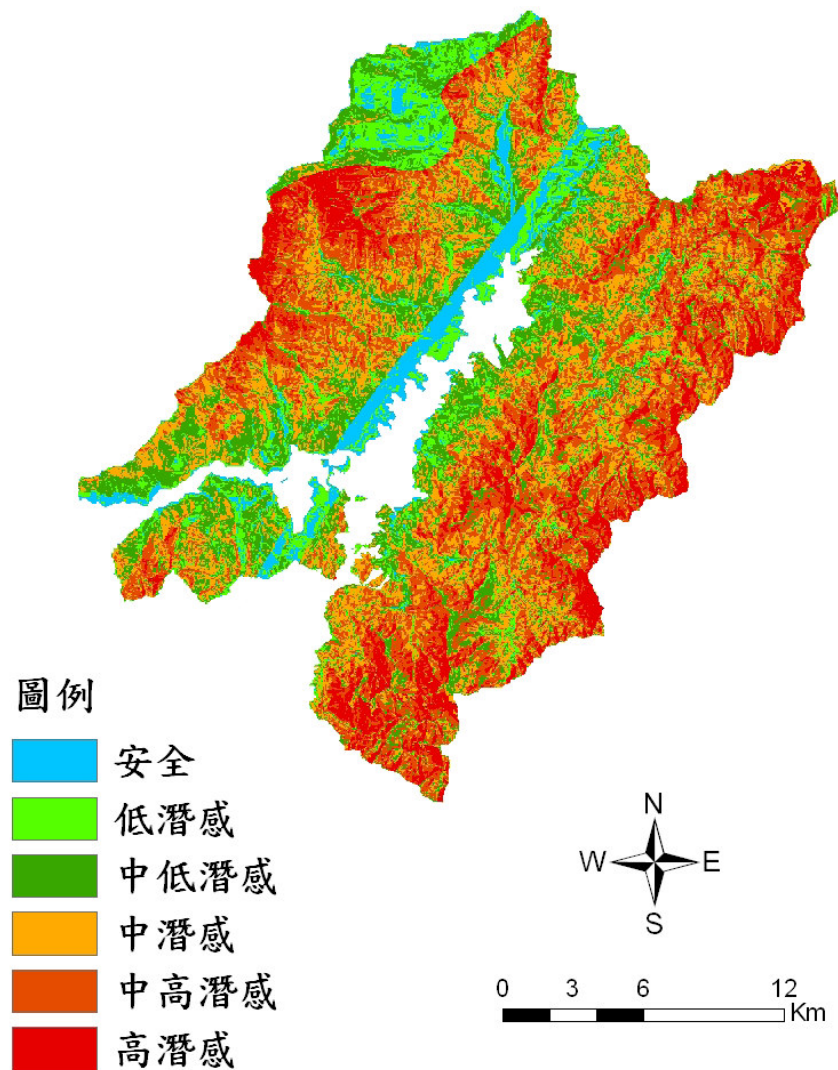


圖 5-23 採用八因子之潛感圖

六因子與八因子兩不同條件下各潛感類別之分布面積如表 5-10。不論以六因子或八因子進行推估，其結果皆顯示大甲溪事業區境內多屬於中潛感至中高潛感之區域；另由表 5-11 亦可發現，八因子中潛感與中高潛感的的辨別能力似乎不如六因子的能力佳。

表 5-10 潛感面積

潛感類別	六因子		八因子	
	面積(公頃)	百分比(%)	面積(公頃)	百分比(%)
安全	1674.88	3.39	2825.28	5.72
低潛感	3762.4	7.62	5472.8	11.08
中低潛感	9117.44	18.46	9975.84	20.19
中潛感	12500.48	25.31	12492.16	25.29
中高潛感	13640.96	27.61	12570.24	25.45
高潛感	8701.76	17.62	6057.6	12.26

為檢核崩塌地潛感分布圖之準確性，本研究以 20% 的原始崩塌地進行驗證檢核(表 5-11)。透過表 5-11 可知，以六因子進行分析所獲得之潛勢分布圖，30.36% 的崩塌發生於高潛感的地區；若以八因子之結果而言，則有 21.02% 的崩塌地存在於高潛感地區，故推論八因子之推估結果稍差，而透過因素分析找尋崩塌影響因子，確實可以提高不安定指數法於潛感分布製圖的準確性。

表 5-11 潛感準確性檢核

潛感類別	六因子		八因子	
	面積(公頃)	百分比(%)	面積(公頃)	百分比(%)
安全	3.84	3.50	7.68	7.01
低潛感	8.96	8.18	15.04	13.72
中低潛感	23.52	21.46	20.8	18.98
中潛感	18.56	16.93	17.28	15.77
中高潛感	21.44	19.56	25.76	23.50
高潛感	33.28	30.36	23.04	21.02

第二節 運用航照數位多光譜影像進行災害監測之研究

一、火災災區光譜特徵分析

本研究之火災基地中，其植群以天然竹闊葉混淆林、天然草生地、麻竹林為主，因此先針對此三類林型進行火災前後之光譜特徵變化分析，以利作為往後自動判釋之基礎。

受災林型之災前災後多光譜影像和 NDVI 植生指標影像的變化十分明顯。其中草生地呈現全面焚燒殆盡，且 NDVI 之亮度值在災後大幅下降；而天然竹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 之亮度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 之亮度值亦在災後大幅下降(表 5-12 至表 5-14)。

表 5-12 天然草生地災前災後影像與植生指標色調變化

天然草生地	多光譜影像	NDVI 影像
火災災前影像		
火災災後影像		

表 5-13 天然竹闊葉混淆林災前災後影像與植生指標色調變化

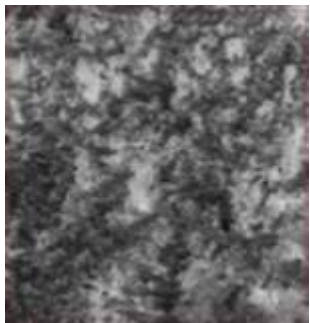
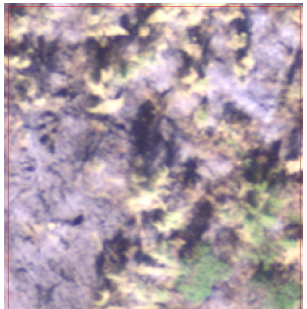
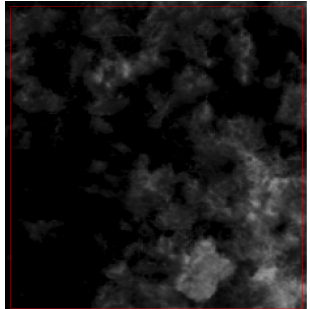
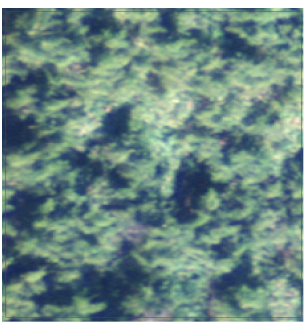
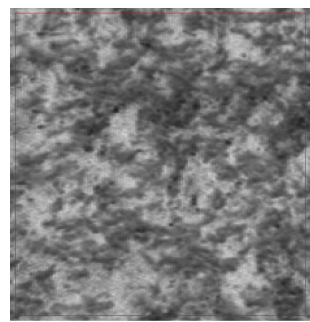
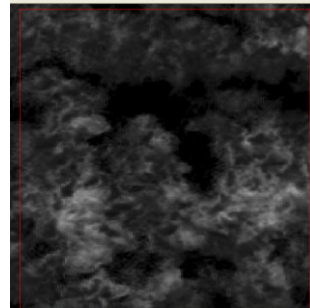
天然竹闊葉混淆林	多光譜影像	NDVI 影像
火災災前影像		
火災災後影像		

表 5-14 麻竹林災前災後影像與植生指標色調變化

麻竹林	多光譜影像	NDVI 影像
火災災前影像		
火災災後影像		

藉由萃取各林型火災前後各波段之像元值以及 NDVI 植生指標值，可檢視各光譜特徵於火災前後之變化。表 5-15 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 5-15 火災前後各林型波段均值與植生指標值之變化

土地類別	波段	災前 平均值, (標準偏差)	災後 平均值, (標準偏差)	災前災後 差異平均值	變動百分比(%)
天然竹闊葉 混淆林	NIR	182.87, (29.63)	115.31, (42.71)	67.562	36.94
	R	75.60, (29.19)	102.89, (30.27)	-27.29	-36.10
	G	107.44, (29.03)	111.90, (27.48)	-4.47	-4.16
	B	92.24, (11.10)	101.41, (16.24)	-9.18	-9.95
	NDVI	0.44, (0.12)	0.04, (0.13)	0.39	90.26
草生地	NIR	202.64, (12.66)	98.61, (12.66)	104.03	51.34
	R	101.62, (19.79)	116.58, (10.99)	-14.96	-14.72
	G	132.82, (15.81)	122.14, (9.70)	10.68	8.04
	B	101.87, (6.076)	112.33, (5.90)	-10.46	-10.27
	NDVI	0.34, (0.09)	-0.085, (0.032)	0.42	125.21
麻竹林	NIR	175.94, (35.25)	138.49, (48.27)	37.45	21.28
	R	71.30, (26.94)	103.12, (35.80)	-31.82	-44.64
	G	100.99, (28.20)	113.17, (33.60)	-12.17	-12.06
	B	90.47, (9.70)	98.38, (17.00)	-7.91	-8.74
	NDVI	0.44, (0.12)	0.13, (0.12)	0.30	68.30

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。本研究針對三類火災基地之林型進行雙光譜圖分析，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 5-24)，其中天然竹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。

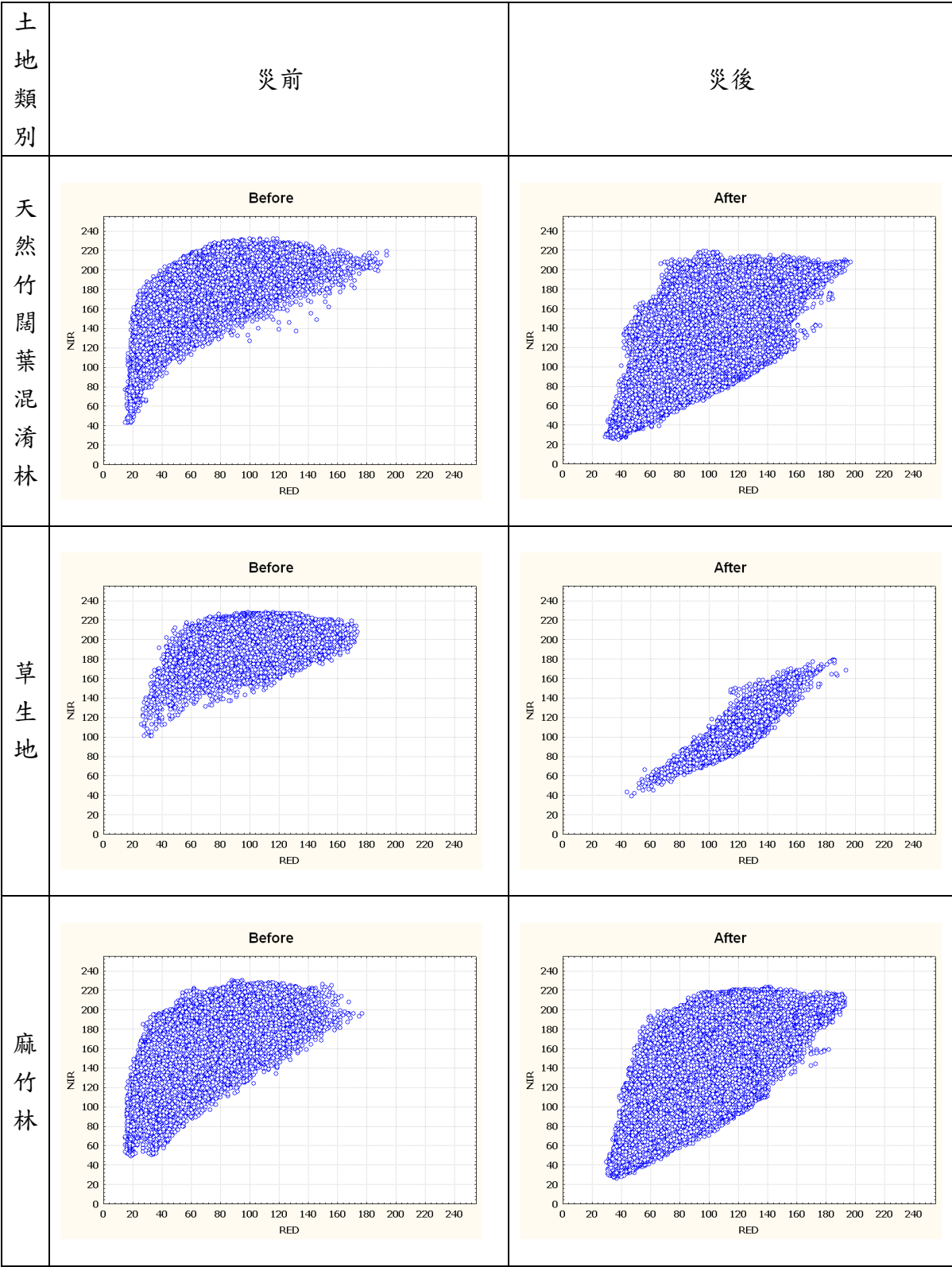


圖 5-24 雙光譜圖分布

表 5-16 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。由表分析結果可知，草生地變化最大，其光譜夾角在災後下降了 23.64° ，天然竹闊葉混淆林下降 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 5-16)。

