2013 福衛 2 號衛星影像於林地變異點之監測工作計畫

摘要

本計畫應用福衛二號衛星影像於大埔事業區林地變異點之監測工作，由影像前處理、衛星影像空間及多光譜尺度、變遷分析及篩選因子統計分析進行福衛二號應用於林地變異點判釋能力評估，研究結果顯示變遷分析方法以常態化差異植生指標法結果為最佳，福衛二號衛星影像以常態化差異植生指標法進行變遷分析後，以非監督式分類方法區分變異區域，並以多期衛星影像、地形因子、面積及土地利用類型等地真及輔助資料進行變異點判釋，取得林地變異點並進行查核，查核結果顯示 8m 多光譜影像於林地變異點判釋正確率較高，2m 融合影像提供較多地表之細節，然雜訊影響林地變異點判釋之正確率。計畫以研究成果建立標準作業流程，可供未來林地監測工作利用。

關鍵字：福衛二號、林地變異點、變遷分析。

目錄

目錄 i
圖目錄 ii
表目錄 iv
壹、計畫內容 1
一、前言 1
二、計畫目標 1
三、重要工作項目 2
貳、研究區概述 3
一、研究區域基本資料 3
二、資料蒐集與來源 5
參、研究方法 12
一、計畫流程 12
二、影像前處理 14
三、變遷分析 16
四、建立變異點篩選標準作業流程 23
肆、結果與討論 28
一、影像前處理 28
二、變遷分析方法探討 37
三、開墾地變遷行為探討 45
四、變異點篩選標準作業流程 52
五、變異點偵測成果 55
六、綜合討論 67
伍、結論與建議 71
陸、參考文獻 74
柒、現場檢核記錄 78
捌、期初報告委員意見與回覆 81
玖、工作會議委員意見與回覆 84
拾、期末報告委員意見與回覆 86

圖目錄

圖 1 研究區位置圖 3
圖 2 樣區編號與位置 4
圖 3 大埔事業區福衛二號衛星影像 6
圖 4 臺灣 30 m 數值地形模型(DEM)資料.....7
圖 5 計畫區坡度分布圖 7
圖 6 大埔事業區谷線及溪流之空間分布圖 8
圖 7 大埔事業區崩塌地分布圖 8
圖 8 國土利用調查計畫成果圖 9
圖 9 變遷分析成果準確性評估流程圖 10
圖 10 農地地真資料圖 10
圖 11 研究流程圖.....13
圖 12 幾何校正流程圖 14
圖 13 寫入儲存插入法(WFM)模型 17
圖 14 變異點土地使用態樣篩選流程圖 23
圖 15 幾何校正控制點分布 28
圖 16 不同控制點數量幾何校正均方根誤差變化(2m 融合影像) 33
圖 17 不同控制點數量幾何校正均方根誤差變化(8m 多光譜) 33
圖 18 輻射校正前後直方圖比較 35
圖 19 陰影偵測成果(左 2010 年，圖右為 2011 年。).....36
圖 20 (a)2009 影像(b)2011 影像(c)dNDVI(d)PCA(e)SCVA(f)WFM 37
圖 21 常態化植生指標差值法(dNDVI)變遷分析成果 38
圖 22 主成份分析法(PCA) 變遷分析成果.....38
圖 23 光譜變化向量分析(SCVA) 變遷分析成果 38
圖 24 寫入儲存插入法(WFM) 變遷分析成果.....38
圖 25 2009-2010 變遷偵測(2m 融合影像)總體準確度 40
圖 26 2009-2010 變遷偵測(2m 融合影像)總體 Kappa 值.....40
圖 27 2009-2010 變遷偵測(8m 多光譜影像)總體準確度 41
圖 28 2009-2010 變遷偵測(8m 多光譜影像)總體 Kappa 值.....41
圖 29 2009-2011 變遷偵測(2m 融合影像)總體準確度 42

圖 30 2009-2011 變遷偵測(2m 融合影像)總體 Kappa 值.....42
圖 31 2009-2011 變遷偵測(8m 多光譜影像)總體準確度.....43
圖 32 2009-2011 變遷偵測(8m 多光譜影像)總體 Kappa 值.....43
圖 33 開墾變異點面積大小分布圖.....45
圖 34 農地與開墾變異點距離分布圖.....46
圖 35 崩塌與開墾變異點距離分布圖.....47
圖 36 水系與開墾變異點距離.....48
圖 37 道路人工建物與開墾變異點距離.....49
圖 38 農地位置坡度分布圖.....50
圖 39 各土地利用類型常態化植生指標分布圖.....51
圖 40 變異點篩選標準作業流程圖.....54
圖 41 2m 融合影像開墾變異點分布圖.....59
圖 42 1 號變異點(2m 融合影像).....59
圖 43 2 號變異點(2m 融合影像).....60
圖 44 3 號變異點(2m 融合影像).....60
圖 45 4 號變異點(2m 融合影像).....61
圖 46 5 號變異點(2m 融合影像).....61
圖 47 7 號變異點(2m 融合影像).....62
圖 48 8m 多光譜影像開墾變異點分布圖.....62
圖 49 2 號變異點(8m 多光譜影像).....63
圖 50 3 號變異點(8m 多光譜影像).....63
圖 51 4 號變異點(8m 多光譜影像).....64
圖 52 6 號變異點(8m 多光譜影像).....64
圖 53 7 號變異點(8m 多光譜影像).....65
圖 54 8 號變異點(8m 多光譜影像).....65
圖 55 9 號變異點(8m 多光譜影像).....66
圖 56 11 號變異點(8m 多光譜影像).....66
圖 57 影像嵌補對於變遷分析之影響(左 SCVA，右 PCA).....67
圖 58 dNDVI 偵測曾文水庫區域為變遷區域.....68
圖 59 林地變異點分析查核系統架構圖.....73
圖 60 變異點現場勘查.....78

表目錄

表 1 樣區編號與位置表 4
表 2 福衛二號之遙測酬載儀器規格 5
表 3 計畫區域土地利用類型之定義 11
表 4 福衛 2 號 RMSE 控制門檻 15
表 5 影像分類誤差矩陣 22
表 6 計畫蒐集之大埔事業區空間資料 25
表 7 變異點圖層屬性資料內容規畫表 26
表 8 融合影像(2m)校正誤差表(建模控制點).....31
表 9 多光譜影像(8m)校正誤差表(建模控制點).....32
表 10 融合影像(2m)最小灰階值.....34
表 11 多光譜影像(8m)最小灰階值.....34
表 12 變遷分析影像校正差異評估(2009 年及 2010 年) 44
表 13 變遷分析影像校正差異評估(2009 年及 2011 年).....44
表 14 開墾變異點面積大小比例分布表 45
表 15 農地與開墾變異點距離比例累計分布表 46
表 16 崩塌與開墾變異點距離比例累計分布表 47
表 17 水系和谷線開墾變異點距離比例累計分布表 48
表 18 道路人工建物與開墾變異點距離比例累計分布表 49
表 19 各農地距離之偵測開墾地正確率(2m 融合影像) 56
表 20 各農地距離之偵測開墾地正確率(8m 多光譜影像) 56
表 21 各樣區開墾偵測正確率(2m 融合影像) 58
表 22 各樣區開墾偵測正確率(8m 多光譜影像) 58
表 23 變異點現堪位置表 78
表 24 現勘成果表 79

壹、計畫內容

一、前言

數位航遙測資料及衛星影像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，應用於大規模的自然資源調查，可節省大量人力、物資及時間。利用航遙測數位多光譜技術，獲取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等研究發展之用，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。

國有林班地幅員廣大，林務局進行林地清查事宜，實務上卻遭遇面積遼闊、編制人力不足及部分林區交通不便等問題，導致巡查不易，對違法之濫墾、盜伐等情事難以掌控，由於林地違規查報工作繁重加上人情壓力等問題，嚴重影響山坡地之監測管理工作，本計畫期以利用福衛二號衛星影像大面積涵蓋範圍、短週期拍攝之時效性及提供多光譜等優點，研究其應用於林地變異點監測之可行性，希冀根據研究成果，建立一套完整查報機制，篩選出國有林班地及區外保安林之可疑變異點，再交由各林管處派員到現場進行複查與處理工作，期望能充分落實國土保安及森林復育等政策，使森林永續經營的目的得以發揮。

二、計畫目標

本計畫擬以福衛二號衛星影像為研究材料，以各類影像分類演算法進行影像分類，分析影像監測林地變異點之可行性，並評估福衛二號影像不同尺度資訊整合之應用，建立林地變異點監測之標準作業流程，期望能有效的監測山坡地之開發行為，避免違規使用。

三、重要工作項目

針對指定範圍,研究多時期之福衛二號衛星影像,於不同解析度、光譜組合及紋理資訊下，應用於林地變異點監測之可行性，藉由第四次森林資源調查土地覆蓋型圈繪圖層、航照圖資或地面實地調查成果作為本案執行時的輔助參考資料，據以瞭解影像判釋之穩定性。

(一)林地變為非林地之變異點判釋方法、作業流程及可行性。

(二)評估由上述判釋結果中，篩選出檳榔、果樹、茶園、其他農作物及竹林等土地使用態樣之可行性，並說明其分類方法及作業流程。

(三)依據上述二項成果，分別建議適當之影像使用類別。

(四)本計畫執行期程內之成果進行 3 小時(含)以上之技術轉移教育訓練。

貳、研究區概述

一、研究區域基本資料

研究區位於嘉義縣境內，林務局嘉義林區管理處所轄管之大埔事業區，如圖 1。大埔事業區之福衛二號衛星影像如圖 3。大埔事業區位於台灣嘉義縣的東南隅，西部山地屬西烏山嶺山列，為阿里山山脈西南支脈之延伸，其主稜線在大凍山以北大致為東北至西南走向，以南大致為北北東至南南西走向，東北部山地為西烏山嶺山列、自隙頂山向南延伸的小支脈，東部山地屬阿里山山脈另一支脈，東烏山嶺山列的北段，大埔河蝕盆地位於大埔溪兩岸，略呈南北狹長形，大埔事業區總面積為 43974.66 ha。

計畫中依照海拔高度及地型，選擇 16 個 1/5000 像片基本圖幅範圍為樣區進行研究，以了解變異點分析方法應用於不同地域之影響，樣區編號與位置表如表 1，樣區位置分布如圖 2。

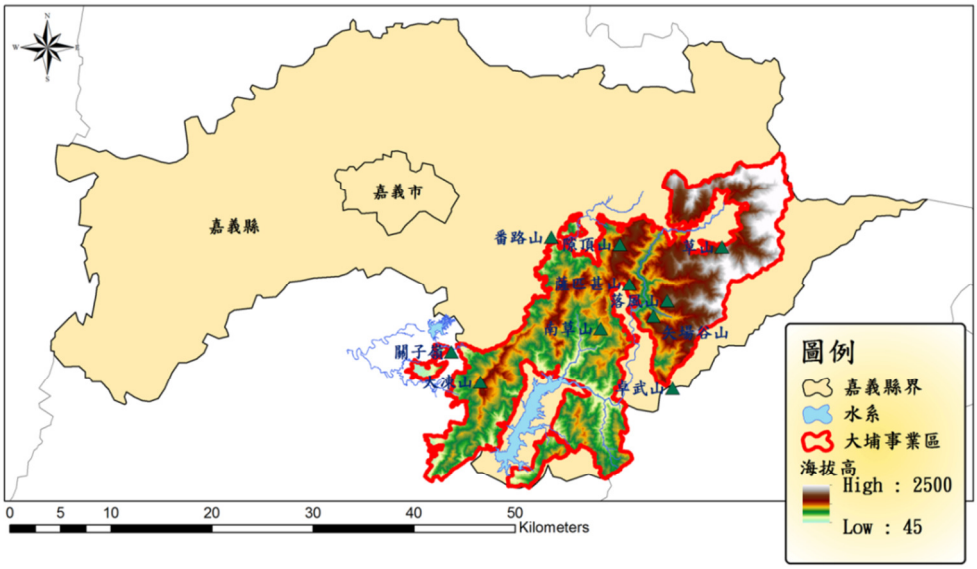


圖 1 研究區位置圖

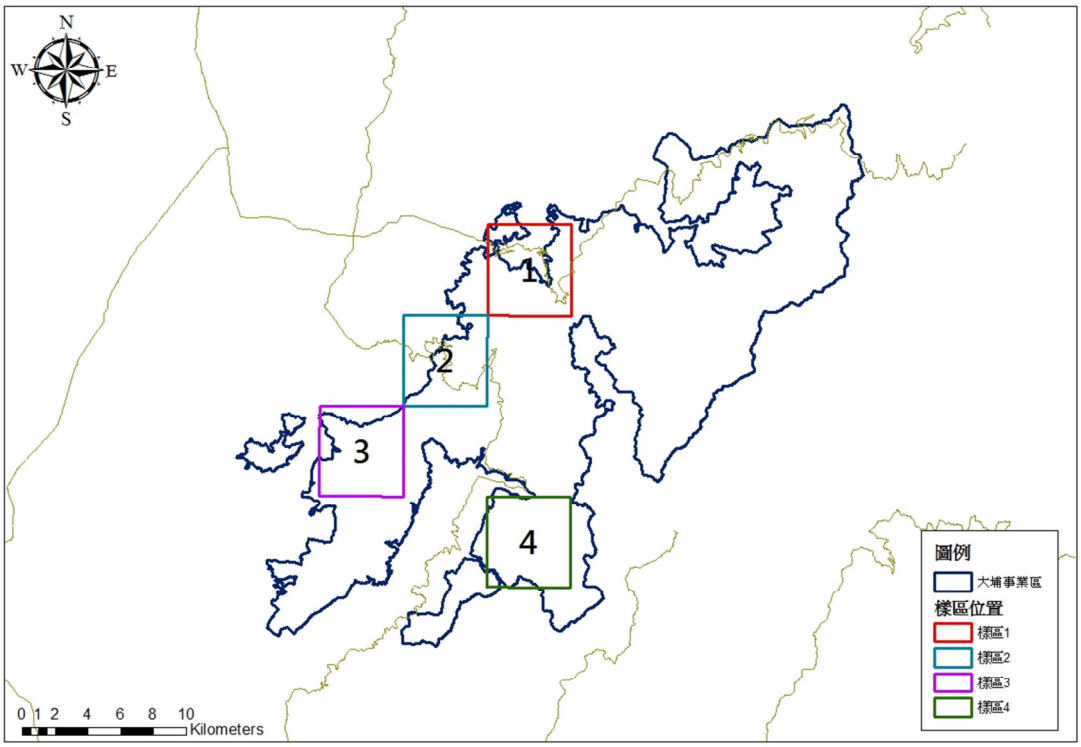


圖 2 樣區編號與位置

表 1 樣區編號與位置表

樣區編號	1/5000 圖幅編號	圖幅名稱
1	9519-4-025	下路
	9519-4-026	中寮
	9519-4-035	內腦寮
	9519-4-036	龍美
2	9519-4-043	橫坑頭
	9519-4-044	大樟腳
	9519-4-053	大湖底
	9519-4-054	永興
3	9519-4-061	三重溪
	9519-4-062	凍子頂
	9519-4-071	大凍山
	9519-4-072	石面桶
4	9519-4-085	崙頂
	9519-4-086	射兔潭
	9519-4-095	頂平林北
	9519-4-096	二溪

二、資料蒐集與來源

(一) 福衛二號衛星影像

計畫中利用 2009 至 2011 年福衛二號影像為材料，研究應用於林地變異點監測之可行性，福衛二號為國家太空計畫第一期十五年計畫中之主要任務之一。福衛二號具有資源探測與科學研究雙重任務，其資源探測任務是以滿足臺灣地區之需求為主，其每日再訪率與高空間解析度的設計，是福衛二號優於其他商業遙測衛星的地方，其應用領域可包含土地利用與變遷、農林規劃、環境監控、災害評估以及科學研究與教育等方面，帶動國內遙測技術之開發及提昇遙測應用之層級。福衛二號遙測影像之基本資料如表 2。

表 2 福衛二號之遙測酬載儀器規格

軌道	891 km 高，太陽同步軌道，每日通過台灣海峽上空二次	
光譜分析	全色態(PAN)	0.52~0.8 2 μm
	多頻譜(MS)	藍 0.45～0.52 μm 綠 0.52～0.60 μm 紅 0.63～0.69 μm 近紅外 0.76～0.90 μm
空間解析度(近地點)	全色態(黑白)影像 2 m 多頻譜(彩色)影像 8 m	
像幅寬	24 km	
任務壽命	5 年	
發射日期	2006 年 5 月 21 日	

福衛二號之重量約為 750 kg(含酬載及燃料)，軌道高 891 km，屬於太陽同步衛星，軌道面固定，每日通過台灣海峽上空，具左右各 45°之傾斜拍攝之能力。每日繞地球飛行 14 圈，地面軌跡(Ground Track)將通過臺灣海峽上空，可一次拍攝八分鐘的資料。第一次通過台灣海峽上空的時間為上午 9 點 40 分，可進行拍攝與下傳影像資料。第二次通過台灣海峽上空的時間則為晚上 9 點 40 分，此時無法進行拍攝任務，但可以下傳拍攝其他地區之資料。

福衛二號全色態解析度在 0°~45°之傾角下約為 2~4.5 m，在飛行方向則約為 2~3 m。多光譜態有四個波段，即藍光段、綠光段、紅光段及近紅外光段，具 8 m 解析度，掃瞄寬度為 24 km。圖 3 為本計畫所使用之大埔事業區福衛二號衛星影像。

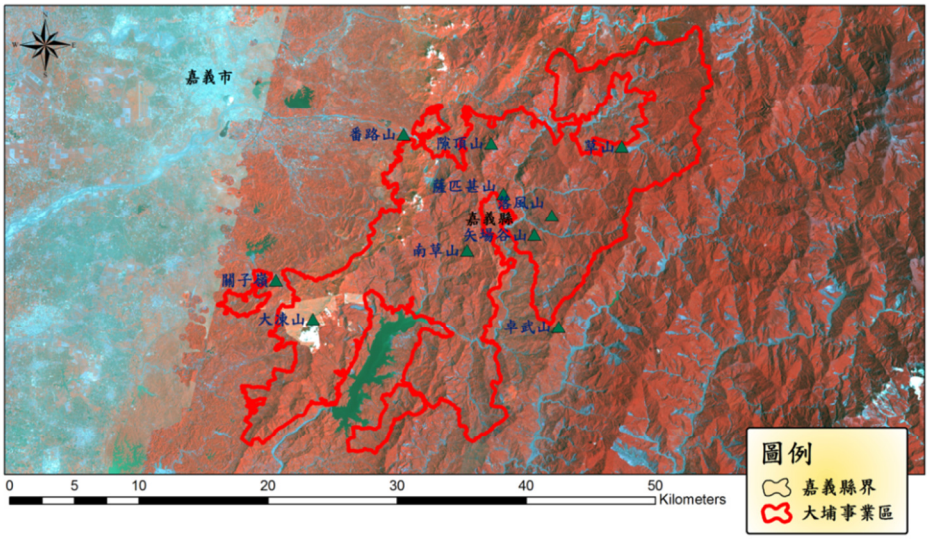


圖 3 大埔事業區福衛二號衛星影像

(二)地形資料

計畫中利用數值地形模型資料進行計畫區地形因子之分析，包括坡度分析及水系分析。

1. 數值地形模型(DEM)資料

計畫中所使用之數值地形模型資料為 2009 年 6 月美國太空總署(NASA)和日本經濟產業省(METI)在釋出的全球數值地形模型(GDEM)資料第二版，為利用 ASTER 衛星拍攝所得影像分析成果，ASTER 資料一般解析度則為 30 m，所產製之 GDEM 資料可以符合 GIS 中比例尺 1:50,000 至 1:250,000 之間地圖的繪製需求。我國中央研究院 GIS 中心將 GDEM 臺灣本島及澎湖的區域拼接成單一圖幅供使用者下載

原始 DEM 地面解析度約 30 m，坐標為經緯度坐標，輸出格式為 16 bits 的 GeoTiff，大地基準使用 WGS84/EGM96 值-9999 表示該像素為空，而水體則以值 0 表示，如圖 4。

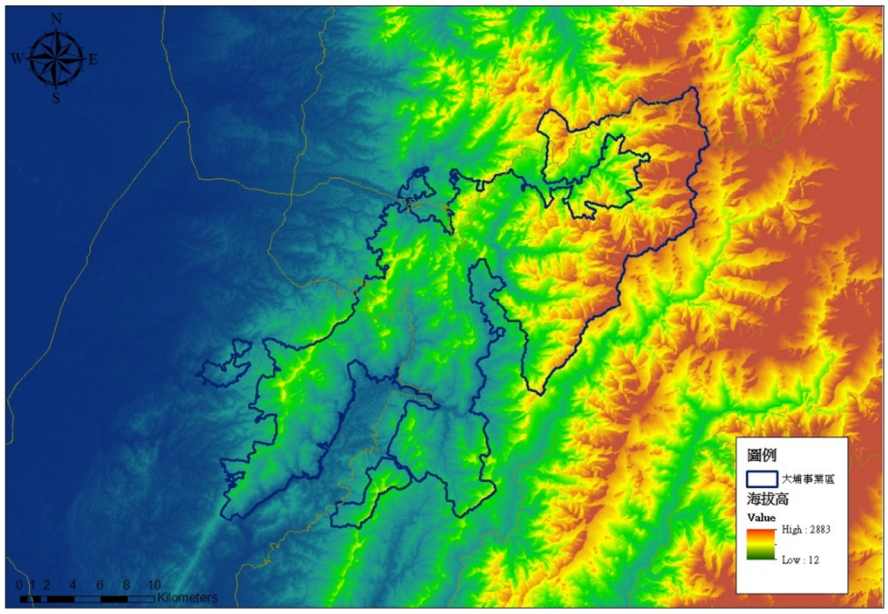


圖 4 臺灣 30 m 數值地形模型(DEM)資料

2.坡度分級資料

計畫中以數值地形模型進行計畫區域坡度分析，並進行分級，以 ESRI ArcGIS 之空間分析工具 Slope 進行坡度計算，並以 20、30、40、50 及大於 50 度進行分級，坡度分析結果如圖 5。

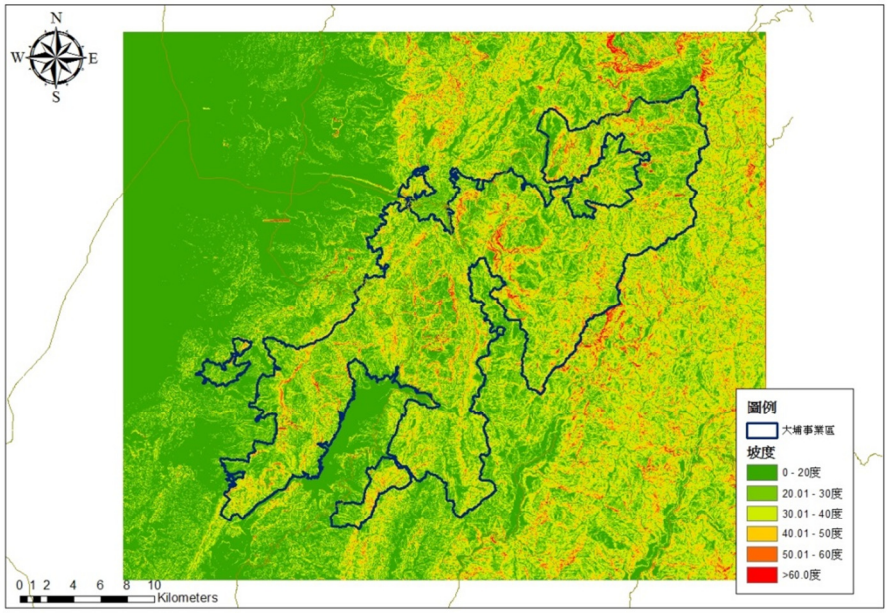


圖 5 計畫區坡度分布圖

3.谷線資料

計畫中以 ESRI ArcGIS 之水文分析工具及數值地形模型進行計畫區域水系分析，目的在於取得計畫區域中山谷線及溪流之空間分布，水文分析工具將河段累積長度大於 100 個網格視為山谷線或溪流，水文分析結果如圖 6。

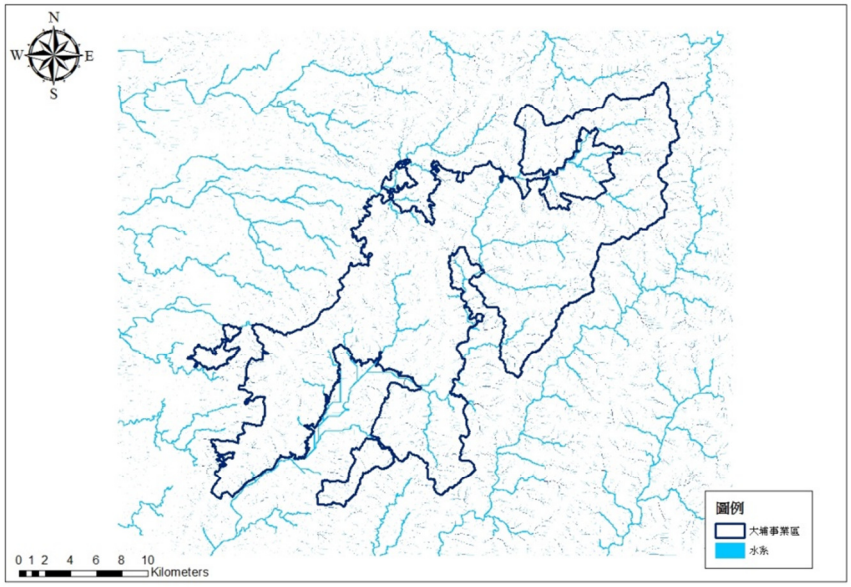


圖 6 大埔事業區谷線及溪流之空間分布圖

4.崩塌地資料

計畫蒐集計畫區崩塌地資料，崩塌地資料為行政院農委會林務局製作之八八風災全台崩塌地圖層，如圖 7。

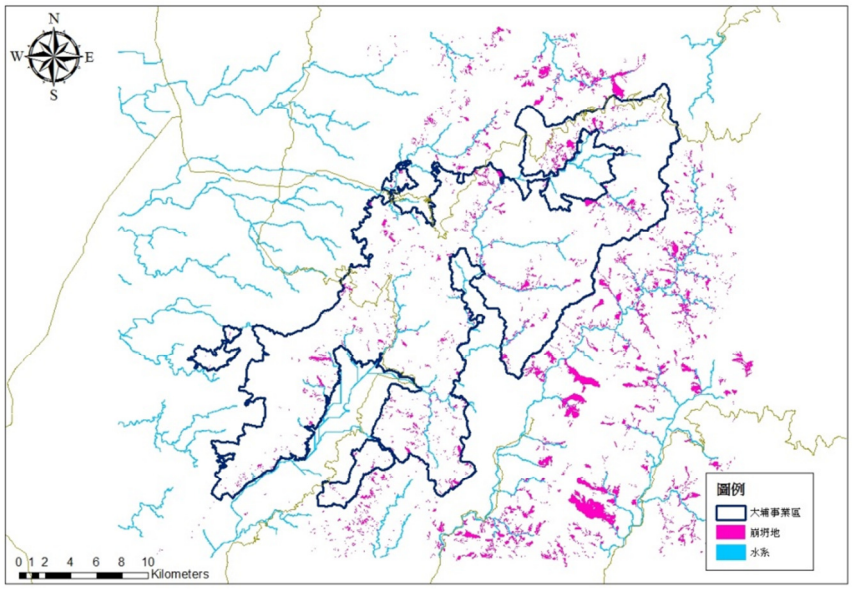


圖 7 大埔事業區崩塌地分布圖

(三)土地利用資料

1.土地利用分類資料

計畫蒐集計畫區土地利用分類資料，做為地真資料判釋及變異點篩選之參考資料，土地利用分類資料來源為內政部地政司國土測繪中心於 95 年至 97 年間執行國土利用調查計畫成果資料，如圖 8。

