

多時期福衛二號影像於國有林地變異點偵測之應用

摘要

本計畫利用福爾摩沙二號衛星影像，進行林地變異點分析判釋作業，於計畫中建立標準作業流程，以及通報及回饋機制，計畫中以常態化植生指標差值法及監督式分類法進行林地變遷分析，並以相關空間因子過濾產生林地疑似變異點，計畫中並建置林地變異點分析與通報系統，將疑似變異點上傳至系統後，產製報表並進行通報及查核，本年度計畫共產製 2 期疑似變異點，共 17 點，有一個違規變異點產生，系統將透過一段時間持續的操作與回饋，修正相關門檻值，以降低疑似變異點判釋之誤授及漏授。

關鍵字：福爾摩沙二號衛星影像、變異點、變遷分析

目錄

摘要.....	
目錄.....	I
圖目錄.....	III
表目錄.....	VI
壹、概述.....	1
一、前言.....	2
二、計畫目標.....	3
三、重要工作項目.....	4
一、計畫流程.....	7
二、研究材料.....	8
(一)2014 年全臺福衛二號 Level 2 等級影像.....	9
(二)2012 年全臺福衛二號鑲嵌影像.....	9
(三)其它相關空間圖資.....	10
三、前人研究.....	11
(一)變遷分析.....	11
(二)影像陰影研究.....	14
(三)準確度評估.....	15
一、多時期福衛二號影像前處理作業.....	18
(一)自動正射糾正處理.....	18
(二)影像相對幾何校正.....	20
二、林地變異點篩選標準作業流程建立.....	23
(一)變遷分析方法探討.....	24
(二)變異點門檻值分析.....	32
(三)變遷分析作業.....	40
(四)變異點篩選標準作業流程建立.....	50
三、疑似變異點偵測成果.....	57
(一)第一期疑似變異點偵測成果.....	57
(二)第二期疑似變異點偵測成果.....	63
四、建立林地變異點通報流程及反饋機制.....	67

伍、林地通報查核系統	69
一、系統整體架構分析	69
(一)系統功能架構	70
(二)系統頁面架構	71
二、權限與登入	73
三、變異點匯入及套疊	75
四、變異點管理	82
(一)變異點來源	82
(二)變異點管理功能	83
五、報表產製	89
六、通報管理	91
七、帳號管理	92
八、需求說明	93
陸、結果與討論	94
一、影像前處理	94
二、林地變異點偵測方法建立與修正	96
三、變異點篩選標準作業流程	98
(一)標準作業流程建立	98
(二)標準作業流程(SOP)之改善	99
(三)應用遙測光譜指標於林地變異點判釋	99
四、遙測技術執行上所遭遇之限制	100
(一)陰影區域無法判釋變遷	100
(二)山區的部分區域幾何誤差較大	100
(三)篩選過濾之圖資時間尺度與衛星影像及現況有差距	100
(四)人為變異點位置光譜反射資訊變異大，不易區分。	100
玖、附件	1
一、期初報告委員意見與回覆	1
二、期中報告委員意見與回覆	6
三、工作會議委員意見與回覆	10
四、期中報告委員意見與回覆	13
五、期末報告委員意見與回覆	16

圖目錄

圖 1 計畫流程圖	7
圖 2 寫入儲存插入法(WFM)模型	12
圖 3 IMAGINE AutoSync 空間特徵匹配	19
圖 4 LeicaPhotogrammetry Suite 正射糾正模組	19
圖 5 控制座標輸入 LeicaPhotogrammetry Suite	20
圖 6 福衛二號正射影像(2013 年 7 月)	20
圖 7 IMAGINE AutoSync 進行相對幾何校正	21
圖 8 陰影偵測成果(圖左為前期，圖右為後期).....	22
圖 9 四種影像變遷及增揚處理(a)2009 原始影像(b)2011 原始影像 (c)dNDVI(d)PCA(e)SCVA(f)WFM	25
圖 10 常態化植生指標差值法(dNDVI)(左)與變遷分析成果(右).....	26
圖 11 主成份分析法(PCA)(左)變遷分析成果(右).....	26
圖 12 光譜變化向量分析(SCVA)(左)變遷分析成果(右).....	26
圖 13 寫入儲存插入法(WFM)(左)變遷分析成果(右).....	26
圖 14 2009-2010 變遷偵測(2 m 融合影像)總體準確度	27
圖 15 2009-2010 變遷偵測(2 m 融合影像)總體 Kappa 值.....	27
圖 16 2009-2010 變遷偵測(8 m 多光譜影像)總體準確度	28
圖 17 2009-2010 變遷偵測(8 m 多光譜影像)總體 Kappa 值.....	28
圖 18 2009-2011 變遷偵測(2 m 融合影像)總體準確度	29
圖 19 2009-2011 變遷偵測(2 m 融合影像)總體 Kappa 值.....	29
圖 20 2009-2011 變遷偵測(8 m 多光譜影像)總體準確度	30
圖 21 2009-2011 變遷偵測(8 m 多光譜影像)總體 Kappa 值.....	30
圖 22 變異點土地使用態樣篩選流程圖	32
圖 23 開墾變異點面積大小分布圖	33
圖 24 農地與開墾變異點距離分布圖	34
圖 25 崩塌與開墾變異點距離分布圖	35
圖 26 水系與開墾變異點距離	36
圖 27 道路人工建物與開墾變異點距離	37
圖 28 農地位置坡度分布圖	38
圖 29 各土地利用類型常態化植生指標分布圖	39

圖 30 dNDVI 變遷分析研究流程圖	41
圖 31 應用監督式分類於林地變異點判釋流程圖	42
圖 32 監督式分類訓練樣區 DN 值.....	43
圖 33 監督式分類變異區域成果	44
圖 34 變異區域彩色影像	44
圖 35 陰影遮罩產製流程圖	45
圖 36 變異區域產製流程圖	46
圖 37 dNDVI 分析成果(左)與監督式分類變遷區域(右).....	46
圖 38 林地變異點自動分析模組	48
圖 39 林地變異點判釋模組效率改善流程圖	49
圖 40 林地變異點標準作業流程圖	51
圖 41 林地變異點反饋機制流程	67
圖 42 林地變異點通報流程	68
圖 43 系統架構圖	69
圖 44 系統功能架構圖	70
圖 45 變異點產製及回饋活動圖	71
圖 46 系統頁面架構圖	71
圖 47 網站主要畫面配置	72
圖 48 系統登入	74
圖 49 各角色登入後功能列表畫面	74
圖 50 變異點匯入	75
圖 51 預覽衛星影像	76
圖 52 輸入變異點年度與期別	76
圖 53 選擇需上傳之變異點檔案	77
圖 54 上傳變異點檔案	77
圖 55 上傳變異點衛星影像截圖	79
圖 56 上傳變異點前後期影像	79
圖 57 檢視匯入的變異點內容	80
圖 58 本次上傳所有變異點與衛星影像套疊檢視	80
圖 59 單一變異點與衛星影像套疊檢視	81
圖 60 新增變異點	83

圖 61 修改變異點-篩選變異點	85
圖 62 修改變異點-編輯回報欄位	85
圖 63 通報變異點	86
圖 64 通報信件與附件	86
圖 65 回報變異點	87
圖 66 回報變異點-編輯內容	88
圖 67 變異點報表產製	89
圖 68 單一變異點報表	90
圖 69 年度期別變異點總表	91
圖 70 通報管理	91
圖 71 帳號管理-新增	92
圖 72 帳號管理-選擇帳號	93
圖 73 帳號管理-編輯帳號	93
圖 74 Level 1A 影像與 Level 2 影像空間之差異	94
圖 75 影像嵌補對於變遷分析之影響(左 SCVA，右 PCA)	95
圖 76 dNDVI 偵測曾文水庫區域為變遷區域	97
圖 77 影像上判釋得到的陰影	98

表目錄

表 1 福衛二號之遙測酬載儀器規格	8
表 2 福衛二號 Level 2 等級影像時間表	9
表 3 計畫蒐集之事業區空間資料	10
表 4 影像分類誤差矩陣	17
表 5 正射糾正 RMSE.....	18
表 6 相對幾合校正 RMSE	21
表 7 變遷分析影像校正差異評估(2009 年及 2010 年)	31
表 8 變遷分析影像校正差異評估(2009 年及 2011 年).....	31
表 9 開墾變異點面積大小比例分布表	33
表 10 農地與開墾變異點距離比例累計分布表	34
表 11 崩塌與開墾變異點距離比例累計分布表	35
表 12 水系和谷線開墾變異點距離比例累計分布表	36
表 13 道路人工建物與開墾變異點距離比例累計分布表	37
表 14 已知變異區域各波段 DN 值及統計量	43
表 15 變異點條件分析門檻值表	54
表 16 變異點圖層屬性資料內容規畫表	56
表 17 第一期變異點偵測成果	58
表 18 第二期變異點偵測成果表	63
表 19 各角色權限對照表	73
表 20 變異點欄位格式	78
表 21 變異點狀態對照表	82

壹、概述

一、計畫名稱

計畫名稱：多時期福衛二號影像於國有林地變異點偵測之應用

二、計畫執行機關及執行人

計畫執行機關：屏東科技大學亞太熱帶農業中心
生物空間資訊研究室

計畫執行人及職稱：陳建璋 助理教授。

三、計畫主辦人

計畫主持人：陳建璋 助理教授。

共同主持人：陳朝圳 教授。

四、計畫聯絡人

機關名稱：屏東科技大學亞太熱帶農業中心
生物空間資訊研究室

姓名：陳建璋 職稱：助理教授 電話：08-7703202-7532

貳、計畫內容

一、前言

林務局國有林班地因幅員廣大，進行林地清查時常遭遇面積遼闊、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、盜伐等事件難以掌控，加上林地違規查報之工作繁重且有人情壓力等問題，嚴重影響山坡地監測管理工作。數位航遙測資料及衛星影像是地理資訊系統不可或缺的空間資料，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。而林務局定時進行林地清查，確實掌握林地覆蓋之變異，為森林經營管理之重點工作，其清查工作在實務操作上，有需要應用大尺度的航遙測資料，掌握變異點位置之先機，在有限的編制人力下，以最節省成本的方式，進行現場巡查掌握林地變異現況，讓林地監測工作具備即時化與資訊化。

本計畫將建立一套具備即時化與資訊化之查報機制，利用大尺度、多時的遙航測資料，以影像之變異分析，篩選國有林地內之可疑變異點。福衛二號為我國自行產製及發射之衛星，本計畫擬以福衛二號的光譜特性應用於林地變異點偵測，建立國有林地變異點通報之標準作業程序(含通報格式及相關流程)，交由各林管處派員到現場進行複查與處理工作，期望能落實國土保安及森林復育之森林永續經營目標。

二、計畫目標

本計畫目標藉由福衛二號衛星影像判釋，分析國有林班地不同土地利用方式所產生之變異點類型，以林地變異點判釋及監測流程，針對不同地形及區域之國有林事業區，蒐整不同區域及土地利用狀況之變異點類型及開墾地變異行為之特性，發展及建立以衛星影像偵測變異點之判釋門檻及機制，使林地變異點判釋與監測作業在實務上，能準確提供資訊，讓現場人員可進行重點式及即時性的查報，另本計畫將依據林地變異點分析標準作業流程，建立模組化及自動化之林地變異點判釋系統，並構建現場查核回報機制。

計畫目標分述如下：

- (一)林地變異點判釋準則之研擬。
- (二)完成兩期變異點偵測作業。
- (三)開發林地變異點之報表產製及通報模組。
- (四)建立林地變異點通報流程及反饋機制。

三、重要工作項目

(一) 林地變異點判釋準則之研擬

利用福衛二號影像之遙測光譜量化指標(如光譜計量、紋理指標、dNDVI 等)及地理空間資料指標，建立適用於林地變異點分析之因子與門檻值，並擬定適用之國有林地變異點偵測方法及標準作業流程，相關需求項目說明如下：

1. 林地變異點篩選因子及其門檻值之設定

以林務局第四次森林資源調查成果及其他地理空間參考資料，分析在全臺不同地形及區域內，土地使用狀況之空間分布及開墾地變異行為之差異，並以福衛二號衛星影像之光譜量化指標，建立國有林事業區之林地變異點篩選因子，並就判釋林地目標變異點進行評估，設定其篩選門檻值，以濾除部份非人為因素造成之變遷，整合各項資訊了解其對變異點判釋之影響，建置不同土地利用類型之變異點特徵資料庫。

2. 多時期福衛二號影像前處理作業之規劃

因本計畫採用多時期福衛二號影像，進行變異點分析作業，以影像前處理作業方式(如幾何校正、輻射校正、陰影校正及波段融合等)，以減少陰影、雲霧及幾何對位之誤差對分析成果所造成之影響，再進行特徵萃取、土地覆蓋分類、變遷偵測等資料分析，以供為林地變異點分析之材料。

3. 林地變異點偵測方法及標準作業流程(SOP)之建立

以福衛二號影像為研究材料，探討各類影像分類方法，進行林地變遷分析之可行性，應用上述變異點篩選因子與門檻值設定之研析成果，制定林地變異點偵測方法及標準作業流程，並以林地變異點判釋作業驗證此標準作業流程之可行性，以確保本計畫所研擬之林地變異點查報機制，可應用於不同地理位置及開發行為之國有林事業區。

(二) 完成兩期變異點偵測作業

採用農林航空測量所提供之 2012 年全臺福衛二號影像為基期，

以國有林事業區為判釋單位，分別針對全臺 37 個事業區進行每年兩期變異點的偵測作業。

1.第一期採用 2013 年福衛二號影像進行判釋，已在 6 月完成，並繳交第一期國有林地變異點偵測書面報告及變異點向量圖檔(SHP 格式，採用 TWD97 座標系統)。

2.第二期採用 2014 年福衛二號影像進行判釋，已在 11 月完成，並繳交第二期國有林地變異點偵測書面報告及變異點向量圖檔(SHP 格式，採用 TWD97 座標系統)。

3.由衛星影像所偵測之變異點圖層除轉換 ESRI Arc GIS 向量檔(SHP 格式，TWD97 座標系統)外，書面報告(紀錄報表)部分，包括前後期衛星影像(截圖)、疑似變異點之編號、TWD97 座標、轄管管理處、查報工作站、所在位置(事業區名稱、林班編號、小班編號)、行政區域、圖幅框號碼、變異前後期類型、變異範圍面積等資訊。

(三)開發林地變異點之報表產製及通報模組

林地監測為長期且有計畫性之作業，除前述以遙測技術進行林地變異點判釋外，構建變異點通報與現場查核回報機制，導入模組化的作業方式，加速查報反饋流程。

1.開發林地變異點「紀錄報表產製模組」

根據本年度變異點偵測成果，設計「報表產製模組」，以自動擷取變異點資訊方式匯出成報表，產製林地變異點偵測書面報告。

2.紀錄報表內容包含前後期衛星影像(截圖)、疑似變異點之編號、TWD97 座標、轄管管理處、查報工作站、所在位置(事業區名稱、林班編號、小班編號)、行政區域、圖幅框號碼、變異前後期類型、變異範圍面積等資訊。

除上述可自動擷取之內容外，預留現場查核資料欄位，包含查核中心座標、土地利用現況(分類選項供勾選)、現場描述、現場照片、查核人員及查核日期等，以供各林管處工作站人員進行現場查核紀錄

使用。

3.開發林地變異點「通報模組」

各變異點以報表詳加紀錄與儲存後，即時呈報林務局，轉交轄管林管處與工作站，以進行現場查核，因應此需求本計畫開發變異點「通報模組」，利用預先設定關聯之郵件帳號或聯絡人訊息，以郵件通知變異點所屬之權責機關。

(四)建立林地變異點通報流程及反饋機制

以變異點現場實際查核作業，驗證本計畫變異點偵測方法與報表通報及回報流程之可行性，以構建適用於國有林地變異點標準通報流程，並透過反饋機制提升林地變異點判釋之準確性。

兩期變異點偵測結果交由各林管處工作站人員，進行現場查察使用，最終清查結果亦將回報林務局核辦，本計畫將制定相關之標準通報與回報程序。應用各林管處清查之反饋成果，持續檢討林地變異點偵測方法與各項門檻因子及其門檻值之合理性與適用性，據此降低變異點判釋之誤判率及漏授率，以提高林地變異點判釋之準確率。

(五)後續規劃與發展建議需求

本計畫團隊將未來成果提出長期營運規劃，包含巨量資料之探勘、自動化程度之推進、雲端架構之可行性等課題進行評估，並研擬相關具體精進建議（包含工作項目與軟硬體）以供參考。

(六)教育訓練與技術轉移

本計畫團隊將已完成之成果，以6小時(含)以上技術轉移進行教育訓練。

參、材料與方法

一、計畫流程

本計畫區分為(一)林地變異點判釋準則之研擬，將國有林依據其土地利用類型進行區分，並依據不同之區域進行篩選門檻值設定之探討(二)多時期福衛二號影像前處理作業之規劃，進行福衛二號衛星影像前處理及進行林地變異點分析前之必要作業(三)依據國有林班地變異點通報流程、報表產製及通報模組規劃設計(四)林地變異點分析標準作業流程通報查核及反饋模式建立，等四大部分執行與探討，計畫流程圖如圖 1。

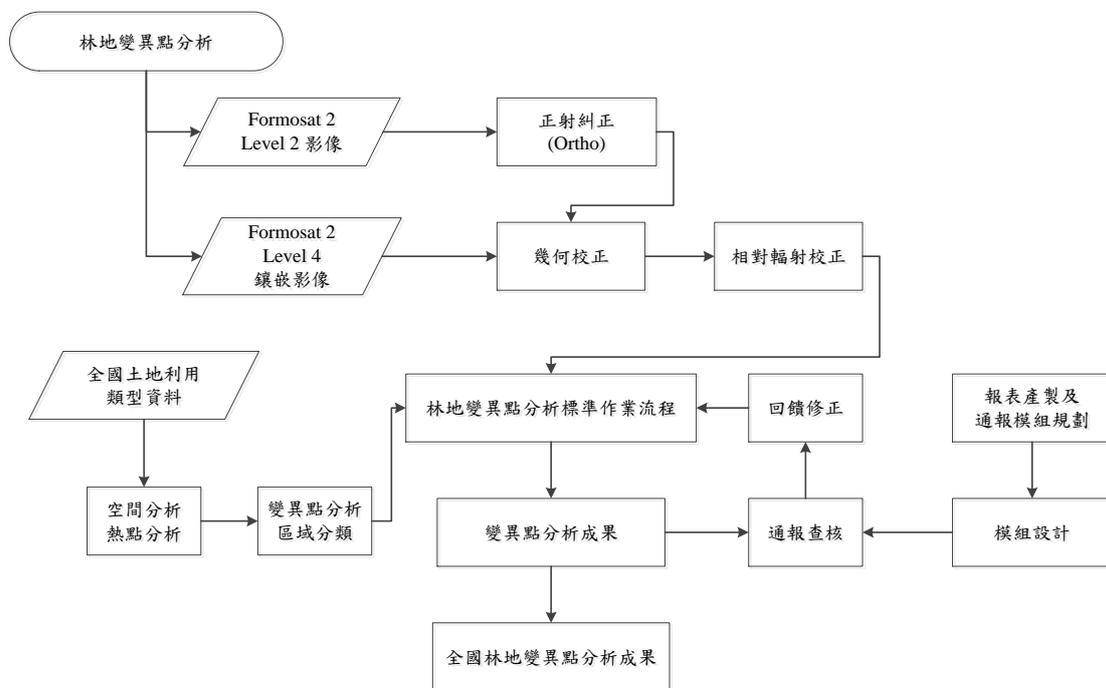


圖 1 計畫流程圖

二、研究材料

由農林航空測量所提供 2012 年全臺福衛二號鑲嵌影像，及 2013~2014 年全臺福衛二號 Level 2 等級影像進行變異點偵測作業。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 1。

表 1 福衛二號之遙測酬載儀器規格

軌道	891 km 高，太陽同步軌道，每日通過臺灣海峽上空二次		
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	2017 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，每日通過臺灣海峽上空，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。第一次通過臺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。第二次通過臺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。

(一)2014 年全臺福衛二號 Level 2 等級影像

計畫中取得福衛二號 Level 2 等級影像 4 幅，拍攝時間為 2013 年 7 月至 8 月，至 2014 年 4 月至 5 月，如表 2。福衛二號 Level 2 等級影像為經系統改正後之影像資料，影像經過輻射校正處理並加入衛星飛行軌道參數計算，投影到指定之地理座標上，並將產品旋轉為正北，欲應用相關影像資料需進行正射糾正處理(加入地面控制點與高程資料)並將影像投影至指定座標系統。

為利用 2013~2014 年全臺福衛二號 Level 2 影像進行變異點偵測研究，本計畫將以 ERDAS Imagine Photogrammetry Suite 配合 IMAGINE AutoSync 進行影像正射糾正處理(Ortho)、相對幾何校正、相對輻射糾正等影像前處理作業，以 Level 2 影像產製正射影像，以進行後續分析。

表 2 福衛二號 Level 2 等級影像時間表

影像編號	影像時間
1	2013 年第 3 季(2013 年 7 月至 8 月)
2	2013 年第 4 季(2013 年 10 月至 11 月)
3	2014 年第 1 季(2014 年 1 月至 2 月)
4	2014 年第 2 季(2014 年 4 月至 5 月)

(二)2012 年全臺福衛二號鑲嵌影像

2012 年全臺福衛二號鑲嵌(基期)影像為已透過融合技術，保留全色態影像詳細空間資訊與多光譜影像資訊，後續為應用於變異點偵測作業，影像前處理過程包括:影像相對幾何校正、相對輻射糾正及陰影偵測等影像前處理作業。

(三)其它相關空間圖資

為進行林地變異點分析，及建立變異點之屬性資料，以供後續提供現場人員查核使用，計畫蒐整相關空間圖資，以串連變異點圖層，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 3。