表 5-16 火災前後各林型光譜夾角

土地類別	天然竹闊葉 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°

二、火災災區自動萃取模式

(一) 影像相減成果

由火災前後的 NDVI 影像，可以明顯觀察到的火災區位影像亮度值的變化—災後 NDVI 值大幅下降。利用 dNDVI 計算兩幅影像之差異，可分離出火災區位，其中高亮度值之區域即為火災區位，主要是由於森林火災所導致之植生量大幅減少(圖 5-25)。

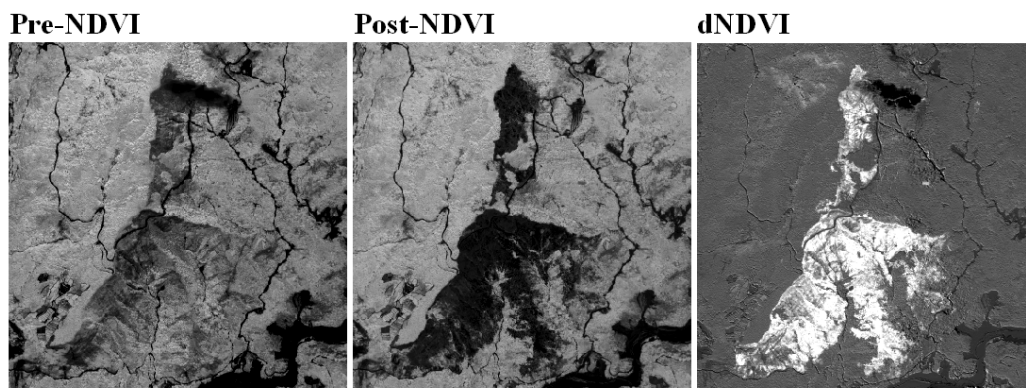


圖 5-25 災前 NDVI、災後 NDVI 與差異 NDVI

為萃取火災發生區位，參考各林型之火災統計資料，藉以界定所得 dNDVI 影像的火災區位門檻，具體方法係先由 NDVI 差異平均值及標準偏差資料初步界定門檻(約略為平均值減標準偏差)，其值大略介於 0.13 至 0.33 間(表 5-17)，經由多方測試，本研究以 NDVI 差異 0.24 為火災門檻值。

表 5-17 受災各林型 NDVI 差異平均值及標準偏差

	NDVI 差異平均值	標準偏差	平均值減 標準偏差	平均值加 標準偏差
天然竹闊葉 混淆林	0.39	0.15	0.24	0.54
草生地	0.42	0.09	0.33	0.51
麻竹林	0.30	0.17	0.13	0.47

另觀察火災前後之 PC2 影像，可以明顯看出其影像亮度差異，由於火燒過後之 PC2 之亮度較災前高出許多，因此藉由災後 PC2 與災前 PC2 相減，可以得到 dPC2。在 dPC2 影像中，因火災區位之像元值較周遭未受災之區位高，因此利用像元值之差異即可分離出火災區位，經過許多測試之後，參考直方圖分布、統計均值、標準偏差，取得 dPC2 之門檻值為 31，用以區別火災區域及非火災區域，故利用 dPC2 亦可有效萃取火災區位影像（圖 5-26）。

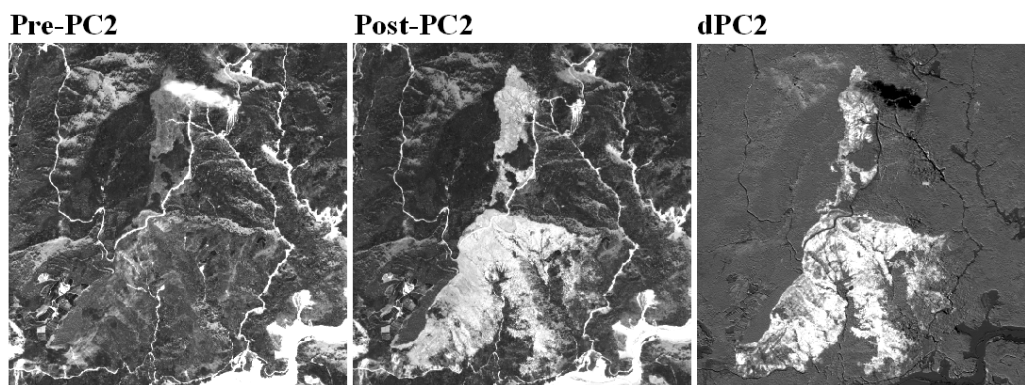


圖 5-26 災前 PC2、災後 PC2 與差異 PC2

初步所產生之火災區位圖中，於細部地區仍具有許多雜訊，故應對所萃取之火災圖層進行後製處理，以去除大部份雜訊，並使產出精度的提升(圖 5-27)。



圖 5-27 門檻值萃取之火災區位

(二) 圖層雜訊過濾

圖層雜訊過濾採用進行局部最小值(Erosion)運算，並以 3x3 及 5x5 兩種視窗大小進行之。為搜尋視窗內最小值，先指派視窗中心像元為最小值，如此影像中一些斑點狀的雜訊像元值 1 會由鄰近的 0 取代，藉此侵蝕影像中較小的影像物件，以達去除雜訊像元之目的，本研究採兩次的最小值運算，俾能充分去除雜訊像元(圖 5-28)。

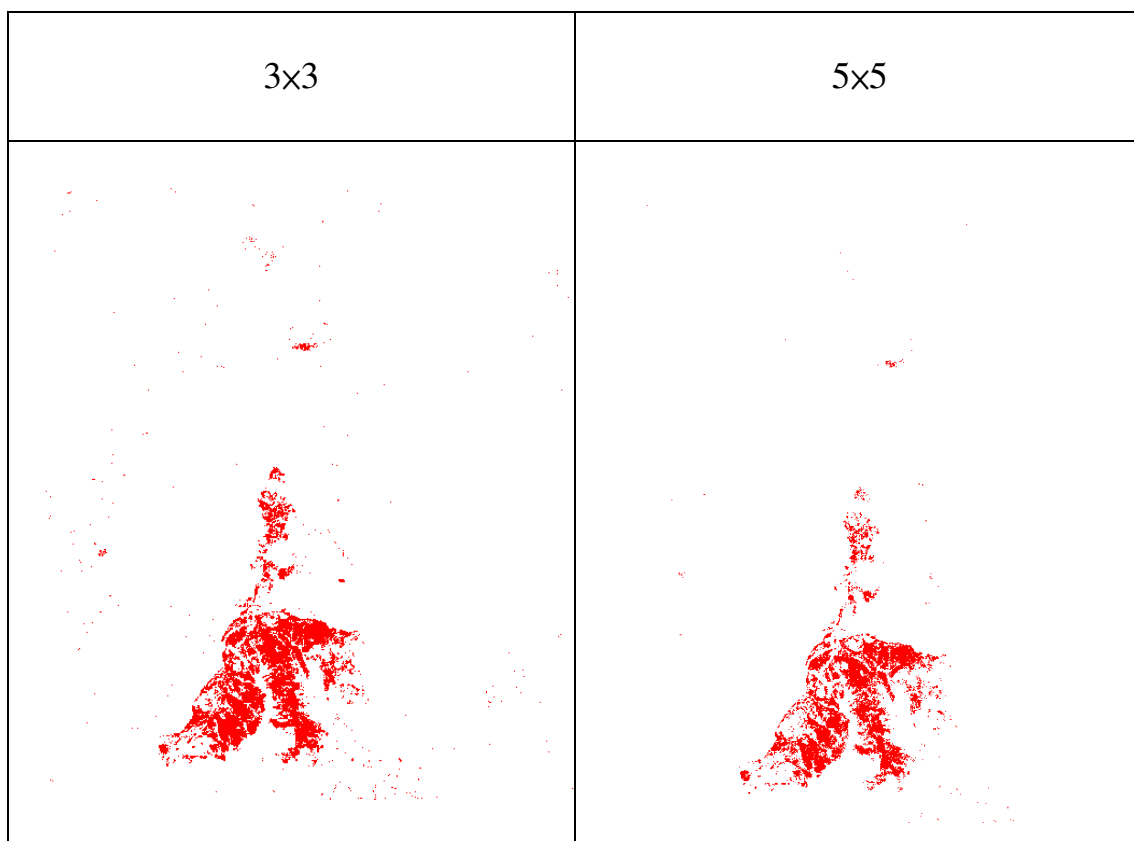


圖 5-28 兩次局部最小值運算結果

經由兩次的最小值運算，去除了大部份的雜訊像元，但在火災發生的邊界像元也受到兩次的最小值運算侵蝕，故再進行兩次局部最大值(Dilation)運算，以 3x3 及 5x5 視窗大小分別進行之，為搜尋視窗內最大值，先指派視窗中心像元為最大值，藉此將被侵蝕的火災災區邊界像元進行增長，以回復原先之邊界範圍(圖 5-29)。

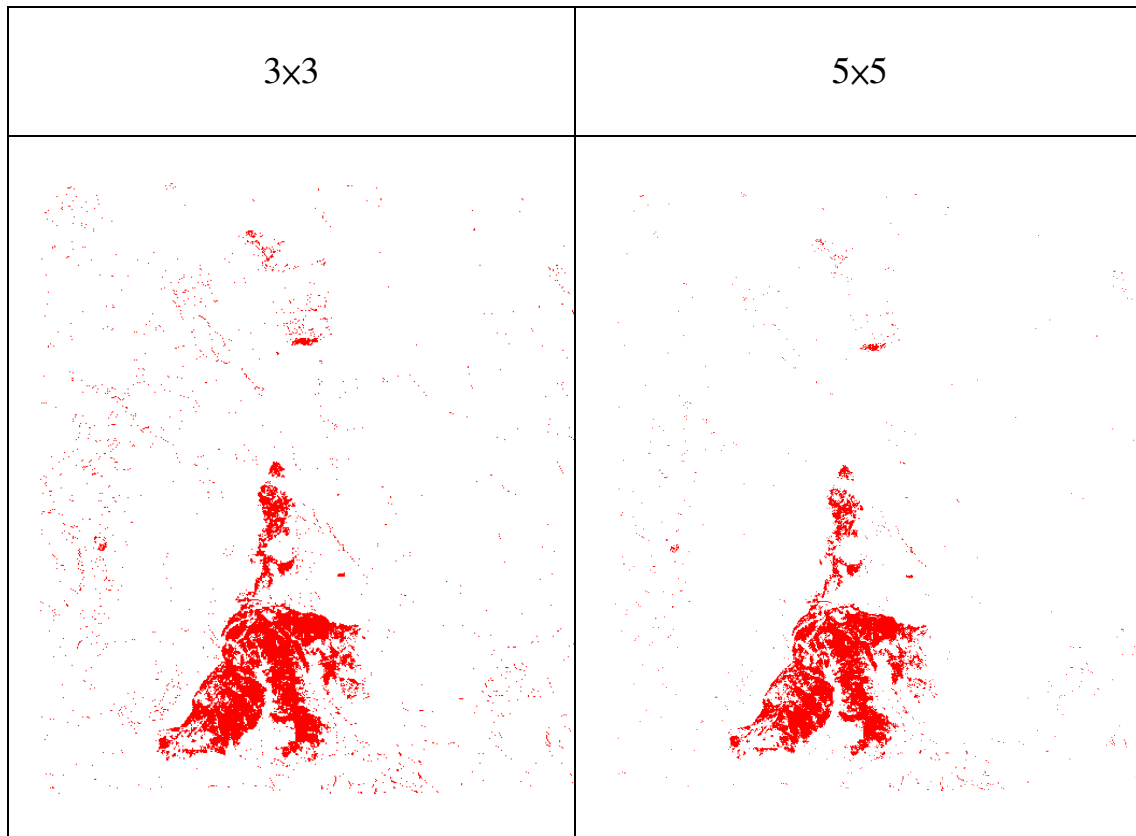


圖 5-29 兩次局部最大值運算結果

各方法之火災範圍萃取檢核結果如表 5-18 至表 5-20，在各結果中以 3x3 及 5x5 後處理的結果較佳，達 96%之總體精確度，且經後處理確可明顯減少非火災基地的錯誤判釋。

表 5-18 初步門檻值萃取之檢核結果

門檻值萃取				
	非火災	火災	總和	使用者精度
非火災	218	6	224	97.32%
火災	17	15	32	46.88%
總和	235	21	256	
生產者精度	92.77%	71.43%	總體精確度=91.02% Kappa 值 = 0.5183	

表 5-19 3×3 後處理之檢核結果

3×3 後處理				
	非火災	火災	總和	使用者精度
非火災	233	7	240	97.08%
火災	2	14	16	87.50%
總和	235	21	256	
生產者精度	99.15%	66.67%	總體精確度=96.48% Kappa 值= 0.7382	

表 5-20 5×5 後處理之檢核結果

5×5 後處理				
	非火災	火災	總和	使用者精度
非火災	235	8	243	96.71%
火災	0	13	13	100.00%
總和	235	21	256	
生產者精度	100.00%	61.90%	總體精確度=96.88% Kappa 值= 0.7490	

三、火燒嚴重度製圖

本研究將火災的受害程度可分為 3 級：重嚴重度級、中嚴重度級以及未受火災區域，利用 dNDVI 及 dPC2 兩種程序處理，藉由影像前後期變化之程度來界定火災嚴重度分類。