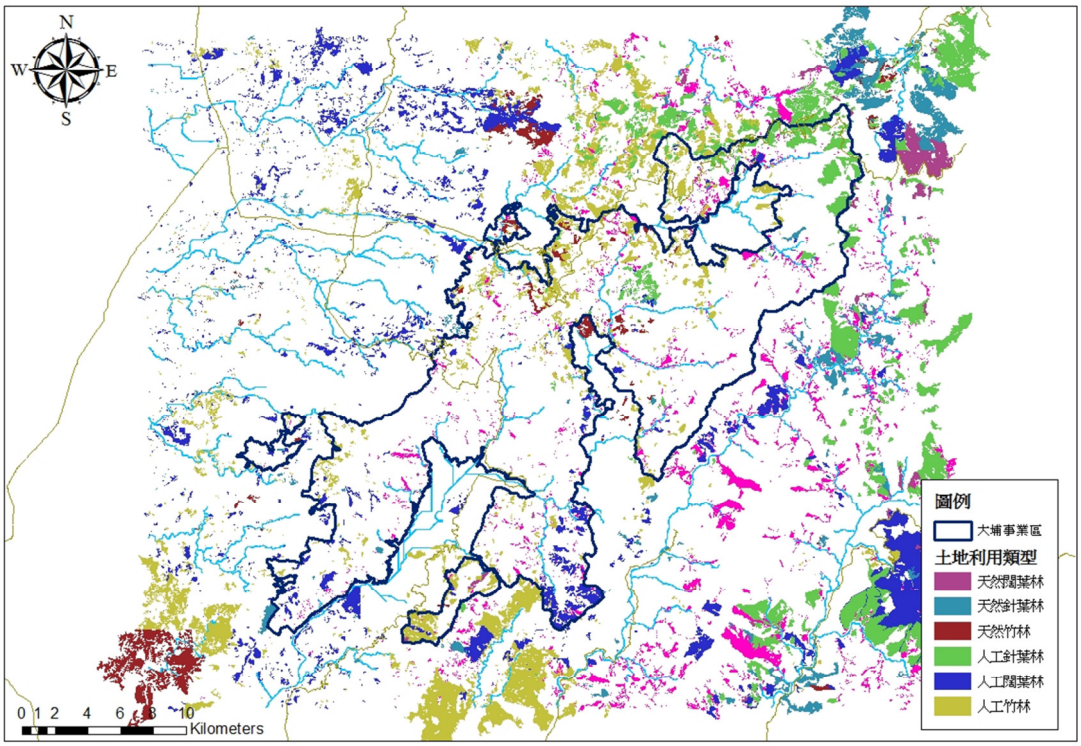


圖 8 國土利用調查計畫成果圖

2.農地地真資料

本計畫利用福衛二號彩色融合衛星影像，配合農委會林務局農林航空測量所所拍攝之彩色正射影像，以 ESRI ArcGIS 9.2 地理資訊系統軟體，依照形狀、大小、色調與顏色、陰影模樣與組織等判釋之基本要素建立地真與農地變遷資料。

計畫中依照國土利用分類土地使用分類系統表之定義，配合遙測資料空間解析度進行調整土地使用分類項目，人工判釋及建置地真資料圖層，調整過後之土地利用類型定義表如表 3，建置流程圖如圖 9，農地變遷資料建置成果如圖 10。

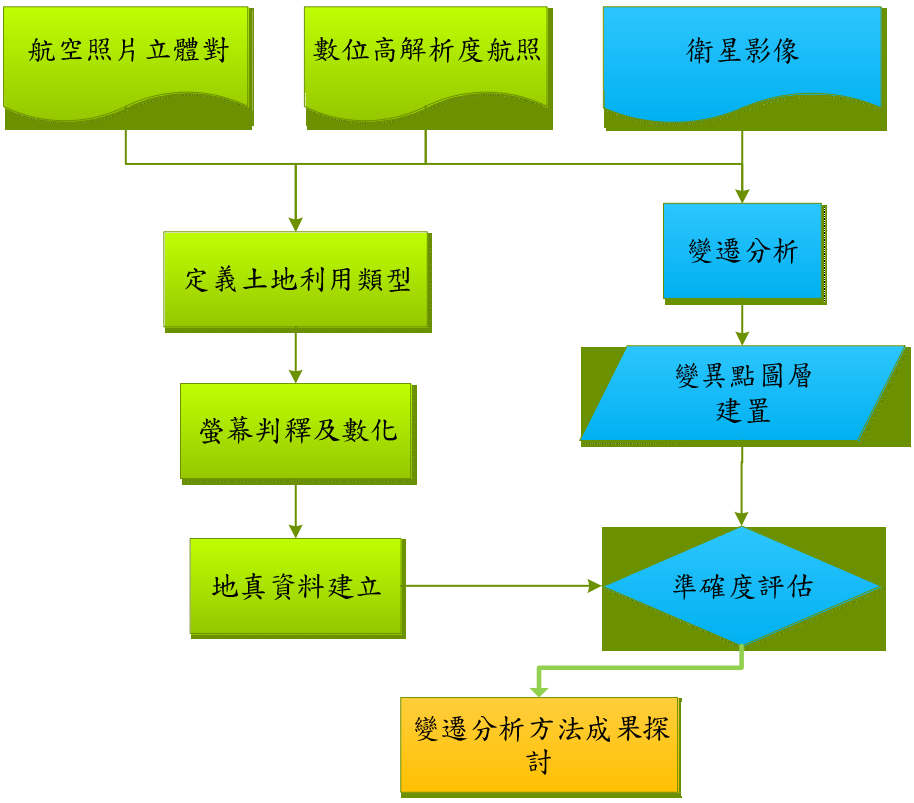


圖 9 變遷分析成果準確性評估流程圖

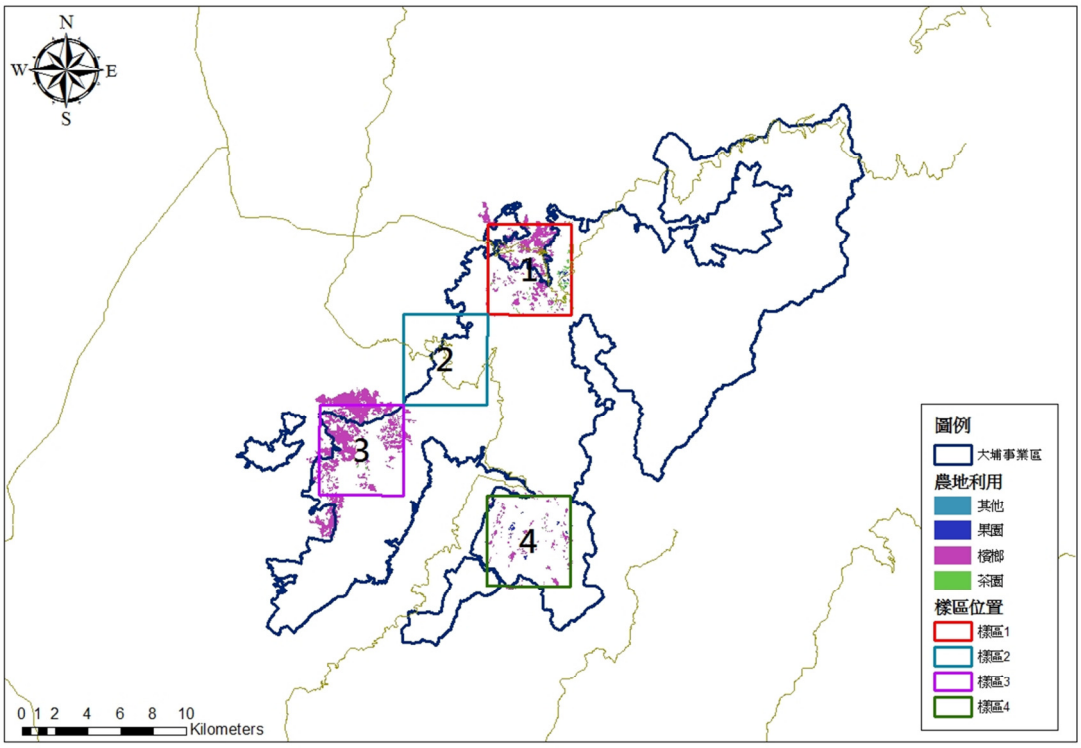


圖 10 農地地真資料圖

表 3 計畫區域土地利用類型之定義

第一類		第二類		第三類	
類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼
農業使用土地	01	農作	0101	稻作	010101
				旱作	010102
				果樹	010103
				廢耕地	010104
				檳榔	
				茶園	
				其他農作物	
		水產養殖	0102		
		畜牧	0103		
		農業附帶設施	0104		
森林使用土地	02	天然林	0201	天然竹林	020103
		人工林	0202	人工竹林	020203
交通使用土地	03	道路	0303		
水利使用土地	04	河道	0401	河川	040101
		蓄水池	0403	水庫	040301
				湖泊	040302
其他使用土地	09	草生地	0903	草生地	090300
		裸露地	0904	崩塌地	090402

參、研究方法

一、計畫流程

依據研究目的,計畫主要分為影像前處理、衛星影像多尺度分析、變遷分析、準確度評估、數位航照林地變異點監測評估、屬性資料建立及標準作業流程建立、研究成果討論等部份。

衛星影像前處理將福衛二號前後期衛星影像進行幾何及輻射校正，並將進行陰影偵測，以降低高解析衛星影像上陰影所造成的雜訊干擾。

為瞭解福衛二號衛星影像其不同尺度於林地變異點偵測之差異性,計畫中分為多光譜影像(8m)及RGB彩色融合影像(2m)進行探討。計畫中並探討各變遷方法於林地變異點偵測之可行性及其準確度。

計畫亦探討變遷分析方法應用於林地變異點之能力、衛星影像之空間解析力及光譜解析力對於林地變異點分析之影響及其適用之情況等，本研究並建立林地變異點分析標準作業流程，供後續實務上操作利用，以及進行相關之研究。本計畫之流程如圖 11 所示，相關步驟與程序分述如下：

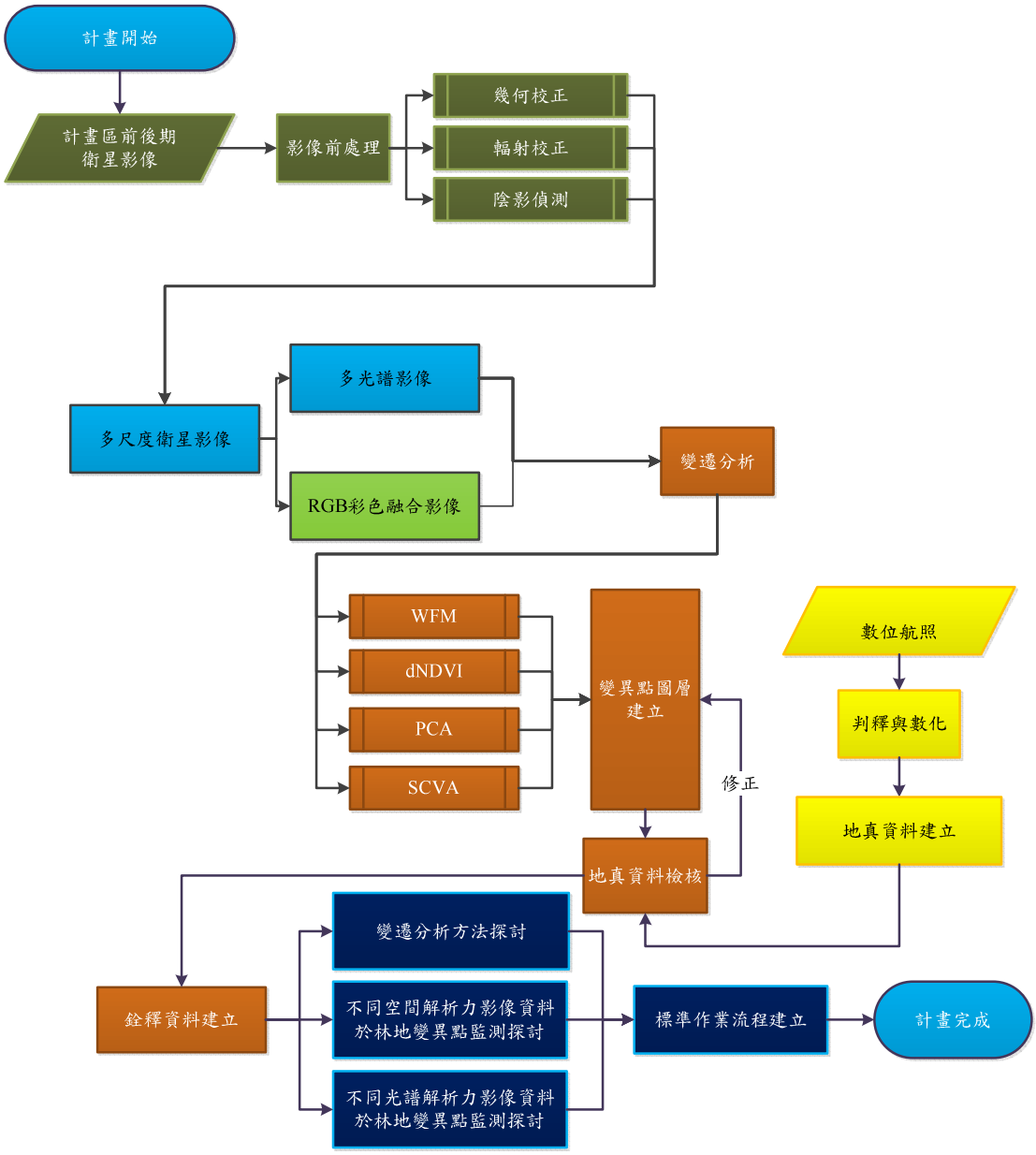

計畫開始
計畫區前後期
衛星影像
影像前處理
幾何校正
輻射校正
陰影偵測
多尺度衛星影像
多光譜影像
RGB彩色融合影像
變遷分析
WFM
dNDVI
PCA
SCVA
變異點圖層
建立
修正
數位航照
判釋與數化
地真資料建立
地真資料檢核
變遷分析方法探討
詮釋資料建立
不同空間解析力影像資料
於林地變異點監測探討
不同光譜解析力影像資料
於林地變異點監測探討
標準作業流程建立
計畫完成

圖 11 研究流程圖

二、影像前處理

1. 幾何校正

幾何校正的程序主要分為量測控制點、選擇轉換函數、轉換函數參數求解及影像重新取樣。本研究先以下列方式進行多期影像幾何校正(圖 12)

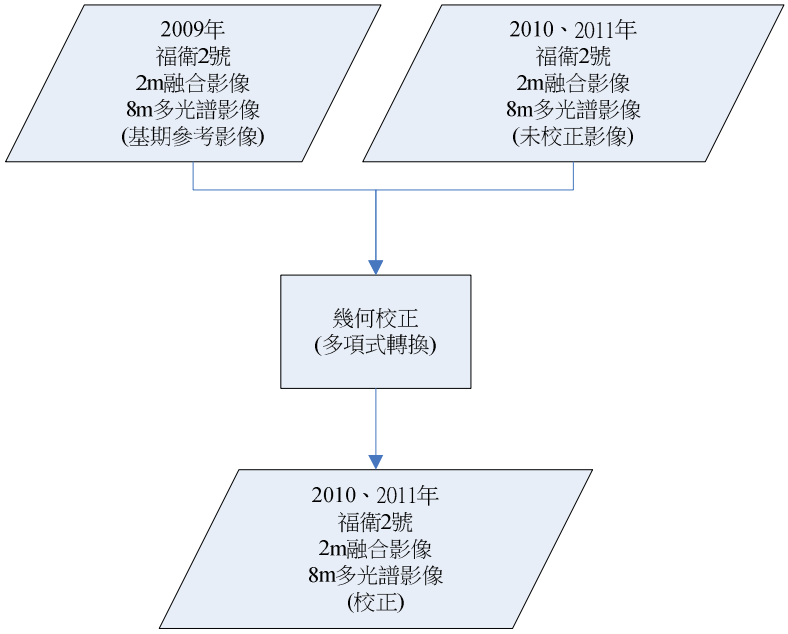


圖 12 幾何校正流程圖

本研究以 2009 年影像資料為影像基期，影像幾何對位以 2009 年福衛 2 號影像為參考影像(reference image)，以其他年度福衛 2 號影像(2010 年、2011 年)視為欲校正影像，以平均分布原則選取兩影像間相同地物之點位為地面控制點(ground control points, GCP)，並採用二階多項式轉換模式(2-order polynomial)、三階多項式轉換模式(3-order polynomial)進行幾何校正，同時評估其均方根誤差(root mean square error, RMSE) (式 1)。

$$RMS_{error} = \sqrt{(x_r - x_i)^2 + (y_r - y_i)^2} \quad (1)$$

式中 x_i、y_i 為地面控制點在原影像之 x、y 座標；x_r、y_r 是對應於相對應多項式所計算的控制點 x、y 座標。

將RMSE誤差較大之GCP去除，並以最近相鄰法(nearest neighbor)進行重新取樣，直到其RMSE值控制在1/2理論誤差值下，而福衛2號影像如未進行地面控制點校正，其理論幾何對位誤差在平地與山區各為3、5個像元(林恩如等，2013)故各影像RMSE值需控制如表4。

表4 福衛2號 RMSE 控制門檻

影像	空間解析力	山區 RMSE 控制門檻	平地 RMSE 控制門檻
多光譜	8m	<0.5×5×8m=20m	<0.5×3×8m=12m
融合影像	2m	<0.5×5×2m=5m	<0.5×3×2m=3m
全色態	2m	<0.5×5×2m=5m	<0.5×3×2m=3m

2. 輻射校正

本研究採用暗值像元校正，將幾何糾正過後的各期影像的各波段扣掉各波段的最小灰階值，以消除可見光及近紅外光之路徑輻射。

3. 陰影處理

福衛二號雖固定於早上十點鐘左右取像，但若考慮秋冬季節太陽入射角度較大、部分山區影像無可避免被陰影所覆蓋，且陰影區隨季節改變等現象，如果未能準確地加以標定並排除，對於變遷產生的結果會造成相當的誤差。本研究採用亮度值法(brightness)進行陰影區域偵測，並將影像分為陰影區域及非陰影區域(式2)。

$$Brightness = \frac{RED + GREEN + BLUE + NIR}{4} \qquad (2)$$

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。

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)。本計畫之門檻值採用兩波峰間波谷之值，門檻值決定後，將偵測區域之網格資料轉化為向量資料，以製作陰影遮罩(shadow mask) 濾除影像陰影區域。

三、變遷分析

(一)前人研究

變異點判釋多以變遷偵測(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)等方式設定門檻值以區分變遷與非變遷區域，使得變異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資訊，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)，因此應用於變異區域偵測及製圖相對可行。綜上所述，為輔助增進傳統山坡地之監測管理工作效率，建立林地變異點偵測技術。本計畫以多期福衛二號衛星影像為材料，探討林地變異點偵測可能性，具體方式係採用多種變遷偵測技術結合非監督分類方法進行，結果探討各偵測技術結合非監督分類之差異性以及不同尺度影像資料於林地變異點偵測，建立應用遙測資料進行林地變異點判釋之標準作業流程，以供後續實務上操作應用。

(二)變遷分析方法

本計畫採用，寫入儲存插入法(write function memory Insertion, WFM)、常態化植生指標差值法(difference normalized difference vegetation index, dNDVI)、主成份分析法(principal component analysis, PCA)、光譜變化向量分析(spectral change vector analysis, SCVA)等方式進行影像資料的增揚；再以 ISODATA 將上述增揚之影像進行非監督分類，俾利將變異點區位分出，並比較各處理之分類成果。

1.寫入儲存插入法(write function memory Insertion, WFM)

三原色光模型（RGB color model），又稱 RGB 顏色模型或紅綠藍顏色模型，是一種加色模型，將紅（red）、綠（green）、藍（blue）三原色的色光以不同的比例相加，以產生多種多樣的色光。寫入儲存插入法為利用三原色光模型進行變遷分析之方法，其原理為利用藍色、綠色及紅色三波段之假色，代表一段時間中不同波段型態之變化，因此又可以稱為假色時間影像(false-color time image)，或是利用不同時期灰階影像分別代表 RGB 影像之其中一波段，組成一 RGB 組合影像進行變遷分析，其模型如圖 13。Larry *et al.* (1989)指出此種變遷分析方法就像是多時間影像(multi-date imagery)，Jensen *et al.* (1993)利用 SPOT 影像進行水生植物之變遷分析，Crapper and Hynson (1983)亦利用類似的方法，以 Landsat 資料進行變遷分析。

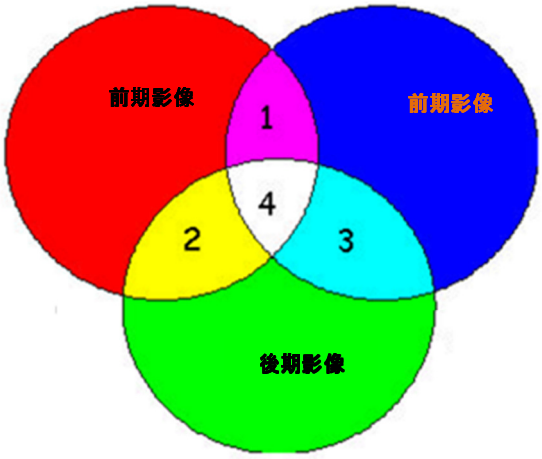


圖 13 寫入儲存插入法(WFM)模型

2. 常態化植生指標差值法(difference normalized difference vegetation index, dNDVI)

常態化植生指標(NDVI)為近紅外光與紅光組合之公式 (式 4)，本計畫將前期 NDVI 影像(NDVIpre)減去後期 NDVI 影像(NDVIpost)，可取得 NDVI 差值影像(dNDVI) (式 5)。當 dNDVI 為正值時，代表綠色植物覆蓋率減少；為負值時，代表綠色植物覆蓋率增加，透過 dNDVI 影像可瞭解影像上前後植生之變化情形，並利後續分類影像。

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \tag{4}$$

$$dNDVI = NDVI_{pre} - NDVI_{post} \tag{5}$$

式中 NIR 代表近紅外光波段，RED 代表紅光波段， NDVIpre 為前期 NDVI 影像，NDVIpost 為後期 NDVI 影像，dNDVI 為差異值。

3.光譜變化向量分析(spectral change vector analysis, SCVA)

當地物在兩時間點內發生變化或受到擾動時，其光譜也會跟著變化。刻劃兩個時間變化方向與大小的向量稱為光譜變化向量，像元總變化幅度由通過 n 維變化空間中兩個端點之間的歐基里得距離決定(式 6)，本計畫計算兩期影像不同波段光譜值的變化情形，並以其作為後續分析之材料。

$$CM_{pixel} = \sqrt{(\Delta_{RED})^2 + (\Delta_{GREEN})^2 + (\Delta_{BLUE})^2 + (\Delta_{NIR})^2} \tag{6}$$

式中 CM_{pixel} 為像元總變化幅度，△RED、△GREEN、△BLUE、△NIR 分別為兩期影像間紅、綠、藍、近紅外光值之變化，如△RED =前期紅光-後期紅光。

4.主成份分析法(principal component analysis, PCA)

此法係將原始影像的光譜特徵空間(spectral feature space)轉換到新的主軸特徵空間上，故可有效去除影像中高相關波段的多餘光譜資

訊(spectral redundancy)。以主軸轉換分析法進行變遷偵測，首先需將變遷前後兩期影像合成一幅 6 波段影像數據集；而後再進行 PCA 計算，將資料轉換成數個獨立不相關的主成份，並產生特徵軸影像；最後逐一檢視各特徵軸影像，找出能突顯變異點資訊之特徵軸，以作為後續分類之影像。本計畫利用大埔事業區衛星影像以 PCA 方法進行變遷分析

5. 非監督式分類

本計畫所使用之影像變遷分析方法，主要目的在增揚變異區位之特徵，以利影像分類之執行，變遷分析後需使用分類方法將林地變異點位萃出。

本計畫以發展自動化變異點偵測為目標，研究中採用 ISODATA 非監督分類法，將變異區域與非變異區域分類，計畫中並評估各變遷分析方法使用非監督分類之分類數量對於變遷分析準確度評估之影響，計畫中評估分類類別數 2 至 10 類時之總體精度與 Kappa 值的差異，並進行比較，以了解不同變遷分析方法及分類數目對於林地變異之偵測能力之良虞。

6.準確度評估

影像的分類精度評估(accuracy assessment)，係指影像判釋完成後，依據所蒐集的地面真實現況參考資料，評估判釋之後影像之準確性。分類影像的精度評估則以每一像元大小為單位。本研究透過逢機取樣抽取樣點，配合航空照片逐一檢核，多以誤差矩陣(error matrix)所示，所使用的指標分別有總體精確度(overall accuracy)、生產者精度(producer’s accuracy)、使用者精度(user’s accuracy)及 Kappa 指標等四種，藉以瞭解分類結果與真實類別漏受與誤受的關係(楊龍士等，2000)。Congalton and Green (1999)提出精度評估樣點數量，是以每個地面覆蓋類型的面積大小收集樣本，當分類的類別與範圍較廣時，則需增加樣本數，以獲得代表性的樣本來建立誤差矩陣。

本計畫為比較不同尺度及變遷分析方法之成果，探討多尺度影像精度評估、變遷偵測方法評估、非監督式分類的分類數評估及影像校正差異評估等問題，利用隨機產生之檢核點位，以航照判釋方式檢視地物，建立地真資料，針對未處理、陰影濾除後、陰影濾除及形態學處理後的影像變遷分析成果進行準確度評估，包括計算總體精確度、生產者精度、使用者精度及 Kappa 指標，藉以探討分類成果之精度和陰影偵測成果，其演算法分如下：

(1)漏授、誤授及全影像分類精度評估

Congalton and Mead (1983)導出分類精度評估的三個指數分別為：

生產者精度(producer's accuracy, PA)

$$PA = \sum_{i=1}^{N} X_{ii} \Big/ \sum_{i=1}^{N} X_{i+} \times 100\% \quad \ldots\ldots (7)$$

漏授誤差(omission error, OE)

$$OE = 1 - PA \quad \ldots\ldots (8)$$

使用者精度(user's accuracy, UA)

$$UA = \sum_{i=1}^{N} X_{ii} \Big/ \sum_{i=1}^{N} X_{+i} \times 100\% \quad \ldots\ldots (9)$$

誤授誤差(commission error, CE)

$$CE = 1 - UA \quad \ldots\ldots (10)$$

總體精度(overall accuracy, OA)

$$OA = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_{ii}\ 100\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