表 3 計畫蒐集之事業區空間資料

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
臺灣現生天然植群圖	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	內政部國土測繪中心
國土利用調查成果	向量	內政部國土測繪中心

三、前人研究

(一)變遷分析

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。本計畫先期研究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之探討，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。

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、光譜變化向量分析等方式，進行影像資料增揚；再以 ISODATA 將上述增揚之影像進行非監督分類，俾利

分出變異點區位，並比較各處理之分類成果。

1. 寫入儲存插入法

WFM 法係利用三原色光模型 (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。WFM 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 2。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 影像以 WFM 法分析水生植物之變遷分析，Crapper and Hynson (1983) 亦利用類似方法，以 Landsat 資料進行變遷分析，皆得到良好的結果。

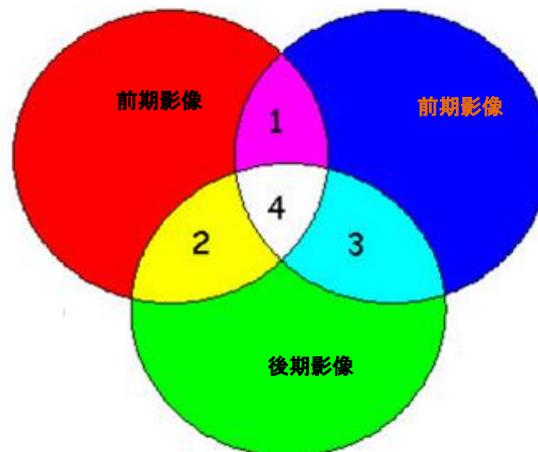


圖 2 寫入儲存插入法(WFM)模型

2. 常態化植生指標差值法

常態化植生指標 (NDVI) 為近紅外光與紅光組合之公式 (如式 1)，以前期 NDVI 影像 (NDVI_{pre}) 減去後期 NDVI 影像 (NDVI_{post})，可取得 NDVI 差值影像 (式 2)。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。

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

$$dNDVI = NDVI_{pre} - NDVI_{post} \quad (2)$$

式中 NIR 代表近紅外光波段，RED 代表紅光波段，NDVI_{pre} 為前期 NDVI 影像，NDVI_{post} 為後期 NDVI 影像，dNDVI 為差異值。

3. 光譜變化向量分析

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。光譜變化向量分析(SCVA)利用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 3)，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。

$$CM_{pixel} = \sqrt{(\Delta_{RED})^2 + (\Delta_{GREEN})^2 + (\Delta_{BLUE})^2 + (\Delta_{NIR})^2} \quad (3)$$

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

主成份分析法(PCA)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。

(二)影像陰影研究

在航遙測光學影像中，陰影一直被視為變遷分析與影像分類等應用的影像雜訊(Zhou *et al.*, 2009)，故對影像中陰影區域的處理為一重要的課題。關於遙測影像陰影之研究，多將陰影問題分為於陰影偵測與陰影恢復兩面像(Dare, 2005)。

有許多的方法可有效偵測陰影區域，如不變色彩模型(Invariant Color models) (Tsai, 2006)、雙峰值方圖分裂法 (Bimodal Histogram splitting method)(Nagao *et al.*, 1979; Shu and Freeman, 1990; Shettigara and Sumerling, 1998; Dare, 2005; Chen *et al.*, 2007; Zhou *et al.*, 2009)、三維模型 (Three Dimensional Modeling)(Rau *et al.*, 2002; Li *et al.*, 2005)、分層式陰影偵測演算法 (Hierarchical Shadow Detection algorithms) (Yao and Zhang, 2006)等方法，其中以雙峰值方圖分裂法為最簡易且穩固，能有效快速有效分離陰影以及非陰影區塊。

在陰影區域影像的處理，主要希望能使陰影區域的影像能恢復至無陰影的狀態，並可供視覺判釋，多數學者採用他期影像來填補陰影區域影像來解決陰影問題(Wang *et al.*, 1999; Yuan, 2008)，亦有一些學者嘗試將陰影影像輻射值進行恢復，其主要利用統計模式將陰影影像之像元值拉近非陰影影像之像元值分布，如線性相關校正(Linear Correlation Correction, LCC) (Shu and Freeman, 1990; Sarabandi *et al.*, 2004; Dare, 2005; Chen *et al.*, 2007; Zhou *et al.*, 2009)、Gamma校正 (Gamma correction) (Sarabandi *et al.*, 2004)、直方圖匹配(Histogram Matching) (Sarabandi *et al.*, 2004; Dare, 2005; Tsai, 2006)、不變色彩模型(Invariant Color Models) (Tsai, 2006)、相鄰區域強度製圖法(Companion Area Intensity Mapping) (Li *et al.*, 2005)等方法，然而各方法的效果不一。

上述陰影區域的研究多著重於陰影偵測、陰影恢復的處理上，較少研究針對陰影影像進行土地利用影像分類的研究。在進行土地利用影像分類時，陰影影像區域通常被列為未分類(Unclassified)或乾脆直接簡單的分為陰影一類(Shackelford and Davis, 2003)，然而較少研究

針對陰影偵測與陰影恢復對於土地利用影像分類之效益進行評估 (Zhou *et al.*, 2009)，由於陰影內物體的光譜資訊的減少或完全喪失，陰影內物體的判釋與分類具有極大的難度(Dare, 2005)。

(三)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、生產者精度、使用者精度及 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。

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：

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

1.生產者精度(Producer's Accuracy, PA)

$$PA = \frac{\sum_{i=1}^N X_{ii}}{\sum_{i=1}^N X_{i+}} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

2.漏授誤差(Omission Error, OE)

$$OE = 1 - PA \dots \dots \dots (5)$$

3.使用者精度(User's Accuracy, UA)

UA

$$= \sum_{i=1}^N X_{ii} / \sum_{i=1}^N X_{+i} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

4.誤授誤差(Commission Error, CE)

$$CE = 1 - UA \dots \dots \dots (7)$$

5.總體精度(Overall Accuracy, OA)

$$OA = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{ii} 100\% \dots \dots \dots (8)$$

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

6.Kappa 值分類精度評估法

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)：

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} \times X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} \times X_{+i})} \times 100\% \dots \dots \dots (9)$$

\hat{K} : Kappa 指標

N : 觀測樣本數 r : 誤差矩陣之行數(row)

X_{ij} : 誤差矩陣第 i 行 j 列元素

X_{i+} : 誤差矩陣第 i 列之和

X_{+j} : 誤差矩陣第 j 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 4 所示。

表 4 影像分類誤差矩陣

		分 類 成 果			
		Class #1	Class #2	合計	PA
檢 核	Class #1	E_{11}	E_{12}	Nr1	PA_1
	Class #2	E_{21}	E_{22}	Nr2	PA_2
資	合計	Nc_1	Nc_2	N	
料	UA	UA_1	UA_2		
		總體精度：OA		Kappa 指標： \hat{K}	

肆、林地變異點分析方法與成果

一、多時期福衛二號影像前處理作業

應用衛星遙測技術於變遷偵測或土地利用分類而言，在進行影像分析前，首重精確定位(Registration)、幾何校正(Geometric Rectification)與輻射校正(Radiometric Correction)，尤其在地形崎嶇地區幾何糾正對土地利用變遷偵測有顯著的影響，若使用無正確的定位與未經校正的影像進行分析，誤差積累後將會導致不準確的變遷資訊。

(一)自動正射糾正處理

以 ERDAS Imagine Photogrammetry Suite 配合 IMAGINE AutoSync 進行自動正射糾正處理。使用 Level 2 衛星影像，先將影像製作階層式金字塔結構，搭配特徵匹配方式進行，減少大量控制點人工選取的作業量，提昇影像糾正效率。

使用已具座標系統之 2012 年全臺福衛二號鑲嵌影像為參考影像，以 IMAGINE AutoSync(圖 3)利用空間特徵，以固定大小視窗自動進行蒐尋及進行特徵匹配產製大量的相對位置空間座標。將 IMAGINE AutoSync 產製之座標輸入 ERDAS Imagine Photogrammetry Suite 系統中(圖 4 及圖 5)，輔以衛星拍攝參數，結合數值高程模型(digital terrain model, DTM)等資料，進行嚴密正射糾正產製正射影像，如圖 6，糾正結果如表 5。

表 5 正射糾正 RMSE

影像時間	RMSE (m)	S.D (m)
2013 第 3 季	11.28	6.496
2013 第 4 季	13.28	7.952
2014 第 1 季	13.12	7.872
2014 第 2 季	11.68	7.456

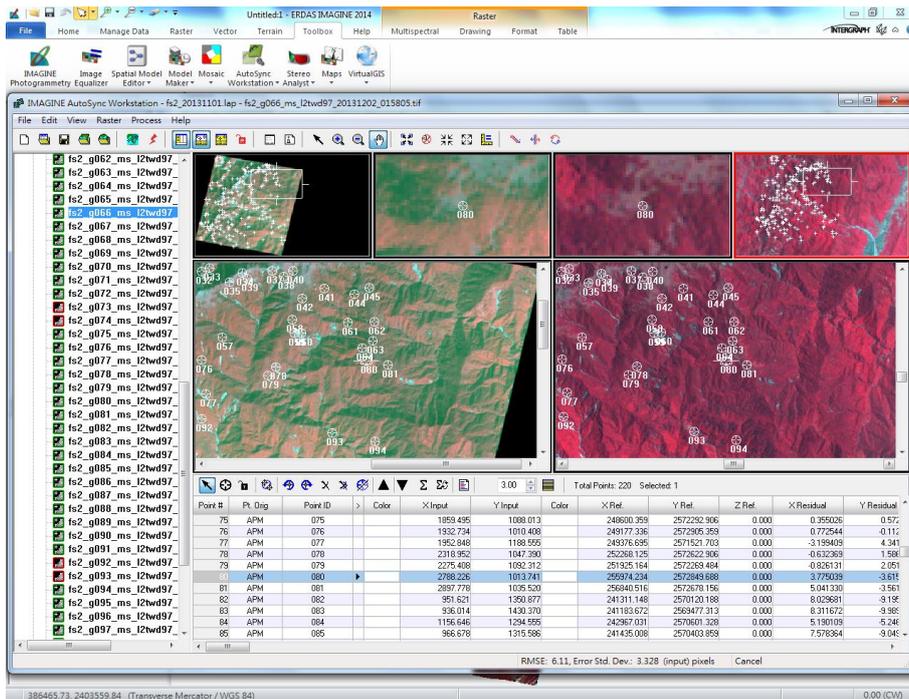


圖 3 IMAGINE AutoSync 空間特徵匹配

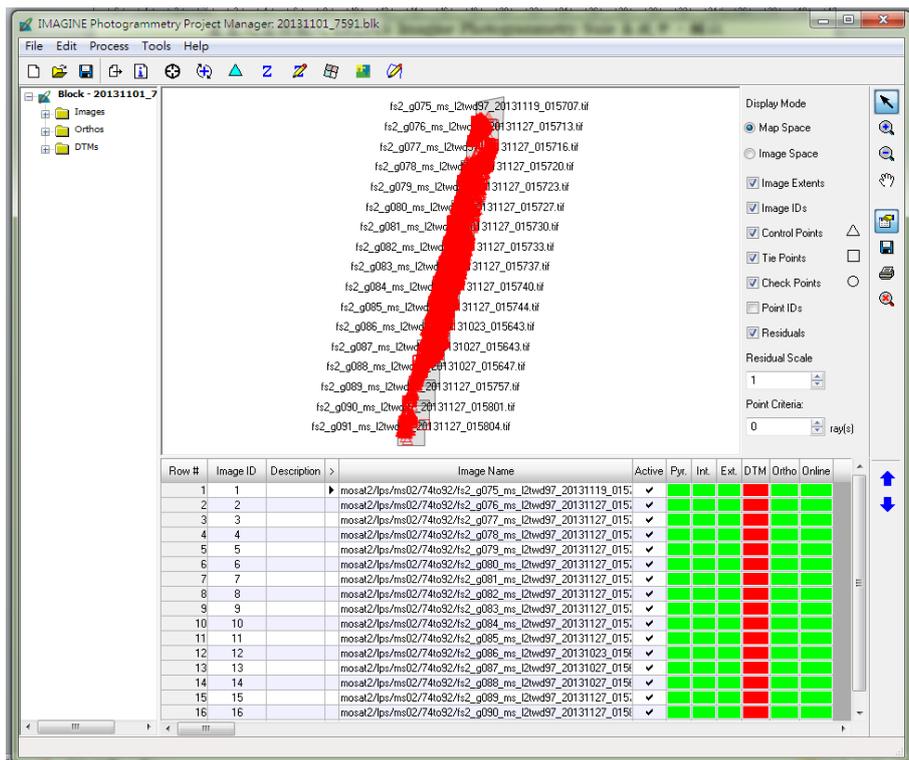


圖 4 LeicaPhotogrammetry Suite 正射糾正模組

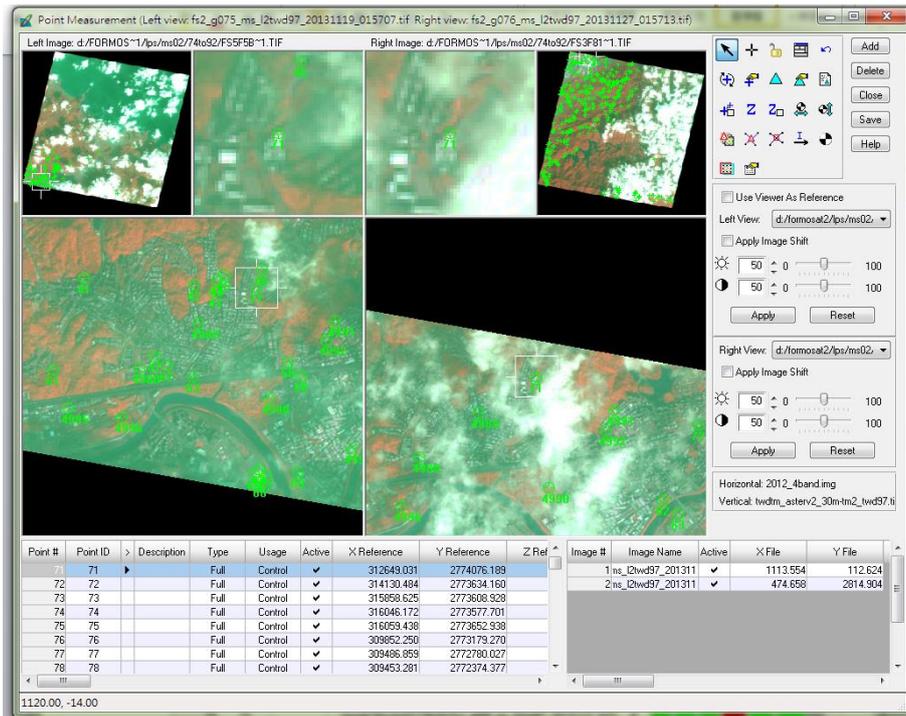


圖 5 控制座標輸入 LeicaPhotogrammetry Suite

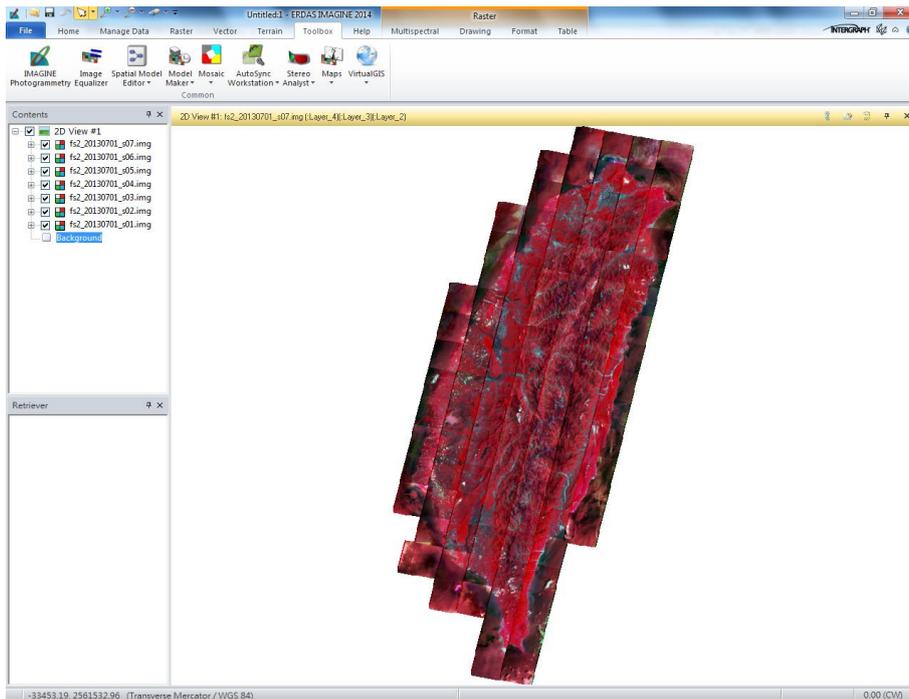


圖 6 福衛二號正射影像(2013 年 7 月)。

(二) 影像相對幾何校正

衛星影像拍攝過程中，受到大氣效應、地形、衛星姿態、感應器系統、景物反射變化及不同來源之雜訊干擾等影響，使得感測器訊號

產生衰減、雜訊或變形等影響，且採用兩期影像之狀況不同，在幾何上的誤差也會影響變遷分析成果，故兩期影像間需要有較高的對位精度。以 IMAGINE AutoSync，將前後兩期影像進行特徵自動匹配，產生大量的相對應座標，以二階多項式轉換(2-Order polynomial)進行影像之相對幾何校正，如圖 7，並計算其均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE)。福衛二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 與 5 個像元(林恩如等，2013)計畫中進行相對幾何校正，其 RMSE 如表 6。

表 6 相對幾何校正 RMSE

影像時間	RMSE (m)	S.D. (m)
2013 第 3 季	5.04	2.144
2013 第 4 季	5.28	1.856
2014 第 1 季	5.12	1.992
2014 第 2 季	5.04	1.952

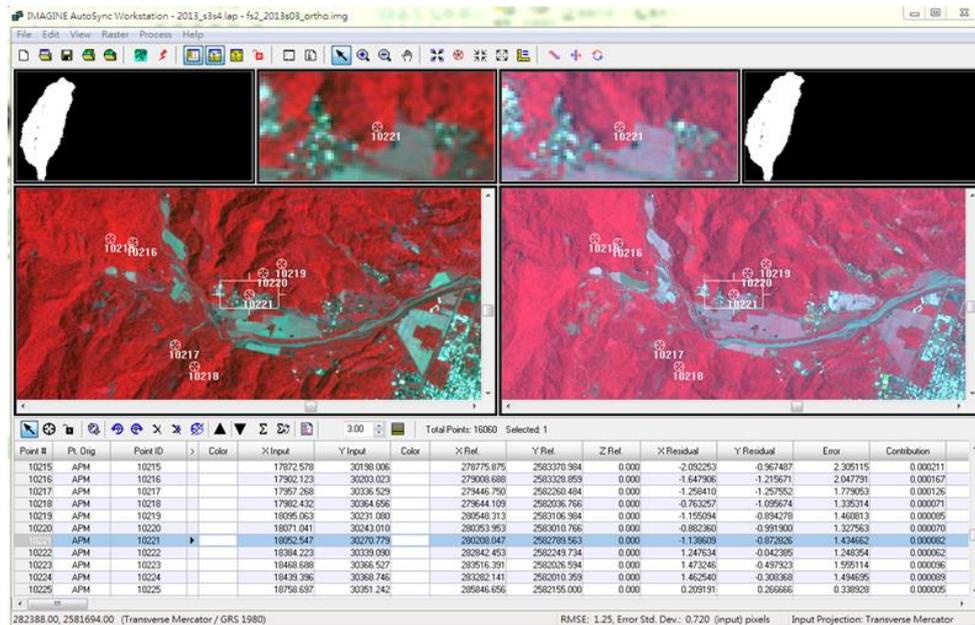


圖 7 IMAGINE AutoSync 進行相對幾何校正

(三)陰影偵測

高空間解析力的遙測影像會受地形或太陽角度影響而產生許多陰影。此等陰影在兩期影像中會被偵測為變遷地物，然由於前後期影像陰影區位並不相同，因此會造成分析上極大之誤差，故應先行加以濾除。計畫中以亮度值法(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 10)。

$$Brightness = \frac{RED + GREEN + BLUE}{3} \quad (10)$$

Brightness 為亮度值，RED 為紅光波段，GREEN 為綠光波段，BLUE 為藍光波段。

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做為陰影之門檻值，並透過 ESRI ArcGIS 10.1 之 Reclassify 工具進行門檻值調整；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)，林地變異點分析時利用以濾除影像陰影區域，陰影偵測成果如圖 8。

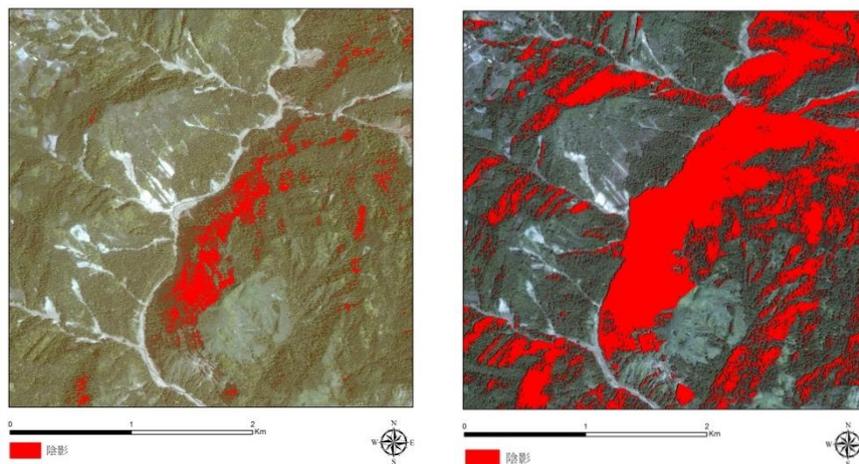


圖 8 陰影偵測成果(圖左為前期，圖右為後期。)