表 5-21 為 dNDVI 及 dPC2 於各災害嚴重度的描述性統計量，在 dNDVI 描述性統計量結果中，dNDVI 於重嚴重度級之均數值以及標準偏差分別為 0.41 與 0.11，而中嚴重度級之均數值及標準偏差分別為 0.37 與 0.14；dNDVI 於重嚴重度級及中嚴重度級兩等級其值域分布情形仍有部份重疊(圖 5-30)。

dPC2 描述性統計量之結果中，dPC2 於重嚴重度級之均數值及標準偏差分別為 80.97 與 18.49，而在中嚴重度級之均數值及標準偏差分別為 56.05 與 21.16；dPC2 於重嚴重度級及中嚴重度級兩等級其值域的重疊情形相較於 dNDVI 值域重疊明顯較少(圖 5-31)。

表 5-21 dNDVI 及 dPC2 描述性統計量

		平均數	標準差	平均數的 95% 信賴區間		最小值	最大值
				下界	上界		
dNDVI	重嚴重度	0.41	0.11	0.41	0.41	0.05	0.77
	中嚴重度	0.37	0.14	0.37	0.38	-0.14	0.76
	未受災	0.10	0.10	0.097	0.10	-0.28	0.45
dPC2	重嚴重度	80.97	18.49	80.53	81.41	12.04	130.65
	中嚴重度	56.05	21.16	55.52	56.58	-38.63	124.16
	未受災	4.01	14.80	3.66	4.37	-62.61	57.88

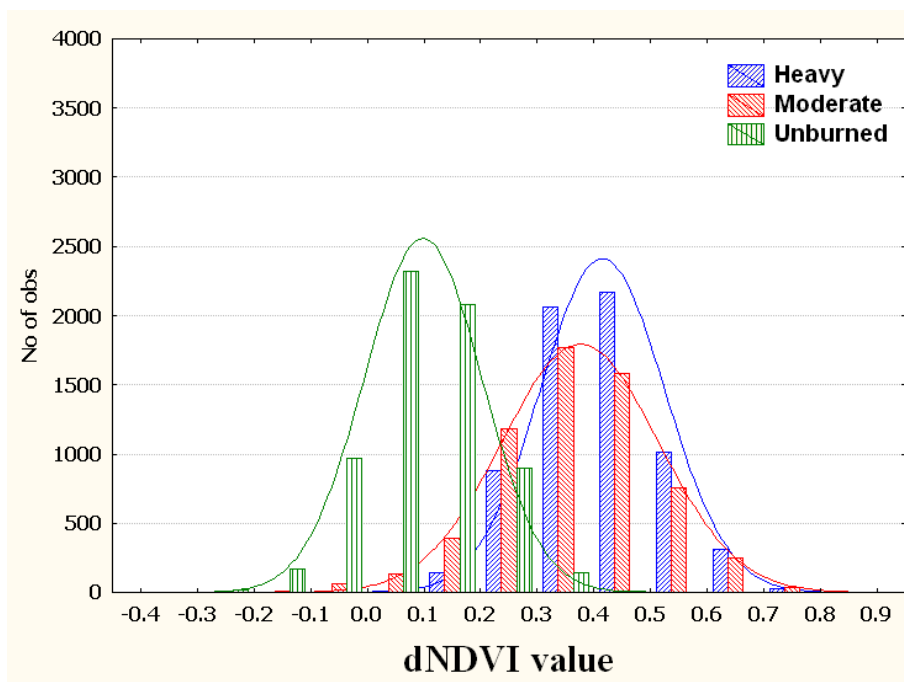


圖 5-30 dNDVI 於不同火災嚴重度的值域分布

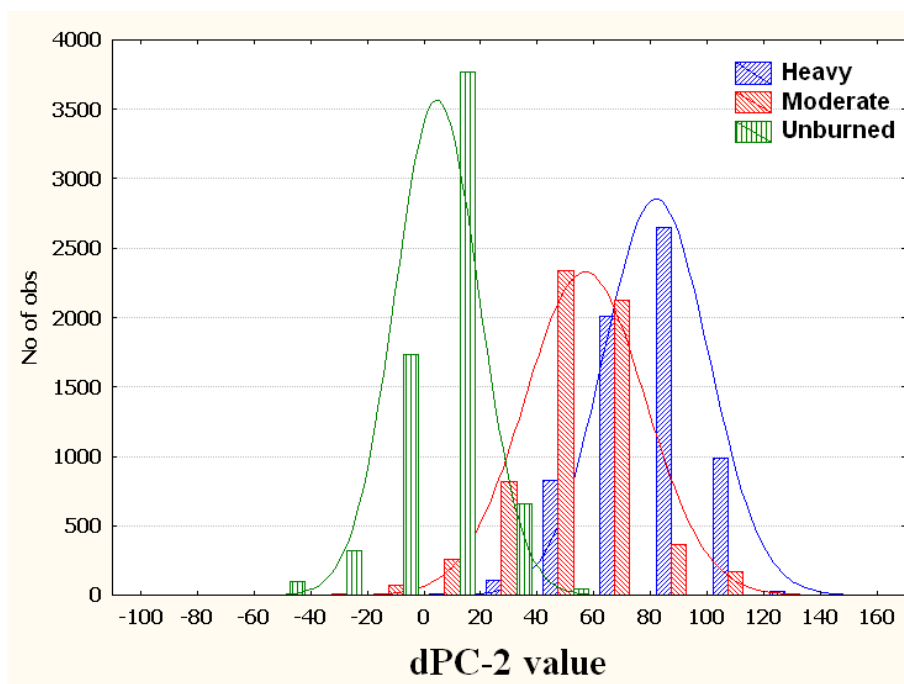


圖 5-31 dPC2 於不同火災嚴重度的值域分布

在單因子變異數分析的結果中，各火災嚴重度類別對 dNDVI、dPC2 皆呈現極顯著差異 (表 5-22)。

表 5-22 dNDVI 及 dPC2 單因子變異數分析成果

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
dNDVI	組間	387.401	2	193.701	14141.261	.000
	組內	265.746	19401	0.014		
	總和	653.147	19403			
dPC2	組間	20360338.920	2	10180169.460	30511.014	.000
	組內	6473251.555	19401	333.656		
	總和	26833590.476	19403			

在 Duncan 檢定的結果中，dNDVI 與 dPC2 中所有的火燒嚴重度類別皆呈現顯著差異(表 5-23 至表 5-24)，上述結果可證明 dNDVI 及 dPC2 於火燒嚴重度之分級皆具可行性，其中因 NDVI 可代表地表之生物量，故利用 dNDVI 可評估生物量之變化程度，進而代表受災之嚴重度(Fox et al. 2008)。若比較 F 檢定的成果(表 5-22)，dPC2 的 F 值為 30511.014，較 dNDVI 的 F 值 14141.261 為高，表示 dPC2 具有較高之變異量，故採用 dPC2 進行火災嚴重度之分級，應能提供較佳之分級成果。

表 5-23 dNDVI 於 Duncan 檢定之成果

dNDVI	alpha = 0.05 的子集		
	1	2	3
未受災	0.0956		
中嚴重度級		0.3717	
重嚴重度級			0.4107
顯著性	1.000	1.000	1.000

表 5-24 dPC2 於 Duncan 檢定之成果

dPC2	alpha = 0.05 的子集		
	1	2	3
未受災	4.0138		
中嚴重度級		56.0473	
重嚴重度級			80.9677
顯著性	1.000	1.000	1.000

本研究針對 dNDVI 及 dPC2 兩種處理方法分別進行 Jenks' Natural Breaks 分析，將火災嚴重度分為三等級，分別為重嚴重度級、中嚴重度級以及未受災區域，分級之成果如圖 5-32 所示。相較 dNDVI 及 dPC2 兩種處理之分級成果，僅有些微之差異。由於 DMC 影像的空間解析力相當高(0.25m)，在受災嚴重程度分級圖上可觀察到極為細緻的分級類別分布。

另由圖 5-32 可觀察到重嚴重度級的火災區位佔大部份面積，因本區之土地利用型以草生地所佔面積最多，故造成連續大面積的焚燒，災後地面多呈現裸土狀況，因此被歸為重嚴重等級；而中嚴重度等級一般分布在一些麻竹林的區位之上，此外稠密的森林地邊緣亦多為中嚴重度等級。火災嚴重度之表現，亦受到地表植生覆蓋類型的影響。

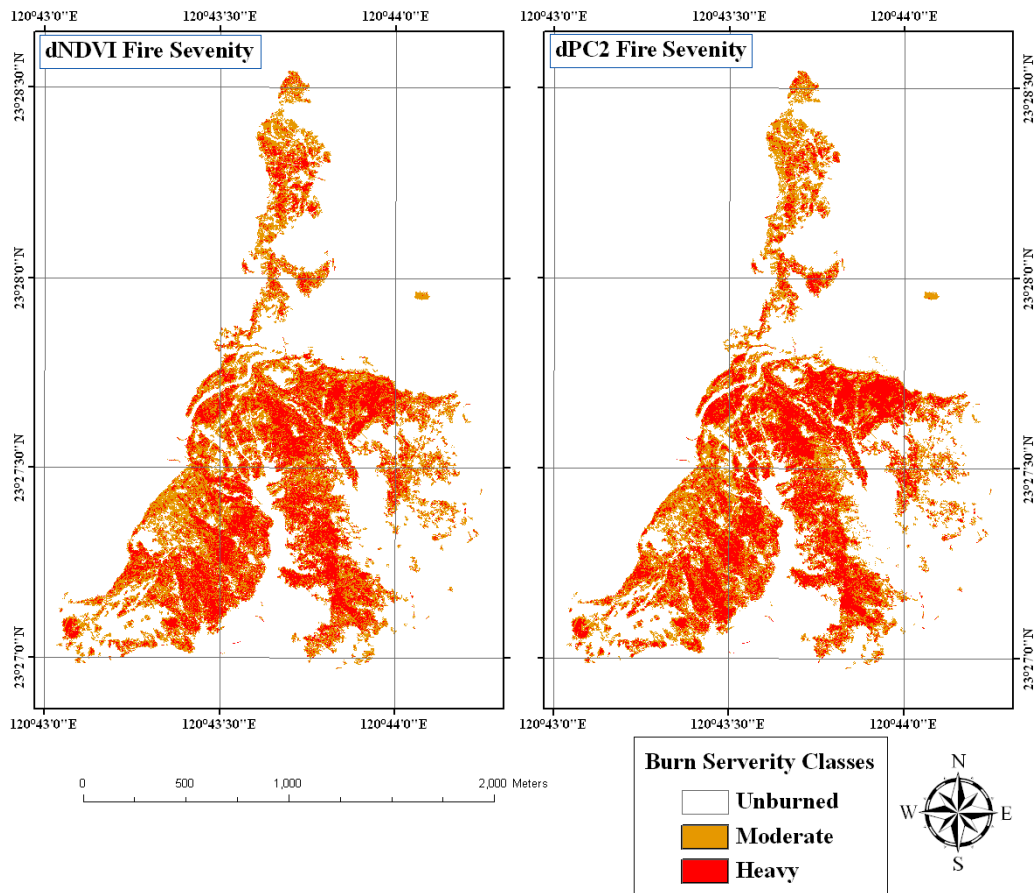


圖 5-32 dNDVI 與 dPC2 之火燒嚴重度分布圖

無論採用 dNDVI 或 dPC2 進行火燒嚴重度分布製圖，皆呈現可行之成果。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，以俾後續撫育作業之規劃評估，因此堪稱為可行之方法。本研究現階段係由影像光譜特性的角度切入，並配合照片判釋針對火燒嚴重度進行分級，未來將進一步納入地真調查資料進行深入分析。

第三節 航照數位影像在林地分類上之研究

林地分類之應用，本研究利用航照數位多光譜影像，針對第四次森林調查類別、第三次森林調查類別與 IPCC 六種類別進行影像分類測試。

一、像元基礎之土地覆蓋型分類

(一) 影像分類法分類精度之比較

本研究利用 ADS-40 單一航帶原始影像進行試驗，針對 IPCC 6 類進行分類測試，藉以比較最大概似法 (Maximum Likelihood Classification)、馬氏距離法(Mahalanobis Distance Classification)、最短距離法(Minimum Distance Classification)等之分類成果，以尋找較佳之分類方法。

據分類結果指出(表 5-25 至表 5-27)，最大概似法明顯具有較高的分類準確度 80.59%，馬氏距離法呈現較低分類準確度 30.71%，最短距離法亦呈現較低分類準確度 34.40%，分類結果圖如圖 5-33。

表5-25 最大概似法IPCC6類檢核成果

	林地	農田	草地	溼地	定居地	其他土地	總和	使用者精度
林地	279	20	4	1	1	3	308	90.58%
農田	16	17	4	0	1	1	39	43.59%
草地	8	4	11	0	0	0	23	47.83%
溼地	0	0	0	12	0	0	12	100.00%
定居地	1	1	0	4	6	0	12	50.00%
其他土地	0	3	0	5	2	3	13	23.08%
總和	304	45	19	22	10	7	407	
生產者精度	91.78%	37.78%	57.89%	54.55%	60.00%	42.86%		總體精確度=80.59% 總體 Kappa=0.5364

表5-26 馬氏距離法IPCC6類檢核成果

	林地	農田	草地	溼地	定居地	其他土地	總和	使用者精度
林地	58	0	0	0	0	0	58	100.00%
農田	202	40	10	1	1	1	255	15.69%
草地	7	0	8	0	0	0	15	53.33%
溼地	0	0	0	10	0	0	10	100.00%
定居地	37	5	1	11	9	6	69	13.04%
其他土地	0	0	0	0	0	0	0	---
總和	304	45	19	22	10	7	407	
生產者精度	19.08%	88.89%	42.11%	45.45%	90.00%	---		總體精確 =30.71% 總體 Kappa =0.1520