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

(2)Kappa 值分類精度評估法

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。推導 Kappa 值為精度評估指標之演算公式如下(Congalton, 1991)：

$$\widehat{K} = \frac{N\sum_{i=1}^{r} X_{ii} - \sum_{i=1}^{r}(X_{i+} \times X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{r}(X_{i+} \times X_{+i})} \times 100\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

$\widehat{K}$: Kappa 指標

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

總體及平均精度只考慮誤差矩陣的對角線元素，為分類正確之部分，不能完整的表示分類成果的精度，而 Kappa ($\hat{K}$)指標則同時考慮對角總元素以及非對角線元素，並計算出分類成果以及檢核資料之間的相似程度的一種指標，因此$\hat{K}$指標可以用來做為誤差矩陣之統計意義，常見的分類誤差矩陣如表 5 所示。

表 5 影像分類誤差矩陣

		分類成果			
檢核資料		Class #1	Class #2	合計	PA
	Class #1	$E1_1$	$E1_2$	Nr1	PA_1
	Class #2	$E2_1$	$E2_2$	Nr2	PA_2
	合計	Nc_1	Nc_2	N	
	UA	UA_1	UA_2		
總體精度：OA　　Kappa 指標：$\hat{K}$					

四、建立變異點篩選標準作業流程

計畫由已知之土地利用型樣區進行統計分析，建立出各土地利用型樣態之門檻值，以不同類型之土地利用類型變異點特徵值建立，探討開墾變遷行為，輔助進行土地利用型樣態之判釋與篩選。

計畫中利用蒐整及分析所得之坡度資料、水系、谷線、土地利用類型圖及農地變遷分析圖，進行空間分析，以空間分析對土地利用樣態之空間位置間進行關聯性分析，以目標土地利用型態分布之位置與型態給予適當的條件，輔助篩選出計畫目標之土地利用型樣態。

本計畫評估以福衛二號衛星影像進行變遷偵測產生之變異點圖層，篩選出包括檳榔、果樹、茶園、其他農作物及竹林等土地使用態樣之可行性，並說明其分類方法及作業流程，流程圖如圖 14。

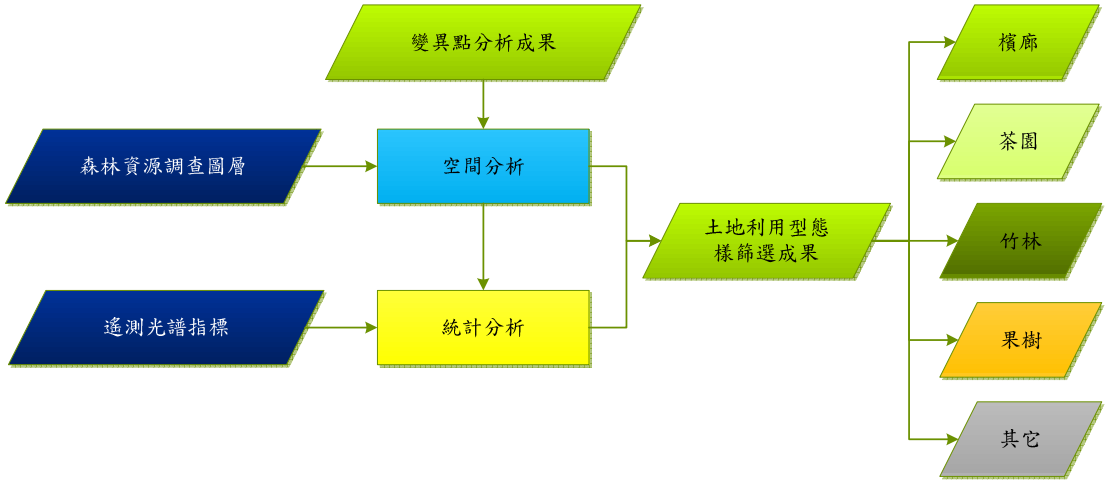


圖 14 變異點土地使用態樣篩選流程圖

1.門檻值評估

門檻值評估主要目的為探討開墾地變遷行為於不同空間因子之門檻值變化，探討的因子包括了農地坡度分布、變異點形狀與面積、農地與開墾變異點距離、崩塌與開墾變異點距離、道路人工建物與開墾變異點距離。

農地坡度分布評估之方式為利用國土利用調查成果之農地分布及本計畫產製之農地變遷基礎資料，配合數值地型模型及坡度分析結果進行分析，以了解不同種類農地及變遷類型其於空間上之主要分布趨勢。

統計本計畫所產製之農地變遷資料，分析變異點之面積分布，農地與開墾變異點距離、崩塌與水系距開墾變異點距離、道路人工建物與開墾變異點距離，評估並建立其門檻值。

2.屬性資料建立

分析變異點區域，輸出 ESRI Shape 格式檔案(.shp)，並以 ESRI ArcGIS Desktop 進行圖層屬性之建置工作，以供後續比較分析及討論使用。Shapefile 圖層屬性資料可在圖層處理過程中藉由使用者自行建置（登錄、判釋），由 GIS 軟體計算得到（面積、長度等），或是由其它同一個座標系統的圖層資料於空間上之關聯性所取得(縣市、林班、地籍資料等)。透過完備的圖層屬性資料規劃，賦予空間資料背景資訊，使得進行後續之空間資料關聯性分析、空間統計、預測及規劃等分析及實務面之應用。

為建置完備之變異點圖層屬性資料，本計畫除透過系統登錄、系統計算及專家判釋等方式直接取得及建置相關變異點資料，並蒐整後透過其它既有之圖資連結，建置屬性資料，使得變異點圖層之資訊更為豐富、應用層面更廣泛，本計畫蒐集及使用之資料如表 6。

本計畫產製之變異點圖層屬性資料內容規劃如表 7，類別包括位置、行政區域、土地權屬、環境資料、變異點描述、判釋資訊等六大類，各類別下為屬性資料欄位，資料內容則由系統登錄、系統計算、

專家判釋及蒐集連結既有圖資建置其屬性資料內容。

表 6 計畫蒐集之大埔事業區空間資料

資料名稱	資料型態	資料來源
事業區基礎資料	向量	農委會林務局
林班基礎資料	向量	農委會林務局
小班基礎資料	向量	農委會林務局
工作站資料	向量	農委會林務局
第三次森林資源調查國有林土地利用型資料	向量	農委會林務局
第四次森林資源調查國有林土地利用型資料	向量	農委會林務局
森林永久樣區調查資料	文字	農委會林務局
台灣現生天然植群圖	向量	農委會林務局
1/5000 圖幅資料	向量	農委會林務局農林航空測量所
像片基本圖	網格	
縣市基礎資料	向量	內政部
鄉鎮基礎資料	向量	內政部
村里基礎資料	向量	內政部
數值地形圖	向量	內政部地政司國土測繪中心
國土利用調查成果	向量	內政部地政司國土測繪中心

表 7 變異點圖層屬性資料內容規畫表

類別	欄位名稱	說明	內容來源	範例
位置	Map_ID	變異點編號	系統登錄	1001、1002、1003
	Map_Num	像片基本圖圖號	1/5000 圖幅資料	94191070
	Map_Name	像片基本圖名稱	1/5000 圖幅資料	關子嶺
	Loc_X	X 座標	系統計算	TWD 97 座標
	Loc_Y	Y 座標	系統計算	TWD 97 座標
行政區域	County	縣市名稱	縣市基礎資料	嘉義縣
	Town	鄉鎮名稱	鄉鎮基礎資料	大埔鄉
	Village	村里名稱	村里基礎資料	竹圍里
土地權屬	C_WKNG	事業區代碼	事業區基礎資料	16
	C_CNTD	林班代碼	林班基礎資料	1、2、3
	C_SCMP	小班代碼	小班基礎資料	1、2、3
	C_STTN	工作站代碼	工作站位置	11、12、13、14
	C_LNDUSE	土地利用代碼	國土利用調查成果	010101
環境資料	C_SLOPE	坡度級	系統計算	1、2、3
	C_ASPT	坡向	系統計算	0、1、2、3
	C_SOILTP	土壤性質	國有林班地基礎資料	00、01、02、03
	C_DPTH	土壤深度	國有林班地基礎資料	0、1、2、3
	C_TYPE	林相	國有林班地基礎資料	11、12、13、14
變異點描述	Cha_Area	變異點面積	系統計算	單位：公頃
	Cha_width	變異點寬度	系統計算	單位：公尺
	Cha_Leng	變異點長度	系統計算	單位：公尺
	Cha_Lu	變異土地利用類型	專家判釋	010101
判釋資訊	IMG_P1	前期影像時間	系統登錄	yyyy/mm/dd
	IMG_P2	後期影像時間	系統登錄	yyyy/mm/dd
	IMG_type	影像種類	系統登錄	FS2、ASD40、DMC
	REG_date	判釋日期	系統登錄	yyyy/mm/dd
	CHK_date	檢核日期	系統登錄	yyyy/mm/dd

3.標準作業流程建立

農委會水土保持局於 1995 年起，利用遙測技術進行山坡地管理及監測，並結合地理資訊系統進行山坡地變異監測及地形變動分析，以常態化植生指標差值法進行變遷分析，搭配以 ESRI ArcGIS 為基礎建立之變異點判釋整合系統，輔以相關圖資，藉由自動化至人工判釋，以半自動化的方式經系統整合匯出疑似違規之變異點，讓現場人員進行查核並回饋查證資料予系統，其變異點案件 2004 年至 2008 年間之查證違規率約為 20%(尹孝元等, 2010)。

本計畫藉由計畫中對由林地變為非林地之變異點判釋變遷分析方法、不同空間解析力影像資料於林地變異點監測之探討及光譜解析力影像資料於林地變異點監測之探討等上述幾個主題，於篩選出檳榔、果樹、茶園、其他農作物及竹林等土地使用態樣之可行性進行討論及評估，並根據評估之結果，選擇合適之林地變異點監測方法，建立單一尺度及多尺度影像林地變異點監測標準作業流程，以供林地變異點監測實務作業之應用。

肆、結果與討論

一、影像前處理

(一)幾何校正

本研究以 2m 融合影像及 8m 多光譜態之 2009 年福衛二號衛星影像為基期分別與 2010 與 2011 年影像進行幾何校正，控制點數目共 90 個，分布如圖 15。

計畫中以二階多項式轉換(2-Order Polynomial)及三階多項式(3-Order Polynomial)進行影像之幾何校正並進行比較，計畫中並以 400 組檢核點，評估不同地面控制點數量的誤差變化，以期找尋較佳的控制點數量，以利減少人工作業。

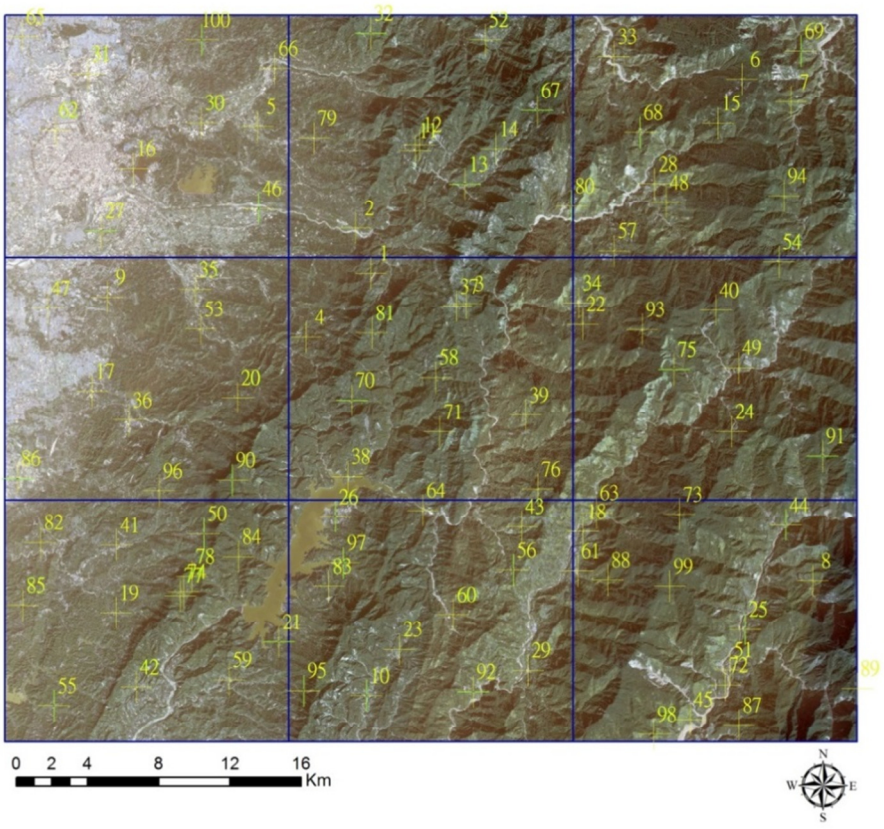


圖 15 幾何校正控制點分布

1.幾何校正結果

2m 融合影像結果如表 8，8m 多光譜影像結果如表 9。2m 融合影像結果顯示，利用不同數量控制點二階多項式轉換總均方根誤差 (Total RMS error) 各組為 3.86 至 5.83 m 間，均方根誤差範圍 (Range of RMS error)最小為 0.01 m，最大為 17.21 m。三階多項式轉換的總均方根誤差為 3 m 至 4.11 m 間，均方根誤差範圍最小 0.07 最大為 12.82 m。2m 融合影像幾何校正結果最佳為福衛二號 1.5 個像元左右。

8m 多光譜影像結果顯示，利用不同數量控制點二階多項式轉換總均方根誤差各組為8.05 至8.6 m 間，均方根誤差範圍最小為0.34m，最大為 21.08m。三階多項式轉換的總均方根誤差為 6.26 m 至 7.83 m 間，均方根誤差範圍最小 0.37 m 最大為 18.41 m。8m 多光譜影像幾何校正結果最佳小於福衛二號 1 個像元的大小。

計畫區地處平地與山地之交界，海拔高從 0 至 2888m，計畫區內包含了平原、丘陵地及高山，地形起伏變化大，造成幾何校正之均方根誤差範圍較大，以二階多項式進行幾何校正，2m 融合影像誤差範圍最大達 17.12 m，8 m 多光譜影像誤差範圍達 20.63 m，以三階多項式進行幾何校正，2 m 融合影像誤差範圍最大達 12.45 m，8 m 多光譜影像誤差範圍達 17.79 m。

2.幾何校正方法的評估結果

以 90 個控制點進行幾何校正的結果中，在 2 m 融合影像中，二階多項式轉換總均方根誤差為 4.39，均方根誤差範圍介於 0.09 至 16.21 m 間。三階多項式轉換的總均方根誤差為 3.89 m，均方根誤差範圍介於 0.42 至 12.82 m 間。8 m 多光譜影像，二階多項式轉換總均方根誤差為 8.36 m，均方根誤差範圍介於 0.52 至 20.69 m 間。三階多項式轉換的總均方根誤差為 7.73m，均方根誤差範圍介於 0.79 至 18.19 m 間。

以 80 個控制點進行幾何校正的結果中，在 2 m 融合影像中，二階多項式轉換總均方根誤差為 4.15，均方根誤差範圍介於 0.19 至

15.63 m 間。三階多項式轉換的總均方根誤差為 3.32 m，均方根誤差範圍介於 0.2 至 12.26 m 間。8 m 多光譜影像，二階多項式轉換總均方根誤差為 8.6 m，均方根誤差範圍介於 0.34 至 20.92 m 間。三階多項式轉換的總均方根誤差為 7.8m，均方根誤差範圍介於 0.91 至 17.97 m 間。

幾何校正方法的評估結果如圖 16 及圖 17 顯示，不論是 2 m 融合影像及 8 m 多光譜影像幾何校正結果顯示利用三階多項式轉換其幾何校正成果較二階多項式轉換佳。

3.地面控制點(GCP)數量的評估

表 8 為 GCP 數量評估，結果顯示二階多項式轉換以 70 個地面控制點最佳，總均方根誤差為 3.86，均方根誤差範圍介於 0.01 至 15.97 m 間。三階多項式轉換以 60 個地面控制點與 50 個地面控制點其結果相近，總均方根誤差為 3 m，均方根誤差範圍分別介於 0.55 至 12.27 m 及 0.48 至 11.06 間。

8 m 多光譜影像幾何校正之 GCP 數量，二階多項式轉換以 20 個地面控制點最佳，總均方根誤差為 8.16 m，均方根誤差範圍介於 1.73 至 15.3 m 間。三階多項式轉換以 20 個地面控制點最佳，總均方根誤差為 6.26m，均方根誤差範圍介於 2.41 至 13.97 m 間，如圖 17。

GCP 數量的評估在 2 m 融合影像中幾何校正的結果如圖 16，三階多項式轉換於 20 個 GCP 控制點時其均方根誤差為 4.11 m 為最高，隨著控制點的增加至 50 個地面控制點時為最低 3 m，繼續增加控制點的數量，則均方根誤差增加。

GCP 數量的評估在 8 m 多光譜影像中幾何校正的結果，三階多項式轉換於 20 個 GCP 控制點時其均方根誤差為 6.26 m 為最低，隨著控制點的增加，均方根誤差則升高，直至 60 個地面控制點後則維持在 7.8 m 左右。結果顯示在在 2m 融合影像的成果中以採用 50 個控制點成果較佳。8m 多光譜影像的成果中以採用 20 個控制點所的總均方根誤差較低，成果較佳。

表 8 融合影像(2m)校正誤差表(建模控制點)

校正影像 (Imagery)	參考影像 (Imagery)	控制點數 (GCPs)	幾何校正模式 (Geo-referencing Model)	總均方根誤差 (Total RMS error)	均方根誤差範圍 (Range of RMS error)	重取樣方法 (Resample Method)
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	90	2-Order Polynomial	4.39m	0.09m~16.21m	Nearest Neighbor
			3-Order Polynomial	3.89m	0.42m~12.82m	
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	80	2-Order Polynomial	4.15m	0.19m~15.63m	
			3-Order Polynomial	3.32m	0.2m~12.26m	
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	70	2-Order Polynomial	3.86m	0.01m~15.97m	
			3-Order Polynomial	3.19m	0.06m~12.51m	
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	60	2-Order Polynomial	3.97m	0.43m~16.42m	
			3-Order Polynomial	3m	0.55m~12.27m	
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	50	2-Order Polynomial	4.19m	0.22m~16.56m	
			3-Order Polynomial	3m	0.48m~11.06m	
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	40	2-Order Polynomial	4.33m	0.21m~16.82m	
			3-Order Polynomial	3.23m	0.29m~11.26m	
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	30	2-Order Polynomial	4.9m	0.09m~17.21m	
			3-Order Polynomial	3.45m	0.07m~9.46m	
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	20	2-Order Polynomial	5.83m	1m~16.46m	
			3-Order Polynomial	4.11m	1.72m~9.51m	

表 9 多光譜影像(8m)校正誤差表(建模控制點)

校正影像 (Imagery)	參考影像 (Imagery)	控制點數 (GCPs)	幾何校正模式 (Geo-referencing Model)	總均方根誤差 (Total RMS error)	均方根誤差範圍 (Range of RMS error)	重取樣方法 (Resample Method)
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	90	2-Order Polynomial	8.36m	0.52m~20.69m	Nearest Neighbor
			3-Order Polynomial	7.73m	0.79m~18.19m	
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	80	2-Order Polynomial	8.60m	0.34m~20.92m	
			3-Order Polynomial	7.80m	0.91m~17.97m	
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	70	2-Order Polynomial	8.32m	0.50m~21.06m	
			3-Order Polynomial	7.80m	0.62m~18.41m	
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	60	2-Order Polynomial	8.34m	0.69m~20.12m	
			3-Order Polynomial	7.83m	0.75m~17.82m	
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	50	2-Order Polynomial	8.22m	0.52m~19.08m	
			3-Order Polynomial	7.43m	0.64m~16.28m	
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	40	2-Order Polynomial	8.32m	0.45m~21.08m	
			3-Order Polynomial	7.44m	0.95m~17.66m	
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	30	2-Order Polynomial	8.05m	1.05m~20.01m	
			3-Order Polynomial	7.13m	0.37m~16.70m	
2010 年福衛 2 號	2009 年福衛 2 號	20	2-Order Polynomial	8.16m	1.73m~15.30m	
			3-Order Polynomial	6.26m	2.41m~13.97m	

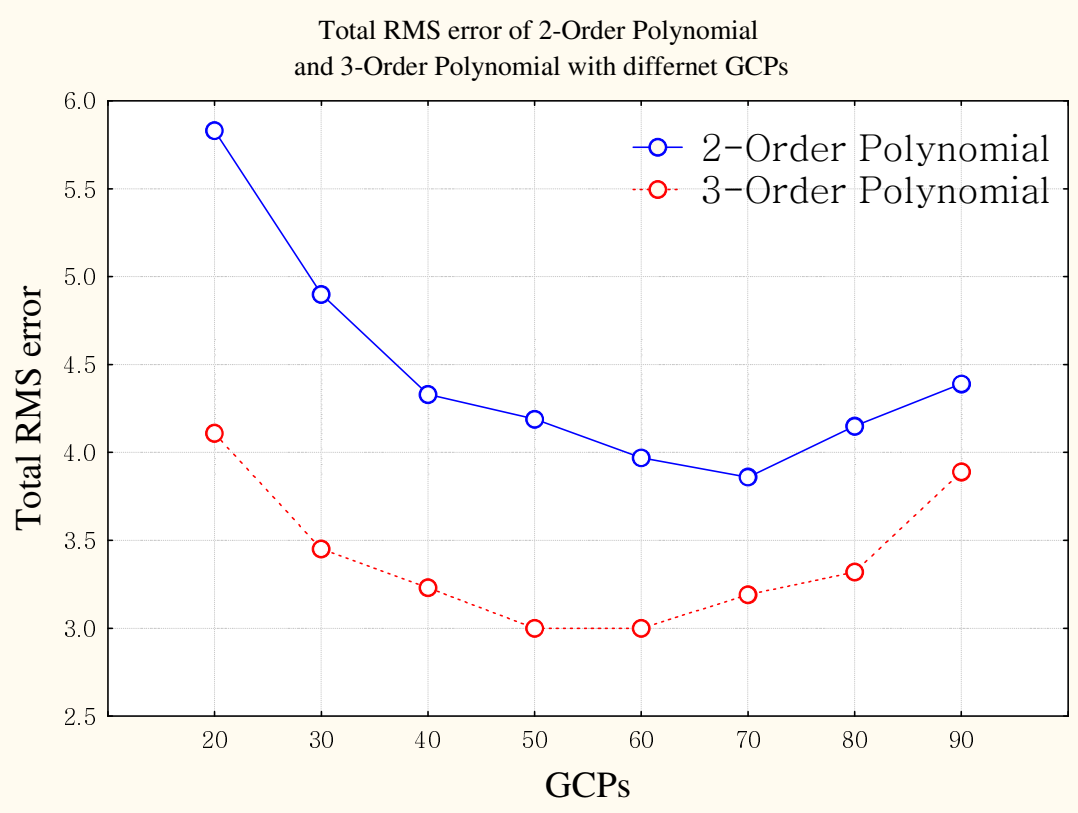


圖 16 不同控制點數量幾何校正均方根誤差變化(2m 融合影像)

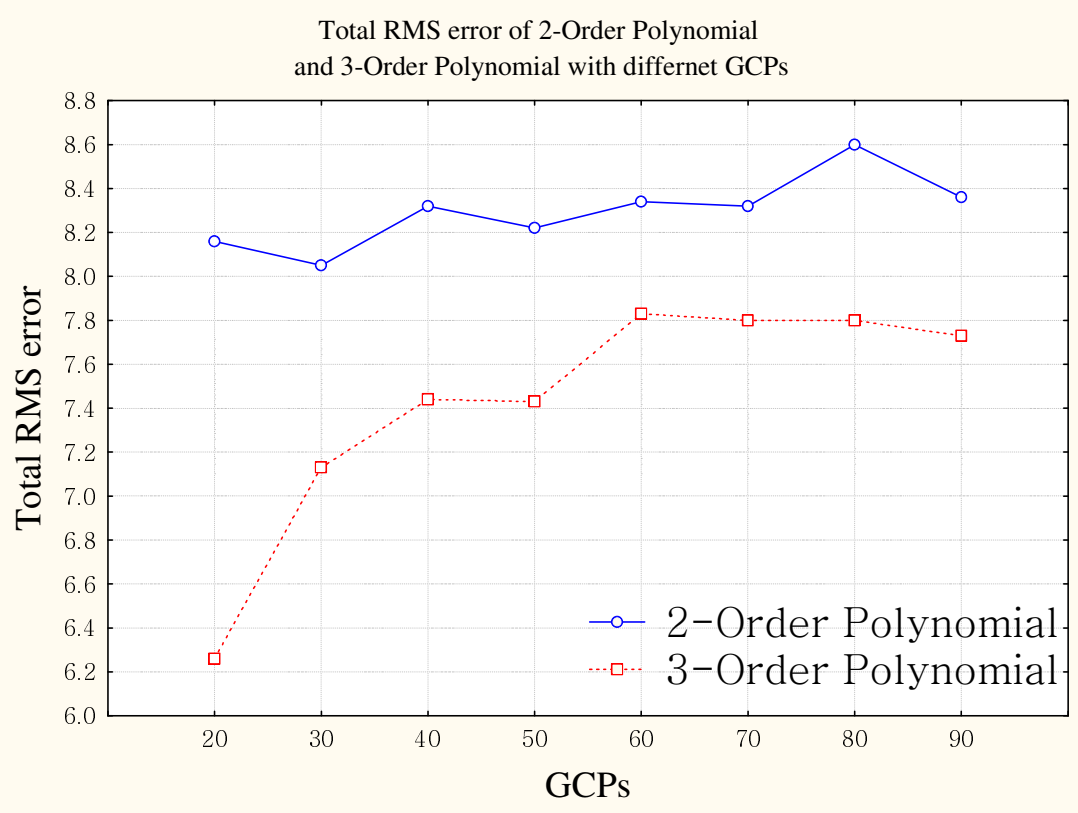


圖 17 不同控制點數量幾何校正均方根誤差變化(8m 多光譜)