二、林地變異點篩選標準作業流程建立

本計畫於 2013 年執行農委會林務局農林航空測量所委託「福衛二號衛星影像於林地變異點之監測」研究衛星影像進行林地變異點自動化判釋之可行性，應用福衛二號衛星影像，建立林地變異點標準作業流程。以 2009 至 2011 年福衛二號衛星影像為材料，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，探討不同解析度及多光譜組合下，各類適用之變遷分析方法，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。

(一)變遷分析方法探討

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。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 9，非監督式分類後變遷區域成果如圖 10 至圖 13。評估成果如圖 14 至圖 21。

1.多尺度影像試驗

在多尺度影像變遷分析上，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 8 m 之變異點分析成果總體精度略高於 2 m 影像，而兩者皆達 80% 以上。

2.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%，8 m 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 8 m 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 2 m 之影像上總體精度差異大，穩定性較差。SCVA 變遷分析成果於 8 m 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。

3.非監督式分類的分類數試驗

依據圖 14 至圖 21 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。

4.影像校正差異試驗

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 7 及表 8。兩期變遷結果，校正後均較校正前為佳，Kappa 值 2 m 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。

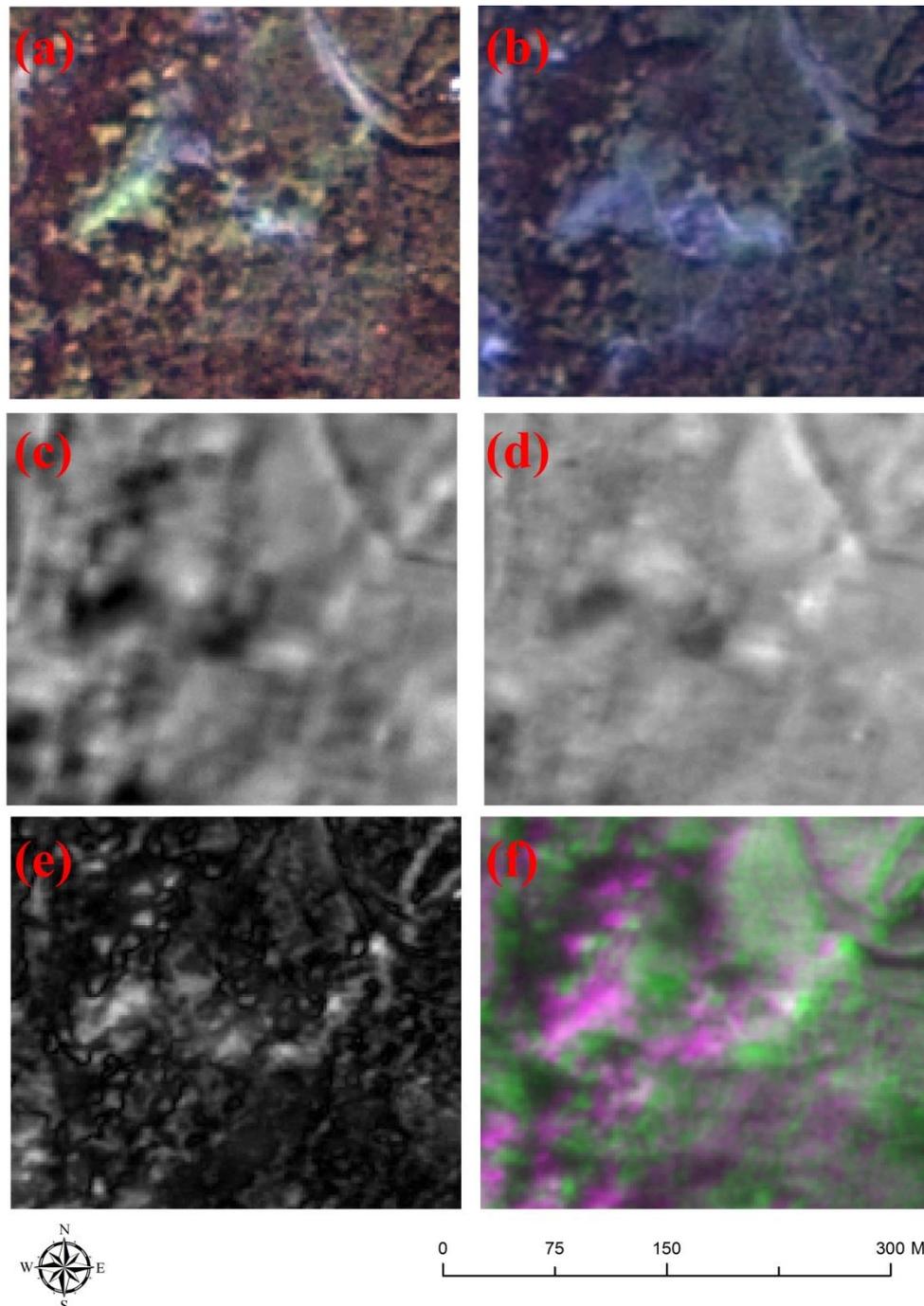


圖 9 四種影像變遷及增揚處理(a)2009 原始影像(b)2011 原始影像
(c)dNDVI(d)PCA(e)SCVA(f)WFM

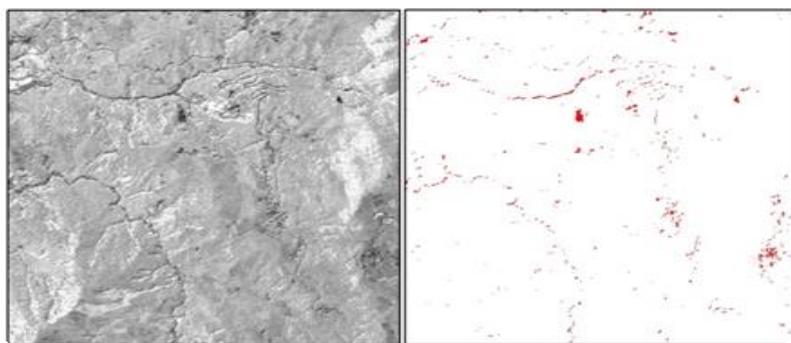


圖 10 常態化植生指標差值法(dNDVI)(左)與變遷分析成果(右)

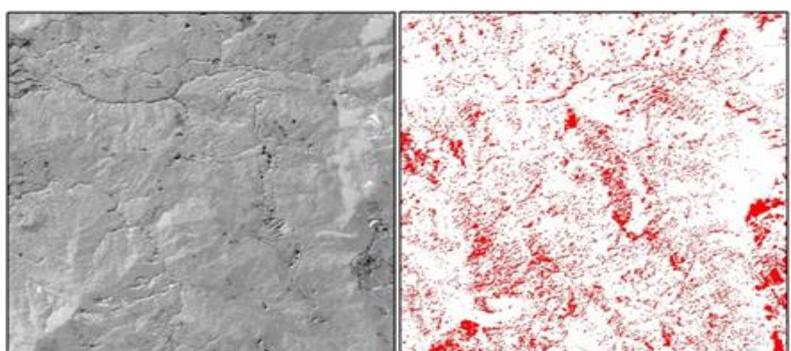


圖 11 主成份分析法(PCA)(左)變遷分析成果(右)

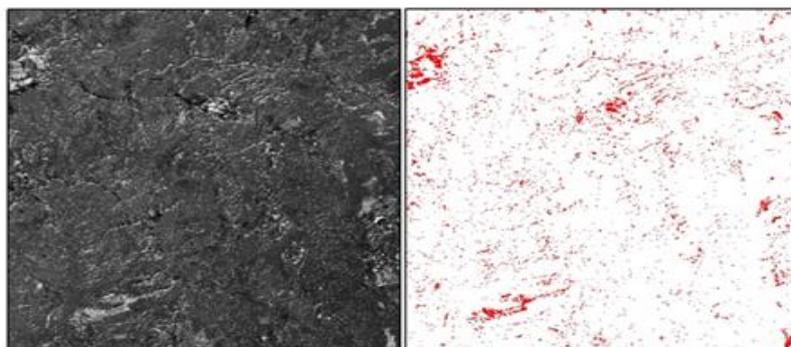


圖 12 光譜變化向量分析(SCVA)(左)變遷分析成果(右)

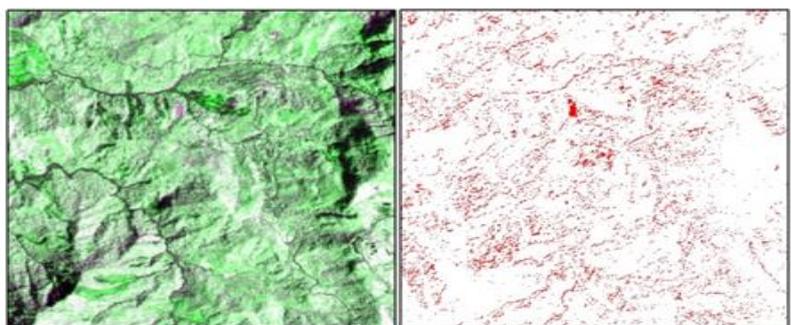


圖 13 寫入儲存插入法(WFM)(左)變遷分析成果(右)