表5-27 最短距離法IPCC6類檢核成果

	林地	農田	草地	溼地	定居地	其他土地	總和	使用者精度
林地	101	6	0	0	0	0	107	94.39%
農田	97	4	5	2	1	3	112	3.57%
草地	106	30	14	1	1	0	152	9.21%
溼地	0	0	0	15	0	3	18	83.33%
定居地	0	3	0	0	5	0	8	62.50%
其他土地	0	2	0	4	3	1	10	10.00%
總和	304	45	19	22	10	7	407	
生產者精度	33.22%	8.89%	73.68%	68.18%	50.00%	14.29%		總體精確度 =34.40%. 總體 Kappa =0.1282

陳朝圳、鍾玉龍(2003)曾針對墾丁國家公園之土地利用類型，以 SPOT 衛星影像為材料進行不同影像分類法之比較，結果亦指出最大概似法所得結果較佳，馬氏距離法、最短距離法此兩分類法所之分類精確度非常低。

本研究馬氏距離法的分類結果中，大部份林地被錯分為農地；在最短距離法的分類結果中，大部份林地被錯分為農地與草地。由於這兩種方法是以歐基里德距離為基礎的分類模式，對於光譜特徵分佈接近的分類別較不適用(Lillesand et al., 2004)。12-bit ADS-40 影像之像元值域中，林地類別的像元值分佈較廣，故林地類別的均值向量(mean vector)會分佈在相對較遠離一般分佈的區域，而農地與草地的像元值分佈較窄，其均值向量較接近一般分佈的區域，且 IPCC 6 類中，林地、農地與草地屬光譜分佈較為接近的分類別，因此在計算各像元對各類別均值向量的歐基里德距離時，許多林地就被誤分為歐基里德距離較短的農地與草地類別。

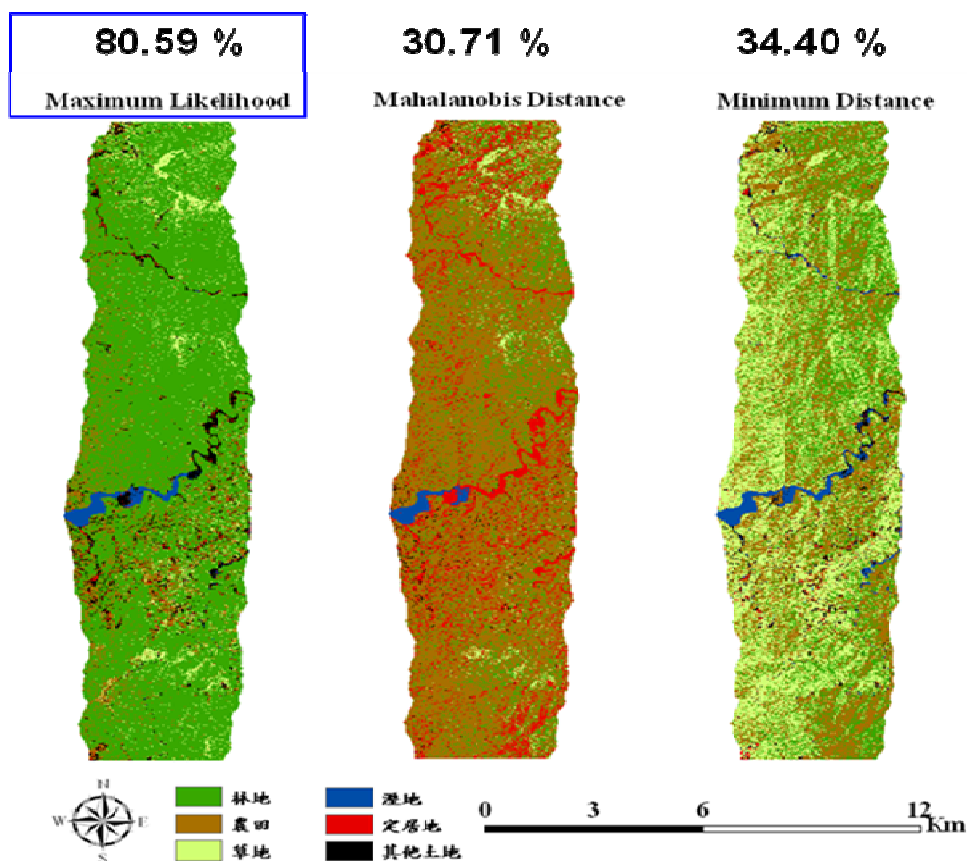


圖5-33 不同影像分類法於IPCC 6 類影像分類成果

(二) 取樣法對分類精度之比較

以 ADS-40 單一航帶原始影像進行降解析力試驗，將原影像 0.25m 解析力降為 5m 解析力，針對 IPCC 6 類進行分類測試，比較經最近鄰域法 (Nearest Neighbor Interpolation)、雙線內插法 (Bilinear Interpolation)、立體迴旋法 (Cubic Convolution Interpolation) 三種方法重新取樣後的分類精度，以尋找較佳之取樣方法。

降低解析力 5m 之 IPCC6 類檢核成果如表 5-28 至表 5-30，由其結果可知，最近鄰域法之分類準確度為 86.49%，雙線內插法為 85.50%，立體迴旋法為 85.01%；而其分類成果圖如圖 5-34，該結果指出此三種方法之差異不大，最近鄰域法僅些微高於其餘兩者，可見取樣法對分類精度的差異影響較小，由於最近鄰域法所需計算時間較少，故採用最近鄰域法為較理想之選。

表5-28 最近鄰域法降低解析力5m IPCC6類檢核成果

	林地	農田	草地	溼地	定居地	其他土地	總和	使用者精度
林地	289	13	0	2	2	2	308	93.83%
農田	12	28	4	0	1	1	46	60.87%
草地	2	1	13	0	0	0	16	81.25%
溼地	0	1	0	12	0	1	14	85.71%
定居地	1	1	0	1	7	0	10	70.00%
其他土地	0	1	2	7	0	3	13	23.08%
總和	304	45	19	22	10	7	407	
生產者精度	95.07%	62.22%	68.42%	54.55%	70.00%	42.86%		總體精確度 =86.49% 總體 Kappa =0.6763

表5-29 雙線內插法降低解析力5m IPCC6類檢核成果

	林地	農田	草地	溼地	定居地	其他土地	總和	使用者精度
林地	286	15	0	1	2	1	305	93.77%
農田	15	27	5	0	1	2	50	54.00%
草地	2	2	12	0	0	0	16	75.00%
溼地	0	0	0	13	0	0	13	100.00%
定居地	1	0	0	4	6	0	11	54.55%
其他土地	0	1	2	4	1	4	12	33.33%
總和	304	45	19	22	10	7	407	
生產者精度	94.08%	60.00%	63.16%	59.09%	60.00%	57.14%		總體精確度 =85.50% 總體 Kappa =0.6564

表5-30 立體迴旋法降低解析力5m IPCC6類檢核成果

	林地	農田	草地	溼地	定居地	其他土地	總和	使用者精度
林地	289	20	0	0	2	2	313	92.33%
農田	12	22	5	1	1	1	42	52.38%
草地	2	2	12	0	0	0	16	75.00%
溼地	0	0	0	13	0	0	13	100.00%
定居地	1	0	0	3	6	0	10	60.00%
其他土地	0	1	2	5	1	4	13	30.77%
總和	304	45	19	22	10	7	407	
生產者精度	95.07%	48.89%	63.16%	59.09%	60.00%	57.14%		總體精確度 =85.01% 總體 Kappa =0.6340

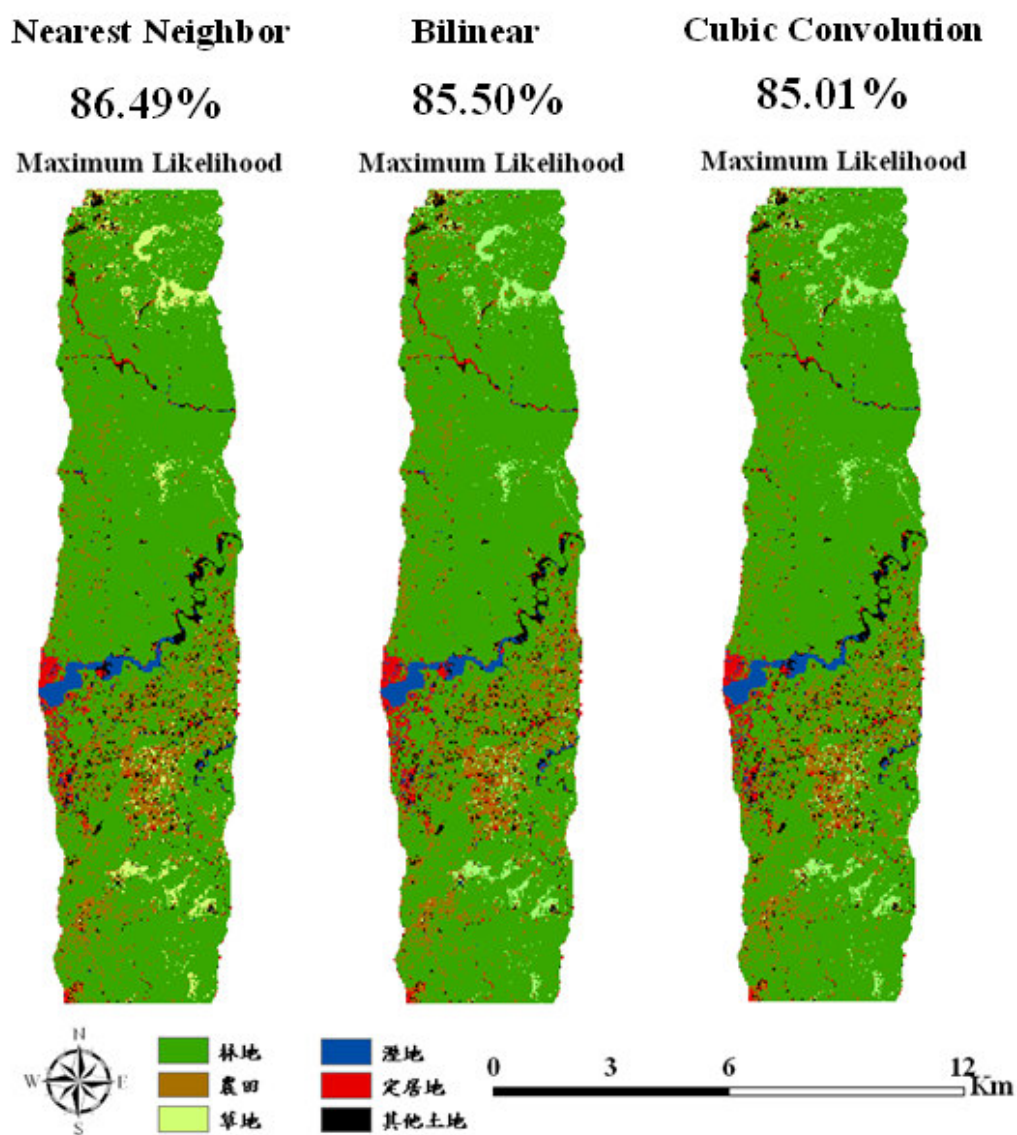


圖5-34 最近鄰域法、雙線內插法、立體迴旋法之分類成果

(三) 空間解析力對分類精度之比較

本研究以各種空間解析力 (0.25m、2m、5m、10m) 進行分類精度影響之探討，採最近鄰域法進行重新取樣，並以最大概似法進行分類，並探討其分類精度。

研究結果指出，降低解析力可提升總體分類精度，原解析力 0.25m 之 IPCC 6 類總體精確度為 80.59%(表 5-25)，降解析力 2m 之 IPCC 6 類總體精確度則上升為 83.54% (表 5-31)，降解析力 5m 之 IPCC 6 類總體精確度則上升為 86.49%(表 5-28)，降解析力 10m 之 IPCC 6 類總體精確度亦上升為 86.49%(表 5-32)，分類結果示如圖 5-35。

由於 IPCC 6 類之分類層級屬大尺度之分類層級，經由降解析力後分類精確度確有提高，乃因分類別可藉降解析力來減少影像複雜性並消除部份雜訊，故對整體精度提升有所幫助。

表5-31 2 m 降低解析力IPCC6類檢核成果

	林地	農田	草地	溼地	定居地	其他土地	總和	使用者精度
林地	283	20	0	1	2	3	309	91.59%
農田	17	22	6	0	0	0	45	48.89%
草地	3	1	13	0	0	0	17	76.47%
溼地	0	0	0	12	0	0	12	100.00%
定居地	1	0	0	5	6	0	12	50.00%
其他土地	0	2	0	4	2	4	12	33.33%
總和	304	45	19	22	10	7	407	
生產者精度	93.09%	48.89%	68.42%	54.55%	60.00%	57.14%		總體精確度=83.54% 總體 Kappa=0.6042

表5-32 10m 降低解析力IPCC6類檢核成果

	林地	農田	草地	溼地	定居地	其他土地	總和	使用者精度
林地	284	10	0	1	1	1	297	95.62%
農田	12	31	5	0	2	3	53	58.49%
草地	7	0	12	0	0	0	19	63.16%
溼地	0	0	0	12	0	0	12	100.00%
定居地	1	3	1	3	5	0	13	38.46%
其他土地	0	1	1	6	2	3	13	23.08%
總和	304	45	19	22	10	7	407	
生產者精度	93.42%	68.89%	63.16%	54.55%	50.00%	42.86%		總體精確度 =86.49% 總體 Kappa =0.6614