(二)輻射校正

本研究採用暗值像元校正，將幾何糾正過後的各期影像的各波段扣掉各波段的最小灰階值，以消除可見光及近紅外光之路徑輻射。

2m 融合影像輻射校正最小灰階值如表 10，8m 多光譜影像輻射校正最小灰階值如表 11，輻射校正前後直方圖比較如圖 18。

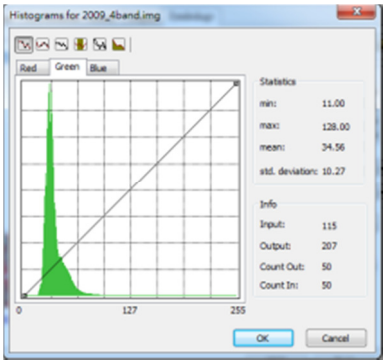
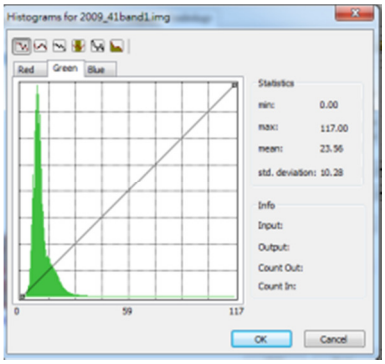
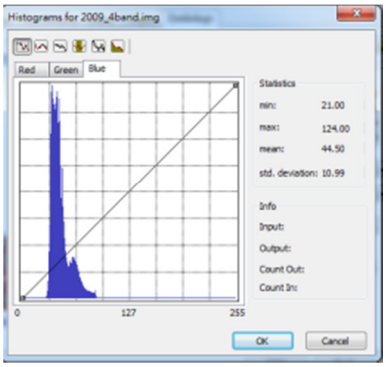
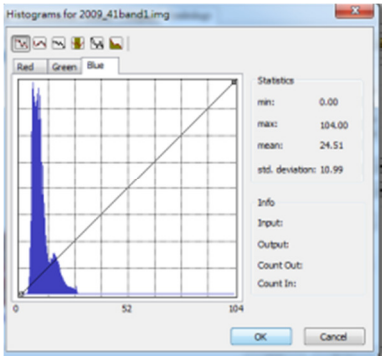
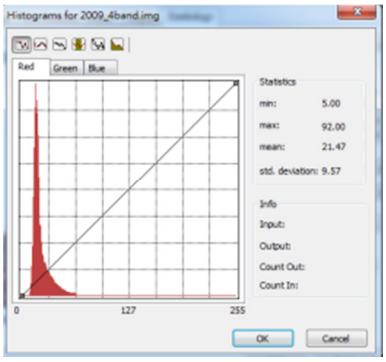
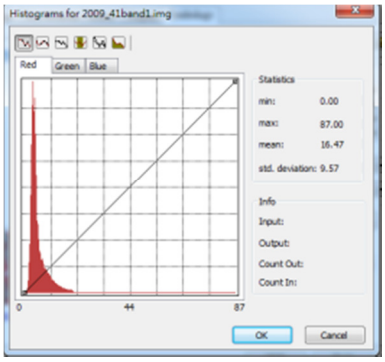
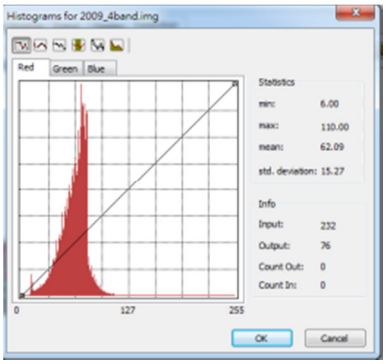
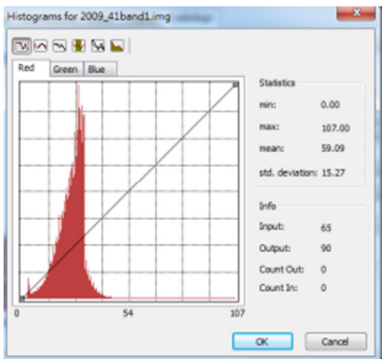
表 10 融合影像(2m)最小灰階值

	融合影像糾正前最小灰階值			
	Red	Green	Blue	Nir
2009 年	1	0	0	0
2010 年	12	7	5	3
2011 年	1	1	1	1

表 11 多光譜影像(8m)最小灰階值

	多光譜影像糾正前最小灰階值			
	Red	Green	Blue	Nir
2009 年	5	11	20	3
2010 年	27	14	5	3
2011 年	25	11	1	1

圖 18 輻射校正前後直方圖比較

	原始影像直方圖	暗值像元校正後影像直方圖
綠光		
藍光		
紅光		
近紅外光		

(三) 陰影偵測

陰影與非陰影區域之亮度值會呈現雙峰分布，因此陰影判斷可以使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)。

本計畫之陰影與非陰影門檻值採用兩波峰間波谷之值，門檻值決定後，萃取偵測為陰影之區域之網格資料，並轉為向量資料，製作陰影遮罩(shadow mask)，用以濾除影像陰影區域。陰影偵測成果如圖19。

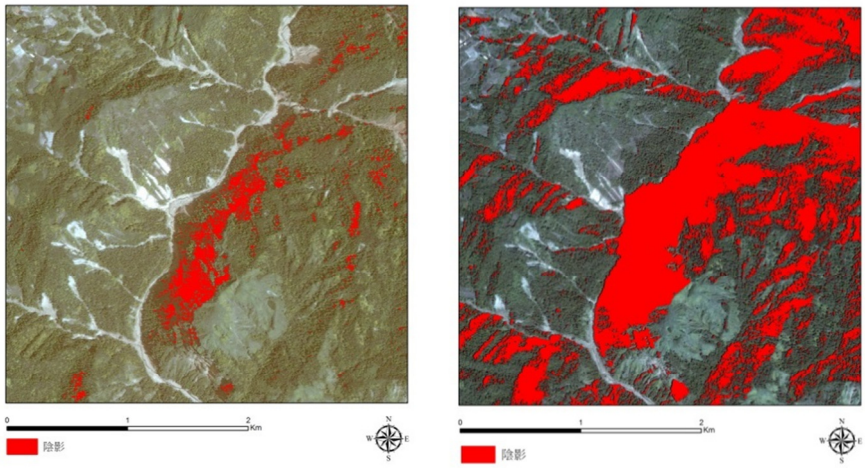


圖 19 陰影偵測成果(左 2010 年，圖右為 2011 年。)

二、變遷分析方法探討

本計畫以常態化植生指標差值法(dNDVI)、主成份分析法(PCA) 、光譜變化向量分析(SCVA)及寫入儲存插入法(WFM)等方式進行影像資料的增揚，進行變遷分析，各變遷分析方法結果如圖 20，非監督式分類後變遷區域成果如圖 21 至圖 24。

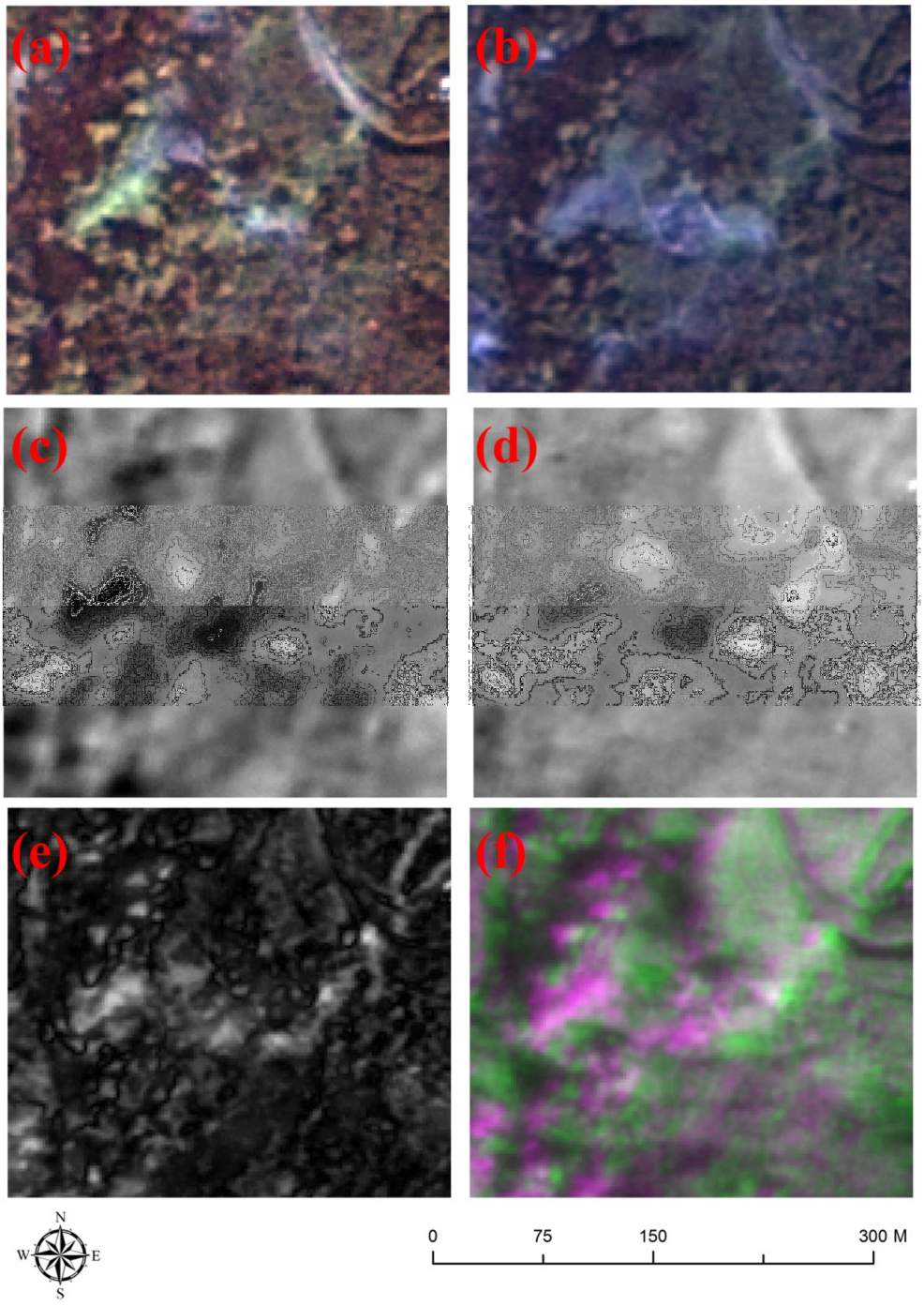


圖 20 (a)2009 影像(b)2011 影像(c)dNDVI(d)PCA(e)SCVA(f)WFM

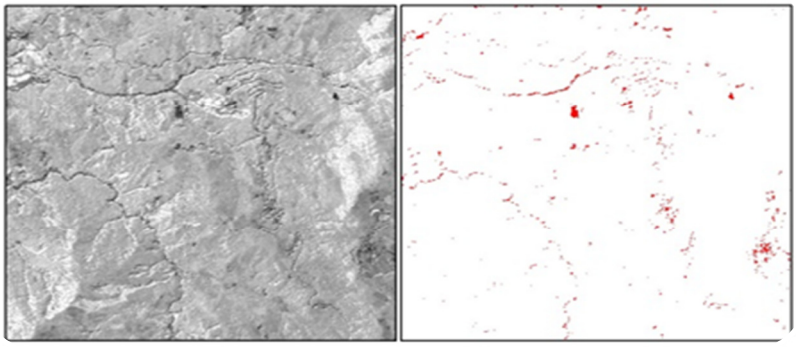


圖 21 常態化植生指標差值法(dNDVI)變遷分析成果

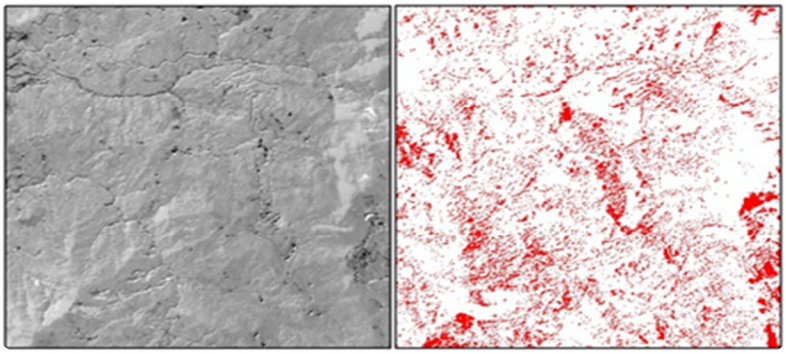


圖 22 主成份分析法(PCA) 變遷分析成果

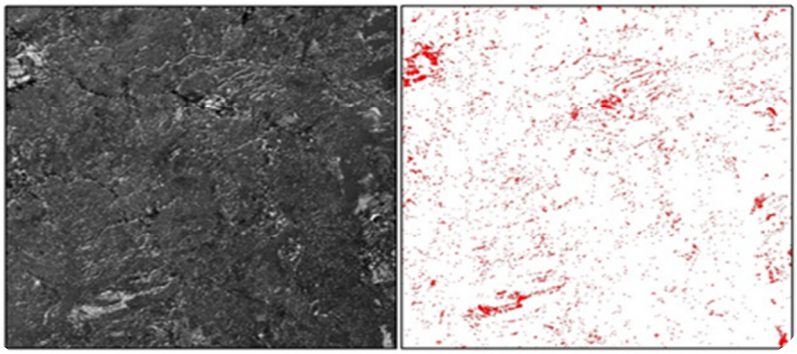


圖 23 光譜變化向量分析(SCVA) 變遷分析成果

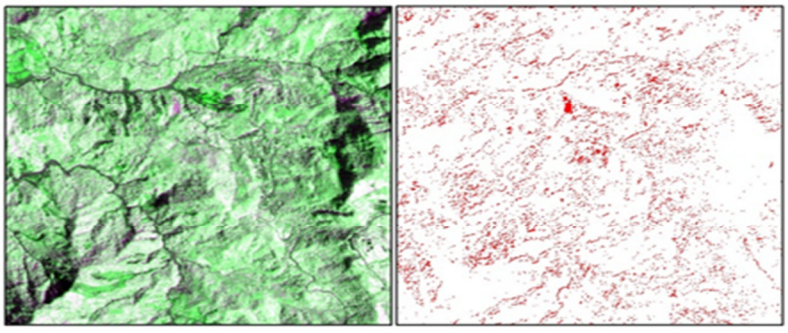


圖 24 寫入儲存插入法(WFM) 變遷分析成果

計畫中以 2009 年和 2010 年及 2009 年及 2011 年變遷偵測結果進行多尺度影像精度評估、變遷偵測方法評估、非監督式分類的分類數評估及影像校正差異評估，評估成果如圖 25 至圖 32。

(一)多尺度影像試驗

在多尺度影像變遷分析上，計畫中以 dNDVI 法比較 2 m 融合影像及 8 m 多光譜影像應用於變遷分析上精度之差異，空間解析度 8m 之變異點分析成果總體精度略高於 2m 影像，而兩者皆達 80%以上。

(二)變遷偵測方法試驗

在各變遷偵測方法比較上，dNDVI 之總體精確度均大於 85%，8m 之影像上大於 90%，精確度與穩定性為 4 個變遷分析方法中最高。主成份(PCA)分析結果，於 8m 之影像上總體精度大於 85%，然於不同影像上之趨勢較不穩定，於 2m 之影像上總體精度差異大，穩定性較差。SCVA 變遷分析成果於 8m 影像上，總體精度變化差異約為 10%，2m 影像上，總體精度變化差異約為 15%，總體精度變化大。WFM 於紅光段及近紅外光之變遷分析結果均為 4 個方法中最差。

(三)非監督式分類的分類數試驗

依據圖 25 至圖 32 成果，在非監督式分類的分類數，dNDVI 分類類別數以 5 類為最佳。主成份(PCA)分析結果非監督式分類類別數以 4 類為最佳。SCVA 變遷分析成果非監督式分類類別數以 3-4 類為最佳。WFM 其穩定性不佳，無顯著一致之分類類別數趨勢。

(四)影像校正差異試驗

計畫中以 dNDVI 進行變遷分析，並以非監督式分類分 5 類，比較影像進行前處理，包括幾何校正及輻射校正，校正前與校正後之精度差異，結果如表 12 及表 13。2 期變遷結果，校正後均較校正前為佳，Kappa 值 2m 影像約增加 0.02 至 0.03，8 m 影像約增加 0.03 至 0.06，顯示影像校正後可提升 1 至 2%之精度，然校正前後成果差異不大。

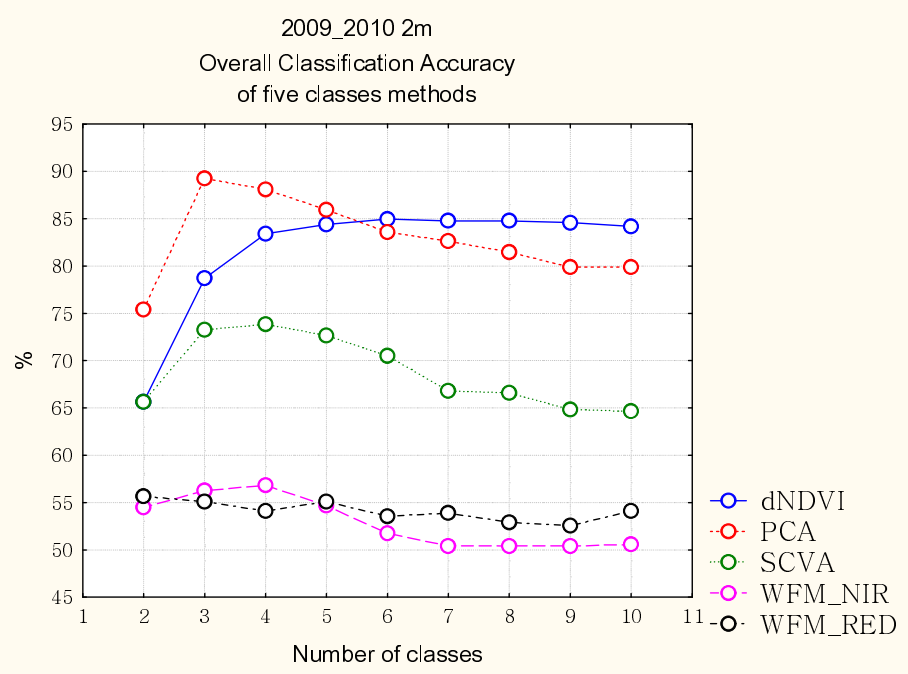


圖 25 2009-2010 變遷偵測(2m 融合影像)總體準確度

圖 26 2009-2010 變遷偵測(2m 融合影像)總體 Kappa 值

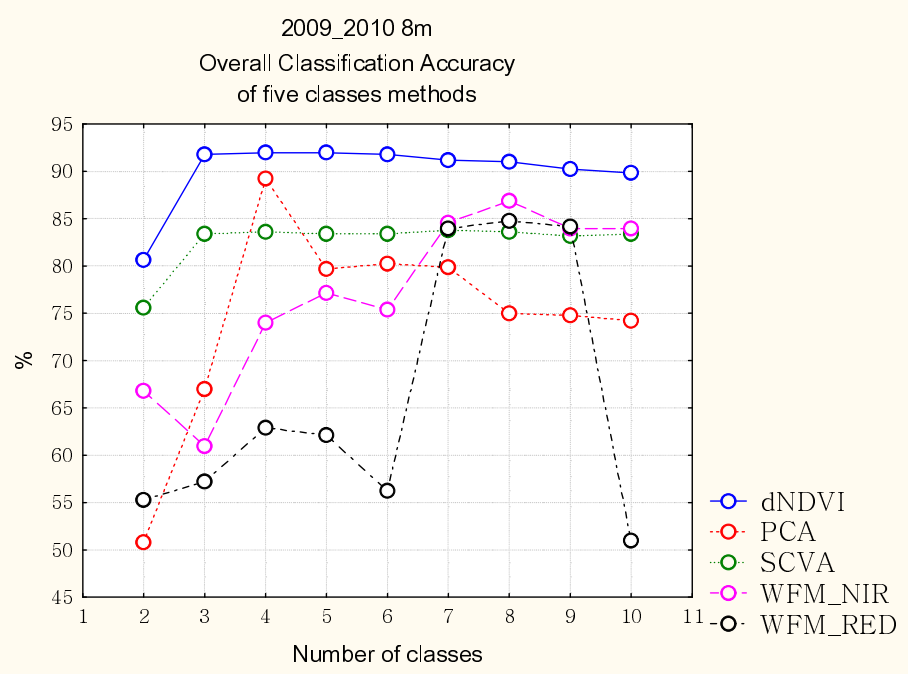


圖 27 2009-2010 變遷偵測(8m 多光譜影像)總體準確度

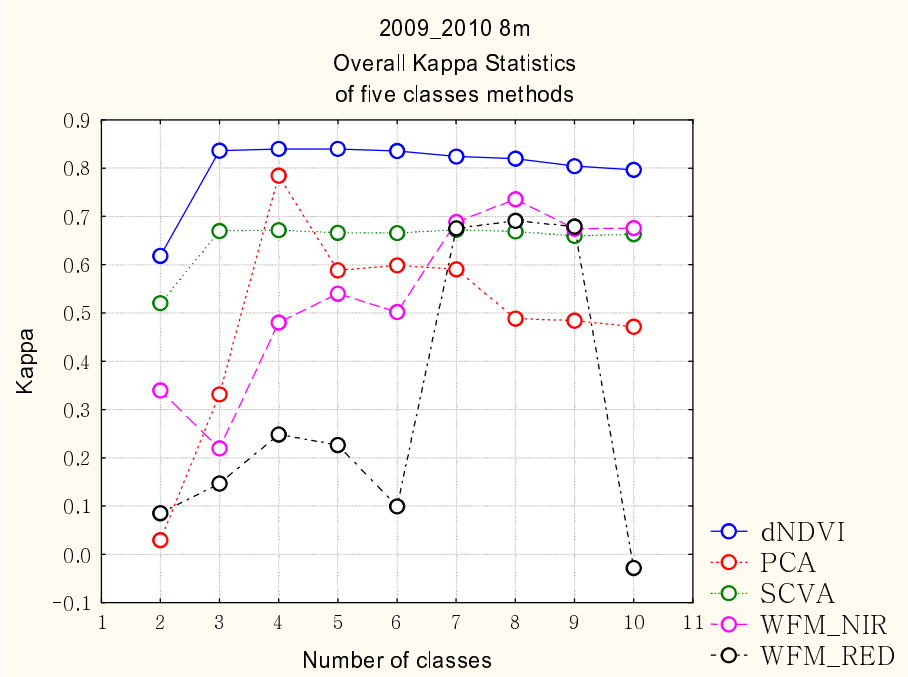


圖 28 2009-2010 變遷偵測(8m 多光譜影像)總體 Kappa 值

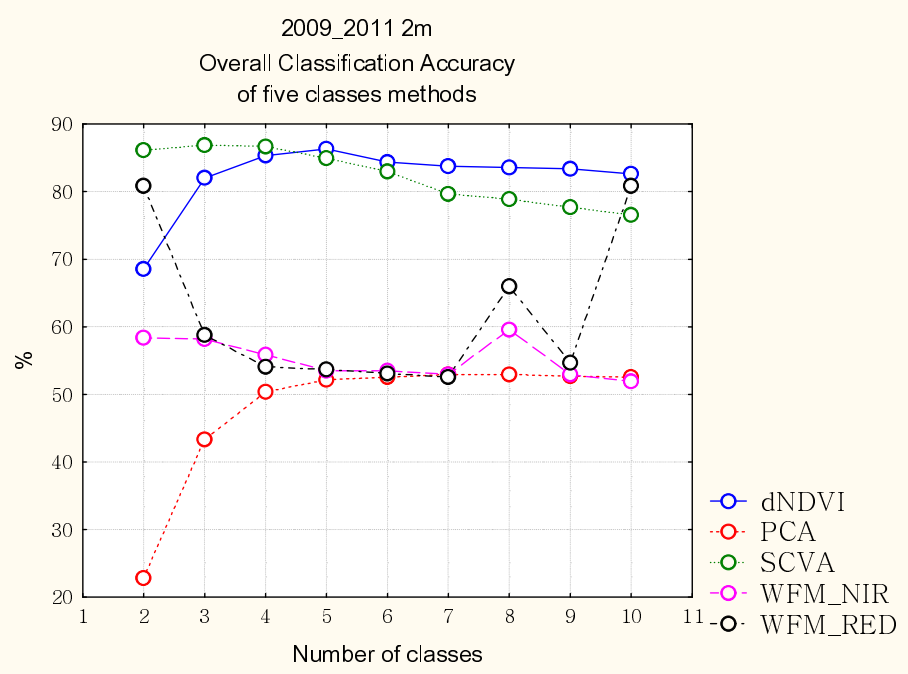


圖 29 2009-2011 變遷偵測(2m 融合影像)總體準確度

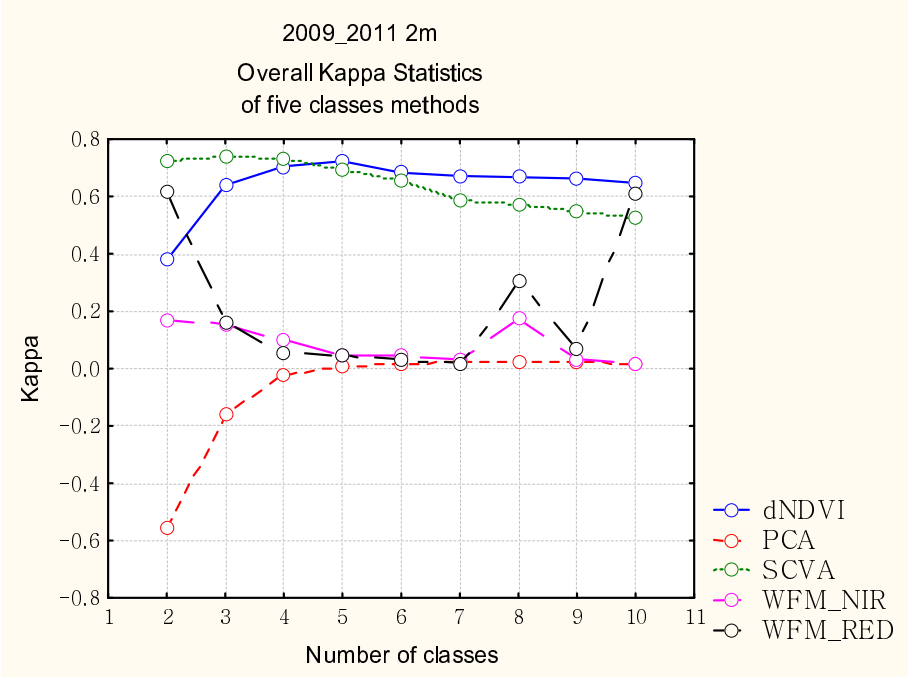


圖 30 2009-2011 變遷偵測(2m 融合影像)總體 Kappa 值

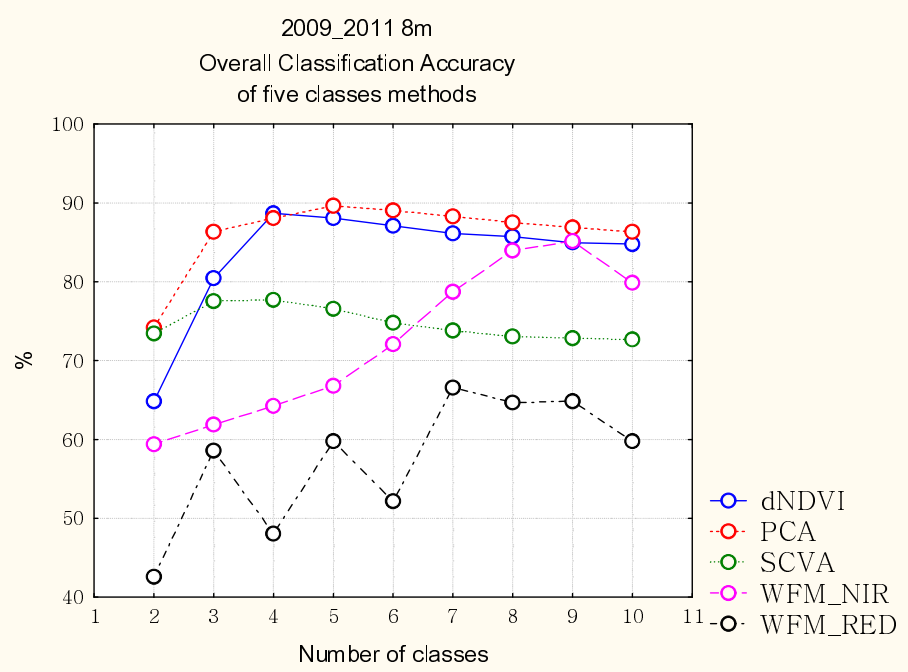


圖 31 2009-2011 變遷偵測(8m 多光譜影像)總體準確度

圖 32 2009-2011 變遷偵測(8m 多光譜影像)總體 Kappa 值

表 12 變遷分析影像校正差異評估(2009 年及 2010 年)