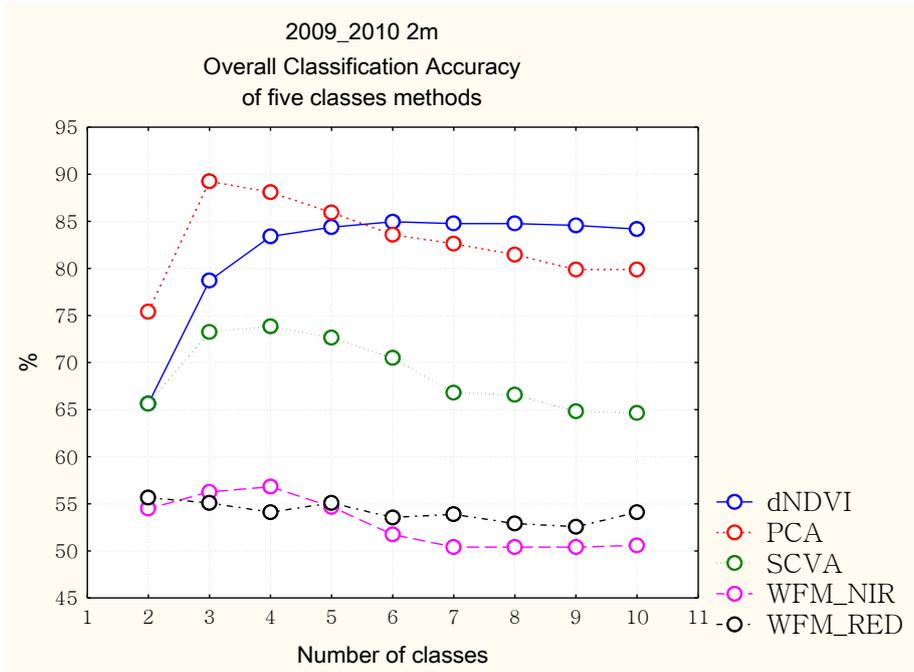


圖 14 2009-2010 變遷偵測(2 m 融合影像)總體準確度

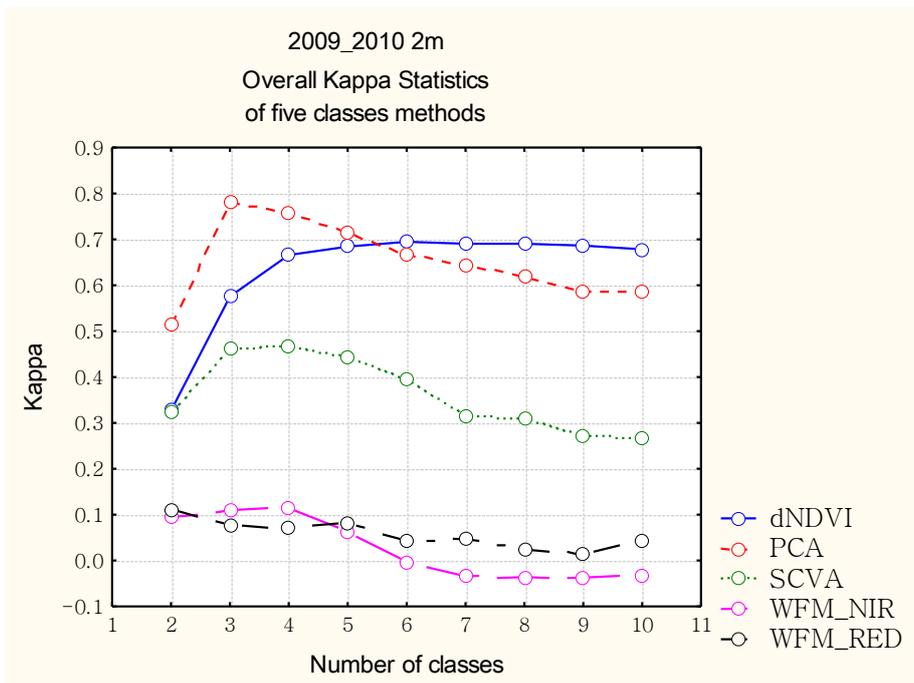


圖 15 2009-2010 變遷偵測(2 m 融合影像)總體 Kappa 值

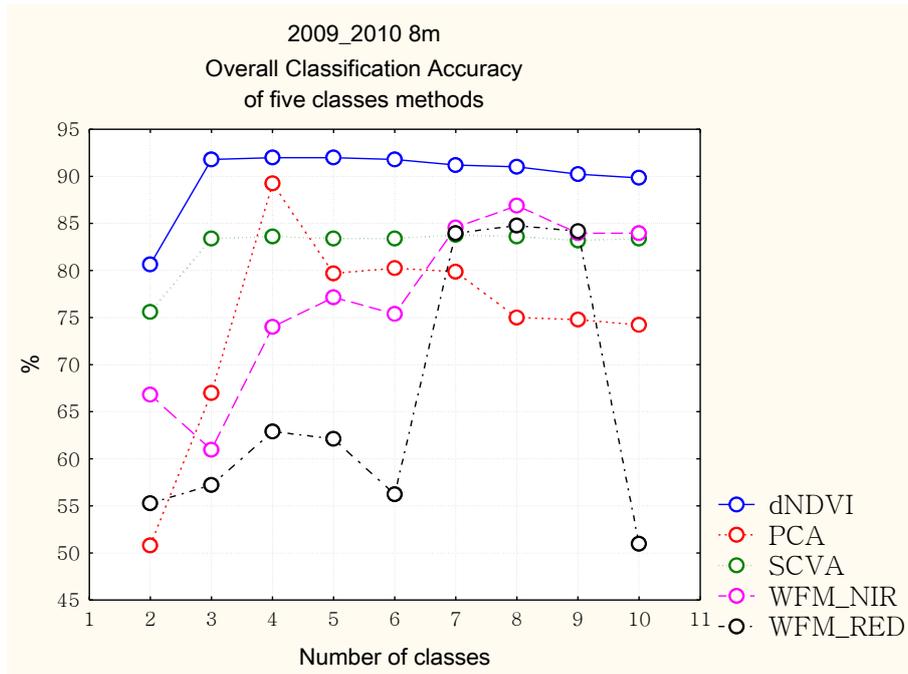


圖 16 2009-2010 變遷偵測(8 m 多光譜影像)總體準確度

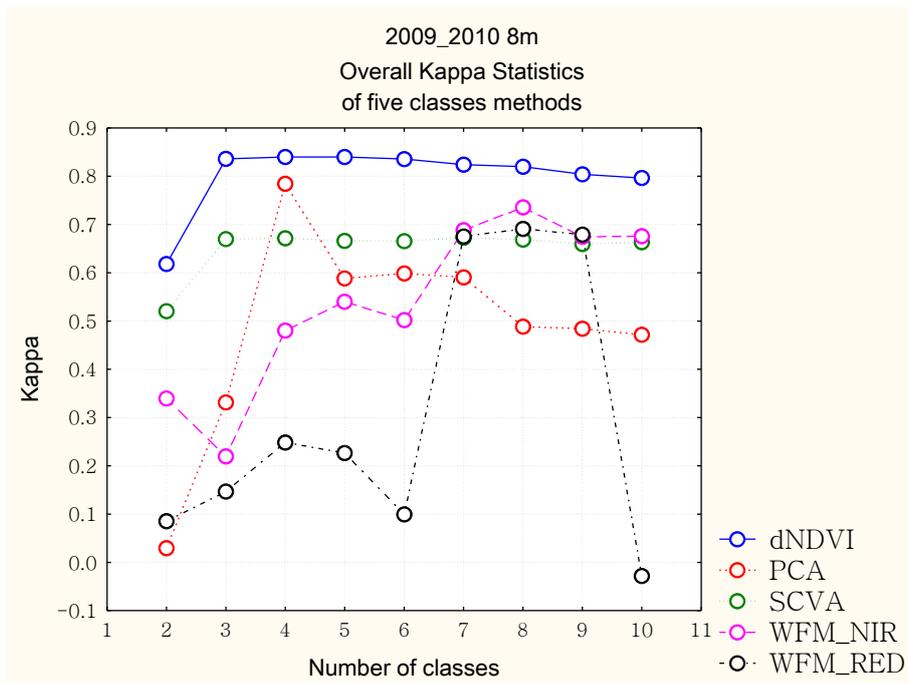


圖 17 2009-2010 變遷偵測(8 m 多光譜影像)總體 Kappa 值

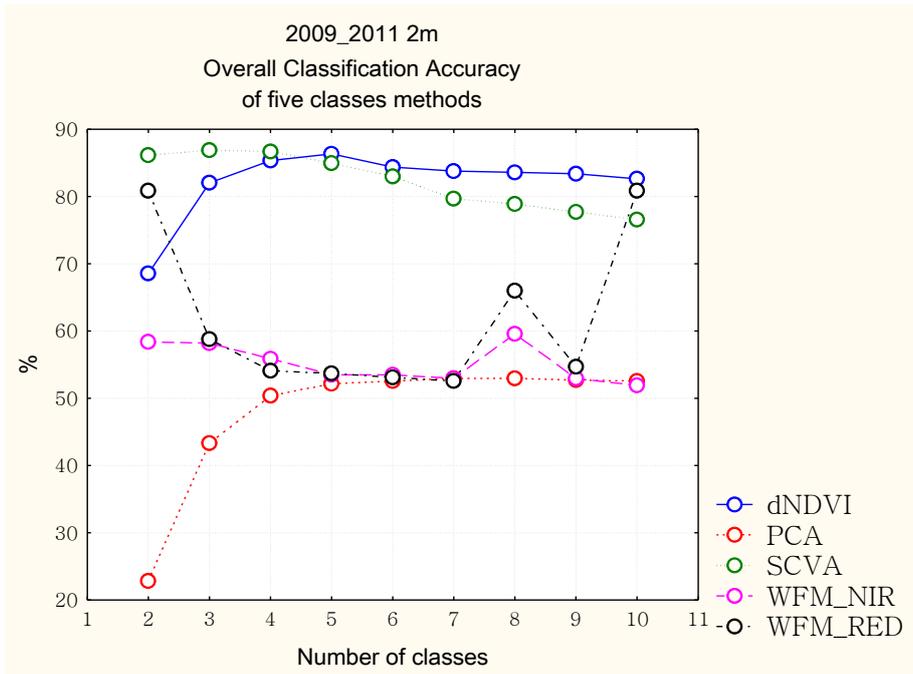


圖 18 2009-2011 變遷偵測(2 m 融合影像)總體準確度

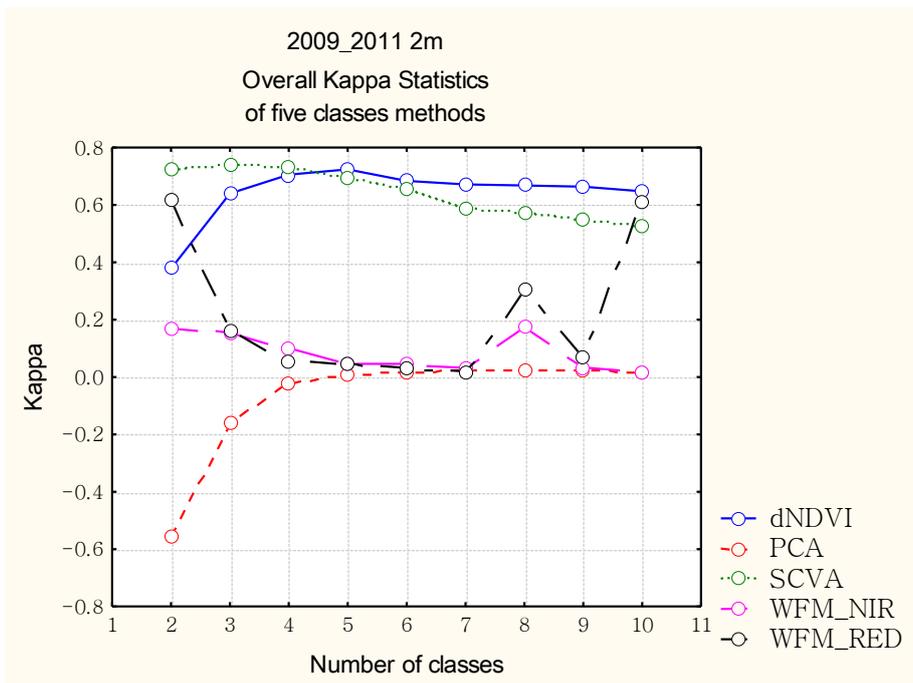


圖 19 2009-2011 變遷偵測(2 m 融合影像)總體 Kappa 值

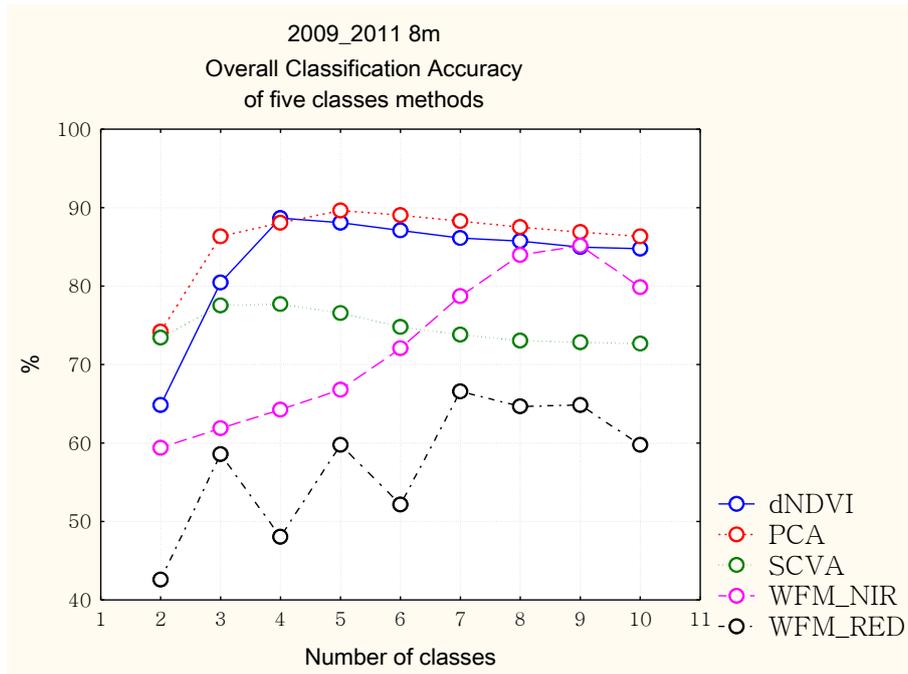


圖 20 2009-2011 變遷偵測(8 m 多光譜影像)總體準確度

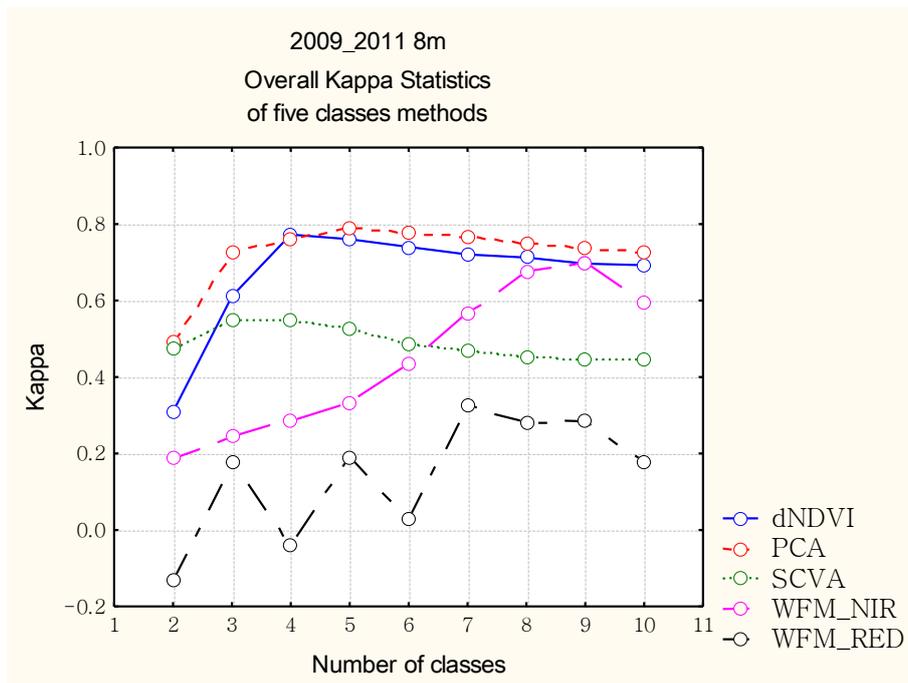


圖 21 2009-2011 變遷偵測(8 m 多光譜影像)總體 Kappa 值

表 7 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
2 m(校正)	91.75	73.55	84.38	0.6841
2 m(未校正)	90.21	78.62	83.01	0.6559
8 m(校正)	90.69	92.56	91.99	0.8399
8 m(未校正)	90	87.23	88.48	0.7683

表 8 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
2 m(校正)	96.83	74.09	86.33	0.724
2 m(未校正)	95.24	79.26	85.16	0.7004
8 m(校正)	94.71	79.76	88.09	0.7601
8 m(未校正)	94.12	77.73	86.91	0.7364

(二)變異點門檻值分析

變異點門檻值分析主要目的，為探討開墾地變異行為，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。利用第四次森林資源調查之資料，由已知開墾地變異樣區進行統計分析，建立開墾地變異行為樣態之門檻值，以不同類型之開墾地變異點特徵，探討開墾變遷行為，輔助進行開墾地變異樣態之判釋與篩選。配合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，以空間分析對開墾地變異樣態之空間位置，進行關聯性分析，以目標開墾地變異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開墾地變異樣態。

農地坡度分布評估之方式，係利用第四次森林資源調查之農地分布及本計畫產製之農地變異基礎資料，配合數值地型模型及坡度進行分析，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。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 22。

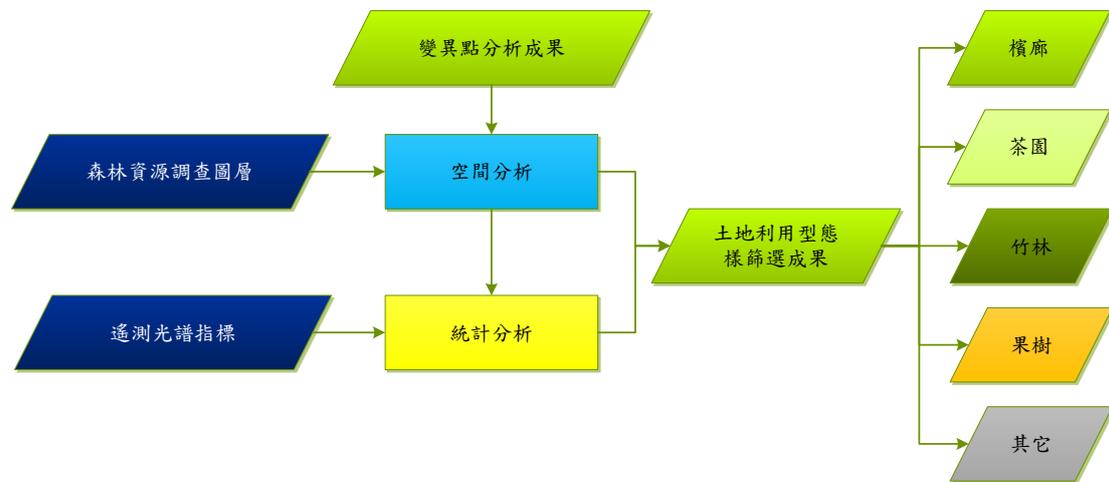


圖 22 變異點土地使用態樣篩選流程圖

開墾地變異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，探討開墾地變異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。

1.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 9 及圖 23，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 9 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

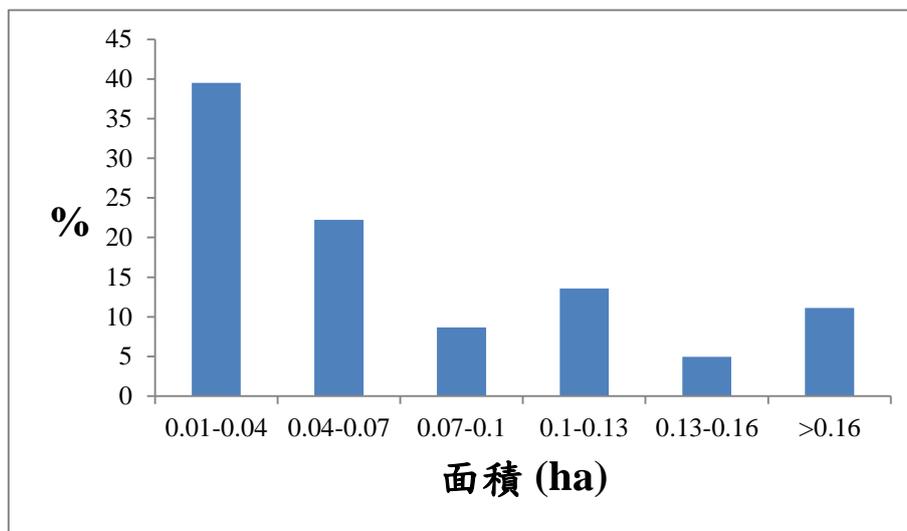


圖 23 開墾變異點面積大小分布圖

2. 農地與開墾變異點距離分析

以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 10 及圖 24，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。

表 10 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

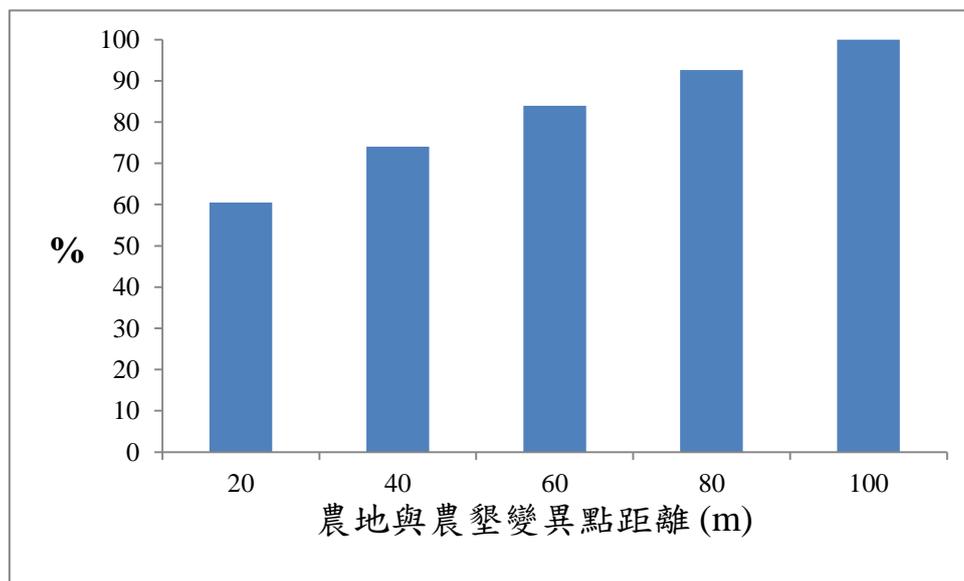


圖 24 農地與開墾變異點距離分布圖

3. 崩塌與開墾變異點距離

以開墾變異點與崩塌地距離，進行統計分析結果如表 11 及圖 25，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 11 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

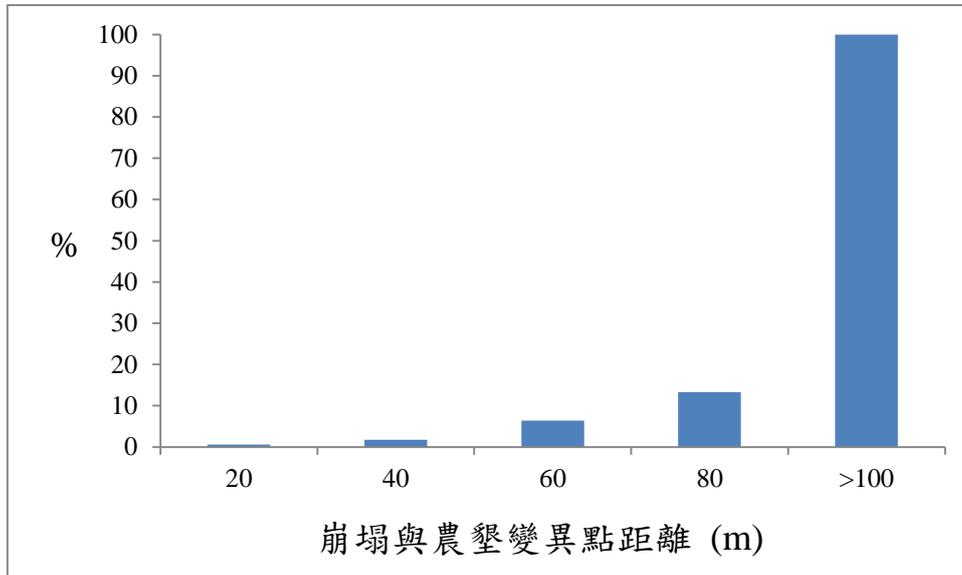


圖 25 崩塌與開墾變異點距離分布圖

4.水系和谷線與開墾變異點距離

以開墾變異點與水系和谷線距離，進行統計分析結果如表 12 及圖 26，以累積開墾變異點之比例表示，結果顯示距水系和谷線 20 m 內之變異點為 0 %，沒有變異點，擴張至 60 m 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 12 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

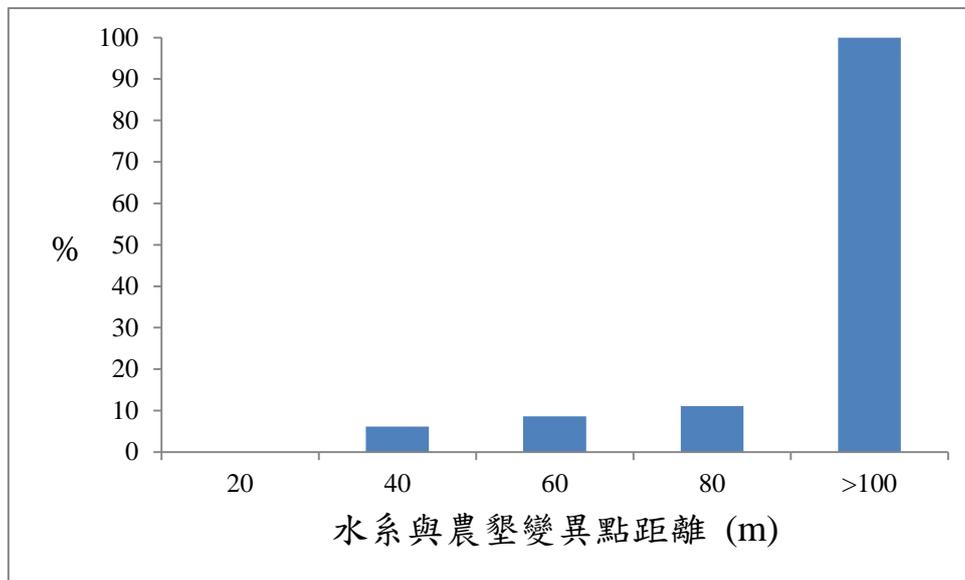


圖 26 水系與開墾變異點距離

5.道路人工建物與開墾變異點距離

以開墾變異點與道路人工建物距離，進行統計分析結果如表 13 及圖 27，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 13 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

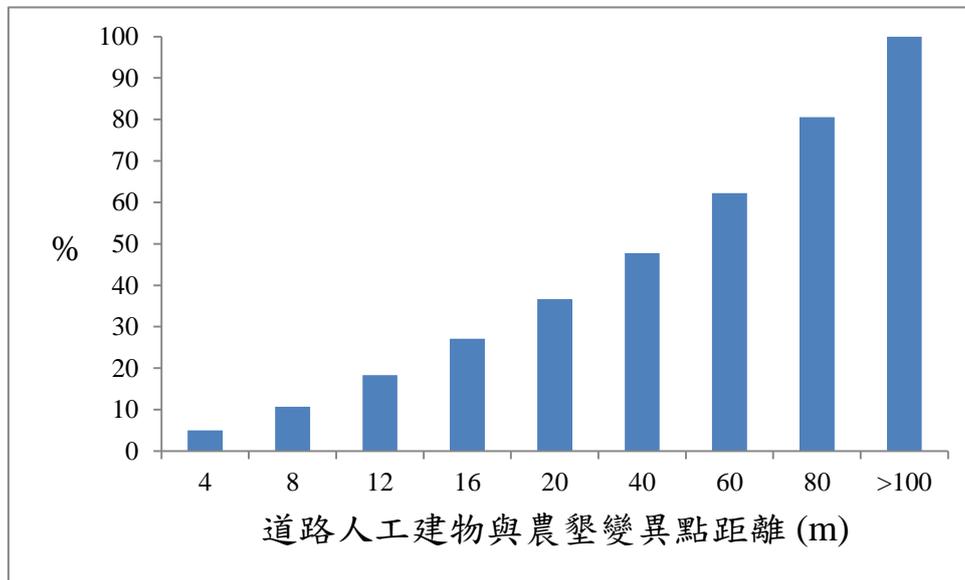


圖 27 道路人工建物與開墾變異點距離

6. 農地位置坡度分布

以開墾變異點與坡度資料，進行統計分析結果如圖 28，竹林、果園、茶園、檳榔園各地物樣區坡度分布於 0° 至 50° 之間，竹林樣區以坡度 20° 至 40° 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%。

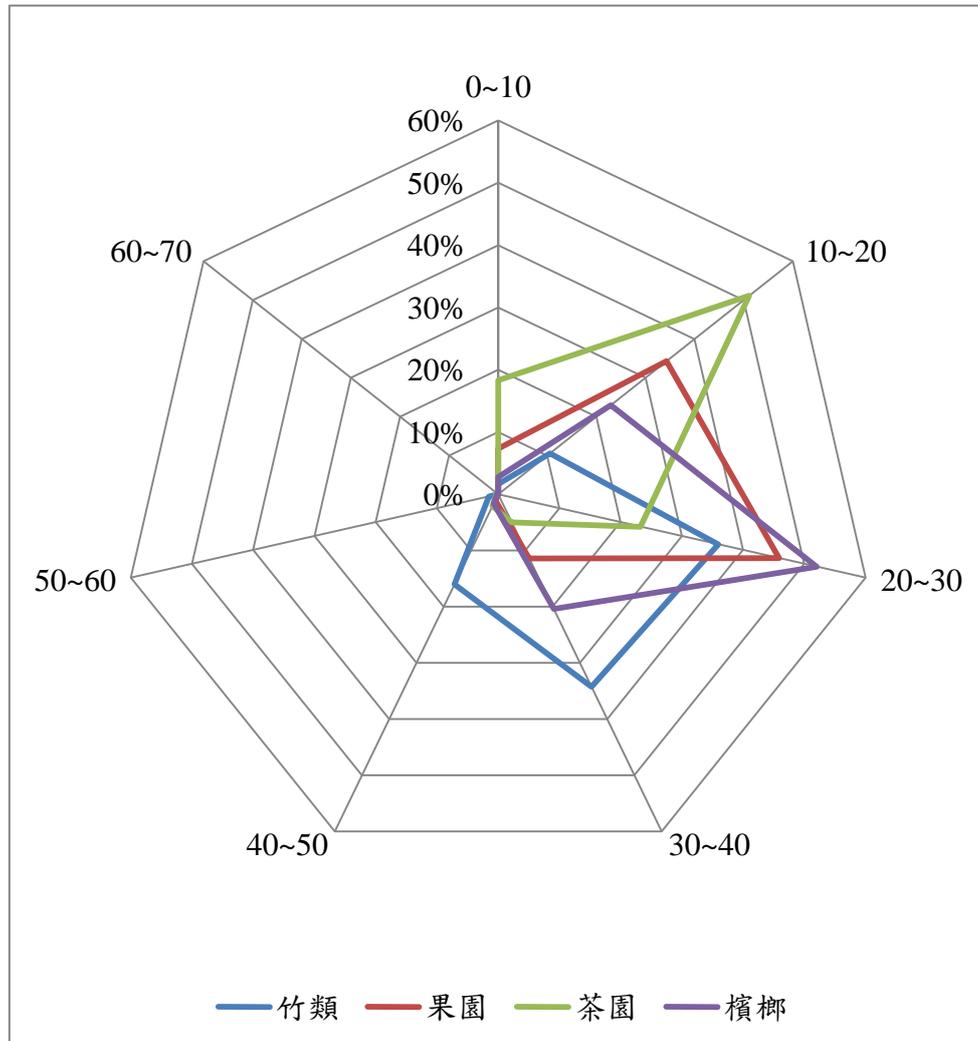


圖 28 農地位置坡度分布圖

7.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 29。

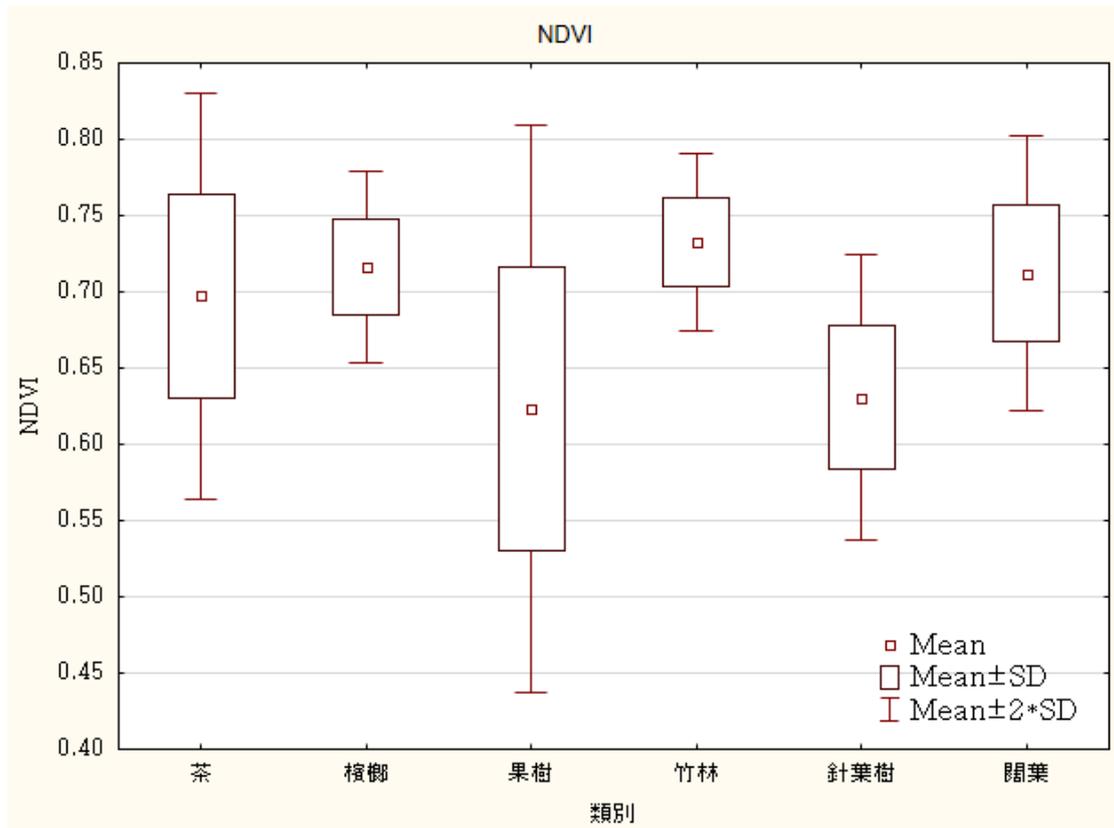


圖 29 各土地利用類型常態化植生指標分布圖

(三)變遷分析作業

本研究利用福衛二號影像之相關遙測光譜計量指標，包括光譜反射值及 NDVI，輔助進行林地變異點判釋，發展相關適用於林地變異點分析之因子與門檻值，減少標準作業流程中既有空間資料的使用，以減少空間資料與現況不符造成的判釋錯誤。計畫利用已知各林區之變異點進行相關遙測光譜指標統計分析，建立起不同類型之土地利用類型變異點特徵值，輔助進行土地利用型樣態之判釋與篩選。為維持影像分析之準確性，特建立變異點影像分析之標準作業流程如後所述：