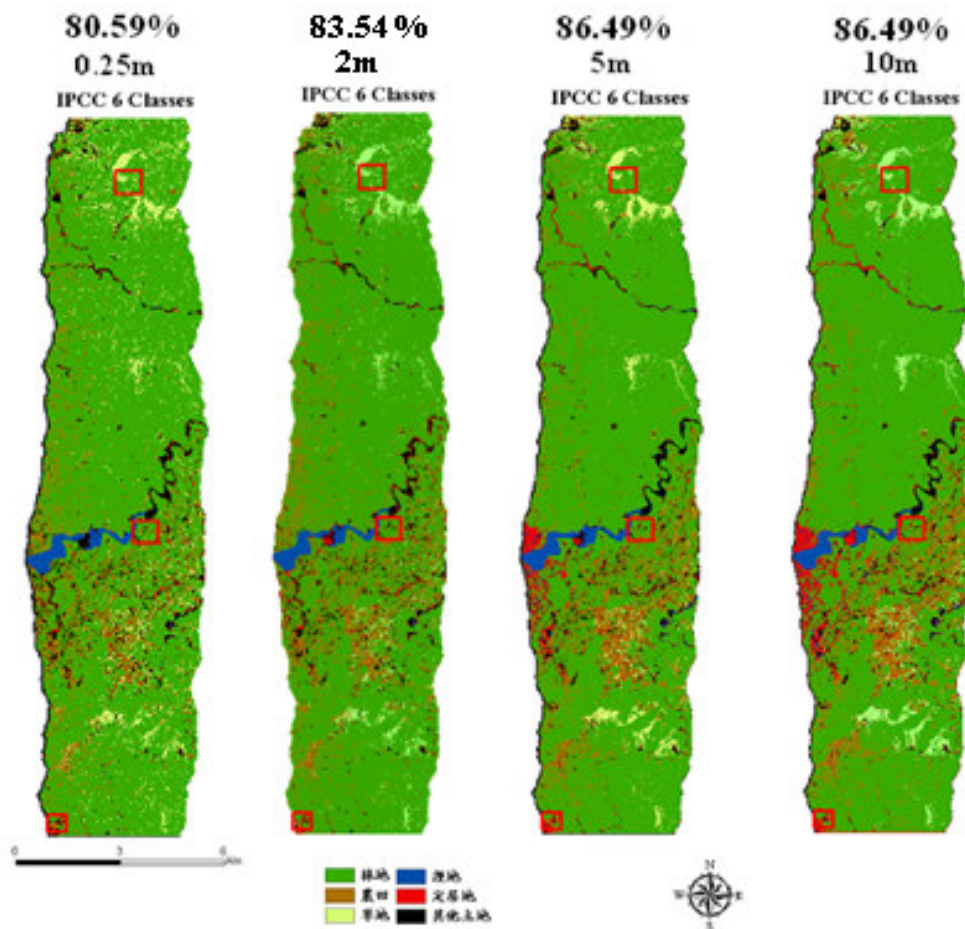


圖 5-35 降低解析力 IPCC6 類分類成果圖

局部放大 0.25m、2m、5m、10m 的分類結果圖(圖 5-36)，可發現經由降解析力，會導致較細微之地物(如面積較小的定居地類別)被鄰近不同類別合併，故降解析力對小面積地物之分類，反而造成精度下降，故對較細微之地物，其分類仍應以高解析力之影像進行之。研究指出，分類別中具有較小面積或細長圖徵者，會減少提取的概率，導致製圖精度降低，此乃網格的分佈位置所致，為準確地提取這類圖徵，應選用空間解析力較高之網格(Lechner et al. 2009)，故相較於分類類別數較多的第四次森林資源調查，應採用空間解析力較高之影像，較能勝任此一複雜的分類任務；此外，針對不同的地物類別進行分類，應評估其所需的處理方法，故未來可以分層式的處理模式，依不同類別屬性，以不同方法進行影像分類，或可獲致較通盤式分類法精度為高之結果。

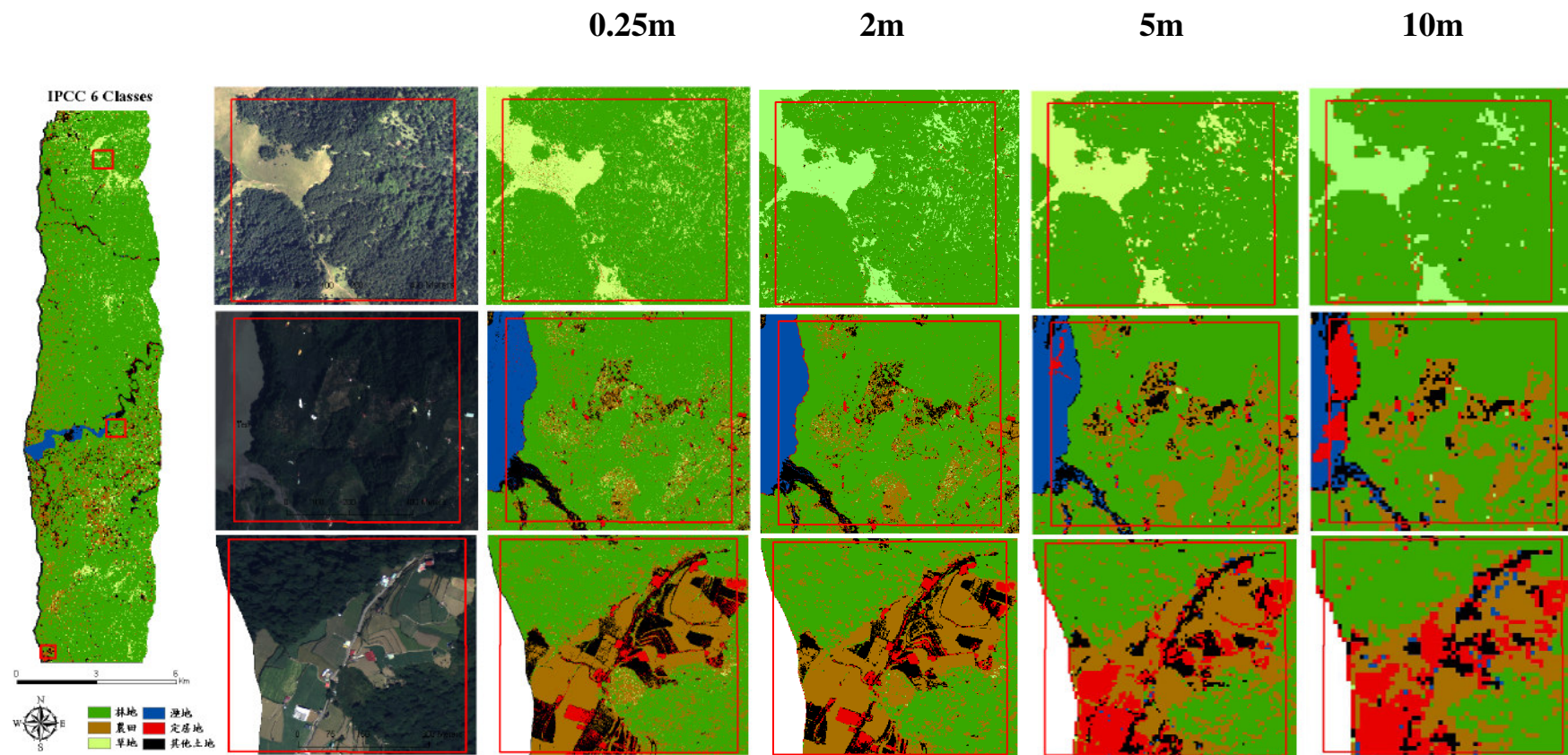


圖5-36 降低解析力IPCC6類分類成果圖局部放大

(四) 跨航帶鑲嵌影像分類

針對 2008/09/21 拍攝的 A24 與 A25 兩條相鄰航帶影像，進行鑲嵌後影像分類，並比較有無處理之鑲嵌航帶的分類精度差異，藉以探討色彩平衡(Color Corrections) 處理是否對鑲嵌影像之分類精度有所助益，過程中針對 IPCC 6 類進行測試，並以最大概似法進行影像分類。

研究結果顯示，無處理之鑲嵌航帶，其 IPCC 6 類之總體分類精確度為 81.82% (表 5-33)；色彩平衡鑲嵌航帶之總體分類精確度則為 77.15% (表 5-34)，可見經由色彩平衡之鑲嵌影像，其總體分類精確度明顯下降。

表5-33 無處理之鑲嵌航帶分類檢核成果

	林地	農田	草地	溼地	定居地	其他土地	總和	使用者精度
林地	277	19	4	1	1	2	304	91.12%
農田	18	21	4	0	1	1	45	46.67%
草地	8	1	11	0	0	0	20	55.00%
溼地	0	0	0	15	0	2	17	88.24%
定居地	0	1	0	2	7	0	10	70.00%
其他土地	1	3	0	4	1	2	11	18.18%
總和	304	45	19	22	10	7	407	
生產者精度	91.12%	46.67%	57.89%	68.18%	70.00%	28.57%		總體精確度 =81.82% 總體 Kappa =0.5714

表5-34 色彩平衡之鑲嵌航帶分類檢核成果

	林地	農田	草地	溼地	定居地	其他土地	總和	使用者精度
林地	260	20	3	1	1	3	288	90.28%
農田	17	19	4	0	0	1	41	46.34%
草地	11	2	12	0	0	0	25	48.00%
溼地	0	0	0	13	0	0	13	100.00%
定居地	11	2	0	2	7	0	22	31.82%
其他土地	0	2	0	6	2	3	13	23.08%
總和	304	45	19	22	10	7	407	
生產者精度	85.53%	42.22%	63.16%	59.09%	70.00%	42.86%		總體精確度 =77.15% 總體 Kappa =0.4965

然進一步比較影像裁切線之部位，發現無處理之鑲嵌影像，其光譜值具有明顯的差異(圖 5-37)，致使兩航帶間呈現分類錯誤，導致相同地物在兩航帶影像左右類別不一致之情形發生；而經色彩平衡之鑲嵌影像，則呈現左右類別一致之正確分類成果，可見色彩平衡在鑲嵌航帶間的正面效益(圖 5-37)。在總體分類精度上，色彩平衡之鑲嵌影像是下降的，乃因其他遠離裁切線部位之影像色調造成改變，使得精度明顯下降，此亦受到鏡頭減光效應影響，故對於影像的絕對幅射糾正與鏡頭減光校正需進一步分析。

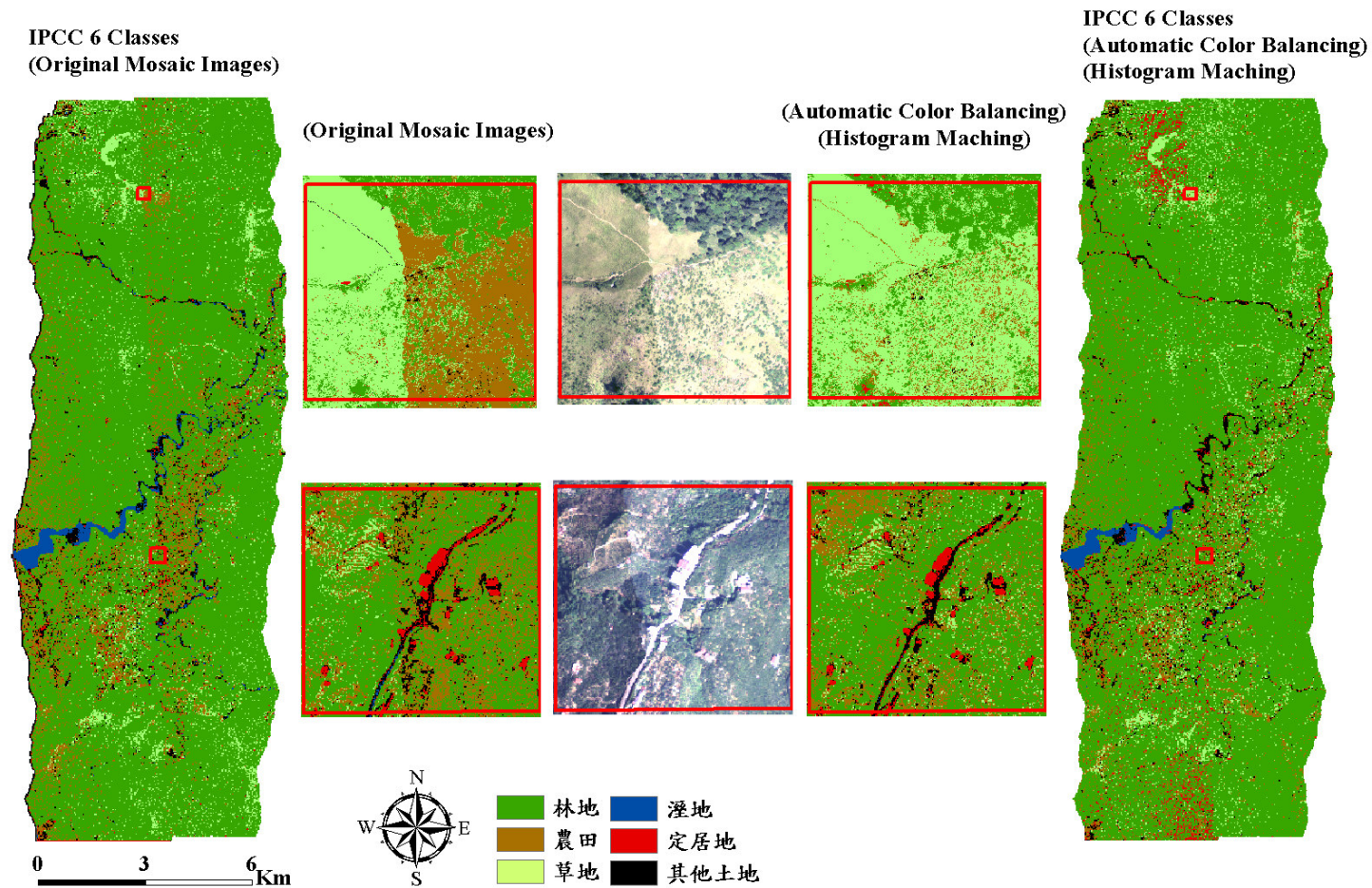


圖5-37 航帶鑲嵌影像IPCC6類分類成果圖

(五) 不同分類類別對分類精度之比較

為探討分類精度，採用最大概似法，針對第三次森林資源調查類別、第四次森林資源調查類別與 IPCC 六種類別進行影像分類，並比較分類精度。

研究結果中，第三次森林資源調查 22 類之總體精確度為 28.43% (表 5-35)，其分類成果圖如圖 5-38；第四次森林資源調查 13 類之總體精確度為 35.14% (表 5-36)，其分類成果圖如圖 5-39；IPCC 6 類之總體精確度則為 80.59% (表 5-25)。