	使用者精度	生產者精度	總體精度	整體 KAPPA
2m(校正)	91.75	73.55	84.38	0.6841
2m(未校正)	90.21	78.62	83.01	0.6559
8m(校正)	90.69	92.56	91.99	0.8399
8m(未校正)	90	87.23	88.48	0.7683

表 13 變遷分析影像校正差異評估(2009 年及 2011 年)

	使用者精度	生產者精度	總體精度	整體 KAPPA
2m(校正)	96.83	74.09	86.33	0.724
2m(未校正)	95.24	79.26	85.16	0.7004
8m(校正)	94.71	79.76	88.09	0.7601
8m(未校正)	94.12	77.73	86.91	0.7364

三、開墾地變遷行為探討

開墾地變遷行為主要探討開墾行為於不同空間因子之門檻值變化，探討的因子包括了農地坡度分布、變異點形狀與面積、農地與開墾變異點距離、崩塌與開墾變異點距離、道路人工建物與開墾變異點距離，探討開墾地變遷行為可用以做為變遷分析時門檻值及判釋準確度調整之參考。

(一)開墾變異點面積分析

本計畫以分析及所建置之開墾變異點面積，進行統計分析結果如表 14 及圖 33，結果顯示 39.51%的變異點面積介於 0.01 至 0.04 ha 間，面積 0.04 至 0.07 ha 變異點佔 22.22%，兩者佔全部開墾變異點比例之 61.73%，分析結果亦顯示變異點面積大於 0.7 ha 之變遷多為崩塌地，面積小於 0.01 ha 多為影像上之雜訊。

表 14 開墾變異點面積大小比例分布表

面積(ha)	開墾變異點比例 (%)
0.01-0.04	39.51
0.04-0.07	22.22
0.07-0.1	8.64
0.1-0.13	13.58
0.13-0.16	4.94
>0.16	11.11

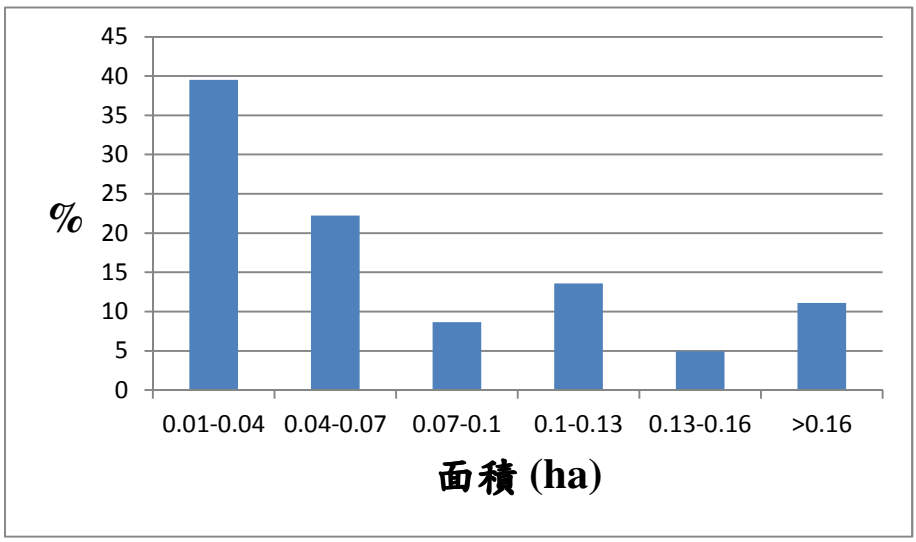


圖 33 開墾變異點面積大小分布圖

(二)農地與開墾變異點距離分析

本計畫以分析及所建置之開墾變異點與土地利用圖之農地距離進行統計分析結果如表 15 及圖 34，結果以累積開墾變異點之比例表示，結果顯示距農地 20 m 內之變異點為 60.49%，40 m 則增加為包含 74.07 %的變異點，80 m 已包含 92.59 %之變異點，與農地距離 100 m 則包含了 100%的變異點於其中。

表 15 農地與開墾變異點距離比例累計分布表

距離 (m)	開墾變異點比例 (%)
20	60.49
40	74.07
60	83.95
80	92.59
100	100

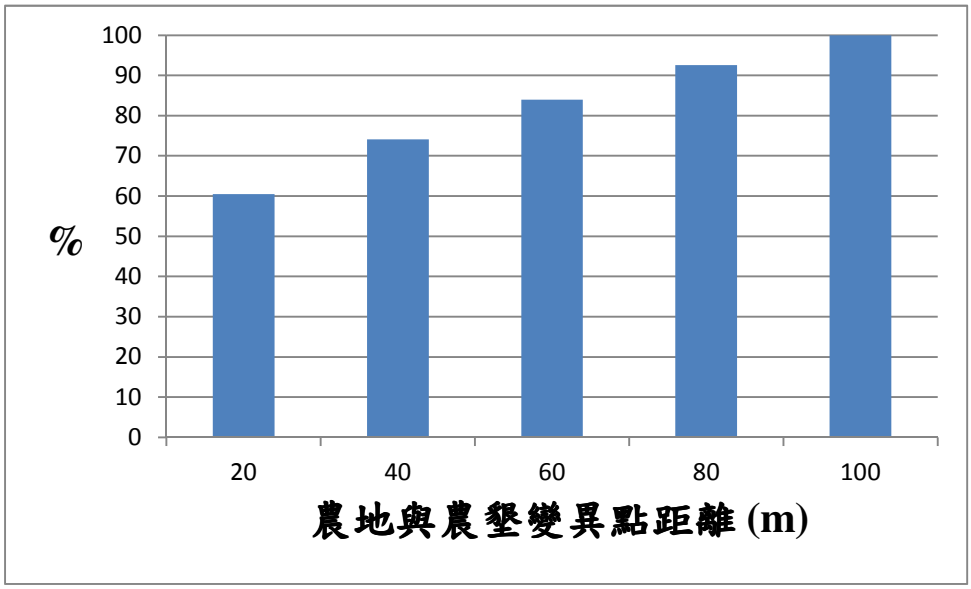


圖 34 農地與開墾變異點距離分布圖

(三)崩塌與開墾變異點距離

計畫中以分析及所建置之開墾變異點與崩塌地距離進行統計分析結果如表 16 及圖 35，結果以累積開墾變異點之比例表示，結果顯示距崩塌地 20m 內之變異點僅佔全部比例之 0.58%，擴張至 60m 內之變異點僅佔全部比例之 6.36%，80 m 內之變異點僅佔全部開墾變異點之 13.3%。

表 16 崩塌與開墾變異點距離比例累計分布表

距離 (m)	開墾變異點比例 (%)
20	0.58
40	1.74
60	6.36
80	13.3
>100	100

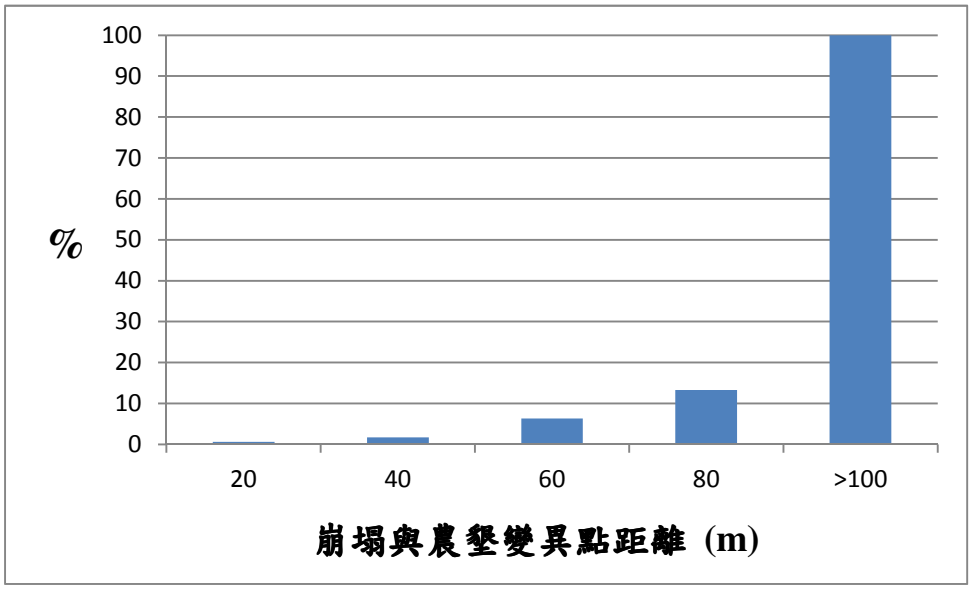


圖 35 崩塌與開墾變異點距離分布圖

(四)水系和谷線與開墾變異點距離

本計畫以分析及所建置之開墾變異點與水系和谷線距離進行統計分析結果如表 17 及圖 36，結果以累積開墾變異點之比例表示，結果顯示距水系和谷線 20m 內之變異點為 0 %，沒有變異點，擴張至 60m 內之變異點僅佔全部比例之 8.64%，而 80 m 內之變異點僅佔全部開墾變異點之 11.11%。

表 17 水系和谷線開墾變異點距離比例累計分布表

距離 (m)	開墾變異點比例 (%)
20	0.00
40	6.17
60	8.64
80	11.11
>100	100

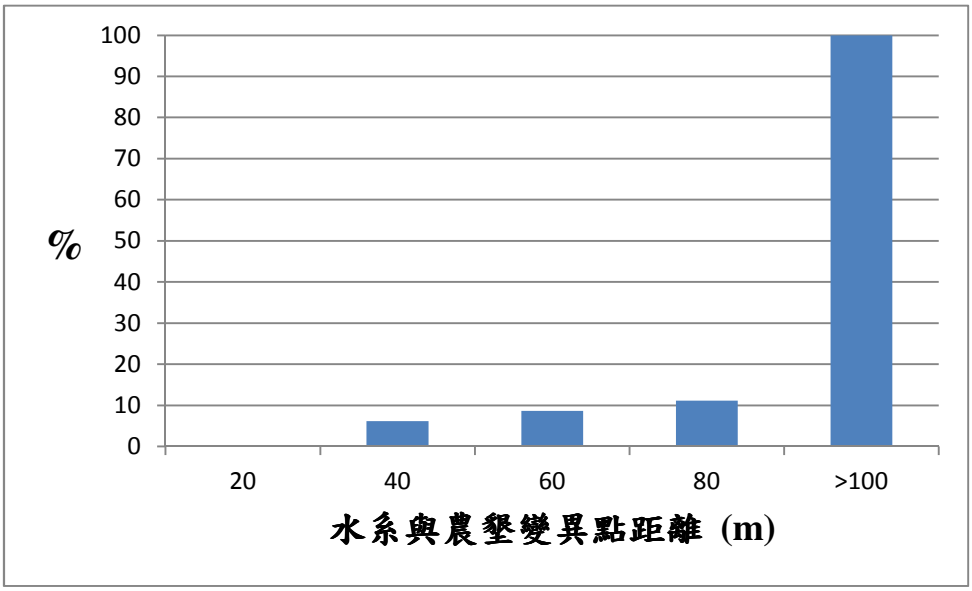


圖 36 水系與開墾變異點距離

(五)道路人工建物與開墾變異點距離

本計畫以分析及所建置之開墾變異點與道路人工建物距離進行統計分析結果如表 18 及圖 37，結果以累積開墾變異點之比例表示，結果顯示距道路人工建物 4 m 內之變異點為 4.96 %，隨著距離的增加，變異點累計之比例隨之增加，至 80 m 則包括全部比例之 80.53%之開墾變異點。

表 18 道路人工建物與開墾變異點距離比例累計分布表

距離 (m)	開墾變異點比例 (%)
4	4.96
8	10.69
12	18.32
16	27.1
20	36.64
40	47.71
60	62.21
80	80.53
>100	100

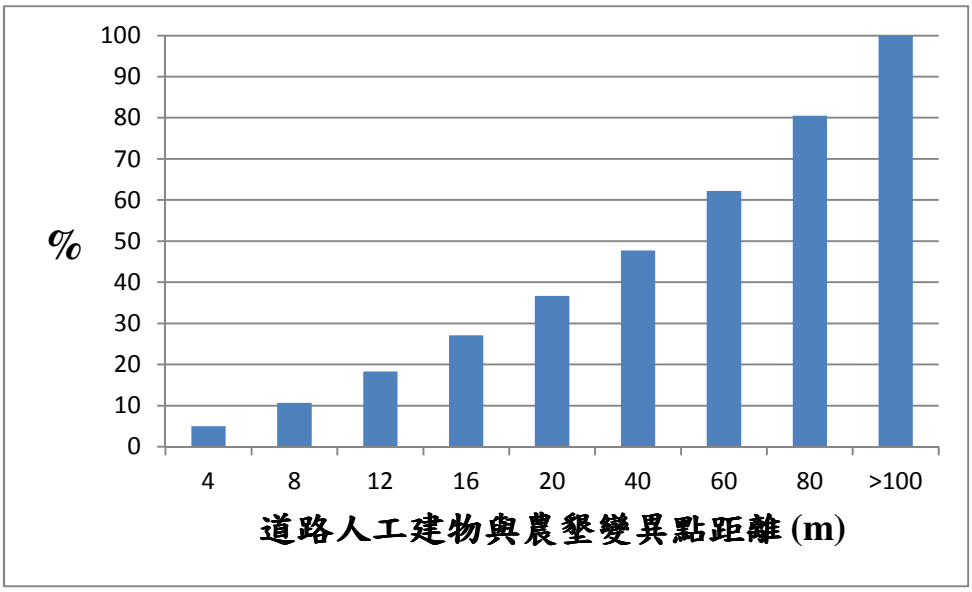


圖 37 道路人工建物與開墾變異點距離

(六)農地位置坡度分布

本計畫以分析及所建置之開墾變異點與坡度資料進行統計分析結果如圖 38，竹林、果園、茶園、檳榔園各地物樣區坡度分布於 0 至 50 度之間，竹林樣區以坡度 20 至 40 度間分布比例佔多數，佔竹林樣區面積 70%；檳榔、茶園及果園樣區以 10 至 30 度間分布比例佔多數，分別佔其樣區面積 75% 、74% 、80%。

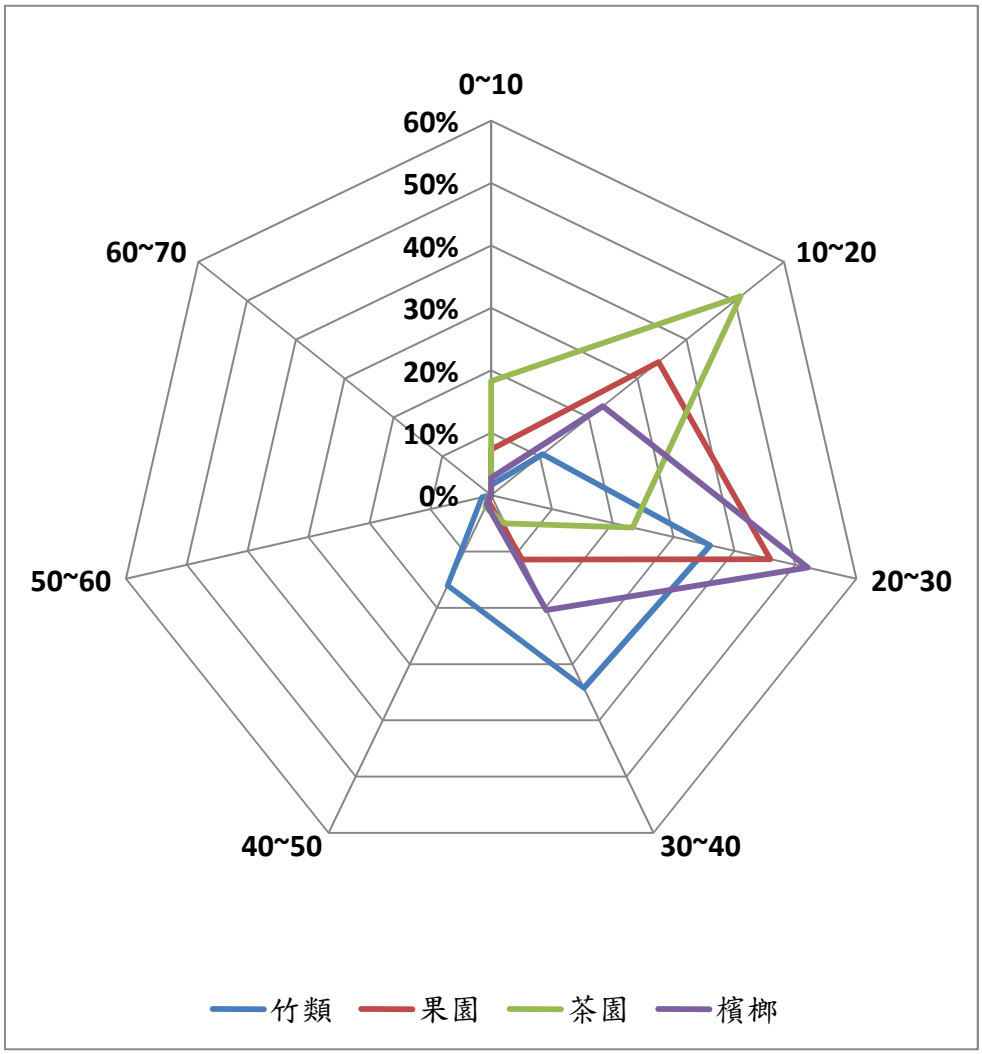


圖 38 農地位置坡度分布圖

(七) 各覆蓋型的常態化植生指標值域分布

為了解各覆蓋型的常態化植生指標(normalized difference vegetation index，NDVI)值域分布，本計畫建置開墾變異點之常態化植生指標包括針葉林、闊葉林、竹林、果園、茶園、檳榔園各地物樣區，結果顯示各類別之常態化植生指標值域重複性高，不易分開，如圖 39。

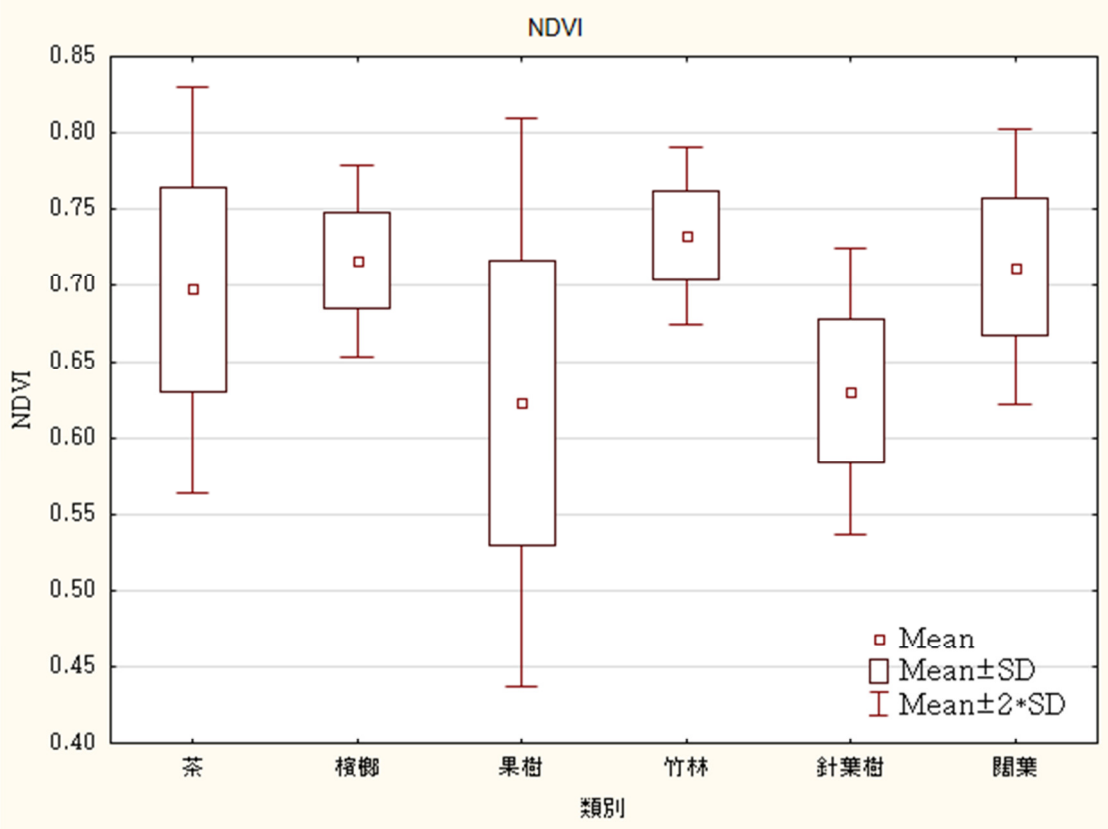


圖 39 各土地利用類型常態化植生指標分布圖

四、變異點篩選標準作業流程

本計畫以變遷分析方法及開墾地變遷行為，建立林地變異點篩選之標準作業流程，如圖 40。

林地變異點篩選標準作業流程依照流程依序為事業區選取，前後期影像選取及計畫區 GIS 圖資蒐集，進行影像前處理、變遷分析及變異點條件搜尋後，完成變異點分析，變異點篩選標準作業流程發展前期由專家判釋檢核後，整合入變異點資料庫，後輸出變異點取得變異點座標，供後續現場查勘使用，檢核後並將資料回饋至變異點資料庫整合。

(一)前後期影像選取

為減少影像對於前處理及後續分析之影響，前後期影像選取時即控管影像品質，選取同衛星感測器、天頂角、太陽角、拍攝時間、角度和衛星姿態相近及雲量較低之影像，以減少不同時間遙測資料間在對位、光譜反射及陰影之差異，並可有效的減少雜訊，增加判釋準確率。

(二)計畫區 GIS 圖資蒐集及分析

計畫區 GIS 圖資蒐集及分析內容包括計畫區之地形資料、崩塌地資料，土地利用資料，計畫中並以數位地形資料進行坡度分析及水系分析以取得坡度資料和谷線及水線空間分布資料。

(三)影像前處理

影像前處理包括有幾何校正、輻射校正及陰影濾除等項目。

(四)變遷分析

林地變異點篩選標準作業流程變遷分析方法根據變遷分析方法比較結果選擇穩定性及精確度較高之 dNDVI 法做為林地變異點偵測之方法，在進行變遷分析後以非監督式分類 ISODATA 分為 5 類，區分變異區與非變異區域。

(五)變異點條件搜尋

1.時間序列篩選

林地變異點篩選標準作業流程中利用影像時間序列過濾影像上非永久性之變遷,包括前後期拍攝條件影像之變遷,雲霧造成之變遷,臨時性之人為建物之變遷等,以 2009 年至 2010 年為第一期變異點及 2009 年至 2011 年為第二期變異點進行時間序列過濾,以 ESRI ArcGIS 之空間分析方法進行交叉分析(intersect),2 期變異點上皆出現,且面積相近才認列為變異點。

2.地形因子濾除

林地變異點篩選標準作業流程利用地形因子濾除部份非人為因素造成之變異點,地形因子包括有崩塌地資料、水線及谷線資料及坡度分級資料,以 ESRI ArcGIS 之空間分析方法進行環域分析(buffer),濾除崩塌地及其週邊 80 m 內之變異點,濾除山系谷線及水線周邊 80m 內之變異點,以及所在位置坡度大於 50 度之變異點。

3.變異點面積篩選

變遷分析結果得到之變異點資料,面積大於 0.7 ha 之變遷多為崩塌地,面積小於 0.01 ha 多為影像之雜訊,根據開墾變異點面積分析,林地變異點篩選標準作業流程選擇面積介於 0.02-0.06 ha 之變異點為林地開墾變異點。

4.農地距離篩選

林地變異點篩選標準作業流程最後以土地利用類型中農地之範圍進行環域分析,選擇距離農地 40 m 內之變遷分析結果為林地變異點。

(六)變異點資料庫整合

將林地變異點判釋結果以專家判釋後整合至變異點資料庫,建立變異點之屬性資料並與地籍資料整合,以供後續提供現場人員查核使用。

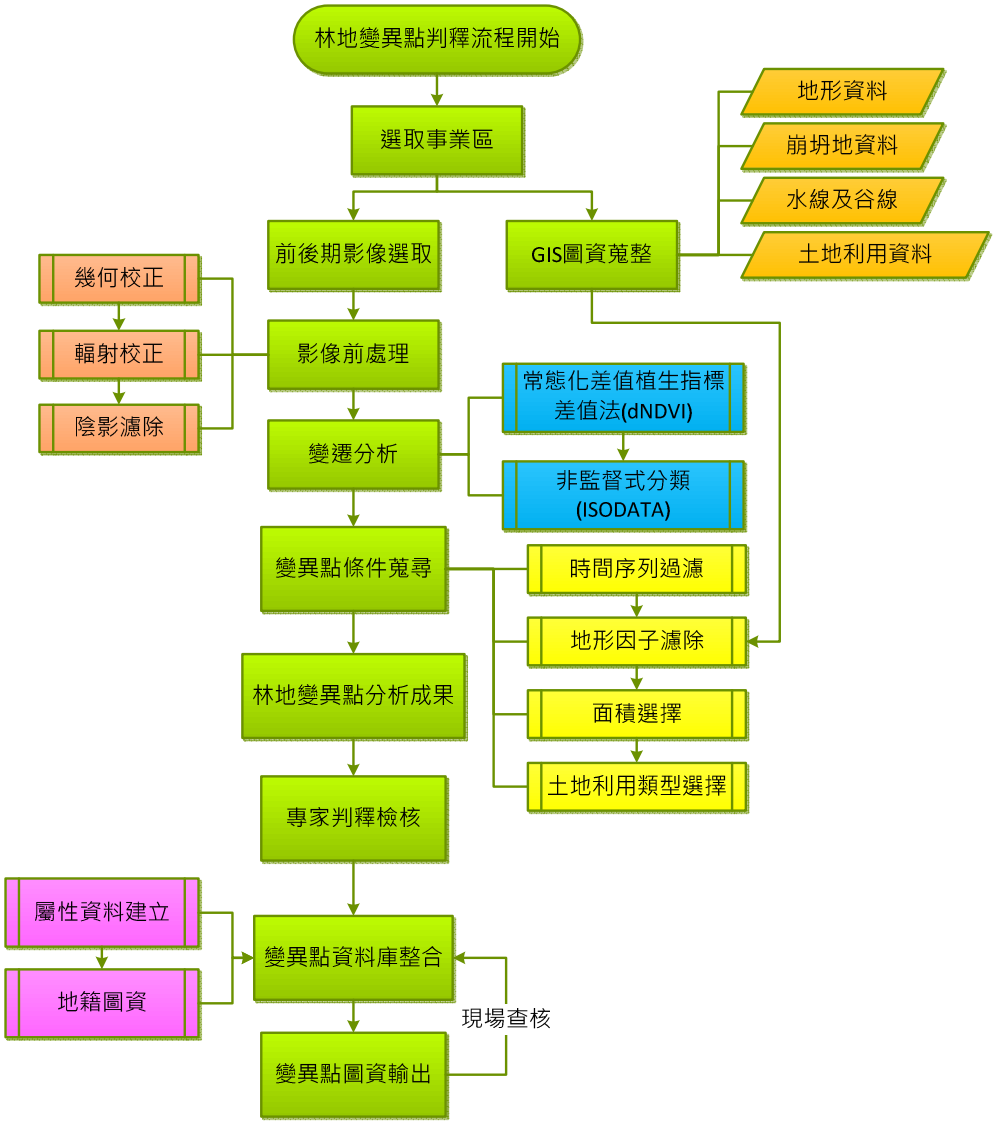


圖 40 變異點篩選標準作業流程圖

五、變異點偵測成果

本計畫以林地變異點分析流程，進行計畫區 2009 年及 2011 年之林地變異點分析。

(一)評估開墾地與農地之距離變化與林地變異點偵測之影響

本計畫評估開墾地與農地之距離變化與林地變異點正確率之關係，2m 融合影像之結果如表 19，8m 多光譜影像之結果如表 20。

分析中 2m 融合影像之變遷偵測正確率均達 90%以上，偵測到的變遷類別包括了崩塌、開墾及誤判，開墾偵測正確率以 20 m 為最高，為 60%，共偵測到 10 個變異點，其中有 6 個為開墾造成之變異點，3 個為崩塌造成之變異點，還有 1 個為誤判。