1.應用監督式分類於林地變異點判釋

研究過程中由於圖資之更新與高時間解析力之衛星影像仍有時間差距，於外業現場查勘時亦發現農地及人為土地利用改變較快，而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，又人為變異點位置光譜反射資訊變異大，土地利用變化快，且變化之土地利用類型複雜，欲單純利用光譜反射資訊來區分變異點較不容易，因此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，未來可透過建立及維護地面光譜資料庫之方向改進。目前為降低陰影及影像雜訊所帶來的影響，本研究結合 dNDVI 變遷分析及監督式分類法之最短距離分類法，針對計畫目標變異點進行分類，進行林地變異點分析；詳述如下：

(1)dNDVI 變遷分析

本研究將前期 NDVI 影像(NDVI_{pre})減去後期 NDVI 影像(NDVI_{post})，可取得 NDVI 差值影像(dNDVI)。當 dNDVI 為正值，代表綠色植物覆蓋率減少，研究流程如圖 30。

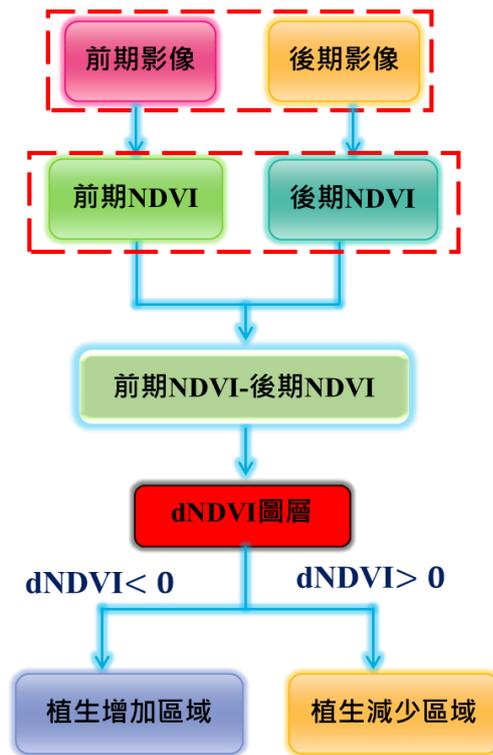


圖 30 dNDVI 變遷分析研究流程圖

(2) 監督式分類法

計畫中利用計畫區域中已知變異區域，共 17 點，做為變異點的訓練樣本建立分類標準進行監督式分類，將藍光(Band 1)、綠光(Band 2)及紅光(Band 3)等 3 個波段分別計算每個波段的亮度值(DN)平均值及標準差，以正負 1 個標準差做為變異區域之區間，進行監督式分類，如表 14 及圖 32，將影像區分為變異區域與非變異區共 2 類。

再將 3 個波段變異區域以交集(Intersect)進行套疊分析，將得到變異區域之分類成果，研究流程如圖 31，監督式分類成果如圖 33，變異區域影像如圖 34。

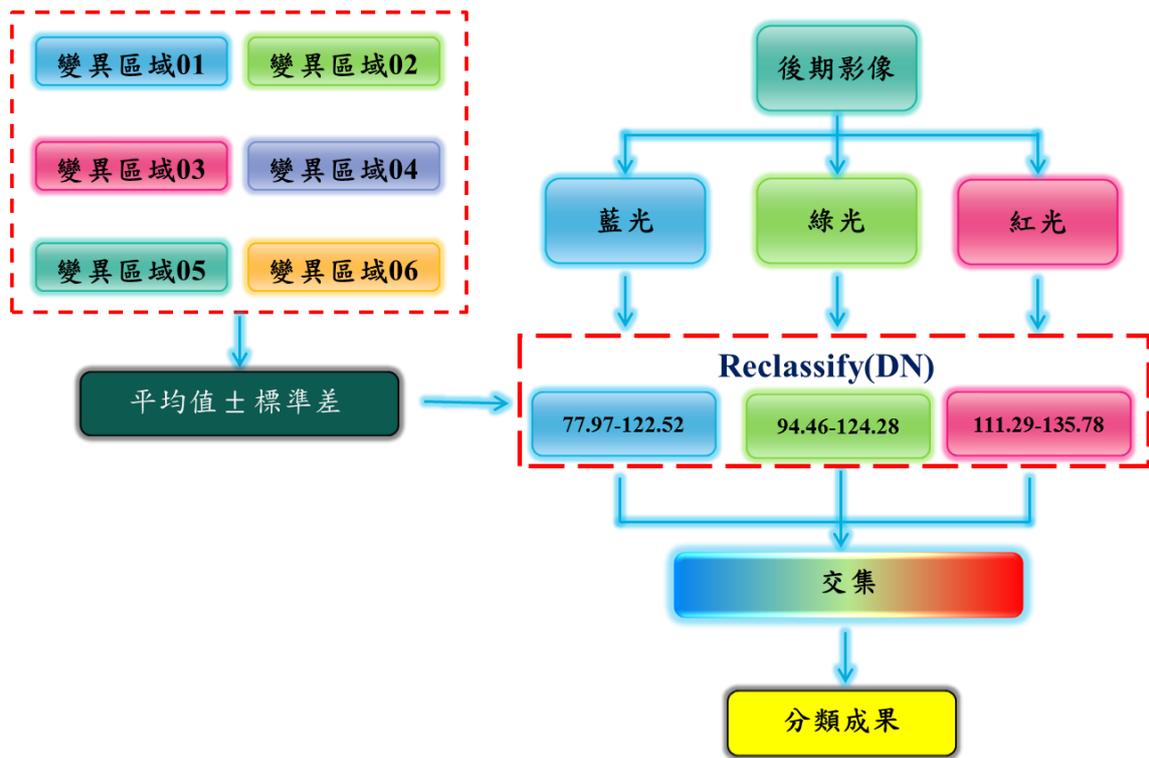


圖 31 應用監督式分類於林地變異點判釋流程圖

表 14 已知變異區域各波段 DN 值及統計量

編號	BAND 4	BAND 3	BAND 2	BAND 1
1	143.412	123.412	88.625	57.063
2	143.412	123.412	96.833	68.056
3	169.379	115.172	108.828	143.517
4	132.222	118.667	107.417	99.472
5	132.222	118.667	107.417	99.472
10	120.615	112.250	102.731	91.346
11	111.000	109.636	99.000	87.636
12	126.750	114.000	110.500	98.000
13	134.789	141.789	128.211	112.895
14	145.097	144.581	134.871	119.419
15	145.097	144.581	134.871	119.419
16	148.895	116.316	93.105	106.632
平均值	137.741	123.540	109.367	100.244
標準差	14.424	12.247	14.912	22.275
1 個標準差	152.165	135.788	124.280	122.518
-1 個標準差	123.317	111.293	94.455	77.969
中位數	139.101	118.667	107.417	99.472

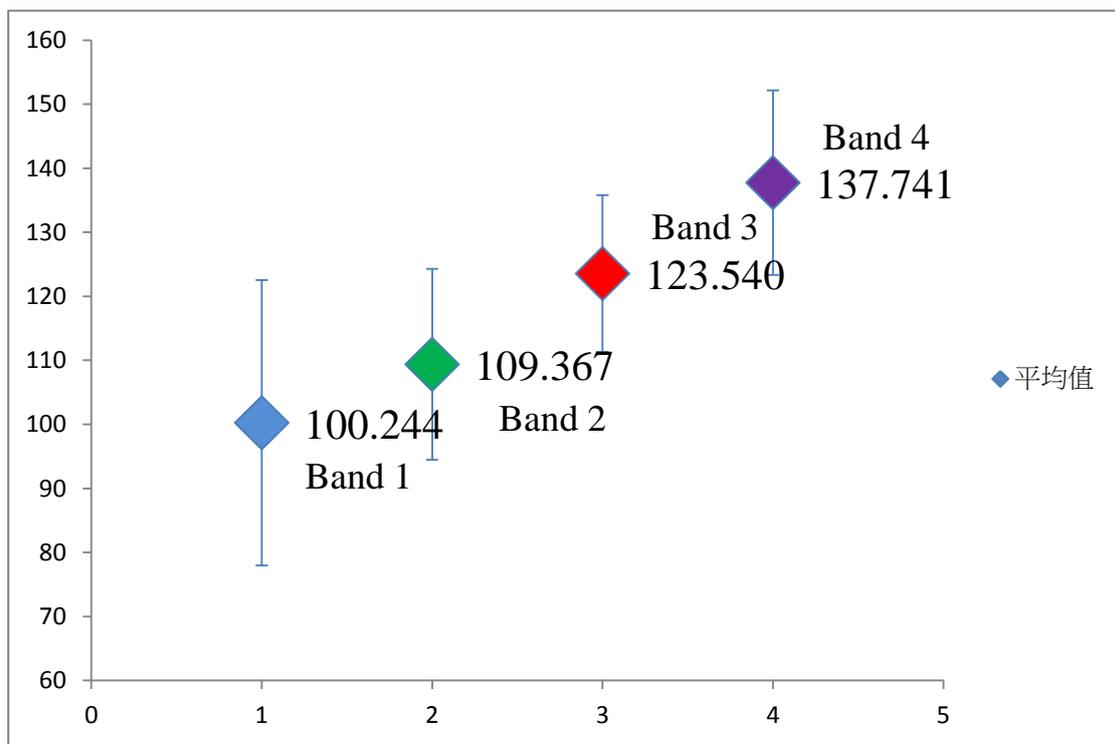


圖 32 監督式分類訓練樣區 DN 值

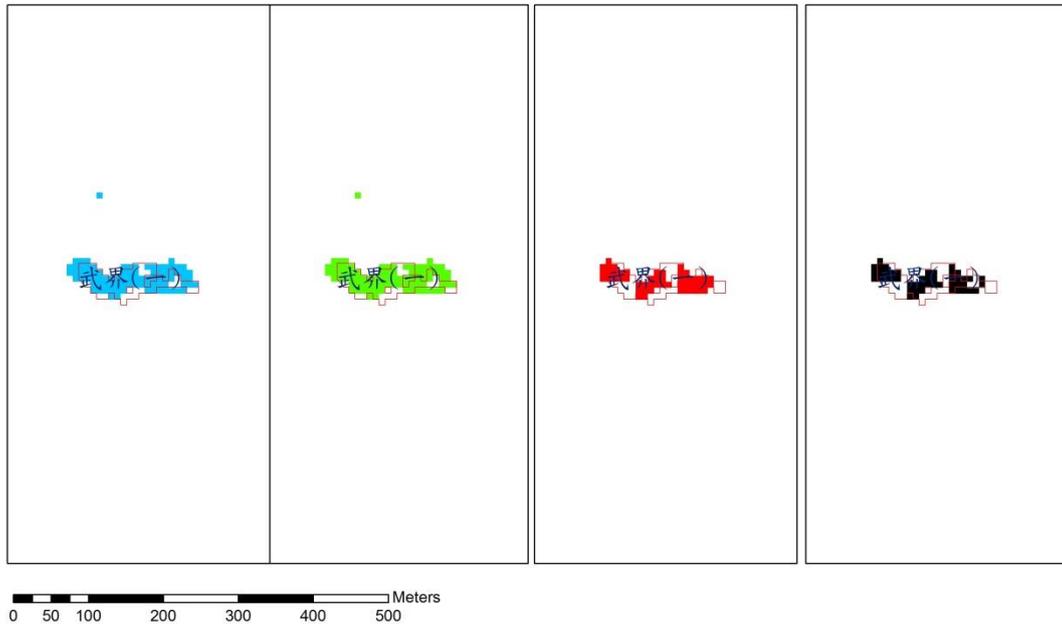


圖 33 監督式分類變異區域成果



圖 34 變異區域彩色影像

(3)陰影分析

計畫中以亮度值法進行陰影區域偵測，利用雙峰直方圖分裂法判斷陰影與非陰影區域之亮度值門檻，在亮度值計算時僅選用藍光(Band 1)、綠光(Band 2)及紅光(Band 3)等 3 個可見光波段進行計算，產製陰影遮罩，研究流程如圖 35。

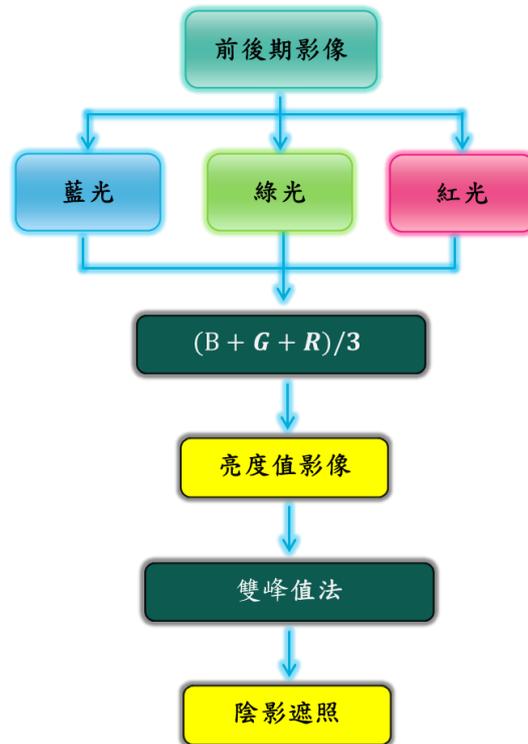


圖 35 陰影遮罩產製流程圖

(4)變遷區域產製

計畫結合 dNDVI 變遷分析及監督式分類法，產製目標變異區域，將以 dNDVI 法分析所得之植生減少區與監督式分類成果以交集 (Intersect) 進行套疊分析，再利用得到的變異區域以陰影遮罩進行陰影濾除，則將得到目標的變異點區域，再以 ARCGIS Raster to polygon 方式產製為向量式檔案(Shpfile)，研究流程如圖 36，dNDVI 分析成果與監督式分類變異區域如圖 37。

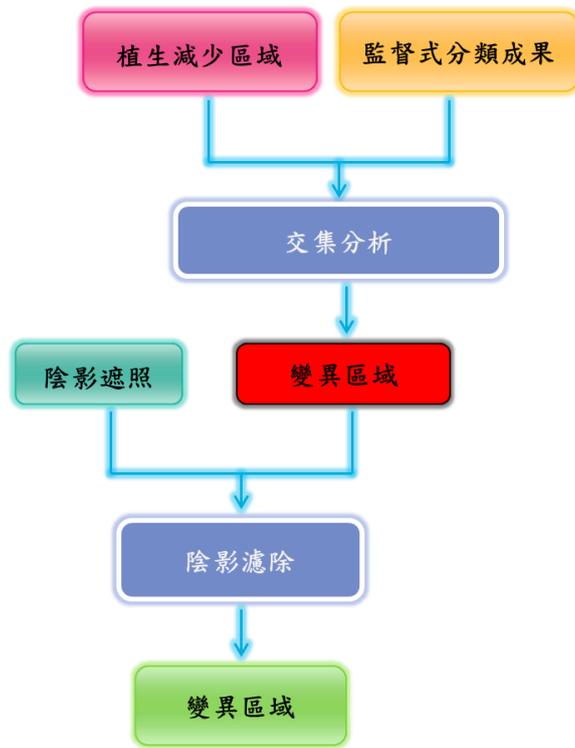


圖 36 變異區域產製流程圖

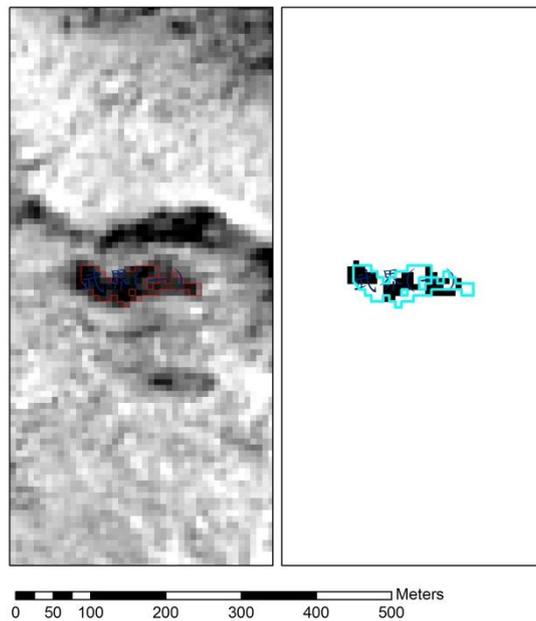


圖 37 dNDVI 分析成果(左)與監督式分類變遷區域(右)

研究中原採用 dNDVI 及 Reclassify 的方式，將變異區域與非變異區域分類之方式，但受到衛星拍射角度與太陽角不同，以及天氣之影響，造成影像上陰影濃淡不一，不易利用原有之陰影遮罩將全部陰影濾除(如圖 77)。影像分析過程中雲及陰影為不可避免之問題，目前本研究對於陰影區域部份採用遮罩濾除方式進行處理，然分析成果仍受到許多非地形陰影之影響，造成判釋成果不佳。而利用結合 dNDVI 變遷分析及監督式分類法，針對計畫目標變異點進行分類，進行林地變異點分析的方式，藉由監督式分類成果的輔助，可以將目標變異點的範圍縮小，減少判釋中受到陰影影響的機率如圖 37 所示，除了變異區域外其餘 dNDVI 值高的區域都沒有被分類為變異點，藉由該方式讓變異點判釋準確率提高。

2.林地變異點判釋模組效率改善

本研究依林地變異點監測標準作業流程架構，以 ESRI ArcGIS Model Builder 建置林地變異點自動分析模組，本年度並進行修正，用以進行林地變異點分析。

福衛二號衛星影像在分析過程中產生的大量雜訊，易形成資料量龐大之嵌塊體，變遷分析成果中 Shpfile 中嵌塊體達數十萬個影響，林地變異點自動分析模組處理效率不彰，影響判釋作業之成效匪淺。研究過程中由於林地變異點自動分析模組前期為網格式資料(Raster)，後將網格式資料轉換成向量式資料(Vector)，而向量式資料乃影響分析效率之關鍵，因此計畫中以減少產生嵌塊體數量以提高林地變異點自動分析模組處理效率，在網格式資料分析前期縮減影像分析之面積，藉由包括 dNDVI 輔以 Reclassify 計算植生量減少之區域，並以監督式分類法找出林地變異點，另透過陰影遮罩濾除大量陰影，在變異點判釋前期就利用相關的因子及削減變遷分析成果之面積及資料量，以增進林地變異點判釋執行效率及縮短判釋時間。

本研究透過流程順序之調整，於影像分析前期即將大部分非本研究標的之變異點區域濾除，如水系、崩塌地移至變異點條件分析處理的前期，又面積較小的農地、道路及房屋建築距離等因子於影像分析