研究結果指出，分類別越多，分類精度越低，較多的類別造成大量的錯誤分類。由於 ADS40 影像的空間解析力甚高(0.25m)，較無混合像元效應，因此為達一定之分類精度，應慎選分類別之尺度。

就第四次森林資源調查而言，其分類別主要係針對針葉樹、闊葉樹與竹林的混淆林或純林的組合方式進行探討，且其中更以混淆林為主。就影像而言，混淆林類別的像元值域分佈遠較純林為廣，故具有極高的變異性，因此利用空間解析力較高之影像為材料，其混淆林的分類成果必然較差。

比較表 5-35 與表 5-36 之成果，可發現針葉樹的純林類別，其分類精度明顯較其他混淆林類別為高，故本研究認為，以高空間解析力之 ADS40 影像為材料，對於較單純之森林類別可得較佳之分類成果，然而混淆林型則無法運用像元式分類法直接分類，應就混淆林型中的樹種類別與比例予以考慮，並針對欲分類之類別進行評估。

表5-35 第三次森林資源調查22類分類檢核成果

	冷杉	鐵杉	松類	天針闊混	天闊混	檜木造林	松類造林	柳杉造林	人針混	人針闊混	天然草生地	箭竹地	蔬菜地 1	旱作地	蔬菜地 2	果園	道路	建築用地	防火線	人工濕地	裸露地	天然溼地	總和	使用者精度
冷杉	9	4	8	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	31.03%
鐵杉	1	7	9	4	1	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	31	22.58%
松類	0	4	19	4	4	0	6	0	0	1	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	43	44.19%
天針闊混	0	0	4	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10	30.00%
天闊混	0	1	6	3	11	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	24	45.83%
檜木造林	0	0	1	4	2	4	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	21	19.05%
松類造林	2	2	5	3	5	1	9	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	30	30.00%
柳杉造林	1	6	10	6	9	0	6	0	0	3	1	0	1	0	0	3	0	0	0	0	1	0	47	----
人針混	1	2	5	18	4	0	6	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	42	9.52%
人針闊混	0	4	4	7	5	0	2	0	3	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	31	12.90%
天然草生地	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	75.00%
箭竹地	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	66.67%
蔬菜地 1	0	2	1	1	3	0	0	0	0	1	1	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	15	20.00%
旱作地	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	100.00%
蔬菜地 2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	6	0	0	1	0	0	0	0	11	54.55%
果園	1	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	10	40.00%
道路	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0.00%
建築用地	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0.00%
防火線	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	8	12.50%
人工濕地	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	----
裸露地	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2	0	0	0	5	1	11	45.45%
天然溼地	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	100.00%
總和	16	34	74	63	48	5	44	0	9	9	10	9	10	5	7	23	3	1	2	0	7	22	401	
生產者精度	56.25%	20.59%	25.68%	4.76%	22.92%	80.00%	20.45%	---	44.44%	44.44%	30.00%	88.89%	30.00%	40.00%	85.71%	17.39%	0.00%	0.00%	50.00%	---	71.43%	54.55%		總體精確度

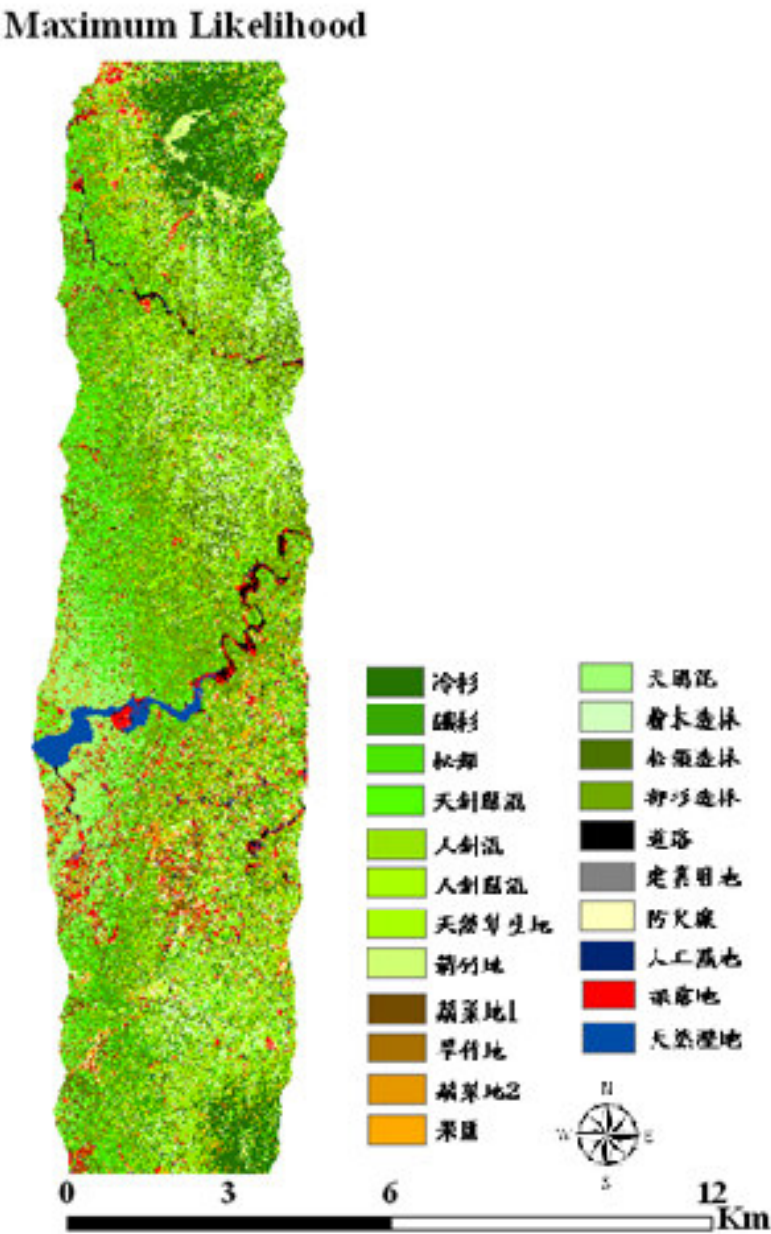


圖5-38 第三次森林資源調查22類分類結果圖

表5-36 第四次森林資源調查13類分類檢核成果

	針葉樹純林	針葉樹混淆	闊葉樹混淆	針闊葉樹混	果樹	其他農作地	天然草生地	箭竹地	人工濕地	天然溼地	道路	其他建物	裸露地	總和	使用者精度
針葉樹純林	57	1	13	11	7	1	2	0	0	0	0	0	0	92	61.96%
針葉樹混淆林	35	4	7	25	2	0	0	0	0	0	1	0	1	75	5.33%
闊葉樹混淆林	18	0	12	4	3	1	1	0	0	1	0	0	0	40	30.00%
針闊葉樹混淆林	31	3	7	15	8	2	0	0	0	0	0	0	0	66	22.73%
果樹	27	0	4	3	6	1	1	1	0	0	0	0	1	44	13.64%
其他農作地	3	1	4	2	5	14	3	0	0	0	0	1	0	33	42.42%
天然草生地	1	0	1	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	8	50.00%
箭竹地	1	0	0	3	0	0	1	8	0	0	0	0	0	13	61.54%
人工濕地	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	---
天然溼地	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	12	100.00%
道路	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0.00%
其他建物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	6	0	8	75.00%
裸露地	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2	0	5	10	50.00%
總和	173	9	48	63	32	22	12	9	0	22	3	7	7	407	
生產者精度	32.95%	44.44%	25.00%	23.81%	18.75%	63.64%	33.33%	88.89%	---	54.55%	0.00%	85.71%	71.43%		總體精確度 =35.14% 總體 Kappa =0.2338

第四次資源調查類別

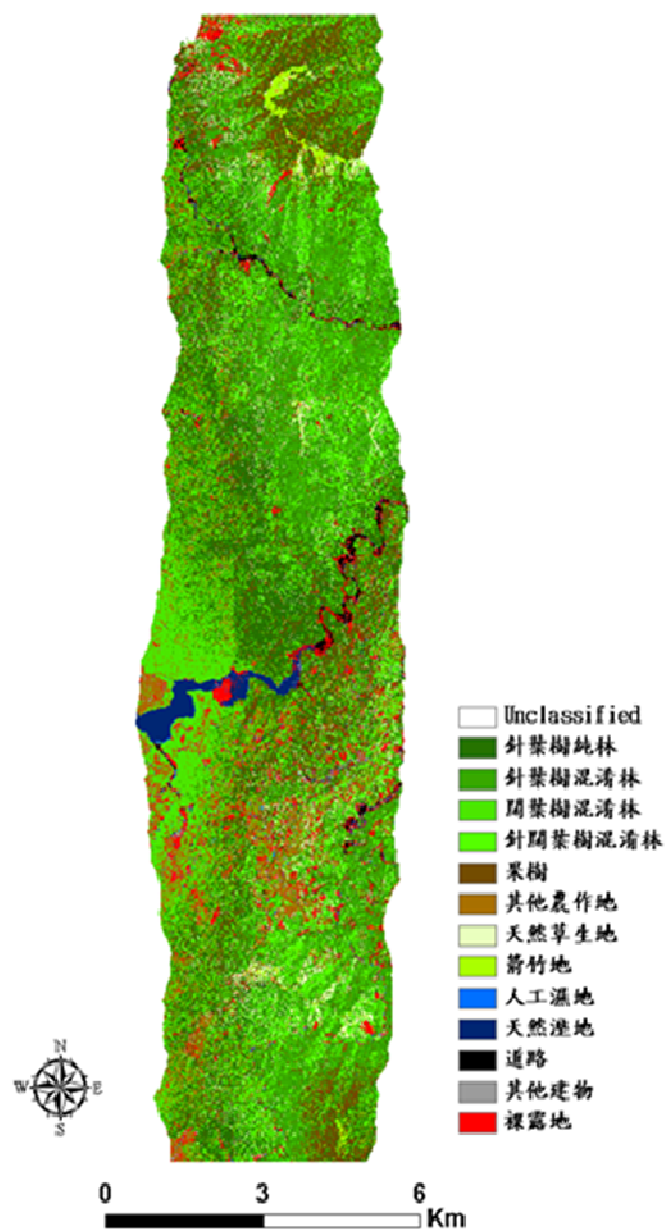


圖5-39 第四次森林資源調查類別分類結果圖

(六) 分層過濾影像

為提升分類精度，本研究以已去除陰影、非植生地之過濾影像進行分類工作。由於該影像已利用 NDVI 將植生區位萃出，並利用亮度值法將陰影去除，故影像中僅保留植生地部份；該影像以本研究定義之九類進行最大概似法分類，結果指出分類總體精確度為 47.20%，總體 Kappa 值為 0.4022(表 5-37)，其分類成果圖示如圖 5-40。

表 5-37 分層過濾影像分類檢核成果

	冷杉	鐵杉	松類	闊混	針闊混	草生地	箭竹地	蔬菜地	果園	總和	使用者精度
冷杉	16	1	6	0	4	0	0	0	1	28	57.14%
鐵杉	0	11	7	4	5	0	0	0	1	28	39.29%
松類	3	2	22	2	5	0	0	0	2	36	61.11%
闊混	0	1	7	15	3	0	0	0	2	28	53.57%
針闊混	2	2	6	1	14	0	0	0	1	26	53.85%
草生地	1	0	3	3	2	11	1	2	2	25	44.00%
箭竹地	1	0	2	0	7	2	12	0	1	25	48.00%
蔬菜地	0	1	5	9	1	0	0	9	1	26	34.62%
果園	1	3	5	1	5	1	1	3	8	28	28.57%
總和	24	21	63	35	46	14	14	14	19	250	
生產者精度	66.67%	52.38%	34.92%	42.86%	30.43%	78.57%	85.71%	64.29%	42.11%		總體精確度 =47.20% 總體 Kappa =0.4022