8m 多光譜影像之變遷偵測正確率在 60 m 內均達 90%以上，偵測到的變遷類別包括了崩塌、開墾及誤判，開墾偵測正確率以 60 m 為最高，為 72.73 %，共偵測到 11 個變異點，其中有 8 個為開墾造成之變異點，2 個為崩塌造成之變異點，還有 1 個為誤判。其它距離的開墾偵測正確率均大於 60%。

在林地變異點分析中，變異點與農地距離減少，則開墾偵測正確率則提高，主要原因是偵測到變遷總數減少，且環域分析範圍內之崩坍地及變遷誤判結果亦減少所造成之結果。從結果可以發現，開墾造成之變遷數量亦減少，林地變異點偵測之漏授增加，但誤授因此而降低。

開墾地與農地之距離變化與林地變異點正確率評估結果顯示，8m 多光譜影像對於開墾偵測正確率較 2 m 融合影像為高，然變遷偵測正確率則反之，且在變遷誤判上，8 m 影像之變遷誤判較 2 m 影像為多。在變異點分析上 2 m 融合影像能夠提供較多的細節，因此相同距離的環域分析下，變遷偵測總數量較高，然較多的細節帶來較多的非開墾變異點，崩塌數量較 8 m 影像多出 6 個之多減少了漏授，增加了誤授，使得開墾變異點偵測之正確率降低。

表 19 各農地距離之偵測開墾地正確率(2m 融合影像)

農地距離	開墾偵測正確率(%)	變遷偵測正確率(%)	變遷總數	崩塌	開墾	變遷誤判
100	50.00	94.44	18	8	9	1
80	56.25	93.75	16	6	9	1
60	53.33	93.33	15	6	8	1
40	50.00	91.67	12	5	6	1
20	60.00	90.00	10	3	6	1

表 20 各農地距離之偵測開墾地正確率(8m 多光譜影像)

農地距離	開墾偵測正確率(%)	變遷偵測正確率(%)	變遷總數	崩塌	開墾	變遷誤判
100	66.67	80.00	15	2	10	3
80	64.29	78.57	14	2	9	3
60	72.73	90.91	11	2	8	1
40	72.73	90.91	11	2	8	1
20	70.00	90.00	10	2	7	1

(二) 評估不同區域對林地變異點偵測之影響

本計畫以 4 個地形特性不同之樣區評估對於林地變異點偵測之影響，樣區 1 號位置於嘉義縣番路鄉，台 18 號公路觸口至隙頂一帶，海拔約 300 至 1000 m，多建成地、茶園及農地。樣區 2 號位置於嘉義縣中埔鄉，中崙一帶丘陵地，海拔約 300m 至 1000 m，區內主要道路為台 3 線，主要為檳榔及農地。樣區 3 位於曾文水庫西側，台南縣白河區，樣區橫跨大棟山山脈，道路多為產業道路，主要土地利用類型為果園。樣區 4 位於曾文水庫東側，嘉義縣大埔鄉，道路多為產業道路，主要土地利用類型為檳榔及果園。

2m 融合影像林地變異點分析成果如表 21，8m 多光譜影像之成果如表 22。

2m 融合影像之分析結果，各樣區偵測變遷正確率，第 1、第 2 及第 4 樣區為 100%，第 3 樣區則為 50%，第 3 樣區偵測到 2 個變異點，1 個為崩塌，另外一個則為變遷誤判；在開墾偵測正確率，第 1 樣區為 83.33，其偵測到變遷總數共 6 個，其中 1 個為崩坍地；第 2 樣區為 100%，共偵測到一個開墾造成的變異點。第 3 及第 4 樣區無偵測到開墾變異點，因此其正確率為 0%。不分樣區 2m 融合影像之分析結果共偵測到 10 個開墾變異點，分布圖如圖 41，判釋後確定為開墾造成之變異點前後期影像如圖 42 至圖 47。

8m 多光譜影像之分析結果，4 個樣區除第 1 樣區有 1 個變遷誤判，變遷偵測正確率為 83.33%外，其它 3 個樣區均為 100%；在開墾偵測正確率，第 1 樣區為 83.33，其偵測到變遷總數共 6 個，其中 1 個為誤判，其它為開墾之變異；第 2 樣區為 66%，共偵測到 2 個開墾造成的變異點及 1 個崩塌。第 3 樣區共偵測到 1 個開墾之變遷，其正確率為 100%，第 4 樣區無偵測到開墾變異點，因此其正確率為 0%。不分樣區 8m 多光譜影像之分析結果共偵測到 11 個開墾變異點，分布圖如圖 48，判釋後確定為開墾造成之變異點前後期影像如圖 49 至圖 56。

結果顯示計畫中 4 個地形特性不同之樣區變遷偵測正確率(%)均接近 100%，而開墾變遷偵測正確率 4 個樣區結果均達 6 成以上。

表 21 各樣區開墾偵測正確率(2m 融合影像)

樣區編號	開墾偵測正確率(%)	變遷偵測正確率(%)	變遷總數	崩塌	開墾	變遷誤判
1	83.33	100	6	1	5	0
2	100	100	1	0	1	0
3	-	50	2	1	0	1
4	-	100	1	1	0	0

表 22 各樣區開墾偵測正確率(8m 多光譜影像)

樣區編號	開墾偵測正確率(%)	變遷偵測正確率(%)	變遷總數	崩塌	開墾	變遷誤判
1	83.33	83.33	6	0	5	1
2	66	100	3	1	2	0
3	100	100	1	0	1	0
4	-	100	1	1	0	0

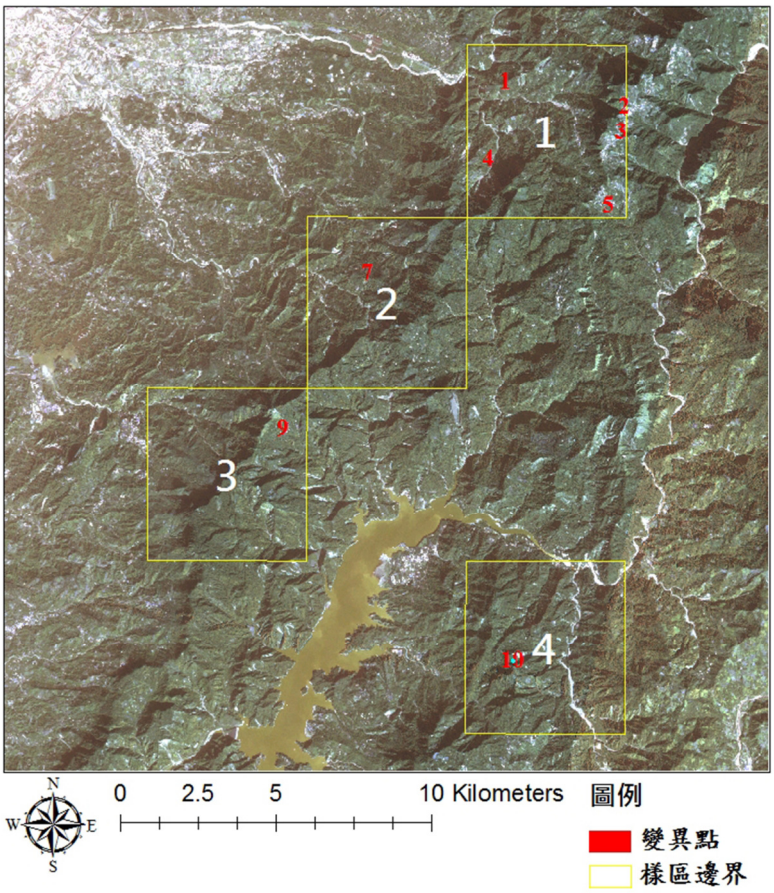


圖 41 2m 融合影像開墾變異點分布圖

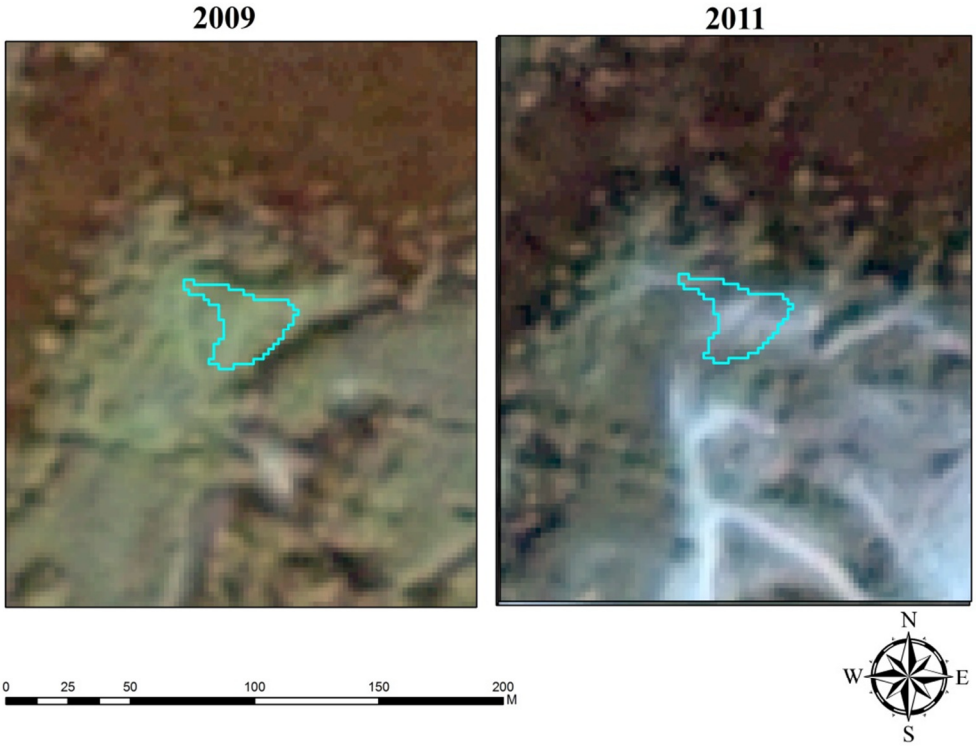


圖 42 1 號變異點(2m 融合影像)

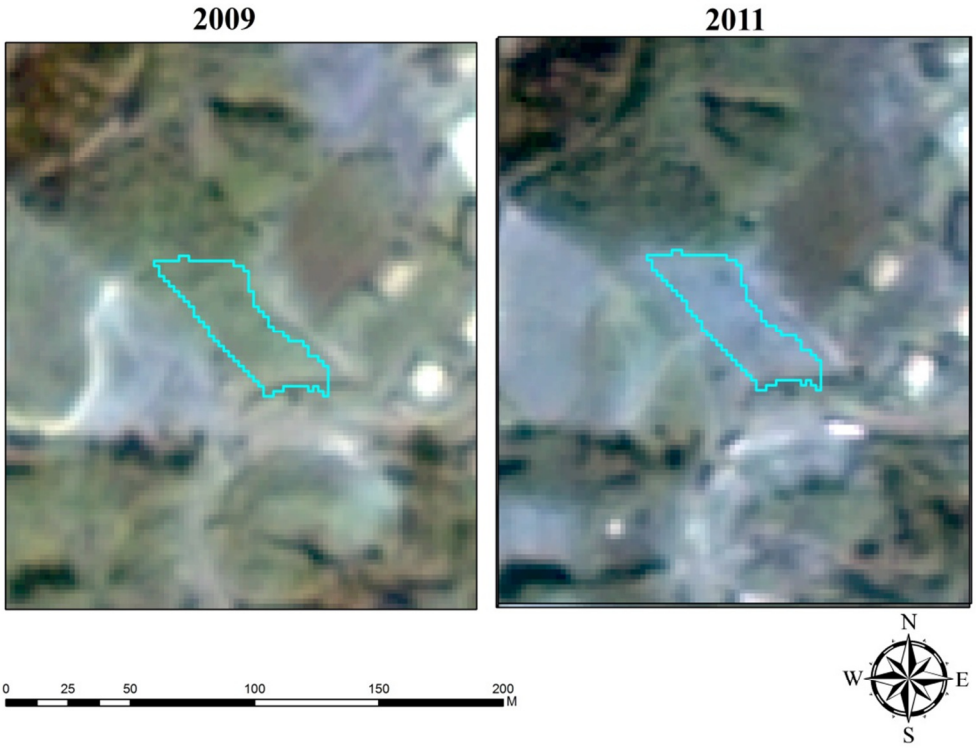


圖 43 2 號變異點(2m 融合影像)

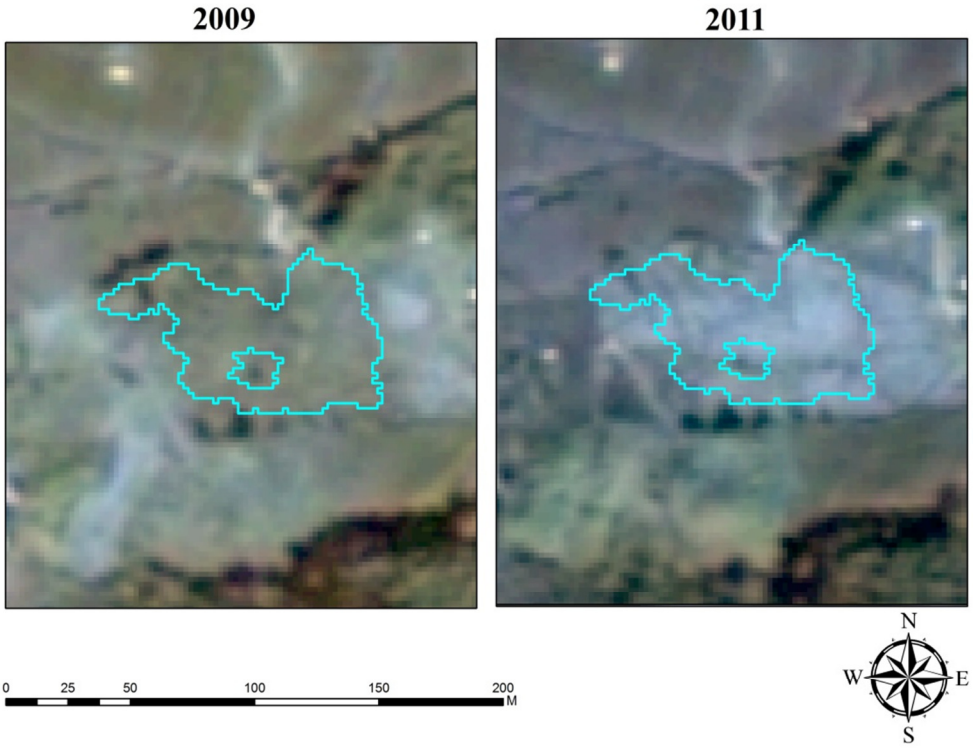


圖 44 3 號變異點(2m 融合影像)

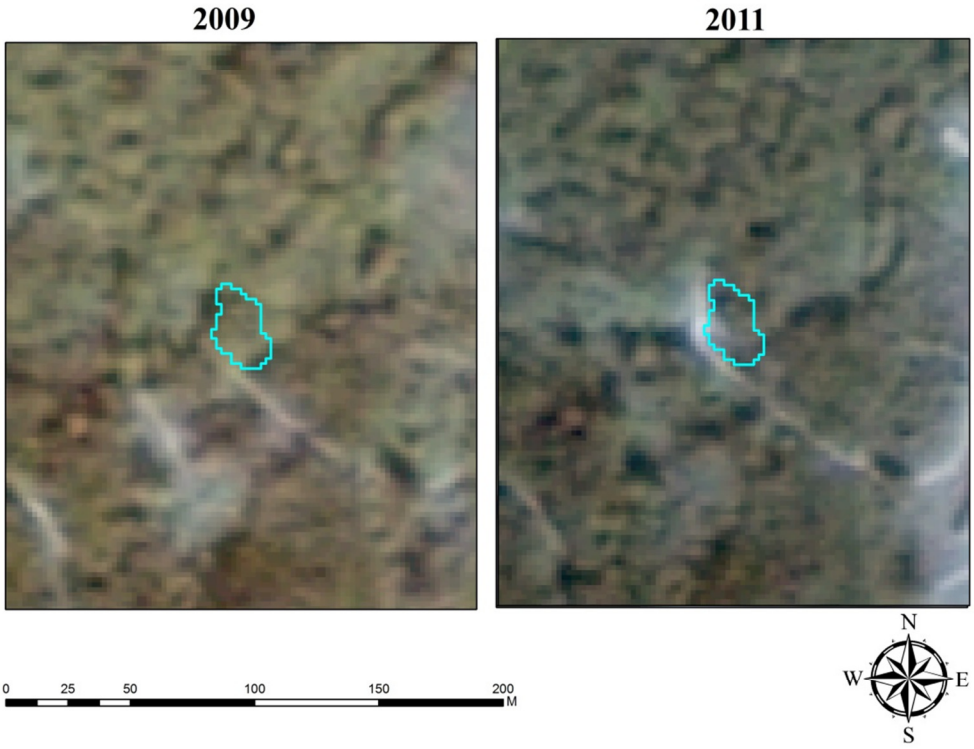


圖 45 4 號變異點(2m 融合影像)

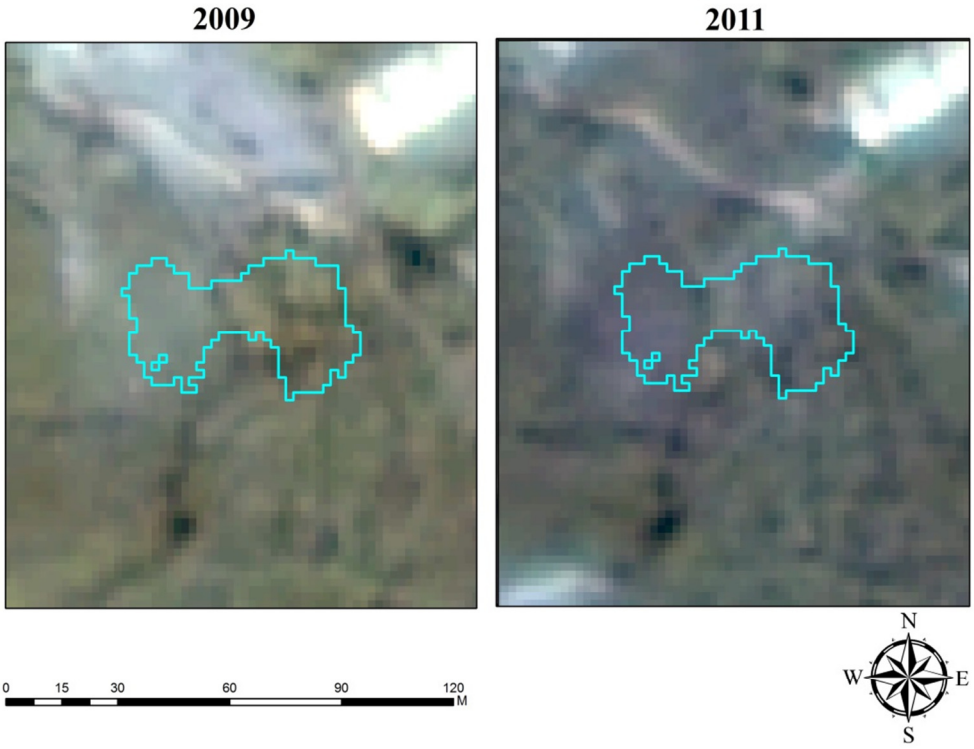


圖 46 5 號變異點(2m 融合影像)

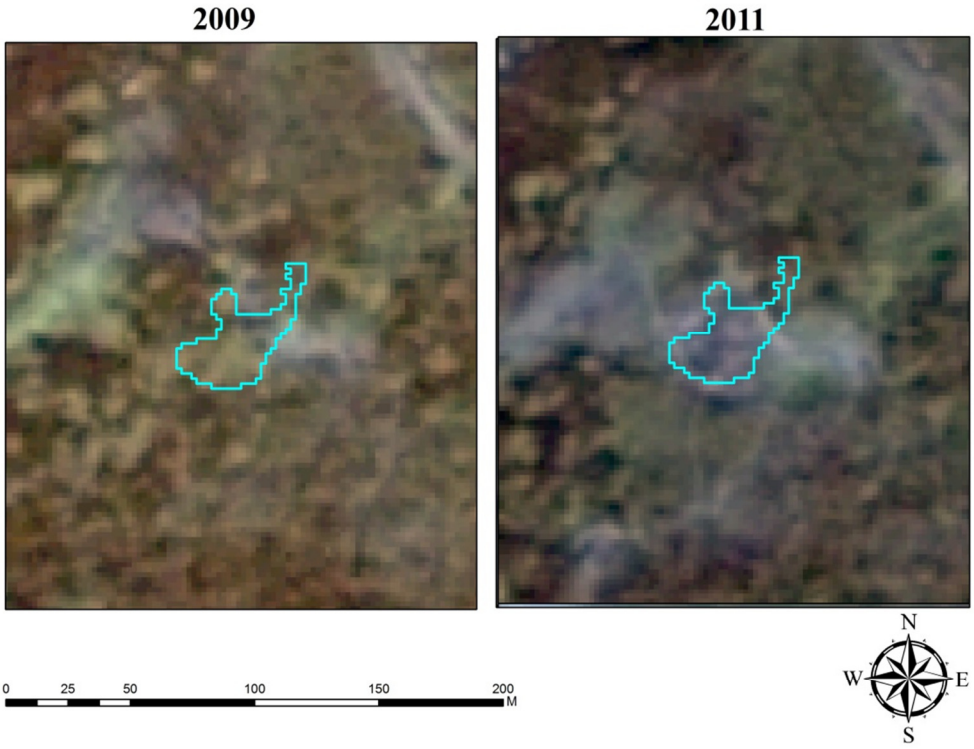


圖 47 7 號變異點(2m 融合影像)

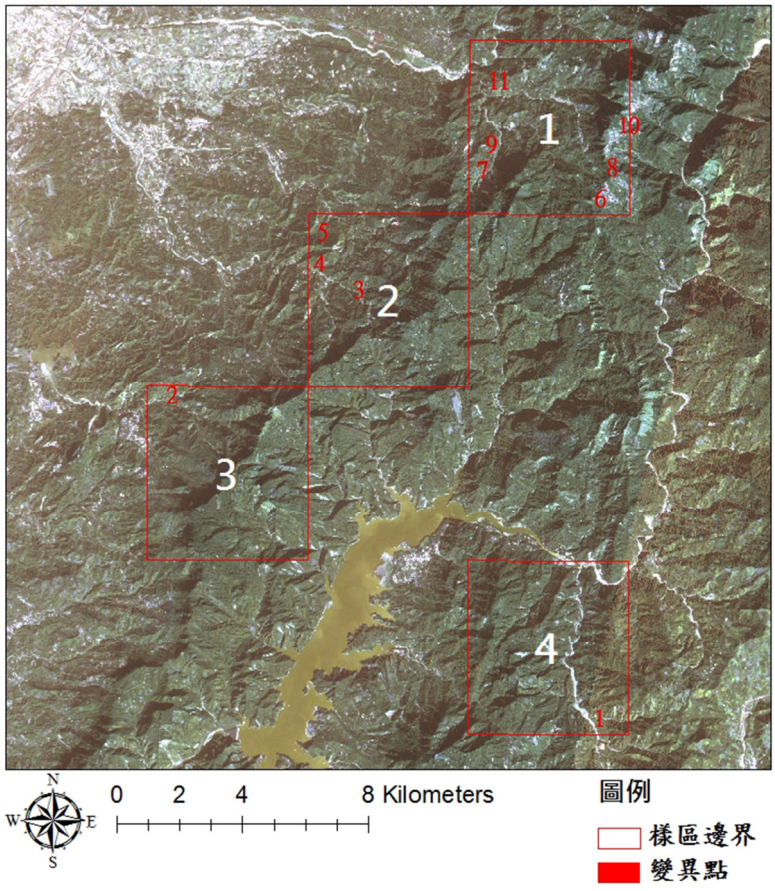


圖 48 8m 多光譜影像開墾變異點分布圖

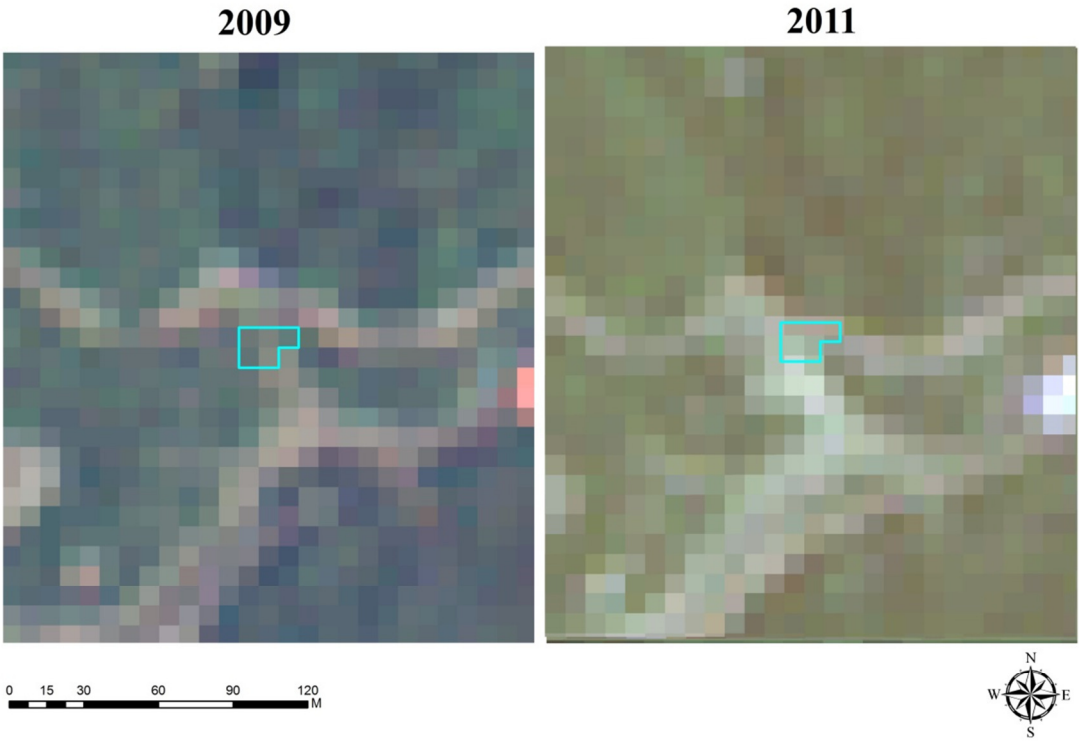


圖 49 2 號變異點(8m 多光譜影像)