後期進行濾除或選擇；在上述改善作業後，分析模組效率能有效提升，完整變異點判釋流程圖如圖 39。



圖 38 林地變異點自動分析模組

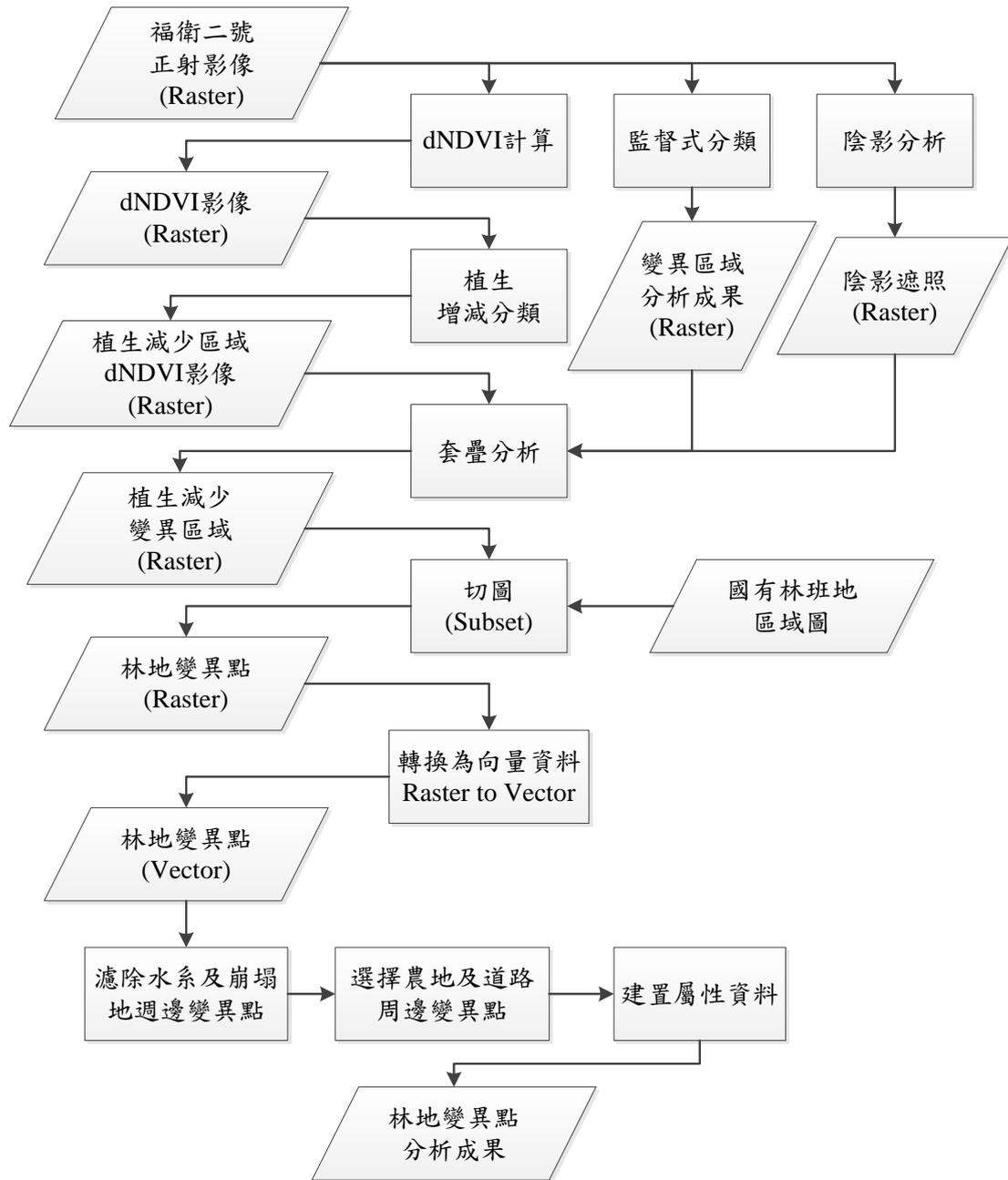


圖 39 林地變異點判釋模組效率改善流程圖

(四)變異點篩選標準作業流程建立

本計畫自 2013 年起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，於研究中篩選出檳榔、果樹、茶園、其他農作物及竹林等土地使用態樣之可行性進行討論及評估，本年度應用光譜及指標等方式對於標準作業流程(SOP)進行改善，建立林地變異點監測方法，以及林地變異點監測標準作業流程，供林地變異點監測實務作業之應用。

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。林地變異點標準作業流程圖如圖 40。

1.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。

2.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。

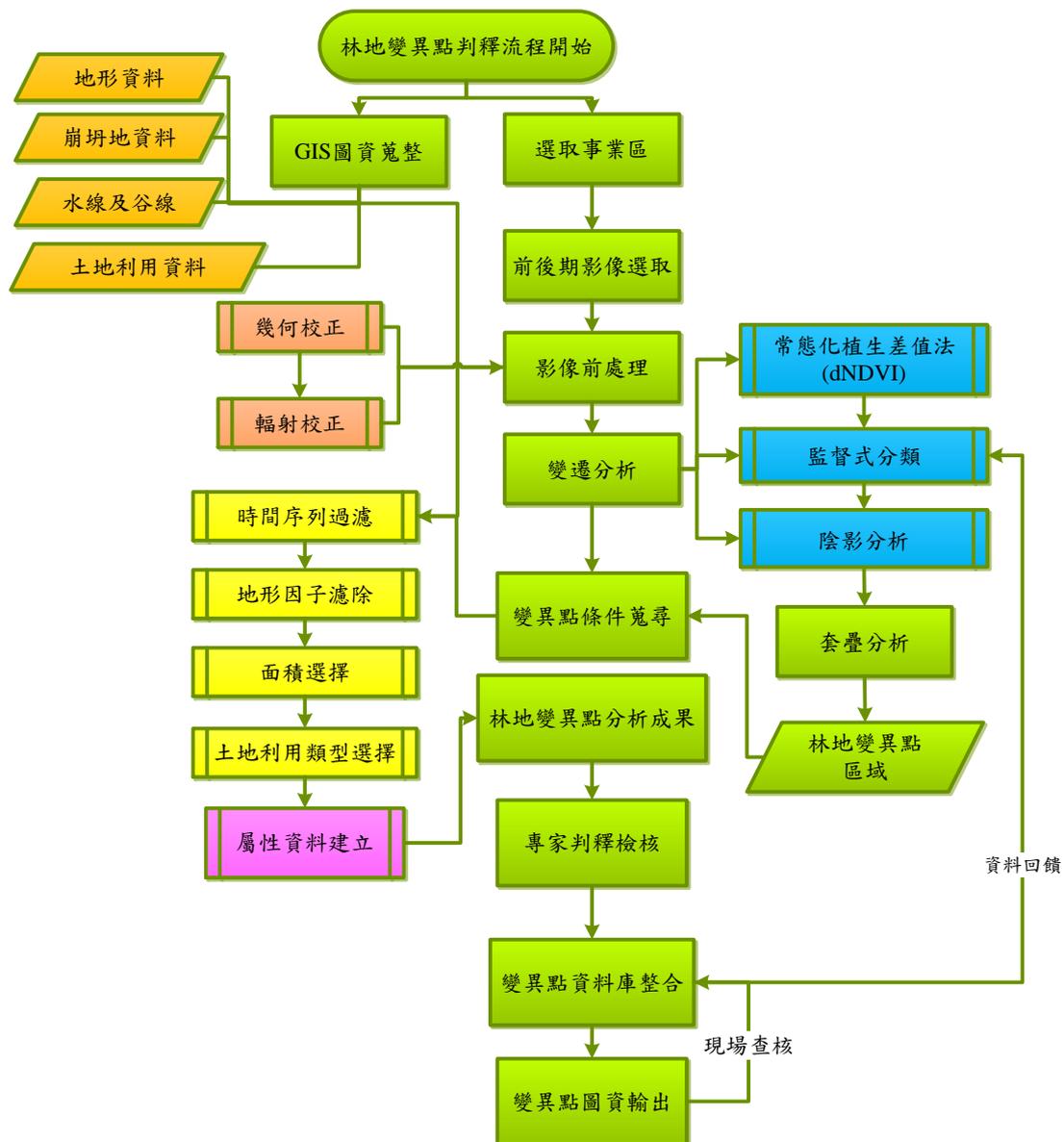


圖 40 林地變異點標準作業流程圖

3. 影像前處理

影像前處理包括正射糾正、幾何校正、輻射校正等項目。計畫中採用已具座標系統之 2012 年全臺福衛二號鑲嵌影像為參考影像，以 IMAGINE AutoSync 進行特徵匹配產製大量的相對位置空間座標。以 ERDAS Imagine Photogrammetry Suite 配合將產製座標輸入系統，輔以衛星拍攝姿態參數，結合數值高程模型及衛星地面控制點等資料，進行嚴密正射糾正產製正射影像，緊接著再依據參考影像，進不同圖幅影像間的幾何校正與輻射校正。

4. 變異區域分析處理

(1)變遷分析

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)。當 dNDVI 為正值，代表綠色植物覆蓋率減少

(2)監督式分類

根據已知變異點做為訓練樣區，以亮度值(DN)之統計量，林地變異點亮度值之平均值加減 1 個標準差為區間，進行監督式分類。

(3)陰影分析

計畫中以亮度值法進行陰影區域偵測，利用雙峰直方圖分裂法判斷陰影與非陰影區域之亮度值門檻。

(4)變異區域產製

將變遷分析，監督式分類及陰影分析成果進行套疊分析，則可以得到初步的林地變異點區域，以進行變異點條件篩選，產生疑似變異點。

4. 疑似變異點條件分析處理

(1)時間序列篩選

若有三期影像可供利用時可以進行時間序列篩選，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，利用影像時間序列可濾除掉影像上非永久性之變異點，故定義必須連續二期之判釋結果中皆出現之點位，且面積相近者才認列為實地變異點。以第一期變異點及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，兩期變異點上皆出現，且面積相近才認列為變異點。

影像中有雲霧造成變遷之區域，將不會加入變遷分析結果之中，遇雲覆之區域可利用增加時間解析力的方式，以另外一期影像，或是

增加變異點分析頻率解決。

(2)地形因子濾除

根據初步得到之變遷成果，進行地形因子、變異點面積及土地利用類型選擇等項目分析，設定空間因子門檻值，作為變異點篩選條件，濾除林地中非人為因素造成之變異點，如表 15。

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 80 m 內之變異點，以及所在位置坡度大於 50°之變異點。本研究中以 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。計畫並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臺崩塌地圖層。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 5°、15°、30°、45°及大於 45°進行分級。本計畫將以分析及所建置之開墾變異點與坡度資料進行統計分析。

(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 0.02-0.6 ha 之變異點為林地開墾變異點。

(4)農地距離篩選

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第四次森林資源調查土地利用資料。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 100 m 內之變遷分析結果為林地

變異點。

表 15 變異點條件分析門檻值表

類別	項目	度量與單位
地形因子濾除	崩塌地	>80 m 濾除
	水線及谷線	>80 m 濾除
	坡度分級	>50° 濾除
變異點面積篩選	面積	0.02 至 0.6 ha 保留
農地距離篩選	農地	>100 m 濾除
	建物與道路	>40 m 濾除

5. 專家檢視

產出之變異點需依靠人工檢視來剔除非土地利用變異所造成之變異點，包括影像上對位的誤差造成變異點誤判及地形及樹冠陰影造成的變異點誤判，因此在最後變異點確認前須透過專家檢視的方式進行審視，主要誤判原因如下：

(1) 影像上對位的誤差造成變異點誤判

影像幾何糾正 RMSE 平均為 3-7 m，然山區仍會有 2-3 個 Pixel 的對位誤差，造成變異點判釋變異。

(2) 地形及樹冠陰影造成的變異點誤判

計畫中以亮度值法、dNDVI 分級等方式濾除陰影，但是仍會有少部份陰影造成變異點之誤判。

6. 變異點資料庫整合

將林地變異點判釋成果，經專家判釋後整合進變異點資料庫，並與各項 GIS 空間資料圖層進行關聯性分析，建置完備之變異點圖層屬性資料後，便可將成果輸出，供現場人員查核使用。

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。

本研究所產製之疑似變異點圖層屬性資料內容如表 16，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。為建置完備之變異點圖層屬性資料，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，相關蒐集及使用之資料如表 3。

表 16 疑似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
	Loc_Z	Z 座標	系統粹取	1000 m
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
	N_WKNG	事業區名稱	事業區基礎資料	大甲溪
	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：ha
	Cha_width	變異點寬度	系統計算	單位：m
	Cha_Leng	變異點長度	系統計算	單位：m
	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

類別	欄位名稱	說明	內容來源	範例
	CHK_date	檢核日期	系統登錄	yyyy/mm/dd

三、疑似變異點偵測成果

(一)第一期疑似變異點偵測成果

本研究於第一季(2013年第3季及第4季)共產出15個變異點，經除去不在林區管理處轄區之變異點，共11個變異點，如表17。各林區管理處變異點偵測成果如下：

1. 嘉義林區管理處共3個點，分別位於木瓜坑、老藤湖坑及曾文溪，木瓜坑原土地利用類型為竹闊混淆林，前期NDVI為0.17後期為0.04，老藤湖坑前期NDVI為0.10後期為0.01，曾文溪原土地利用類型為天然草生地，前期NDVI為0.15後期為0.08。
2. 東勢林區管理處共2個點，都位在同一個地區，原土地利用類型為天然草生地，前期NDVI為0.26後期為0.20。花蓮林區管理處共2個點，分別位於萬人山及三民，萬人山原土地利用類型為闊葉樹林型，前期NDVI為0.21後期為0.19。三民原土地利用類型為果樹，前期NDVI為0.13後期為0.09。
3. 屏東林區管理處共2個點，都位在同一個地區，原土地利用類型為闊葉樹林型，前期NDVI為0.16及0.06後期為0.11及-0.01。
4. 南投林區管理處與新竹林管處各1個點，分別位於武界及鹿湖，武界原土地利用類型為竹闊混淆林，前期NDVI為0.15後期為0.09，鹿湖原土地利用類型為天然草生地，前期NDVI為0.08後期為0.04。

表 17 第一期疑似變異點偵測成果

編號	Map_Name	林管處	土地利用	面積	前期 NDVI	後期 NDVI
1	曾文溪	嘉義林管處	天然草生地	658.04	0.15	0.08
2	木瓜坑	嘉義林管處	竹闊混淆林	2312.42	0.17	0.04
6	鹿湖	新竹林管處	天然草生地	1982.96	0.08	0.04
8	萬人山	花蓮林管處	闊葉樹林型	1176.08	0.21	0.19
9	三民	花蓮林管處	果樹	2513.14	0.13	0.09
10	新開	屏東林管處	闊葉樹林型	1152.01	0.16	0.11
11	新開	屏東林管處	闊葉樹林型	1152.01	0.06	-0.01
12	老藤湖坑	嘉義林管處		3198.75	0.10	0.01
15	武界(一)	南投林管處	竹闊混淆林	4366.47	0.15	0.09
16	北合歡山(一)	東勢林管處	天然草生地	656.68	0.26	0.20
17	北合歡山(一)	東勢林管處	天然草生地	1199.33	0.26	0.20

變異點 01 號



1/5000 圖幅名稱：曾文溪
管理處：嘉義林管處

面積：658 m²
原土地利用類型：天然草生地

變異點 02 號



1/5000 圖幅名稱：木瓜坑
管理處：嘉義林管處

面積：2312 m²
原土地利用類型：竹闊混淆林

變異點 06 號



1/5000 圖幅名稱：鹿湖
管理處：新竹林管處

面積：1983 m²
原土地利用類型：天然草生地

變異點 08 號



1/5000 圖幅名稱：萬人山
管理處：花蓮林管處

面積：1176 m²
原土地利用類型：闊葉樹林型

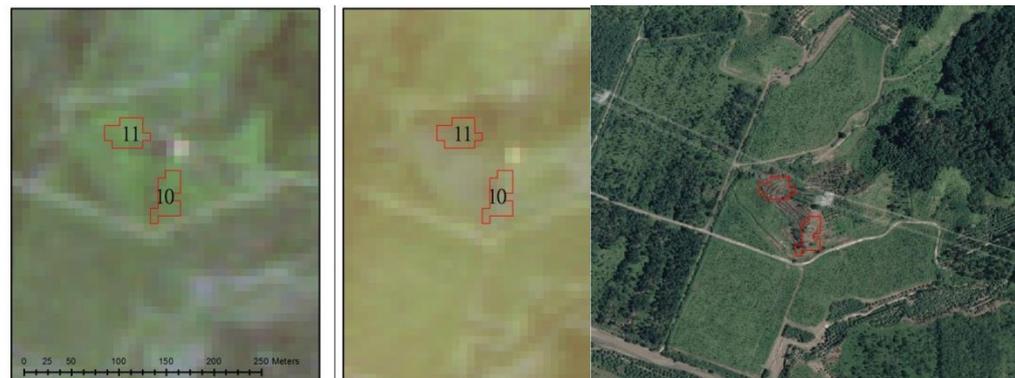
變異點 09 號



1/5000 圖幅名稱：三民
管理處：花蓮林管處

面積：2513 m²
原土地利用類型：果樹

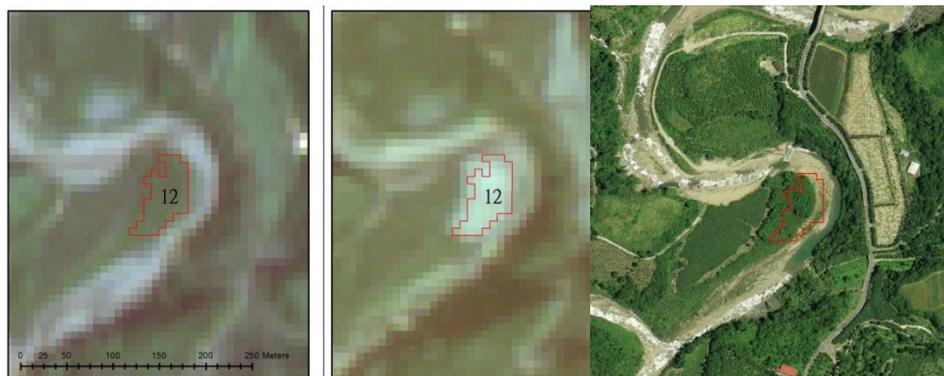
變異點 10、11 號



1/5000 圖幅名稱：新開
管理處：屏東林管處

面積：1152 m²
原土地利用類型：闊葉樹林型

變異點 12 號



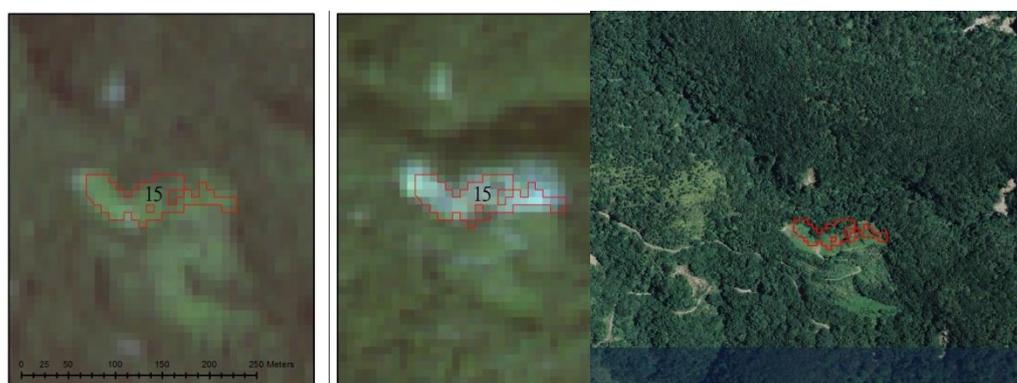
1/5000 圖幅名稱：老藤湖坑

面積：3199 m²

管理處：嘉義林管處

原土地利用類型：濕地

變異點 15 號



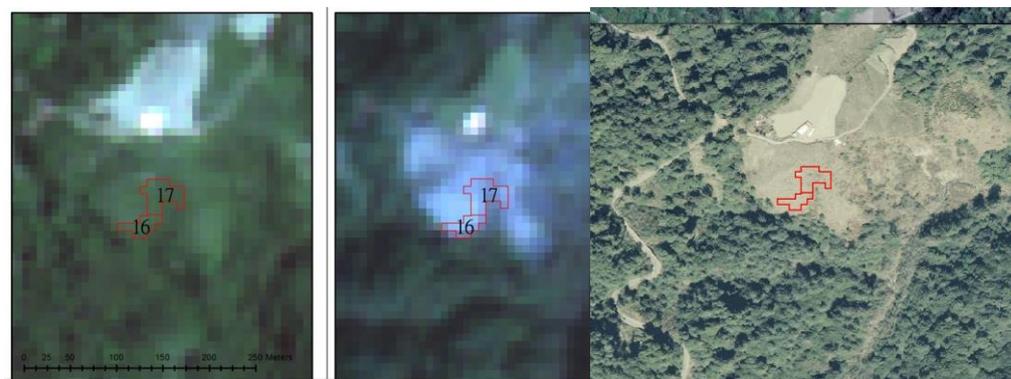
1/5000 圖幅名稱：武界

面積：4366 m²

管理處：南投林管處

原土地利用類型：竹闊混淆林

變異點 16 及 17 號



1/5000 圖幅名稱：北合歡山

面積：657 m²

管理處：東勢林管處

原土地利用類型：天然草生地

第 1 期變異點共 11 點，有顯著變異共 7 點，其中有 1 點為違規變異點。違規點原為含租地造林地，租期屆滿未改正，註銷租約，為非法佔用，如表 18。

表 18 第一期疑似變異點查核成果

編號	林管處	事業區	林班	態樣	查核結果
1	嘉義林管處	玉井	9 林班 5 小班	天然草生地	暫準租地
2	嘉義林管處	玉井	59 林班 1 小班	竹闊混淆林	空地
3	新竹林管處	大湖	68 林班 61 小班	草生地	草生地鄰私有地果園
4	花蓮林管處	秀姑巒	68 林班 61 小班	天然草生地	租約已註銷，屬非法佔用
5	花蓮林管處	玉里	104 林班 87 小班	闊葉樹林型	變異，原住民保留地
6	屏東林管處	潮州	18 林班 4 小班	造林地	濫墾及租地回收造林
7	屏東林管處	潮州	18 林班 4 小班	造林地	濫墾及租地回收造林
8	嘉義林管處	玉井	49 林班 21 小班	竹闊混淆林	木瓜改種甘蔗
9	南投林管處	濁水溪	39 林班 16 小班	竹闊混淆林	原住民保留地，溫室設置
10	東勢林管處	大甲溪	73 林班 18 小班	天然草生地	3 年生造林地草生地
11	東勢林管處	大甲溪	73 林班 18 小班	天然草生地	林地草生地