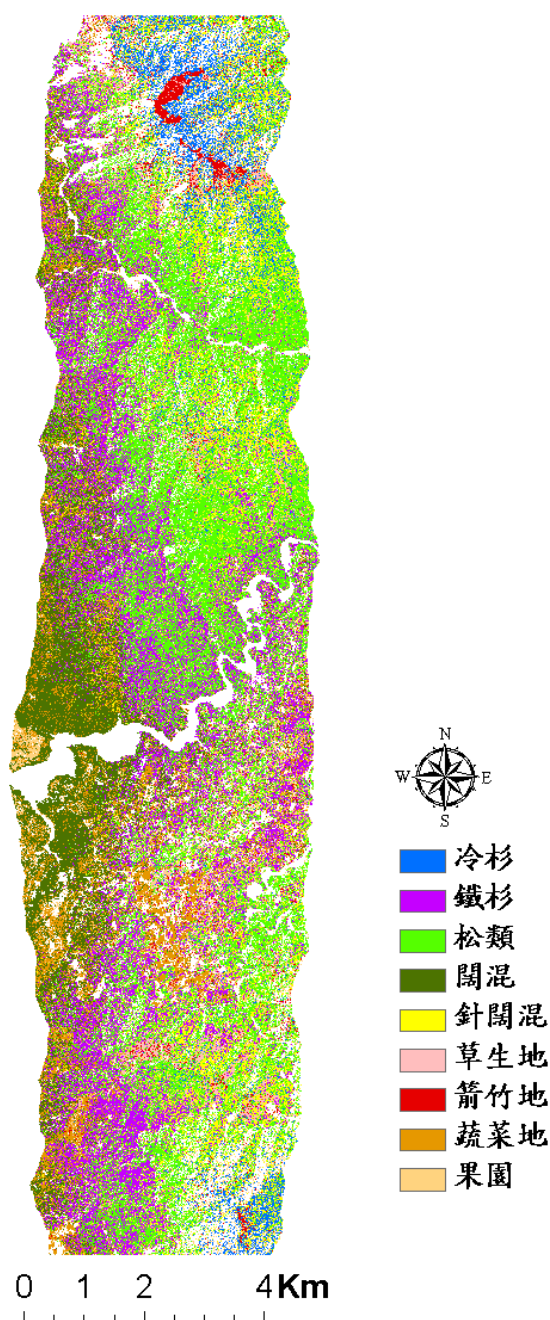


圖5-40 分層過濾影像分類成果圖

本次分類雖精度仍然不足，但透過分層式分類法，將非植生分開並去除陰影干擾，其分類結果之總體精度確實仍有部份提升，顯見適當之影像處理與分類規劃確實對精度提升有所幫助。

前述像元式分類結果呈現較低的精確度，係因 ADS-40 影像具有高空間解析力與 12-bit 的幅射解析力，對相同地景圖徵具有較高變異量的光譜反射值所致(Yu et al., 2006；Lu and Weng, 2007)。此外，由於像元式分類並不理會鄰近像元的光譜反射狀況，故並未建立真實地物鄰近的區域關係，導致分類結果中呈現極高的椒鹽效應(Salt & Pepper)，並產生許多分類上的錯誤，此乃高解析力影像於像元式分類之局限性。

二、物件導向影像分類

(一) 影像切割

本研究採用 5m Nearest Neighbor Interpolation 降解析力之影像進行影像切割測試，同時以該成果進行後續分類。影像切割成果中可見，林分邊界被清楚切割，建築及農田坵塊亦可清楚劃分(圖 5-41)，然因影像切割品質會直接影響物件導向的分類結果(Blaschke, 2003)，因此適切分割尺度所得的影像切塊，與人工視覺判釋劃分的邊界較為接近。



圖5-41 影像切割成果

(二) 物件內容統計

經由影像切割取得物件邊界，再利用此物件邊界統計原影像內之像元統計值。本研究採用原始波段 R、G、B、NIR 影像之波段平均值重製物件影像，以利後續分類使用(圖 5-42)。

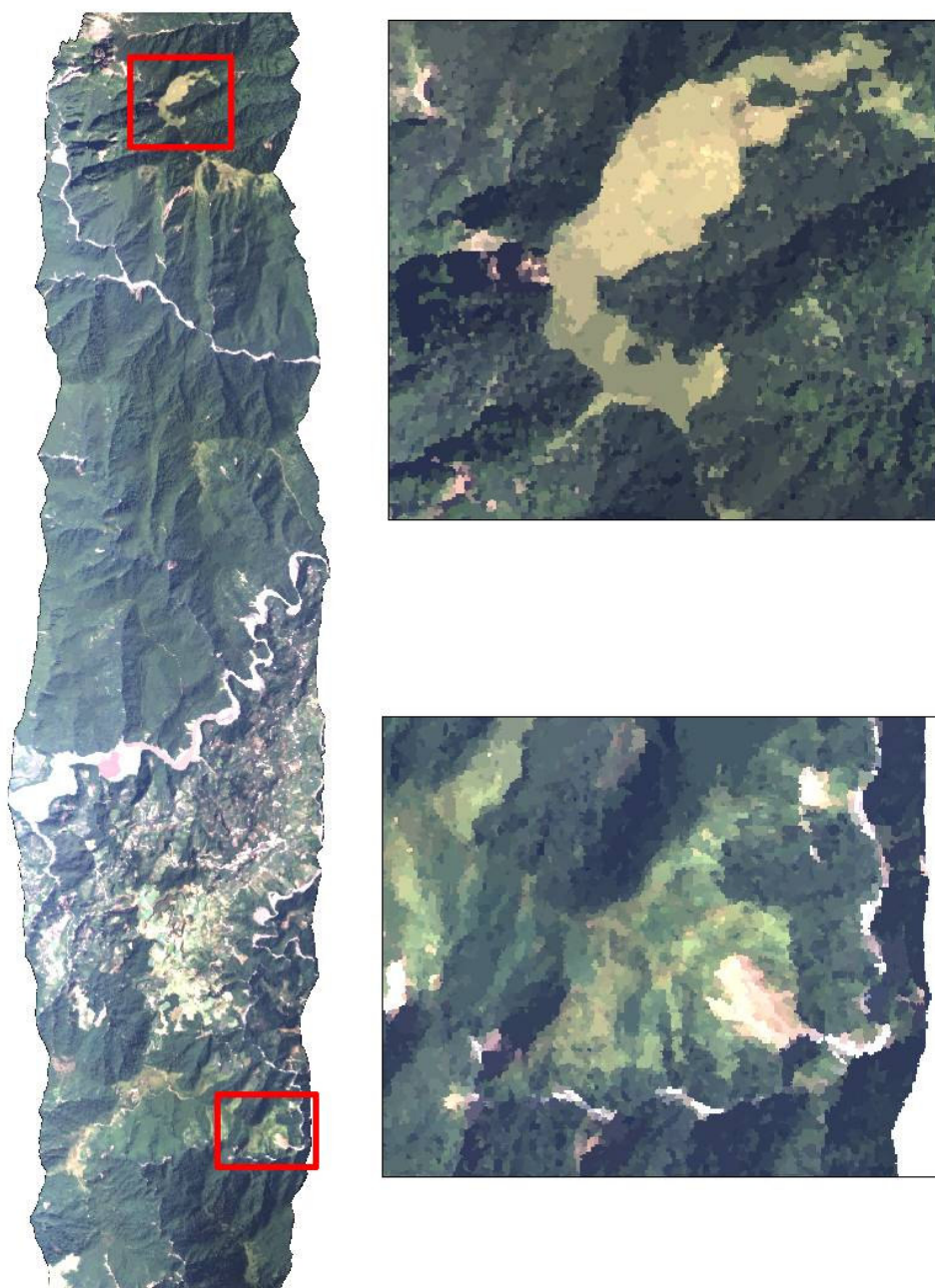


圖5-42 四波段平均值之物件影像

(三) 物件導向影像分類成果

物件導向之影像分類，其 16 類之總體精確度為 64.50 % (表 5-38)，分類成果圖如圖 5-43；而其 9 類之物件導向影像分類總體精確度為 77.92 % (表 5-39)，分類成果圖如圖 5-44；IPCC 6 類之總體精確度為 82.25% (表 5-40)，其分類成果圖如圖 5-45。

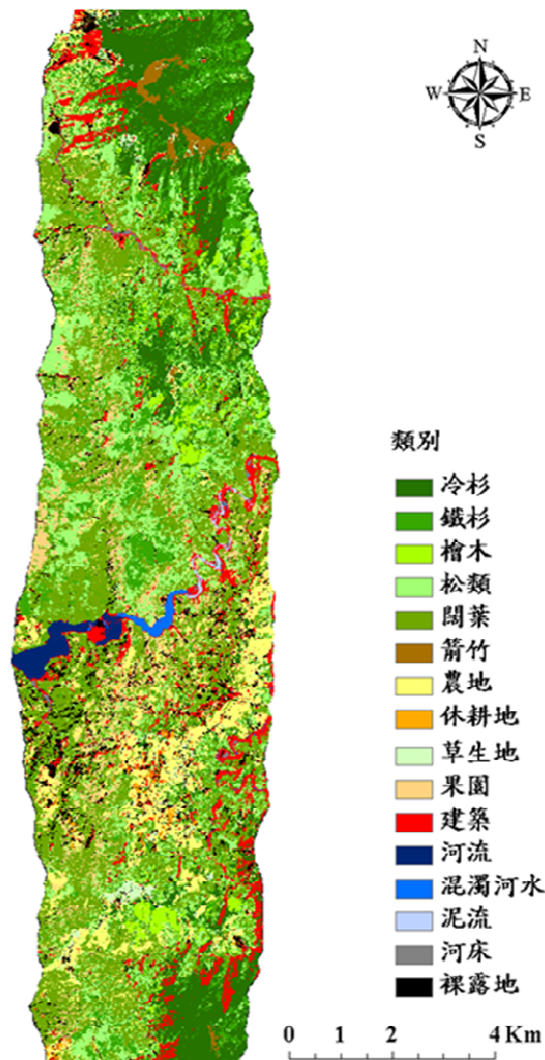


圖5-43 16類別物件導向分類成果圖

表5-38 16類別物件導向分類檢核成果

	冷杉	鐵杉	檜木	松類	闊葉	箭竹	農地	休耕地	草生地	果園	建築	河流	混濁河水	泥流	河床	裸露地	總和	使用者精度
冷杉	9	0	0	8	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	21	42.86%
鐵杉	1	5	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	29.41%
檜木	1	0	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	16.67%
松類	0	0	1	16	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	21	76.19%
闊葉	0	2	0	2	26	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	31	83.87%
箭竹	0	0	0	0	0	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10	90.00%
農地	0	0	0	3	2	0	7	0	2	1	0	0	0	1	0	0	16	43.75%
休耕地	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	1	10	90.00%
草生地	0	0	0	0	0	0	1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	11	90.91%
果園	0	1	0	4	3	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	14	42.86%
建築	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	1	2	2	5	14	14.29%
河流	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	11	100.00%
混濁河水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	1	0	10	90.00%
泥流	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	10	100.00%
河床	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	100.00%
裸露地	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	8	13	61.54%
總和	11	8	3	54	37	9	8	12	13	12	3	11	10	13	13	14	231	
生產者精度	81.82%	62.50%	66.67%	29.63%	70.27%	100.00%	87.50%	75.00%	76.92%	50.00%	66.67%	100.00%	90.00%	76.92%	76.92%	57.14%		總體精確度=64.50%

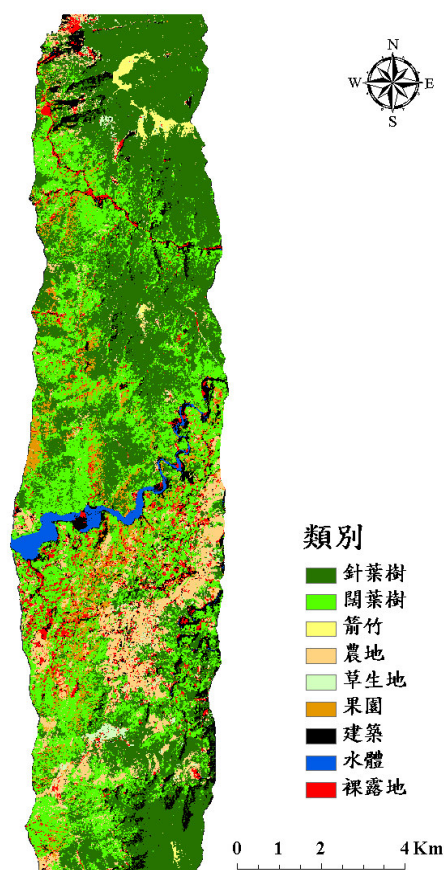


圖5-44 9類別物件導向分類成果圖

表5-39 9類別物件導向分類檢核成果

	針葉樹	闊葉樹	箭竹	農地	草生地	果園	建築	水體	裸露地	總和	使用者 精度
針葉樹	63	4	0	0	0	4	0	0	0	28	88.73%
闊葉樹	4	26	0	0	0	1	0	0	0	28	83.87%
箭竹	0	0	9	0	1	0	0	0	0	36	90.00%
農地	3	2	0	16	2	1	0	1	1	28	61.54%
草生地	0	0	0	1	10	0	0	0	0	26	90.91%
果園	5	3	0	0	0	6	0	0	0	25	42.86%
建築	1	1	0	0	0	0	2	3	7	25	14.29%
水體	0	0	0	0	0	0	0	30	1	26	96.77%
裸露地	0	1	0	3	0	0	1	0	18	28	78.26%
總和	76	37	9	20	13	12	3	34	27		
生產者精度	82.89%	70.27%	100.00%	80.00%	76.92%	50.00%	66.67%	88.24%	66.67%		總體精確度=77.92% 總體 Kappa =0.7333