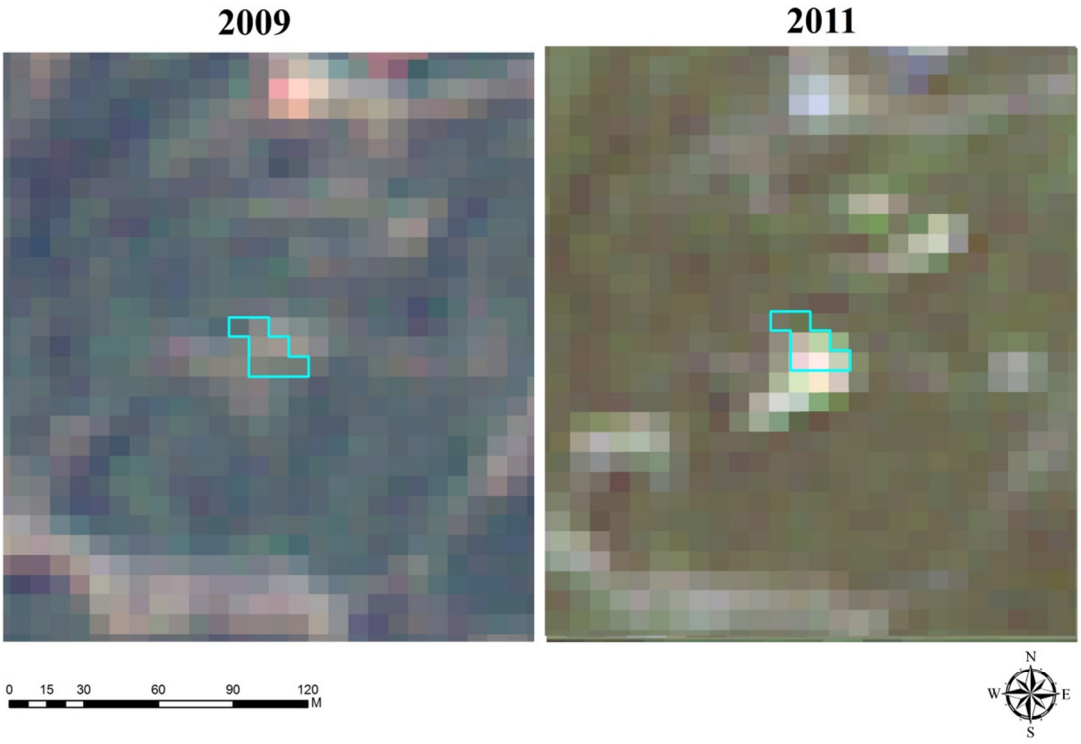


圖 50 3 號變異點(8m 多光譜影像)

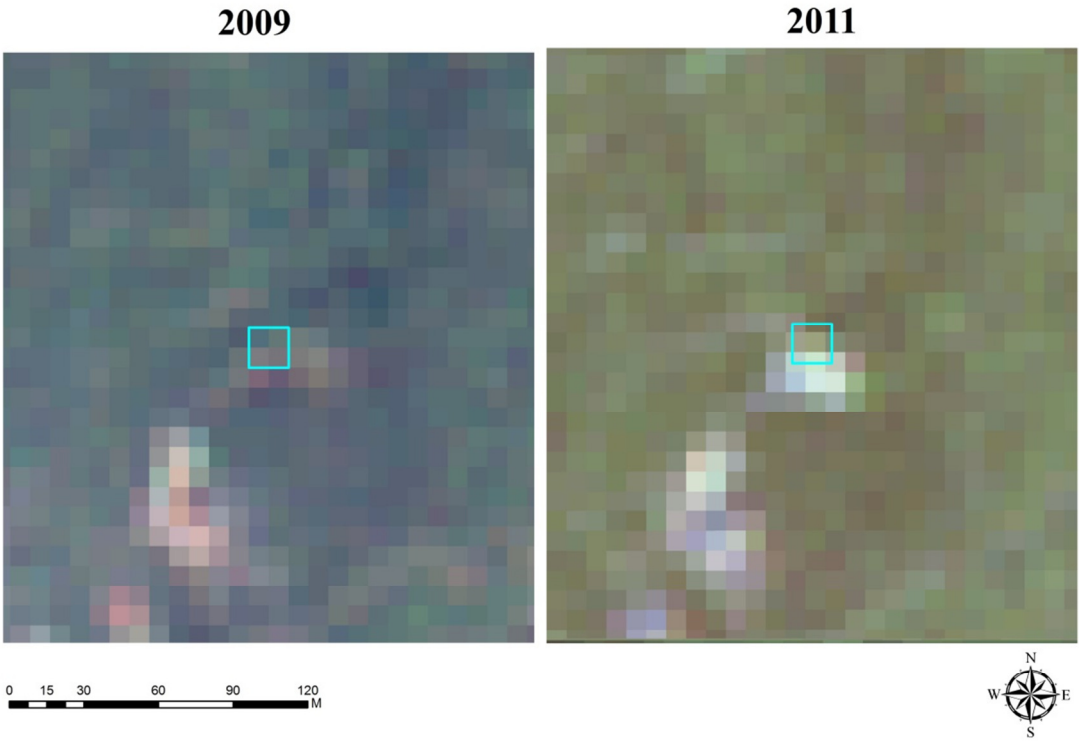


圖 51 4 號變異點(8m 多光譜影像)

圖 52 6 號變異點(8m 多光譜影像)

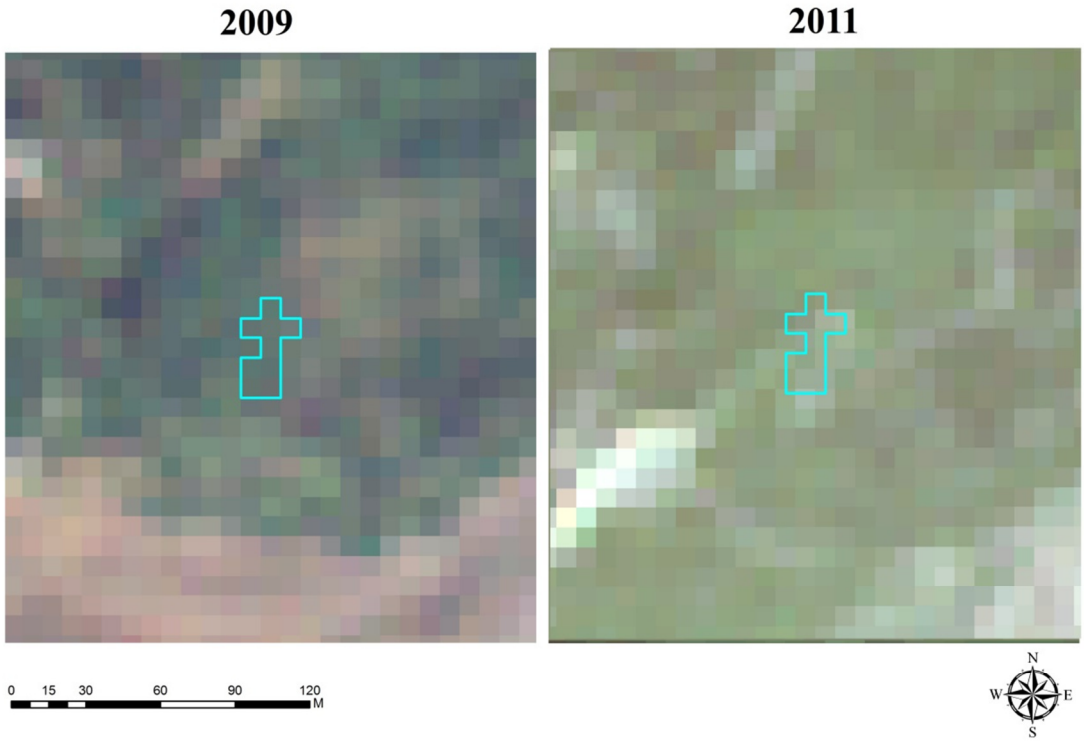


圖 53 7 號變異點(8m 多光譜影像)

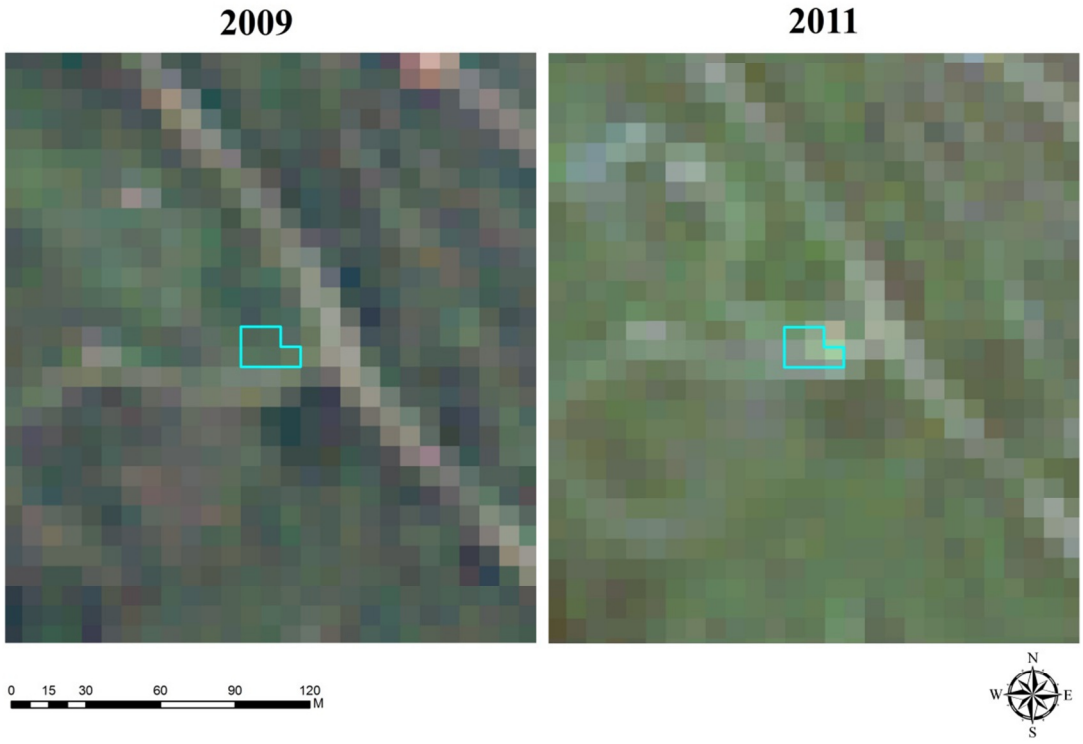


圖 54 8 號變異點(8m 多光譜影像)

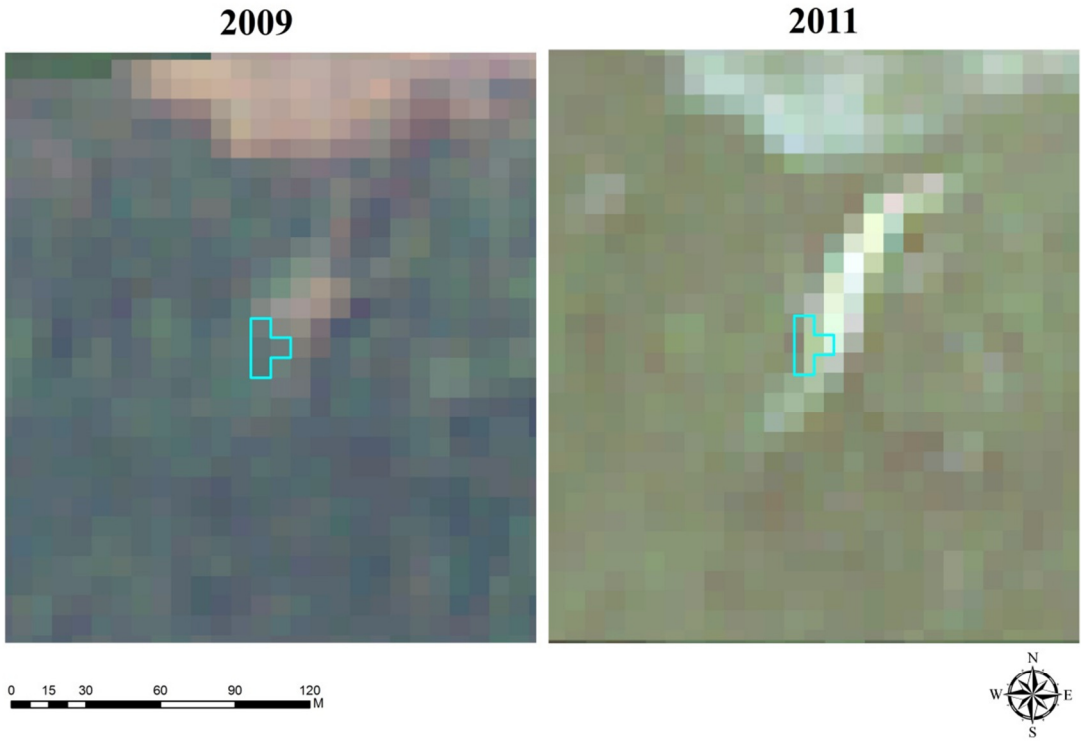


圖 55 9 號變異點(8m 多光譜影像)

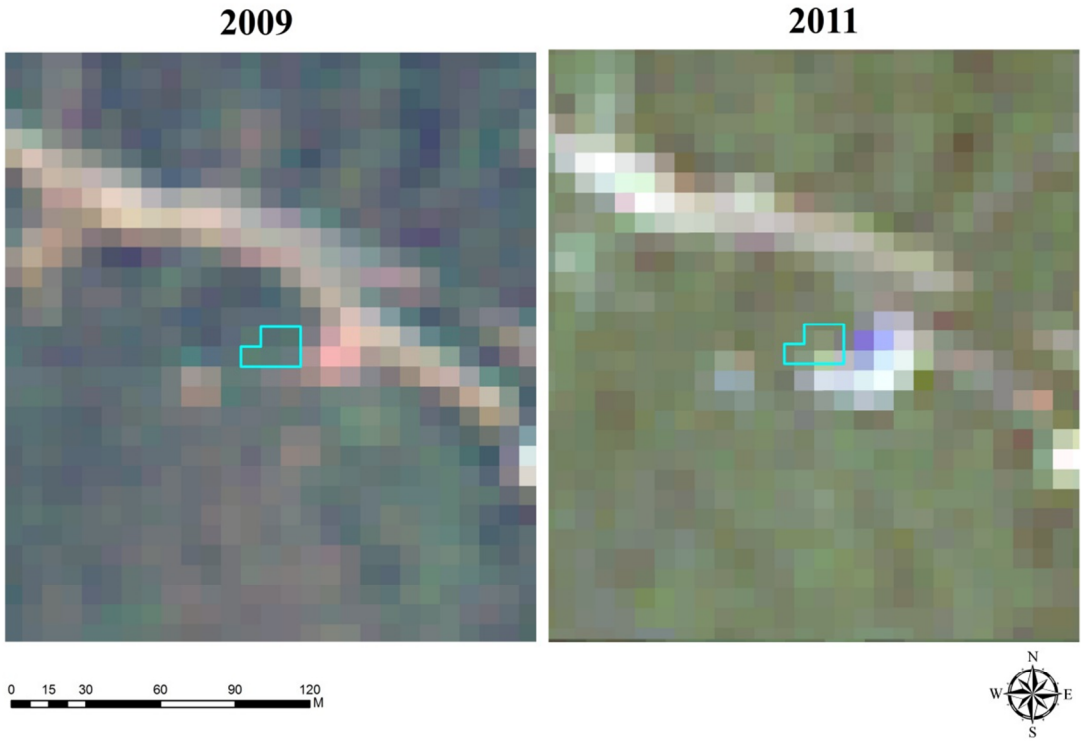


圖 56 11 號變異點(8m 多光譜影像)

六、綜合討論

(一)影像前處理

計畫中進行之影像前處理包括有影像幾何校正、輻射校正及陰影濾除等 3 項，在評估幾何校正結果對於變遷分析之影響時結果顯示校正前後 Kappa 值差異 2m 影像約增加 0.02 至 0.03，8 m 影像約增加 0.03 至 0.06，幾何校正前後差異對於變遷分析之影響甚小。

本計畫取得影像為全臺灣鑲嵌影像，取得的影像中為了除雲或補洞，許多區域為取其它時間拍攝之影像填補而成之無雲影像，如圖 57，對於計畫光譜反射值進行輻射校正及利用光譜反射值進行變遷分析之方法，如 WFM、SCVA 及 PCA 等方法影響大，造成評估變遷偵測準確度時穩定性不佳。

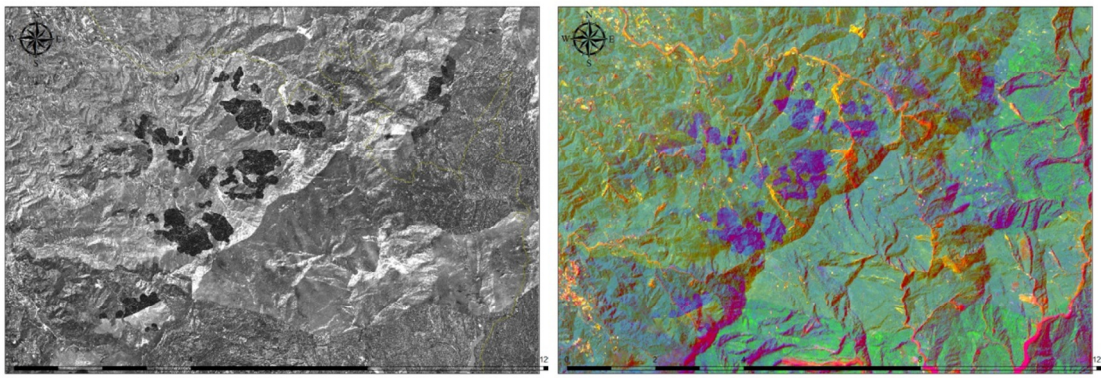


圖 57 影像嵌補對於變遷分析之影響(左 SCVA，右 PCA)

前處理中對於變遷分析影響較大的項目為陰影偵測，由於陰影的部份因無光譜反應或光譜反應不明顯，則造成漏授，兩期陰影位置差異大，則造成影像上變遷分析之誤授，加上研究區域地形變化大，地勢陡峻之區域較多，前人研究表示在不同坡度範圍下的影像判釋，地形坡度越陡峭，則較小面積之區塊越不易判釋，其主要是受到陰影區域增加，而造成判釋不易(謝寶珊等，2006)。本計畫中進行陰影偵測後萃取偵測為陰影之區域之網格資料，轉為向量資料製作陰影遮罩，將影像陰影區域濾除不列入林地變異點分析，大幅的降低的影像之誤授，但相對的則漏授增加。或可考慮以多幅高時間解析力影像解決林地變異點判釋時陰影與雲遮蔽之影響，而不以拼接影像之方式處理。

為減少影像對於前處理及後續分析之影響，應於影像選取時即控管影像品質，選取同衛星感測器、天頂角、太陽角、拍攝時間、角度和衛星姿態相近之影像，以減少不同時間遙測資料間在對位、光譜反射及陰影之差異，並可有效的減少雜訊，增加判釋準確率。

(二)變遷分析

本計畫探討適用之變遷分析方法，並分析其對變異點偵測可行性。研究結果顯示以 dNDVI 變遷分析方法應用於林地變異點偵測之成果最佳，然 dNDVI 的變遷偵測結果會將未變遷之水體錯誤偵測為變遷之區域，此影響造成 dNDVI 變遷偵測時在谷線及水線周邊出現較多的變異點，如圖 58，前人研究中提出可先利用圖層將水體或濕地濾除，提高 dNDVI 變遷偵測能力(Hu *et al.*, 2004，鄧淑萍, 2010)

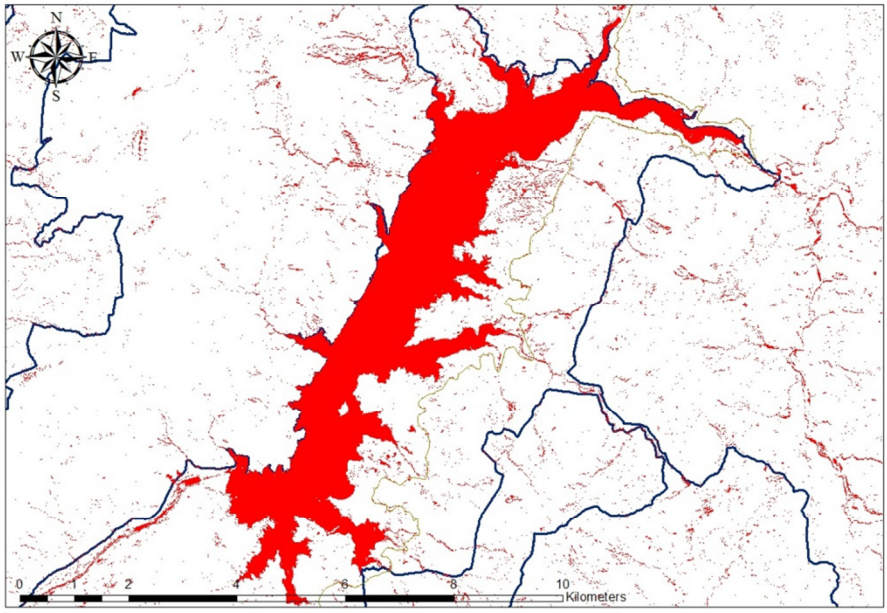


圖 58 dNDVI 偵測曾文水庫區域為變遷區域

探討不同尺度福衛二號衛星影像於林地變遷監測之差異，結果中以 dNDVI 進行變遷偵測 8 m 多光譜影像總體準確度均略高於 2m 融合影像，一方面是受到多光譜影像之光譜反射值未經過調整，光譜解析力較高，而 2m 融合影像之空間解析力較高，然較多的細節使變遷分析時提高了誤授率，因此總體準確度較 8 m 多光譜影像下降。遙測影像解析度較以往大幅提高至一定水準，但伴隨而來的是影像資訊量

亦大幅增加，選擇適宜之遙測影像進行變異點相關研究，並了解其可判釋之限度，是進行變異點量化與空間分布相關研究之重要課題，而使用與目標相符合之空間尺度進行研究，亦有助於提升成果之準確率。

(三)標準作業流程建立

計畫原擬利用福衛二號衛星影像應用於檳榔、果樹、茶園、其他農作物及竹林等土地使用態樣之變遷監測，然植生光譜指標分析結果顯示，福衛二號衛星影像對於闊葉樹、針葉樹、檳榔、果樹、茶園、其他農作物及竹林之光譜解析力，尚不足以判釋及將地物類別分類，因此對於各種土地利用類型各別之監測，需更進一步的研究與分析。然應用福衛二號於林地變異點之監測，藉由標準作業流程之建立與操作，可判識出影像上之農墾地變異點，8 m 多光譜影像正確率可達 70% 以上，2 m 融合影像則亦有 60% 之正確率。

林地變異點篩選標準作業流程，可依據林地變異點判釋之目的，以開墾地變遷行為探討結果，予以不同條件進行林地變異點判釋，若給予較嚴格之條件，則判釋林地變異點之漏授會增加，誤授則會減少，若給予較寬鬆之條件進行林地變異點分析則反，漏授會減少，誤授則會增加，需增加人力及時間去除錯誤之林地變異點判釋結果。

林地變異點篩選標準作業流程，仰賴計畫區空間資料進行林地變異點之篩選，因此若計畫區空間資料愈接近現況，則誤判之機會則相對的降低。標準作業流程中篩選之項目其重要性依照流程順序排序，若缺少相關空間資料，則會影響林地變異點判釋之結果。林地變異點判釋之成果亦可加入，做為下一期林地變異點判釋之輔助資料，此方式使林地變異點篩選標準作業流程，成為一個能夠自我成長及修正之系統，俾益判識正確率增加。

(四)遙測技術執行上所遭遇之限制

本計畫在遙測技術執行上所遭遇之限制包括 1.陰影區域無法判釋變遷，2.山區的部分區域幾何誤差較大，3.篩選過濾之圖資時間尺度與衛星影像及現況有差距，4.人為變異點位置光譜反射資訊變異大，

不易區分。

1.陰影區域無法判釋變遷

受到衛星拍射角度與太陽角不同之影響，陰影為衛星影像不可避免的問題，計畫中目前對於陰影區域的部份採用遮照濾除的方式進行處理，因此影像上陰影區域無法進行變遷判釋，為使用上之限制。

2.山區的部分區域幾何誤差較大

計畫區地形變化大，在坡度陡峭的區域幾何糾正之成果誤差大，會影響到變遷分析之結果。

3.篩選過濾之圖資時間尺度與衛星影像及現況有差距

目前蒐整之圖資之時間尺度較早，與高時間解析力之衛星影像有差距，現場查勘時亦發現農地及人為土地利用改變變化快，航測影像或測量資料在時間尺度上會有相當的差距，造成變異點判釋結果之誤差。

4.人為變異點位置光譜反射資訊變異大，不易區分。

人為土地利用改變變化快，且變化之土地利用類型多，欲利用光譜反射資訊區分變異點不容易，需經過大範圍且長時間之資料累積，始能獲得較具代表性及可靠之資訊。

伍、結論與建議

一、結論

(一)計畫中應用福衛二號衛星影像進行林地變異點分析與判釋，以常態化植生指標差值法配合計畫區相關空間資料建立門檻值，建立林地變異點分析與判釋標準作業流程，評估結果顯示福衛二號衛星影像，足以進行林地變異點判釋，提供成果供現場查核使用。

(二)計畫中應用福衛二號衛星影像進行林地變異點分析與判釋並進行現場查核，現場查勘結果多不是林地違規使用，然查勘之變異點全部皆有發生變異。

(三)福衛二號對於檳榔、茶園、果園及林地之光譜分析結果顯示無法提供足夠之光譜資訊分辨這些土地利用類型，須進行更進一步的研究與探討。

(四)本計畫進行影像前處理對於林地變異點分析之評估顯示，前處理對於精度之提升有限，判釋正確率受影像基本面影響大，需從取得影像之源頭即控管資料的品質，選擇同衛星感測器、天頂角、太陽角、拍攝時間、角度和衛星姿態相近之影像，以減少不同時間遙測資料間在對位、光譜反射及陰影之差異，並可有效的減少雜訊 ，增加判釋準確率。