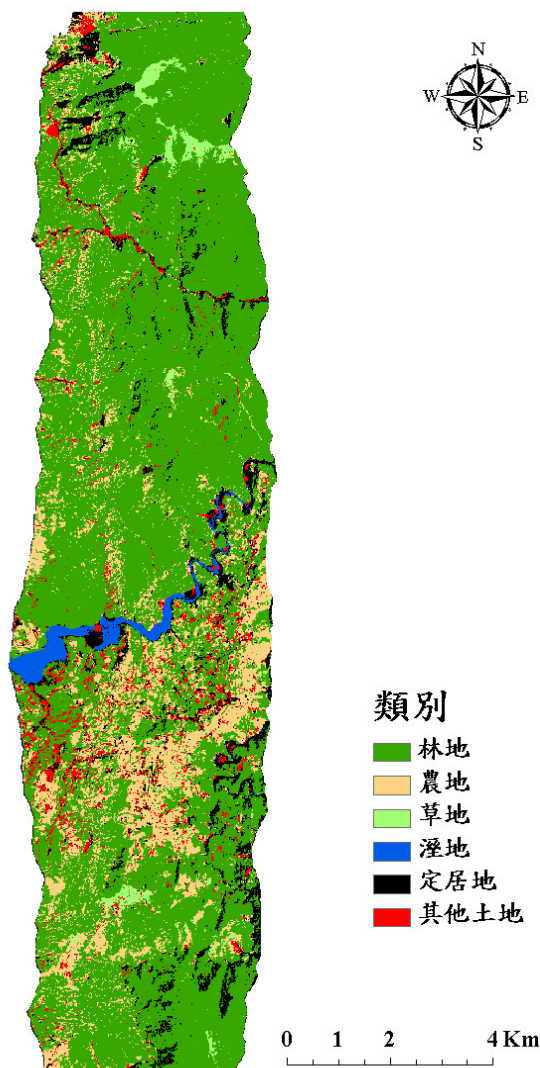


圖5-45 IPCC 6類別物件導向分類成果圖

表5-40 IPCC 6類物件導向分類檢核成果

	林地	農田	草地	溼地	定居地	其他土地	總和	使用者精度
林地	97	5	0	0	0	0	102	95.10%
農田	13	23	2	1	0	1	40	57.50%
草地	0	1	20	0	0	0	21	95.24%
溼地	0	0	0	30	0	1	31	96.77%
定居地	2	0	0	3	2	7	14	14.29%
其他土地	1	3	0	0	1	18	23	78.26%
總和	113	32	22	34	3	27		
生產者精度	85.84%	71.88%	90.91%	88.24%	66.67%	66.67%		總體精確度=82.25% 總體 Kappa=0.7532

本研究採用之航照數位多光譜影像的空間解析力極高(0.25m)，故影像中地物特徵非常明顯，相對於像元式影像分類方式，像元式分類並無建立真實鄰近地物的區域關係。導致分類結果中呈現極高的椒鹽效應，並產生許多分類上的錯誤(Kelly et al., 2004)。物件導向分類使用影像切割產生區塊物件，透過區塊物件建立鄰近地物的區域關係進行分類，所得分類結果較佳，亦無椒鹽效應，故物件導向分類對高解析力之影像是較為適切之選擇。

雖然初步利用物件導向分類之成果有大幅提升，但仍有需多錯誤之分類，在上述三種分類別的檢核過程中，皆發現許多錯誤分類是由陰影區塊所帶來，惟因本次物件導向分類測試並未將陰影去除，故仍造成許多建築地或定居地的錯誤分類(許多陰影仍被分為建築地或定居地)，故未來對於陰影區塊仍需加以處理。

不過若在影像切割前先將陰影濾除，會造成極度破碎的影像切割結果，且分類之成果仰賴於影像切割之適切性(Blaschke, 2003)，因此未來進行影像切割時，應先利用保留陰影的原影像取得物件邊界，惟在進行物件內容統計時，應利用物件邊界去繼承陰影去除影像的影像統計值，則所得物件影像會將陰影資訊剔除—較小之陰影將被物件概約掉，並留下較大陰影的空物件，而空的陰影物件可利用個別處理方式進行填補，藉以產生較完整之分類成果，此法將可提高分類精度。

第六章 結論

本研究計畫以林務局農林航空測量所拍攝之 DMC 與 ADS40 數位多光譜影像配合相關圖層資料為材料，大甲溪事業區與大埔事業區為研究區域，就「崩塌地與敏感區內地形變遷」、「火災災害監測」與「林地分類」等三大議題進行探討，初步獲致以下結果：

一、崩塌地與敏感區內地形變遷之研究

- (一) 非植生地光譜特徵分析，可探究崩塌地與其他非植生地類別間光譜特徵差異，並作為後需影像分類之參考資料。
- (二) 透過影像之雙光譜曲線分析，可了解各種非植生地類別於土壤線之分布狀況，進而了解地物之乾濕分布情形。
- (三) 由崩塌地環境因子之因素分析結果可知，高程、距道路距離、距水系距離與坡度為影響大甲溪事業區崩塌地發生之最重要因子(環境區位子因子與坡面狀況因子)，應將其納入作為影像分類之重要考量。
- (四) 加入輔助資訊(坡度百分率、土地利用圖層)協助崩塌地影像之分類過濾，可提升崩塌地圖層萃取之精度，但其門檻值或需因不同區域進行調整。
- (五) 進行崩塌地潛感推估時，藉因素分析結果輔助進行，可提高不安定指數法於潛感分布製圖的準確性。
- (六) 本年度計畫已完成崩塌地分類之流程架構，惟其分類準確度有賴進一步評估驗證。

二、 運用航照數位多光譜影像進行災害監測之研究

- (一) 透過光譜特徵分析與雙光譜圖曲線，可檢視各植生類型光譜特徵於火災前後之變化情形，並了解火災對各類植生之影響。
- (二) 影像變遷偵測技術可快速取得地表變化，而利用 dNDVI 與 dPC2 可有效萃取發生火災之區位。
- (三) 統計分析結合 dNDVI 與 dPC2，可有效評估火災後之受災嚴重度，且統計分析亦指出，dPC2 可得較佳之火災嚴重度分級成果。
- (四) 透過統計分析雖可區分受災級別，仍應再結合相關文獻進行進一步之驗證。

三、 航照數位影像在林地分類上之研究

- (一) 利用航照數位影像進行林地分類，像元基礎之分類精度以最大概似法較佳，然分類別之定義仍有討論空間。
- (二) 取樣法對分類精度之比較結果中，最近鄰域法僅些微高於其餘兩種取樣法，且最近鄰域法計算時間較短，故採用最近鄰域法為較理想之選。
- (三) 針對大尺度之類別，降低影像解析力可提升總體分類精度，但較小面積類別之分類精度則反而下降，因此針對類別複雜的第四次森林資源調查，應採用空間解析力較高之影像，較能勝任此一複雜的分類任務。

(四) 對於高空間解析力之 ADS40 影像，單純之森林類別可得較佳之分類精度，不過混淆林型則分類精度不高，因此未來或可考慮混淆林型中的樹種別比例，重新定義分類別並予以評估，以期獲致符合實際狀況之分類成果。

(五) 透過分層式之分類方法，去除陰影干擾，並將植生地與非植生分別進行分類，可有效提升總體分類精度，故陰影的去除(糾正)甚為重要，是為明年度工作重點。

(六) 物件導向分類使用影像切割產生區塊物件，透過區塊物件建立地物鄰近的區域關係進行分類，所得分類結果較佳，亦無椒鹽效應，故物件導向分類對高解析力之影像是較為適切之選擇。

本年度計畫所獲致之各項成果如前所述，未來將針對各研究子題一一確認作業流程，同時評估成果；此外，影像光譜值標準化(輻射糾正、消除地形效應)、影像光譜特徵分析、不同影像間各項成果比較、火災分類門檻值設定、林地分類別定義之探討與分類精度評估等各項議題，亦為明年度計畫執行之重點方向，其相關細節詳附錄 C 所述。

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. 李錫堤、黃健政(2005)區域性山坡穩定分析之回顧與展望。地工技術 104: 33-51頁。
4. 林家榮、李錦育(2005)潛在危險指標應用於屏東縣集水區之分級與分區研究。水土保持學報 37(1): 41-52頁。
5. 莊緯璉(2005)運用判別分析來進行山崩潛感分析之研究, 國立中央大學應用地質學系碩士論文, 178頁。
6. 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頁。
7. 陳朝圳、鍾玉鍾(2003)應用遙感探測於墾丁國家公園計畫各分區長期植群生態變遷之調查與研究。墾丁國家公園管理處保育研究123 號。105頁。
8. 陳樹群、馮智偉(2005)應用Logistic迴歸繪製崩塌潛感圖—以濁水溪流域為例, 中華水土保持學報, 36(2):191-201頁。
9. 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頁。
10. 劉盈劭(2001)陳有蘭溪四個小流域崩塌與土石流發生頻率之研究。台灣師大地理研究報告 34: 63-83頁。
11. 簡李濱(1992)應用地理資訊系統建立坡地安定評估之計量方法, 中興大學土木所碩士論文。
12. 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頁。
13. 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頁。

14. Aleotti, P., and R. Chowdhury (1999) Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 58: 21-44.
15. Asner, G. P., and A. S. Warner (2003) Canopy shadow in IKONOS satellite observations of tropical forest and savannas. *Remote Sensing of Environment* 87: 521-533.
16. Ayalew, L., and H. Yamagishi (2005) The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. *Geomorphology* 65: 15-31.
17. Baeza, C., and J. Corominas (2001) Assessment of shallow landslide susceptibility by means of multivariate statistical techniques. *Earth Surface Process and Landforms* 26: 1251-1263.
18. Bauer, M. E. 1975. The role of remote sensing in determining the distribution and yield of crops. *Advances in Agronomy* 27: 271-304.
19. Blaschke, T.(2003) Object-based Contextual Image Classification Built on Image Segmentation. *Advances in Techniques for Analysis of Remotely Sensed Data*, 2003 IEEE Workshop on, pp. 113 – 119.
20. 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*, doi: 10.1016/j.coldregions.2009.02.007
21. Dai, F. C., and C. F. Lee (2001) Frequency-volume relation and prediction of rainfall-induced landslides. *Engineering Geology* 59: 253-266.
22. 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.
23. Guzzetti, F., A. Carrara, M. Cardinali, and P. Reichenbach (1999) Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology* 31: 181-216.

24. Hord, R. M. 1982. Digital Image Processing of Remotely Sensed Data. New York: Academic Press.
25. Huete, A., K. Didan, T. Miura, E. P. Rodriguez, X. Gao, L. G. Ferreira (2002) Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS Vegetation Indices. Remote Sensing of Environment, 83(1-3): 195-213.
26. Jenks, G. F. and Coulson, M. R. (1963) Class intervals for statistical Maps, International Yearbook of Cartography, 3: 119-134.
27. Jensen, J. R. (2000) Remote sensing of the environment. An Earth Resource Perspective. Saddle River, NJ: Prentice-Hall 333-377.
28. Kaiser, H. F. (1970) A second generation little jiffy. Psychometrika 35: 401-405.
29. Kelly, M., Shaari, D., et al. (2004). A comparison of standard and hybrid classifier methods for mapping hardwood mortality in areas affected by “sudden oak death”. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70(11), 1229 – 1239.
30. Lechner, A. M., A. Stein, S. D. Jones, J. G. Ferwerda (2009) Remote sensing of small and linear features: Quantifying the effects of patch size and length, grid position and detectability on land cover mapping. Remote Sensing of Environment 113 : 2194-2204.
31. Lee, S., and K. Min (2004) Statistical analysis of landslide susceptibility at Yongin, Korea. Environmental Geology 40: 1095-1113.
32. Lillesand, T. M., R. W. Kiefer, and J. W. Chipman (2004) Remote Sensing and Image Interpretation. 5th ed. John Wiley & Sons. 763pp.
33. Lin W T, Lin C Y, Chou W C. (2006) Assessment of vegetation recovery and soil erosion at landslides caused by a catastrophic earthquake: A case study in Central Taiwan. Ecological Engineering, 28: 79-89.
34. Lin, W. T., C. Y. Lin, J. S. Tsai, P. H. Huang (2008) Eco-environmental changes assessment at the Chiufenershan landslide area caused by catastrophic earthquake in Central Taiwan. Ecological Engineering 33: 220-232.

35. Lu, D. and Q. Weng (2007) Survey of Image Classification Methods and Techniques for Improving Classification Performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5):823-870.
36. Schiewe, J. (2003) Auswertung hoch auflösender und multi-sensoraler Fernerkundungsdaten – Entwicklung von Methoden und Transfer in die Lehre. Habilitation Thesis. Materialien Umweltwissenschaften Vechta, vol. 18.
37. Schiewe, J. (2005) Status and future perspectives of the application potential of digital airborne sensor systems. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 6: 215-228.
38. Swain, P. H., and S. M. Davis. 1978. *Remote Sensing: The Quantitative Approach*. New York: McGraw Hill Book Company.
39. 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.
40. 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.
41. Trichon, V. and, M. P. Julien (2006) Tree species identification on large-scale aerial photographs in a tropical rain forest, French Guiana—application for management and conservation. *Forest Ecology and Management* 225: 51–61.
42. Tucker, C. J. (1977) Use of Near Infrared/Red radiance ratios for estimating vegetation biomass and physiological status, in *Proc. 11th Int. Symp. Remote Sensing of Environment*, vol. 1, Ann Arbor, MI, Apr., pp. 493-494.
43. Walter, V. (2004) Object-based classification of remote sensing data for change detection. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 58: 225-238.

44. Yilmaz, I. (2009) Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural network and their comparison: A case study from Kat landslides (Tokat-Turkey). *Computers and Geosciences*, doi:10.1016/j.cageo.2008.08.007
45. Yu, O., P. Gong, N. Clinton, G. Biging, M. Kelly, and D. Shirokauer (2006) Object-based Detailed Vegetation Classification with Airborne High Spatial Resolution Remote Sensing Imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72(7):799-811.
46. Xiao Xiangming, & Stephen Boles (2002) Characterization of forest types in Northeastern China, using multi-temporal SPOT-4 VEGETATION sensor data」, *Remote Sensing of Environment* 82: 335-348.