(五)計畫建立變異點監測之標準流程，主要有 6 個步驟進行變異點的判釋及分析，判釋成果可提供現場人員查察使用，並回報現場資訊供變異點監測進行修正，提高判釋正確率。

二、建議

(一)進行更多區域之林地變異點判釋與監測，應用林地變異點判釋及監測流程於不同地形及區域之國有林事業區，以進一步蒐整不同類型區域及土地利用狀況下變異點於空間及人為利用上之資訊，使林地變異點判釋與監測在實務上更為實用

(二)本計畫建置之標準作業流程主要靠門檻值提升判釋之正確率，門檻值之正確性相當的重要，目前空間資訊及遙測技術發達，可獲取的資料量也越來越多，未來可加入應用巨量資料分析與資料探勘(data mining)技術於林地變異點判釋，應用資料探勘技術從大量且看似無章法之複雜資料中，萃取出特徵值等有用資訊，配合決策樹等分類方法歸納整理，有助於增加本計畫所建立林地變異點分析與判釋標準作業流程之準確性。

(三)計畫原擬利用福衛二號衛星影像應用於檳榔、果樹、茶園、其他農作物及竹林等土地使用態樣之變遷監測，然福衛二號衛星影像對於闊葉樹、針葉樹、檳榔、果樹、茶園、其他農作物及竹林之光譜解析力，尚不足以判釋及將地物類別分類，需更進一步的研究與分析，未來可應用高光譜解析力遙測資料如 Worldview 2 等遙測資料進行林地變異點土地利用類型判釋，利用其高空間解析力及高光譜解析力之特性，利用 Worldview 2 特有之 Coastal Blue、Red-Edge、Yellow、NIR2 等 4 個波段，有助於地面土地利用類型樣態之分類。

(四)國土監測應為一長期及有計畫性之作業，因此建議將林地變異點分析與判釋標準作業流程，建立模組化及自動化林地變異點判釋系統並構建現場查核回報機制，內容包括多期影像檢視，自動化林地變異點分析判釋、以變異點資料庫管理、新增及編輯變異點資訊及變異點輸出及資料回饋等，如圖 59，以系統化的方式累積林地變異點判釋資料，並透過查報機制回饋系統，以提升林地變異點判釋系統之準確性。

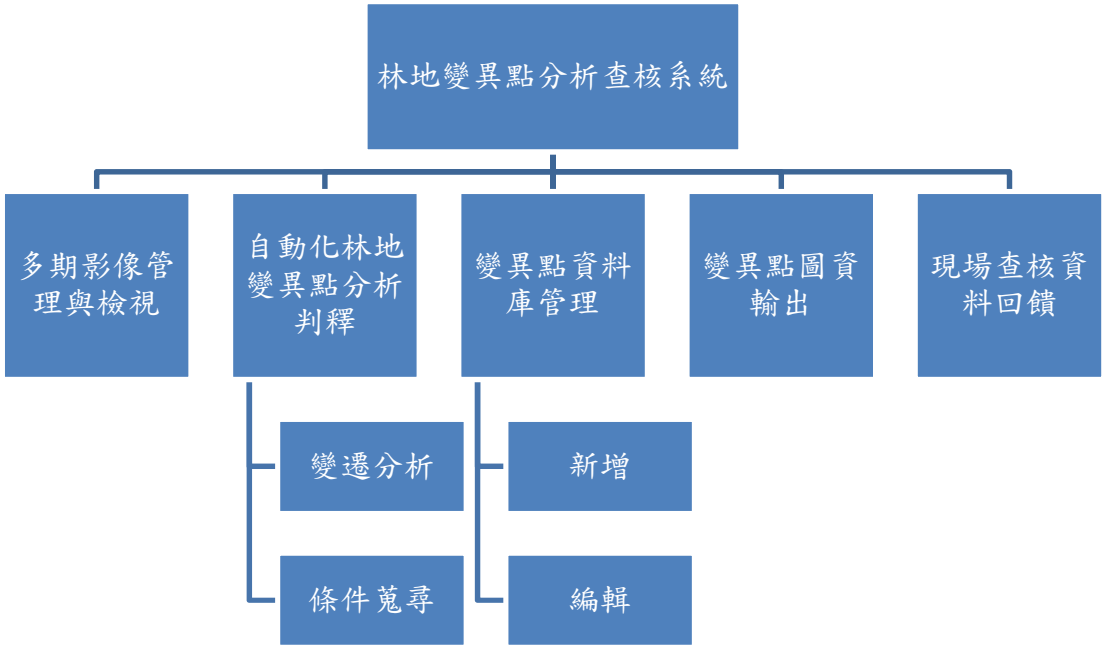


圖 59 林地變異點分析查核系統架構圖

(五)本計畫所建立之林地變異點監測流程，亦可應用於林地受其它因素影響而發生林地消長之情況，如受到崩塌、火災等情況，進一步可用以計算林地消長損失面積，評估碳儲量，建立國家綠色帳年報資料。

陸、參考文獻

李均力、賈永紅，2004，基於解析度退化模型的全色和多光譜遙感影像融合方法。武漢大學學報。資訊科學版29(4): 302-306。

林恩如、劉正千、張智華、鄭依凡、柯明勳，2013，運用福衛二號高時空分辨率多光譜影像於台灣全島崩塌地判釋與災害分析，Journal of Photogrammetry and Remote Sensing， Volume17, No1, March 2013, pp. 31-51。

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。

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。

楊龍士、雷祖強、周天穎，2000，遙感探測理論與分析實務。文魁資訊出版，4-42。

鍾玉龍、呂明倫，2006，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。

甄靜、何國金，2005，高解析度遙感影像融合存在的問題及改進措施。遙感信息2005(4): 45-48。

謝寶珊、林彥享、鄭錦桐、余勝雄、楊勳得、焦中輝、黃連通、李錫堤，2006，以不同尺度之遙測影像進行崩塌地判釋之精度探討-以大甲溪集水區為例，2006 年中國地球物理學會年會暨學術研討會。

尹孝元、梁隆鑫、陳錕山、黃珮琦，2010，衛星影像於國土變異監測之應用航測及遙測學刊，15:1，65-78。

Ali M. Qaid, and H. T. Basavarajappa, 2008, Application of Optimum Index Factor Technique to Landsat-7 Data for Geological Mapping of North East of Hajjah, Yemen, American-Eurasian Journal of Scientific Research 3 (1): 84-91.

Aosier B., K. Tsuchiya, M. Kaneko, N. Ohtaishi, and Mahmut Halik, 2007, Land cover of oases and forest in XinJiang, China retrieved from ASTER data, Advances in Space Research 39(1) :39-45.

Broge, N. H., and E. Leblanc, 2000, Comparing prediction power and stability of broadband and hyperspectral vegetation indics for estimation of green leaf area index and canopy chlorophyll density. Remote Sensing of Environment 76: 156-172.

Congalton, R. G., and R. A. Mead, 1983, A quantitative method to test for consistency and correctness in photo interpretation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 49(1): 69-74.

Congalton, R. G., 1991, A review of assessing the assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment 37: 35-46.

Congalton, R. G., and K. Green, 1999, Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. CRC Press, 137pp.

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.

Crapper, P. F. and K. C. Hynson, 1983, Change Detection Using Landsat Photographic Imagery, Remote Sensing of Environment 13(4):291-300.

Ehsani, A. H., and Quiel, Friedrich, 2010, Efficiency of Landsat ETM plus Thermal Band for Land Cover Classification of the Biosphere Reserve "Eastern Carpathians" (Central Europe) Using SMAP and ML Algorithms, International Journal of Environmental Research - 1735-6865. ; 4:4, s. 741-750.

Fox, D. M., F. Maselli, and 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.

Garcia-Haro F. J., M. A. Gilabert, and J. Melia, 2001, Monitoring Fire-attected Areas Using Thematic Mapper Data. International Journal of Remote Sensing 22(4): 533-549.

Goetz, S. J., N. Gardiner, and J. H. Viers, 2008, Monitoring freshwater, estuarine and near-shore benthic ecosystems with multi-sensor remote sensing: An introduction to the special issue, Remote Sensing of Environment 112(11): 3993-3995.

Huete, A., C. Justice, and W. V. Leeuwen, 1999, MODIS vegetation index(MOD 13)-algorithm theoretical basis document, Version 3. pp.120.

Jensen, L.B., J.L. Ramos, Z. Kaneva, S. Molin, 1993, A substrate-dependent biological containment system for Pseudomonas putida based on the Escherichia

coli gef gene. Appl.Environ.Microbiol, 59:3713-3717.

Larry, R.G.; Martin Philip J., Howarth, 1989, Change Detection Accuracy Assessment Using SPOT Multispectral Images of the Rural-Urban Fringe, Remote Sensing Environment, 30, pp.55-66.

Hu, Y., De Jong, S. M., and Sluiter, R., 2004, A modeling-based threshold approach to derive change/no change information over vegetation area. In (Ed.), Proceedings 12th International Conference on Geoinformatics - Geospatial Information Research: Bridging the Pacific and Atlantic Sweden, University of GavleJi,

Ma, W. J., R. W. Twibell, and K. Underhill, 2006, Characterizing urban sprawl using multi-stage remote sensing images and landscape metrics, Computers Environment and Urban Systems 30(6):861-879.

Mallat, S. A. , 1989, Theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and machine intelligence 11: 674-693.

Mas J. F., 1999, Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques, International Journal of Remote Sensing 20(1):139-152.

Richards, J. A., 1984, Thematic mapping from multitemporal image data using the principal component transformation, Remote Sensing of Environment 16 (1): 35-46.

Schott, J. R., C. Salvaggio, and W. J. Volchok, 1988, Radiometric scene normalization using pseudoinvariant features, Remote Sensing of Environment 26: 1-16.

Singh A., 1989. Digital change detection techniques using remotely-sensed data, International Journal of Remote Sensing 10(6): 989-1003.

Tou, J. T., and R. C. Gonzalez, 1974, Pattern Recognition Principles. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.

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.

Zhou, W., G. Huang, A. Troy, and 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.

柒、現場檢核記錄

本計畫於 12 月 5 號，與林務局及嘉義林區管理處人員進行變異點現場勘查，變異點現勘位置如表 23，現勘成果如表 24。

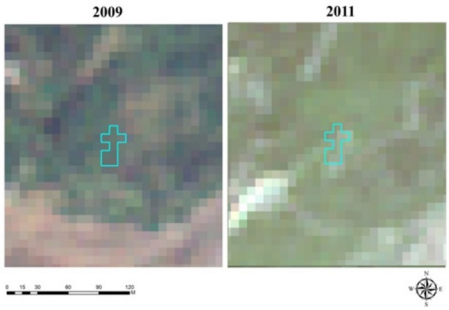
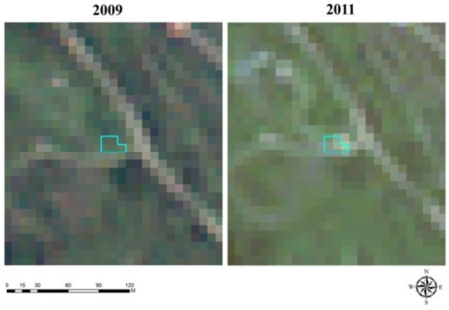
現場查勘結果多不是林地違規使用，然查勘之 6 個變異點全部皆有發生變異。大埔 152 林班內 7 號變異點(8m 多光譜影像)為果園崩塌後變成草生地，9 號變異點(8m 多光譜影像)為草生地，其土地利用型態與週遭皆不同，研判為人為處理之結果。2m 融合影像 1 號變異點與 8m 多光譜影像 6 號變異點，原來為竹林，分別變為林地與農地。林地變異點偵測對於人造建物偵測結果良好，林班旁果園新增水塔及果園旁新增停車場皆有增測為變異點。

圖 60 變異點現場勘查

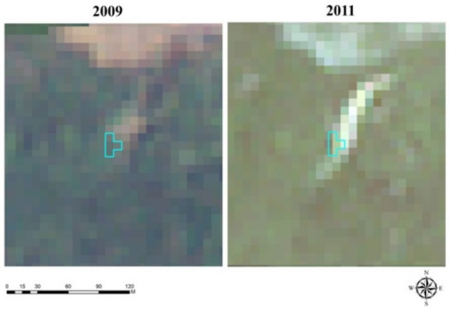
表 23 變異點現勘位置表

編號	影像解析力	X	Y	地點說明
6	8m	214136	2588942	龍美附近非林班地
7	8m	210370	2589822	大埔152林班腦寮
8	8m	214510	2589942	龍美附近台18線旁大埔109林班
9	8m	210666	2590666	大埔152林班腦寮
11	8m	210914	2592662	台18線公田路口附近大埔158林班
1	2m	215015	2591279	隙頂附近台18線旁非林班地

表 24 現勘成果表

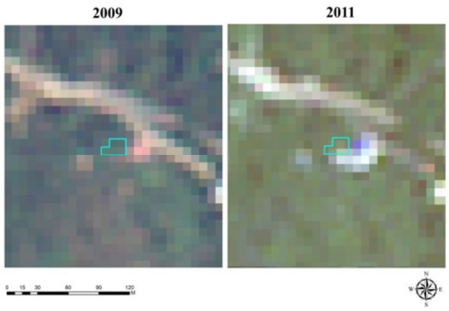
編號	衛星影像	現況
6		
龍美附近台 18 線旁大埔 109 林班外，麻竹林變農地		
7		
大埔 152 林班腦寮林班地，果園崩坍		
8		
龍美附近台 18 線旁大埔 109 林班外，林班旁果園新增水塔		

9



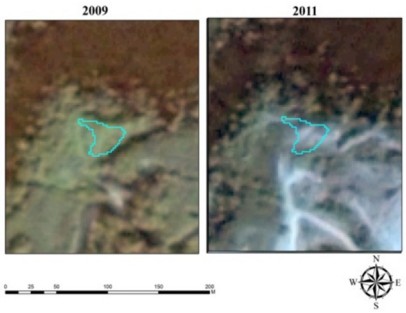
大埔 152 林班腦寮林班地，道路除草或燃料移除

11



台 18 線公田路口附近大埔 158 林班外，改建為停車場

1



隙頂附近台 18 線旁非林班地，造林地。

捌、期初報告委員意見與回覆

一、 衛星影像於台灣山區受地形影響，造成許多陰影區域，無法提供影像資訊，可否估算山區陰影所佔比例？並提供其解決方法。

計畫中可估算影像中山區陰影比例。欲減少變遷分析中受到陰影之影響，可藉由選擇太陽方位角及衛星拍攝角度相近之影像，減少陰影對於分析之影響。

二、 陰影區域或現有存在且非本案研究需求之地物，如道路、河流等區塊，於施作前若先加以濾除，此法對計畫研究成果是否有利。

本計畫將先進行變遷分析，後利用既有之圖層將道路、河流等區塊出現之變異點濾除。

三、 請說明福衛 2 號影像進行變異點監測前進行輻射校正之必要性，對研究成果有何影響。

輻射校正之目的為校正衛星影像在拍攝過程中受到條件不同之影響造成的差異，因此進行輻射校正有助於減少及降低光譜指標計算及分析成果之誤差。

四、 本計畫以大埔事業區為研究範圍，然其變遷偵測方法是否可適用於其他事業區。

本計畫所使用之變遷偵測方法可適用於其他事業區。

五、 請說明台灣本島南北植被上之差異於衛星影像判釋上之影響性。

計畫中進行變遷分析時將不受台灣本島南北植被上之差異影響。

六、 本計畫以事業區作為研究單位，若其橫跨數個衛星影像圖幅時，是否因拍攝日期不同造成光譜特性上之差異。

不同拍攝日期造成不同光譜特性之影像將對林地變異點判釋造成影響，本計畫將於影像前處理進行影像輻射校正，以減少及降低造成之誤差，增進判釋之準確率。

七、 請於計畫書中補充衛星影像上雲霧狀況之處理方式，有無自動方法可剔除。

衛星影像上之雲霧多靠影像選擇時，選擇含雲量較低或無雲之影像，以降低雲霧之影響。

八、 成果檢核時，應考量地真資料與福衛 2 號影像資料於時間點上之差異性。

如委員指示，將考量地真資料與福衛 2 號影像資料於時間點，以最接近時間之影像進行檢核。

九、 計畫期程內有無規劃現地調查作為本案檢核之參考依據，請說明。

本計劃中檢核工作將全數由航空照片上選擇檢核點進行檢核。

十、 農航所航空照片與福衛 2 號衛星影像拍攝之頻率並不一致，二者應如何搭配使用。

計畫中將以航空照片進行變遷分析成果之檢核，將以最接近時間之影像進行檢核。

十一、對於本案變異點判釋成果中可接受之最小解析度為何。

本計畫中將對於變異點判釋之最小面積進行分析與討論。

十二、本計畫於土地使用態樣篩選時，是否可將不同之針葉樹樹種納入分類考量。

本計畫中進行林地變異點判釋之主要目標為農地及農墾地之變異，針葉樹樹種之變遷將於未來計畫中提出建議。

十三、水保局及營建署皆曾利用 SPOT 衛星影像辦理變異點監測之研究，請於計畫書內補充相關摘要，並說明其成果與本計畫之差異。

如委員指示將補充內容於報告書中，並進行比較分析。

十四、請統一計畫書中專有名詞之中文翻譯，如 P14 WFM 及 P24 RDVI。

如委員指示修正。

十五、本計畫中變異點監測之頻度為何？相關技術於應用方面，農航所同仁是否可自行操作？或是僅可依靠貴校研究團隊才可進行處理。

監測的頻度取決於影像取得的密集程度。本計畫變異點監測之頻度為 1 年 1 次。計畫於執行期間舉辦教育訓練 1 場，使農航所同仁可自行操作。

十六、變異點監測工作於日後利用自動化判釋系統操作時，如何與農航所現有之福衛 2 號倉儲系統結合，請提供相關建議。

計畫於期末時將對於農航所現有之福衛 2 號倉儲系統之建置提出相關之建議供系統建置參酌。

玖、工作會議委員意見與回覆

一、 請說明變遷分析後之影像增揚成果，再利用 ISODATA 進行非監督性分類是否有其必要性。

計畫中以變遷分析方法將影像中變異區域增揚，接下來為了未來操作自動化，因此選擇非監督式分類 ISODATA 方法將影像中變異區域選出，若不以非監督式分類方式進行，亦可以選擇監督式分類或專家門檻值區分之方式將變異區域選出，然未來林地變異點判釋則需以半自動化方式進行。

二、 本計畫中如土石流及崩塌地等屬自然變異之情形，非地真資料建置目標，請說明檢核時如何與地真資料進行搭配，取得合理成果。

計畫中土石流及崩塌地等自然變異之情形，以隨機選取之方式建立其地真資料，並輔以專家判釋進行檢核，以取得合理之地真檢核成果。

三、 請說明變異點分析成果中，變遷類型欄位所指”現場查看”意思為何。

變異點分析成果中，變遷類型欄位所指”現場查看”意指影像上無法判釋真實地物為何，需至現場檢核。

四、 請說明計畫中各項輔助資料進行整合時是否有不一致之情形。

本計畫以 ESRI ArcGIS 地理資訊系統進行輔助資料整合，資料無不一致之情形。

五、 依初步研究成果顯示，8m 多光譜影像於變遷偵測中之總體精確度雖優於 2m 融合影像，但 2m 影像具高解析之特性，建議計畫中仍須針對 2m 影像進行監測研究，並探討有無改善其偵測精確度之方法。

如委員意見，計畫中仍將持續對 2m 影像進行監測研究，並探討改善其偵測精確度之方法。

六、 請敘明本計畫標準作業流程，以作為林務局後續自動化監測系統建置之參考依據。

已敘明本計畫標準作業流程，如期末報告書第 52 頁。

七、 影像之雲霧處理部分於報告中並未描述，建議納入計畫作業流程裡。

本計畫利多期影像分析，以時間序列之方式減少及降低雲霧之對於林地變異點判釋之影響。

八、 甘特圖中所排定準確性評估項目之順序與計畫中規劃之作業流程並不一致，建議針對甘特圖進行修正。

如委員指示修正。

九、 報告中所採用之部分名詞應重新定義，如集水區因子等。

如委員指示修正，集水區因子修正為水線與谷線因子。

十、 請說明本計畫在執行上所遭遇之技術限制。

本計畫於期末報告書綜合討論章節中探討計畫執行上所遭遇的限制與解決之方式，如期末報告書第 66 頁。

十一、 請於期末報告書中展示山區影像對位時，所使用之各個定位點位移資料。

如委員指示於期末報告書中補充影像對位時時精度資料及定位點位置，如期末報告書第 29 頁。

十二、 建議可向國土測繪中心索取最新之土地利用圖層，作為本計畫變異點土地利用類型篩選之工具。

已委託承辦單位代向國土測繪中心索取最新之土地利用圖層，國土測繪中心回覆本計畫所使用之土地利用圖層為最新版。

拾、期末報告委員意見與回覆

一、 有關本計畫變異點偵測成果之準確性,「門檻值」之設定係屬關鍵，請說明其建立之立論基礎，及實務上如何檢驗其正確性。

變異點門檻值之基礎在於探討變異點漏授與誤授之間的關係，系統發展初期以較嚴僅之門檻減低誤授，增加正確率，待系統較為成熟後調整門檻值以減少漏授。實務上檢驗主要依靠航空照片判釋或是巡山人員現場查察回報。

二、 變異點複勘結果，因現地使用情形與衛星影像時間落差已有 2 年,不易比對其正確性,建議輔以相關年度航空照片進行比對。

未來在操作上將採當年度之衛星影像影像進行變異點判釋，降低現場複勘時之時間落差。

三、 現勘成果建議加入成果報告書內容中。

如委員意見，現勘成果加入成果報告書內容如第柒章現場檢核記錄，如 P78。

四、 結論中敘明利用福衛 2 號影像尚不足區分檳榔、果樹、茶園、其他農作物及竹林等地物類別，並建議應用巨量資料分析與資料探勘技術，以增強判釋準確能量，此與本計畫研究初衷及預期有落差，請說明應如何因應。

本計畫評估福衛 2 號區分檳榔、果樹、茶園、其他農作物及竹林等地物類別不可行，改以利用圖資篩選之方式，取代原來利用影像分類之方式進行變異點判釋，並建立標準作業流程。

五、 本案成果中尚缺乏林地開墾為檳榔之變異點案例，惟其仍屬本計畫重點需求，建議往後系統建置時仍需將其納入主要偵測目標。

本區域林班地巡護成效良好，區域未發現林地開墾為檳榔之變異點案例，建議未來應用本計畫成果於其它地區，以取得

更多變異點案例樣本資料。

六、 請說明依照標準作業流程進行操作，約需耗費多少時間。

在影像對位良好之情況，依照變異點操作流程進行變異點判釋，操作時間依照，約 30 分鐘至 1 小時左右。

七、 建議標準作業流程可再簡化，教育訓練亦可仿照前述流程進行操作。

計畫中已依照標準作業流程進行初步系統模組建置，操作上簡易，教育訓練將依照計畫所規劃之流程進行操作。

八、 依據研究成果顯示，8m 多光譜影像之開墾偵測率較 2m 融合影像好，請探討其原因，並說明是否解析度越差影像，偵測率越佳。

2m 融合影像提供較 8m 影像更多的訊息，相對的非計畫目標之雜訊亦較多，因此造成 2m 之開墾偵測率較低，若能輔以相對精密之地真資料進行篩選，則可提高 2m 影像判釋之開墾偵測率。目前研究中僅使用 2m 及 8m 之影像，研究結果顯示若影像解析度與地真資料或地物之空間尺度越接近，則偵測率越佳。

九、 請於成果報告書中說明本計畫在遙測技術執行上所遭遇之限制。

如委員指示補充遙測技術執行上所遭遇之限制於結果與討論項目中，如 P69。

十、 請說明本計畫偵測技術如應用於台灣全島分析上，係採用全台影像或需切割為不同區塊影像進行操作，其門檻值或作業方式是否有異。

計畫中以大埔事業區全區進行研究與分析，變異點判釋後切取 4 個樣區進行不同區域之變異點進行成果探討，門檻值皆採同一個標準。對於未來應用於台灣全島分析上，採用全台影像或需切割為不同區塊影像進行操作，需做進一步的研究探討。

十一、 建議可製作一使用者介面，供使用者自行調整計畫中常態化植生指標(NDVI)之門檻值。

計畫中已依照標準作業流程進行初步系統模組建置，使用者介面操作上簡易，教育訓練將依照計畫所規劃之流程進行操作。

十二、 進行山區影像前處理時，除陰影區域處理外，建議加入地形效應之光譜糾正。

本研究採用比例法(band ratio)已減少部分地形效應的影響。

十三、 建議本計畫中可加入高精度數值地形模型(DTM)進行地形因子分析。

本計畫中所使用之數值地形模型資料為2009年6月美國太空總署(NASA)和日本經濟產業省(METI)在釋出的全球數值地形模型(GDEM)資料第二版，為利用 ASTER 衛星拍攝所得影像分析成果， ASTER 資料一般解析度則為 30 m，所產製之 GDEM 資料可以符合GIS中比例尺1:50,000至1:250,000之間地圖的繪製需求。

十四、 建議可進行跨平台作業，利用福衛 2 號影像快速偵測，由人工細部判釋，並整合無人飛行載具(UAV)進行現場查核。

謝謝委員建議,本計畫目前以利用福衛2號影像快速偵測，後搭配相片基本圖以人工細部判釋，並至現場查核了解真實狀況。

十五、 建議可結合多時期影像，提高光譜解析度，以利影像判釋作業。

謝謝委員建議，本計畫所取得之影像為 2009 至 2013 年之全省融合影像，在時間尺度上較無彈性，未來實際作業時可結合多時期影像，提高光譜解析度，以利影像判釋作業。

十六、 建議影像判釋作業可與行政流程相對應。

謝謝委員建議，計畫目前建立標準化作業流程，建議未來能將此標準作業流程，建立模組化及自動化林地變異點判釋系統並構建現場查核回報機制，以系統化的方式累積林地變異點判釋資料，並透過查報機制回饋系統，以提升林地變異點判釋系統之準確性。

十七、 期末報告書內容建議修改部分：

(一)P1 計畫目標內容略以：「…並評估不同類型航遙測多光譜影像進行多尺度資訊整合應用之可能…」，但本計畫僅針對福衛 2 號影像進行研究，與其描述不符，請修正。

如委員指示進行修正，如 P1。

(二)報告書內容應以現在式觀點撰寫，如 P2 重要工作項目第四項”將”字及 P5 資料蒐集與來源第一項”將”字應刪除。

如委員指示進行修正，如 P2 及 P5。

(三)P50 圖 38 農地位置坡度分布圖中檳榔英文用詞請修正。

如委員指示進行修正，如 P50。

(四)P57 表 21 樣區編號 3、4 及表 22 樣區編號 4 之開墾偵測正確率皆為 0，屬 no data 資料，建議可刪除。

如委員指示進行修正，如 P58。

(五)機關名稱請書寫全名，如 P9 內政部國土測繪中心。

如委員指示進行修正，如 P9。

(六)P39 多尺度影像試驗項目中，於內容敘述上請補充說係採用何種變遷分析方法。

如委員指示進行修正，如 P39。

(七)P58 圖 41 中變異點編號與圖 42~47 之變異點編號不一致，請統一。

如委員指示進行修正，如 P59-62。