(二)第二期疑似變異點偵測成果

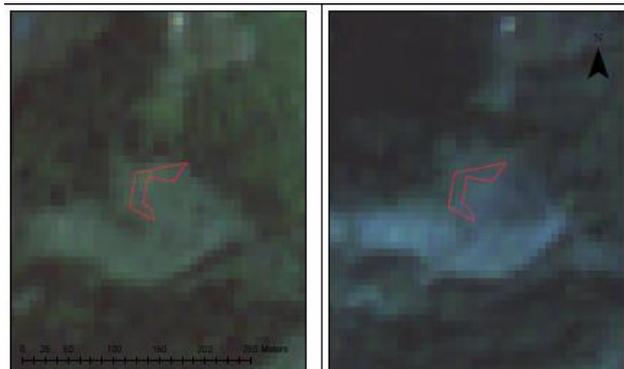
本計畫第二季(2014年第1季及第2季)共產出7個疑似變異點，如表表19。各林區管理處變異點偵測成果如下：

1. 東勢林區管理處共6個點，分別位於碧祿溪(一)、碧祿溪(二)及碧祿溪(三)，畢綠山(四)及北合歡山，碧祿溪(一)原土地利用類型為待成林地，前期NDVI為0.26後期為0.19；碧祿溪(二)原土地利用類型為其它農作地，前期NDVI為0.33後期為0.23；碧祿溪(四)原土地利用類型為待成林地，前期NDVI為0.17後期為0.10；畢綠山(三)原土地利用類型為果樹，前期NDVI為0.30後期為0.22；北合歡山原土地利用類型為其它農作地，前期NDVI為0.34後期為0.26。
2. 花蓮林區管理處共1個點，分別位於北合歡山，前期NDVI為0.36後期為0.23。

表 19 第二期疑似變異點偵測成果表

編號	Map_Name	林管處	土地利用	面積	前期 NDVI	後期 NDVI
1	碧祿溪(四)	東勢林管處	待成林地	1203.95	0.17	0.10
2	碧祿溪(二)	東勢林管處	其它農作地	1593.96	0.33	0.23
3	畢綠山(三)	東勢林管處	果樹	1688.09	0.30	0.22
4	碧祿溪(一)	東勢林管處	待成林地	1938.05	0.26	0.19
5	北合歡山	花蓮林管處	其它農作地	2205.62	0.36	0.23
6	北合歡山	東勢林管處	針闊葉混淆	2526.85	0.34	0.26
7	碧祿溪(一)	東勢林管處	待成林地	3128.63	0.26	0.19

變異點 01 號



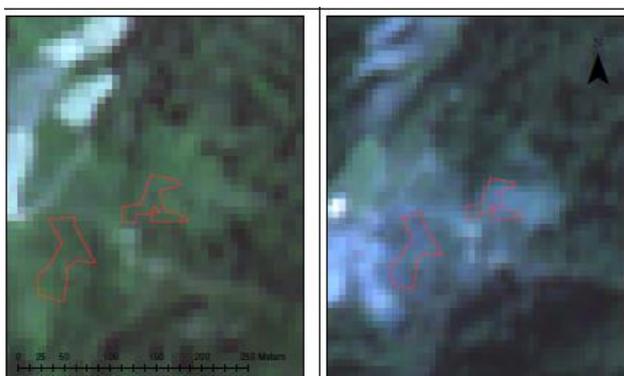
1/5000 圖幅名稱：碧祿溪(四)

管理處：東勢林管處

面積：1204 m²

原土地利用類型：待成林地

變異點 02 號



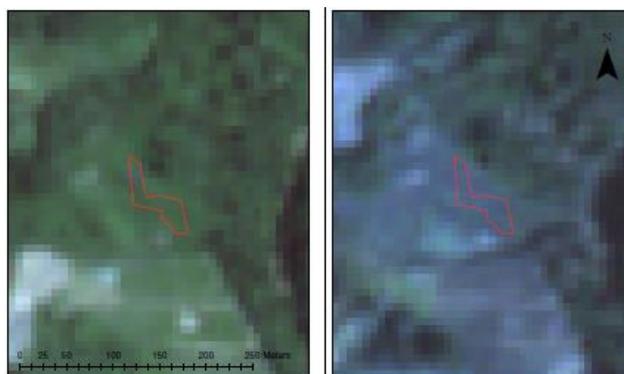
1/5000 圖幅名稱：碧祿溪(二)

管理處：東勢林管處

面積：1594m²

原土地利用類型：其它農作地

變異點 03 號



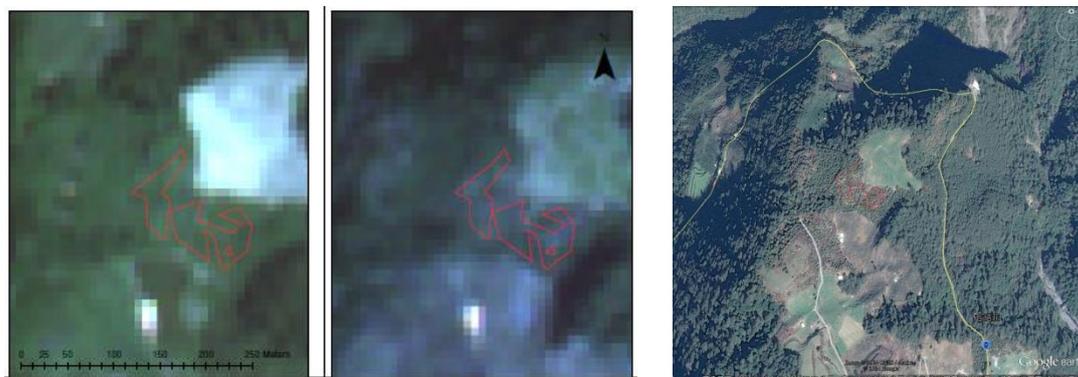
1/5000 圖幅名稱：畢祿山(三)

管理處：東勢林管處

面積：1688 m²

原土地利用類型：果樹

變異點 04 號



1/5000 圖幅名稱：碧祿溪(一)
管理處：東勢林管處

面積：1938 m²
原土地利用類型：待成林地

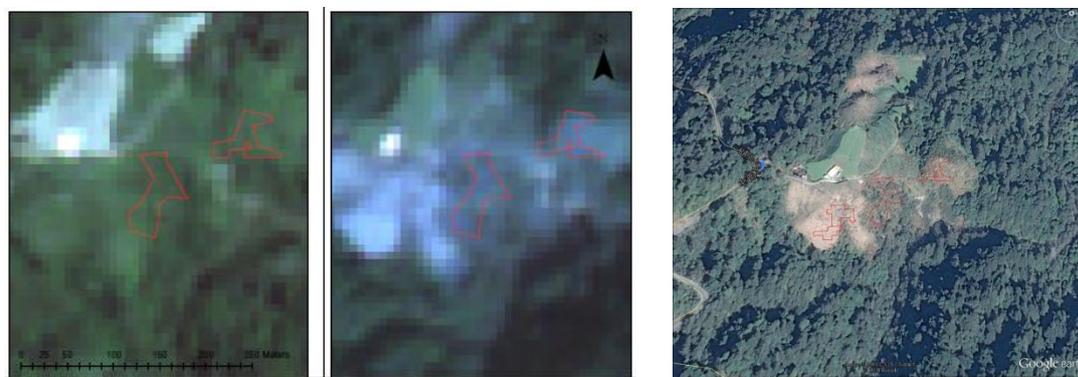
變異點 05 號



1/5000 圖幅名稱：北合歡山
管理處：花蓮林管處

面積：2206 m²
原土地利用類型：其它農作地

變異點 06 號



1/5000 圖幅名稱：北合歡山

面積：2527m²



1/5000 圖幅名稱：碧祿溪(一)
管理處：東勢林管處

面積：3129 m²
原土地利用類型：待成林地

第 2 期變異點共 7 點，有顯著變異共 3 點，無違規變異點，如表 20。第 1 期與第 2 期，東勢林區管理處共 8 個變異點，僅 2 點有顯著變異，與其它林區管理處變異點分析結果差異較大，該區域以造林地與草生地為主，NDVI 受季節變換影響大，未來應該另外選取訓練樣區進行分析。

表 20 第二期疑似變異點查核成果

編號	林管處	事業區	林班	態樣	查核結果
1	東勢林管處	大甲溪	76 林班 10 小班	草生地 林地	火災跡地
2	東勢林管處	大甲溪	73 林班 25 小班	草生地 林地	10 年雲杉造林地
5	東勢林管處	大甲溪	74 林班 50 小班	草生地 林地	已收回承租地
6	東勢林管處	大甲溪	74 林班 15 小班	草生地 林地	林地 草生地
8	花蓮林管處	立霧溪	67 林班 4 小班	草生地 林地	地上物鏟除，無違規
9	東勢林管處	大甲溪	73 林班 26 小班	草生地 林地	林地 草生地
10	東勢林管處	大甲溪	74 林班 15 小班	草生地 林地	10 年雲杉造林地

四、建立林地變異點通報流程及反饋機制

本研究利用已建立之林地變異點偵測方法及標準作業流程(SOP)進行林地變異點偵測，並依據林地變異點偵測成果，進行變異點現場實際查核作業，並依據現場實際查核作業，驗證本計畫變異點偵測方法與報表通報及回報流程之可行性，構建適用之國有林地變異點標準通報流程，並透過反饋機制來提升林地變異點判釋之準確。並藉此過程驗證變異點判釋作業標準作業流程之可行性，及確保本計畫所研擬之林地變異點查報機制，可應用於國有林事業區。

透過本研究前述兩期變異點偵測結果將交由各林管處工作站人員進行現場查察使用，最終清查結果亦將回報林務局核辦，計畫中利用變遷分析中的監督式分類做為標準作業流程之反饋機制，應用各林管處清查之反饋成果，計算正確變異點之亮度值(DN)統計值，做為監督式分類用的訓練樣本，以提升林地變異點判釋之準確率與正確性。林地變異點通報流程及反饋機制流程如圖 41 及圖 42。

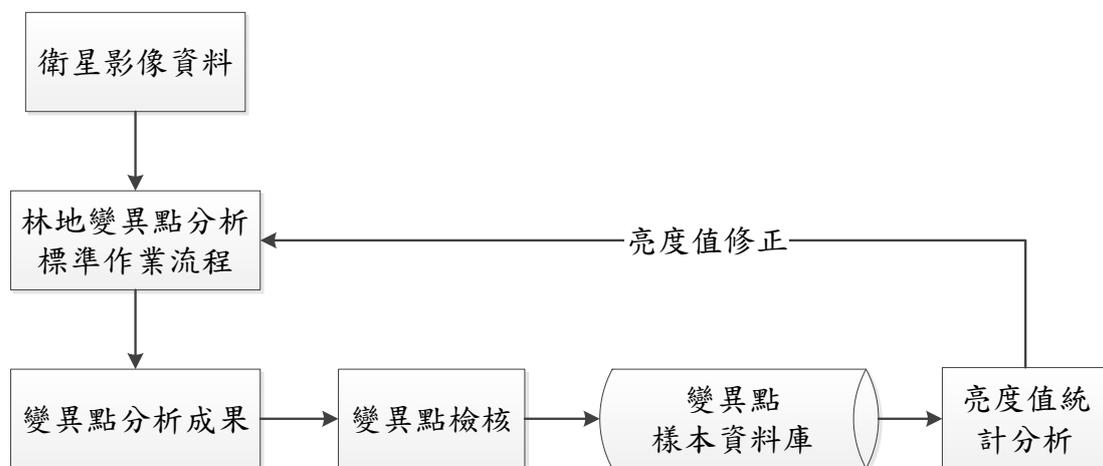


圖 41 林地變異點反饋機制流程

伍、林地通報查核系統

計畫運用衛星影像偵測國有林班地之變異點位，依據林地變異點偵測標準作業流程，建置林地通報查核系統。系統包括變異點資料庫管理、產製變異點報表及變異點回報機制。

一、系統整體架構分析

本系統主要目的是利用衛星影像自動判釋出林地變異點，建立變異點資料庫及回饋機制。依據林地變異點偵測模組(此模組為 ArcGIS ToolBox)產出變異點，使用系統將變異點結果匯入至變異點資料庫，並以 E-Mail 通報相關人員進行查核，查核人員至現地調查後將結果以紙本回報給農林航空測量所，農林航空測量所可進入系統回報變異點資料。系統整體架構如圖 43 所示：

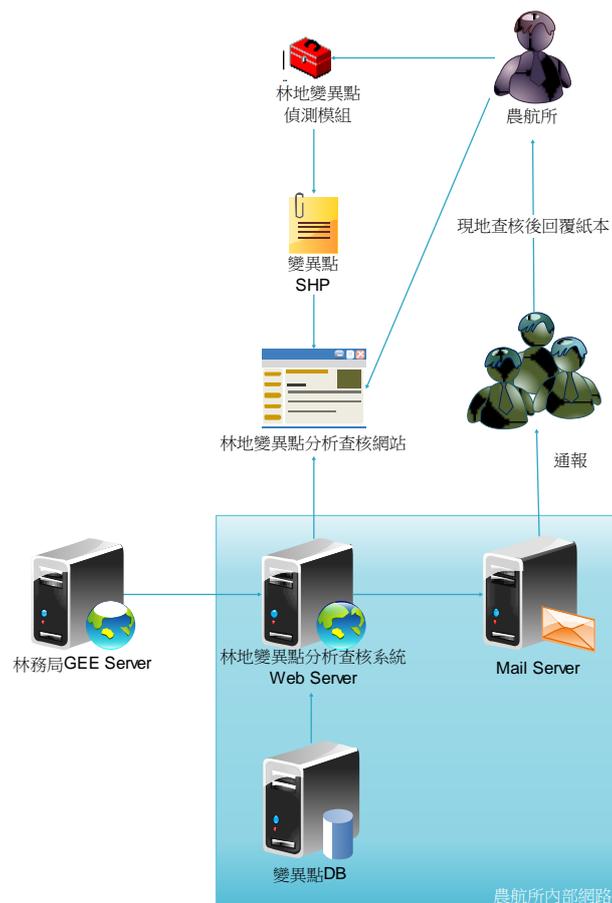


圖 43 系統架構圖

(一)系統功能架構

本系統之功能架構如圖 44 所示，林地變異點可分為系統產製(林地變異點偵測模組)與人工新增(由使用者透過本系統新增)兩類，其變異點產製及回饋流程如圖 45 所示。

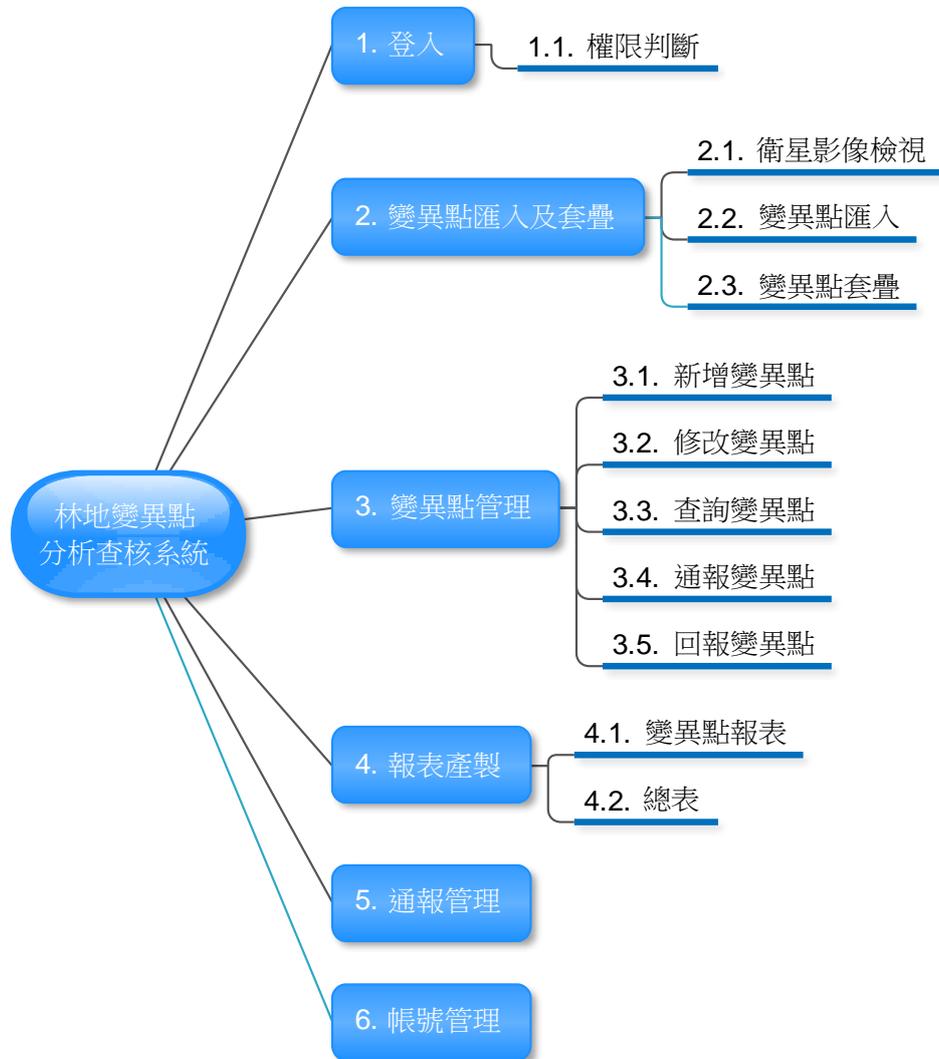


圖 44 系統功能架構圖

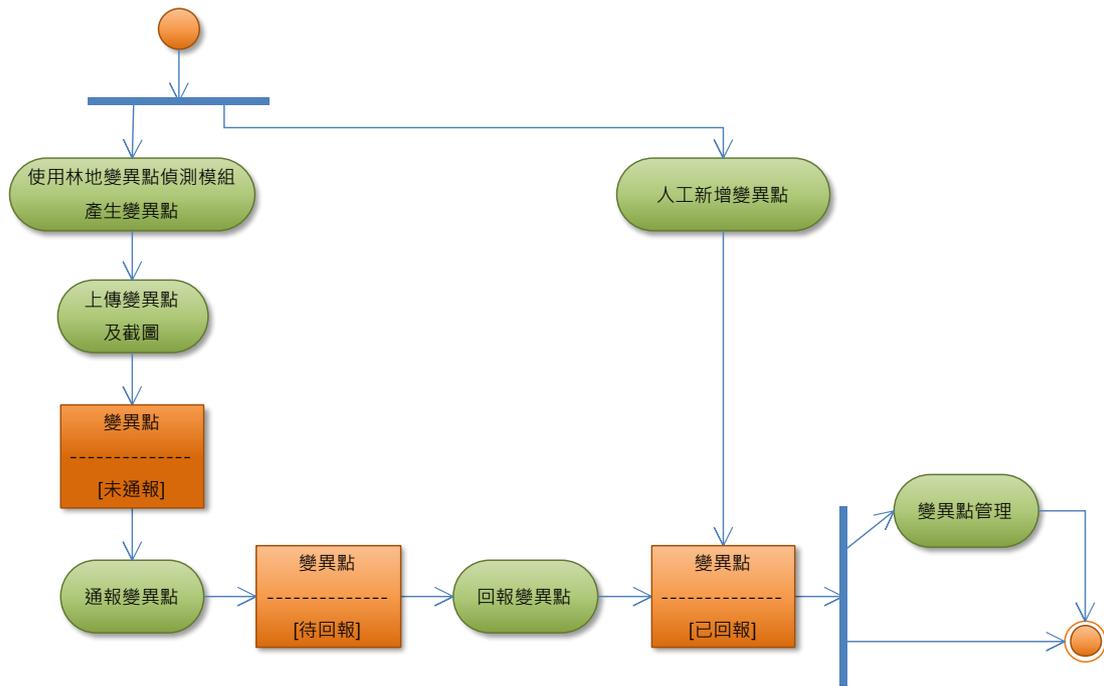


圖 45 變異點產製及回饋活動圖

(二)系統頁面架構

本系統之功能頁面架構如圖 46 所示。

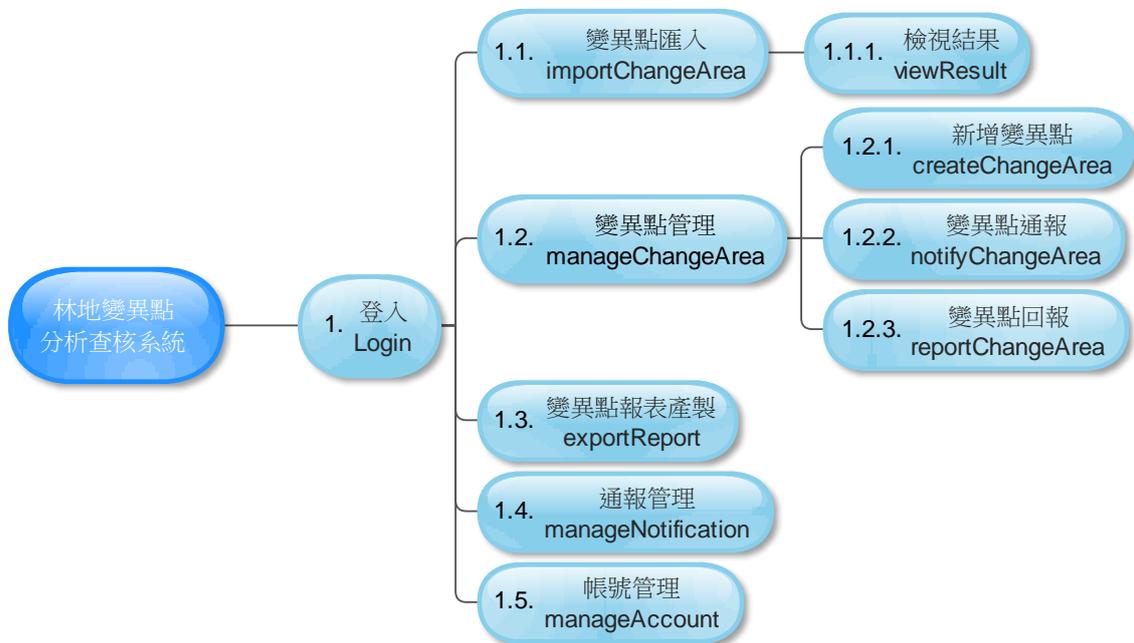


圖 46 系統頁面架構圖

各頁主要的畫面配置為功能橫幅及內容頁，橫幅包含系統名稱、功能、登入身份的顯示及登出；內容頁則是與使用者點選之功能相對應。如下圖所示：

林地變異點分析查核系統 變異點匯入及存儲 變異點管理 報表產製 通報管理 帳號管理 測試員您好 登出

查詢條件

變異點年度: 變異點期別:

變異點編號: 處理情形: 全部

林管處名稱: 全部 工作站名稱: 全部 事業區名稱: 全部

查詢 清除

匯出總表

序號	變異點編號	變異點來源	所屬林管處	所屬工作站	是否為變異點	處理情形	
1	770	模組產生	屏東林區管理處		是	未通報	匯出
2	771	模組產生	屏東林區管理處		是	未通報	匯出
3	772	模組產生	嘉義林管處		是	未通報	匯出
4	773	模組產生	屏東林區管理處		是	未通報	匯出
5	774	模組產生	屏東林區管理處		是	未通報	匯出
6	775	模組產生	屏東林區管理處		是	未通報	匯出
7	776	模組產生	花蓮林區管理處		是	未通報	匯出

圖 47 網站主要畫面配置

二、權限與登入

使用本系統前需先登入才能使用各功能，登入畫面如圖 48。本系統的角色主要有二種，分述如下：

1.系統管理者

具有最高權限，可對所有變異點進行增刪查改及產製變異點報表及總表，亦可將變異點匯入至變異點資料庫中並通報各林管處前往查核。另有通報管理權限可設定各林管處的 E-Mail 以及帳號的管理。

2.一般其他使用者

與系統管理差別僅於無提供帳號管理之權限。

表 21 各角色權限對照表

功能	系統管理者	一般使用者
匯入之變異點	新增（匯入）	V
	通報	V
	回報	V
	刪除	V
	查詢	V
	修改	V
自行新增之變異點	新增	V
	修改	V
	刪除	V
	查詢	V
單一變異點報表產製	V	V
總表產製	V	V
通報管理	V	V
帳號管理	V	

登入後依照角色權限的不同，會顯示不同的功能列表。下圖為各角色登入後的橫幅畫面，按下登出即回到登入畫面。



圖 48 系統登入



圖 49 各角色登入後功能列表畫面

三、變異點匯入及套疊

此功能主要是將林地變異點偵測模組產出之結果檔案以及前後期影像截圖匯入至系統，並套疊衛星影像展示，畫面如下圖所示：

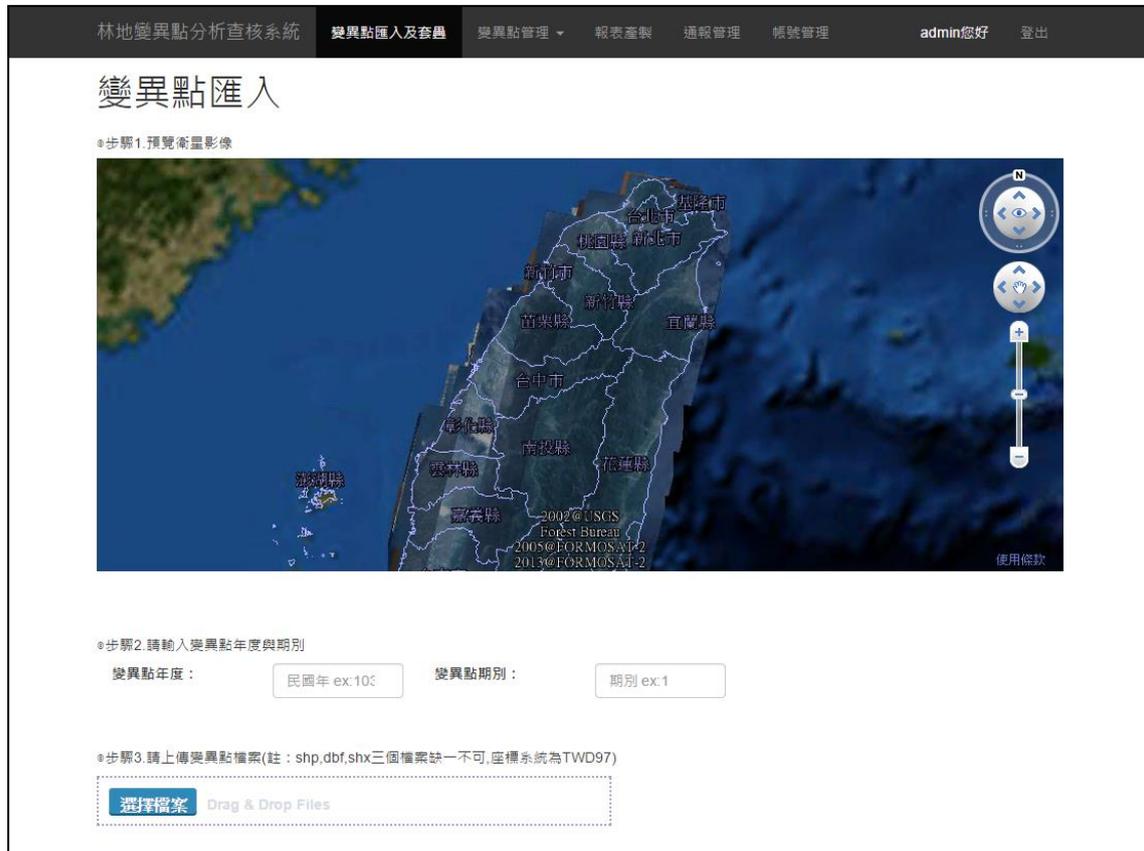


圖 50 變異點匯入

1. 預覽衛星影像

本系統之衛星影像為介接 2013 年「林務局 Google Earth 企業版軟體」採購案之衛星影像球，提供變異點套疊顯示，如圖 51 所示。

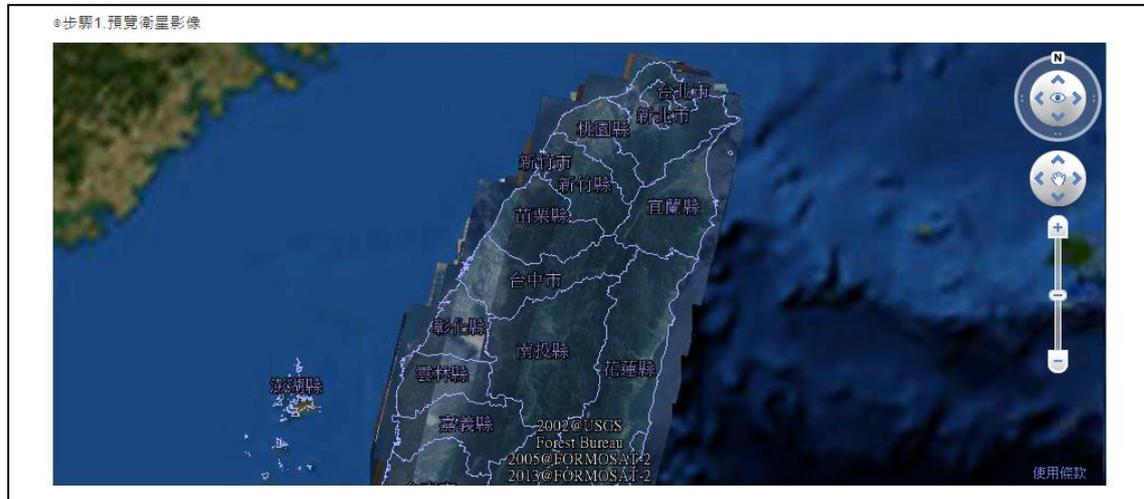


圖 51 預覽衛星影像

2. 輸入變異點年度與期別

輸入本次上傳之變異點年度與期別資料，提供變異點管理與通報時，能夠快速查詢特定年度與期別資料，如圖 52 所示。

圖 52 輸入變異點年度與期別

3.上傳變異點檔案

上傳本次變異點檔案，完整之變異點檔案須包含*.shp,*.dbf,*.shx三個檔案，系統提供可同時多選匯入檔案功能，可將所需檔案一次匯入，如圖 53、圖 54 所示；其檔案名稱與欄位格式需一致才可成功匯入系統，欄位格式如表 22 所示。

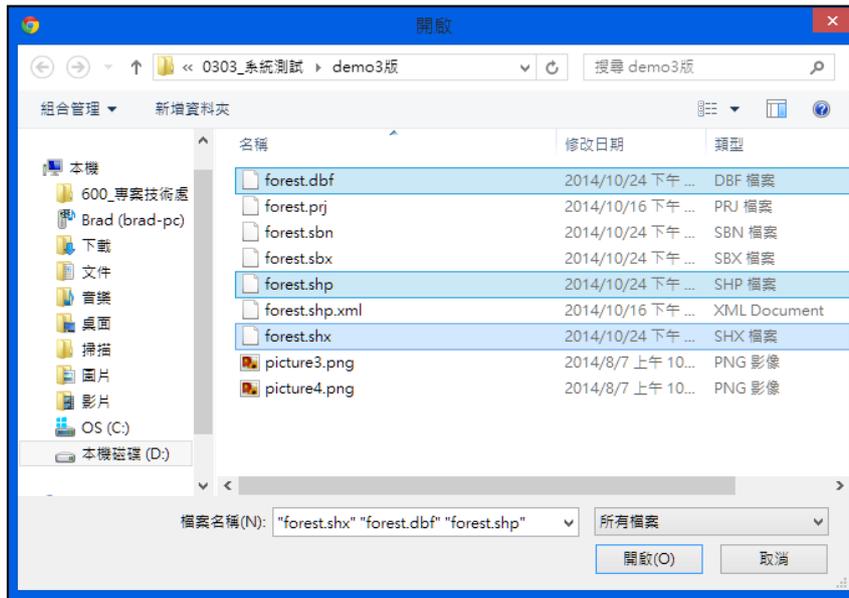


圖 53 選擇需上傳之變異點檔案



圖 54 上傳變異點檔案

表 22 變異點欄位格式

欄位名稱	內容	範例	格式
C_LINKFID	連結編號	123456789	LONG
Map_Num	圖幅框編號	9519-4-025	TEXT
Map_Name	圖幅框名稱	下路	TEXT
Loc_X	X 座標	210927.305	LONG
Loc_Y	Y 座標	2592624.538	LONG
Loc_Z	高程	486.000	LONG
County	縣市名	嘉義縣	TEXT
Town	鄉鎮名	阿里山鄉	TEXT
Village	村里名	觸口	TEXT
C_DIST	管理處代碼	5	LONG
DIST_C	管理處名稱	嘉義林管處	TEXT
C_STTN	工作站代碼	58	LONG
STTN_C	工作站名稱	觸口工作站	TEXT
C_WKNG	事業區代碼	16	LONG
WKNG_C	事業區名稱	大埔事業區	TEXT
C_CMPT	林班代碼	158	LONG
C_SCMP	小班代碼	16	LONG
C_LU	土地利用	竹闊混淆林	TEXT
C_SLOPE	坡度	8	LONG
C_ASPT	坡向	157	LONG
Cha_Area	面積	3796	LONG
IMG_P1	前期影像日期	2014/6/9	DATE
IMG_P2	後期影像日期	2014/6/9	DATE
IMG_type	影像類型	Formosat 2	TEXT
REG_date	登錄時間	2014/6/9	DATE
CHK_date	檢核時間	2014/6/9	DATE
IMG_P1L	前期影像位置		TEXT
IMG_P2L	後期影像位置		TEXT

4.上傳變異點前後期影像

上傳本次變異點之前後期衛星影像截圖*.png 檔，其前後期變異點影像截圖檔名需記錄在 dbf 欄位中，系統提供可同時多選匯入檔案功能，可將所需檔案一次匯入，由於本系統為農航所內部使用，故不另外限制上傳檔案大小，如圖 55、圖 56 所示。

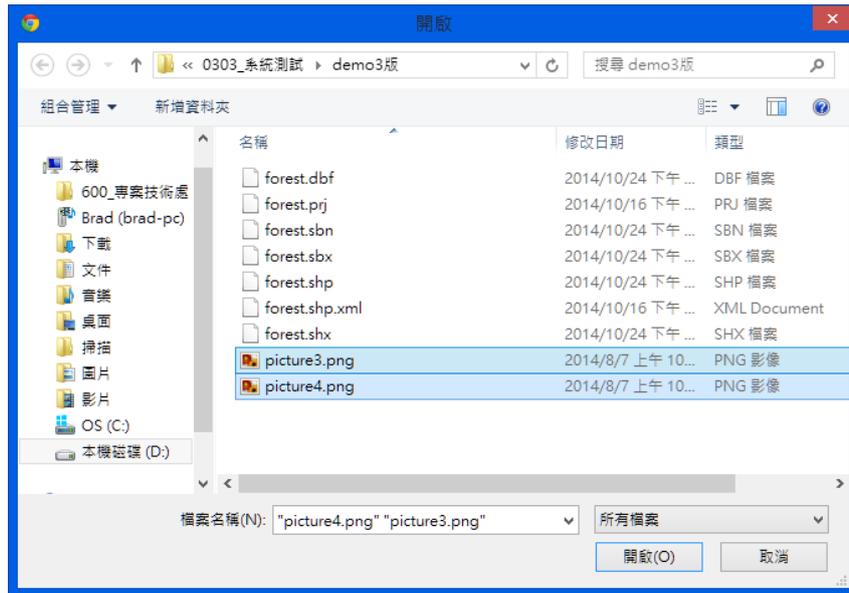


圖 55 上傳變異點衛星影像截圖

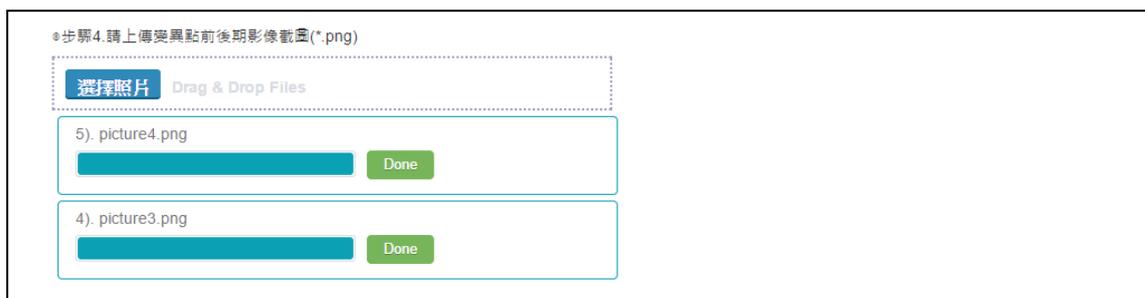


圖 56 上傳變異點前後期影像

5.檢視匯入的變異點內容

以列表方式提供本次上傳之變異點內容檢視，如圖 57；可提供本次上傳所有變異點與衛星影像套疊檢視與單一變異點與衛星影像檢視，如圖 58 與圖 59 所示。確認本次上傳資料無誤後，點選確認匯入功能，即可完成本次變異點資料上傳步驟。

確認無誤後點選匯入系統

步驟5 變異點匯入的變異點內容

確定匯入 變異點與衛星影像套疊

所有變異點與衛星影像套疊檢視

單一變異點與衛星影像套疊檢視

X	Y	所屬林管處	所屬工作站	變異點面積(公頃)	檢視
220873.328	2572367.25	屏東林區管理處		384.0	檢視
220873.328	2572367.25	屏東林區管理處		384.0	檢視
215924.0	2570730.0	嘉義林管處		256.0	檢視
227818.0	2563149.0	屏東林區管理處		512.0	檢視
227818.0	2563149.0	屏東林區管理處		512.0	檢視
226302.281	2561208.25	屏東林區管理處		448.0	檢視
268799.188	2571311.5	花蓮林區管理處		320.0	檢視
268799.188	2571311.5	花蓮林區管理處		320.0	檢視
250194.672	2651342.0	南投林區管理處		384.0	檢視
250194.672	2651342.0	南投林區管理處		384.0	檢視

« < 1 2 3 4 5 > »

圖 57 檢視匯入的變異點內容

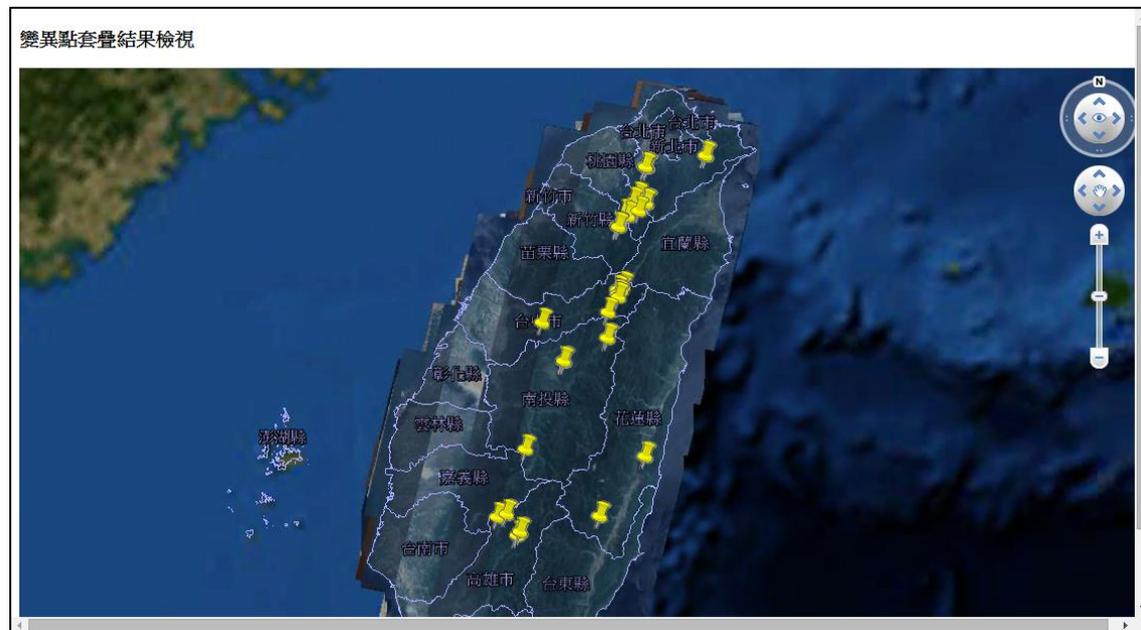


圖 58 本次上傳所有變異點與衛星影像套疊檢視

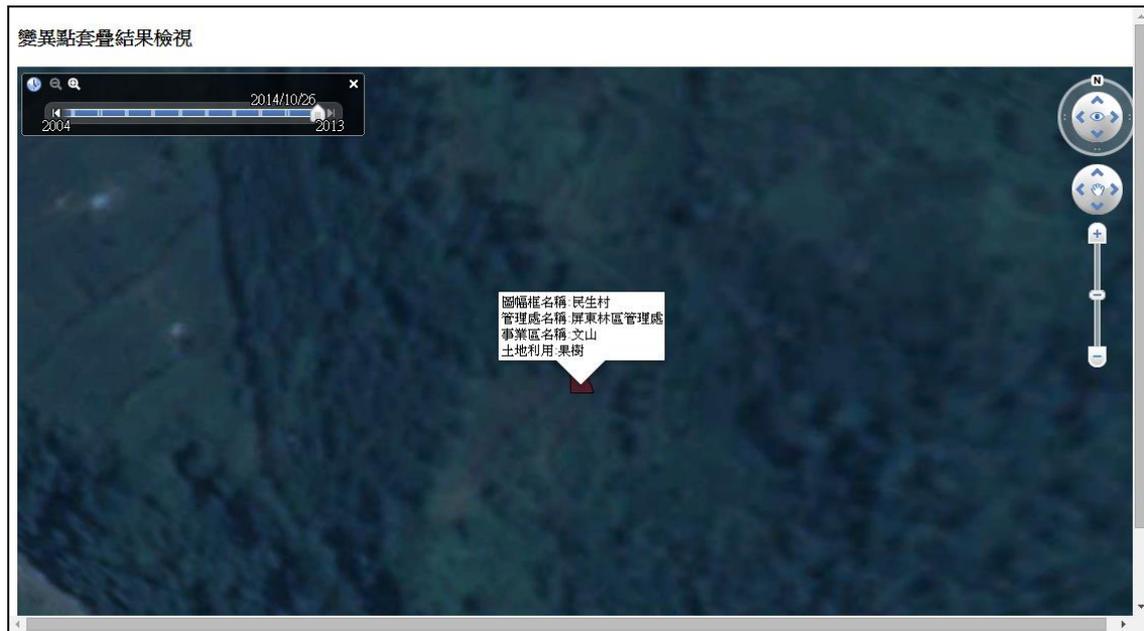


圖 59 單一變異點與衛星影像套疊檢視

四、變異點管理

(一)變異點來源

本系統變異點的來源有二，說明如下：

1.將林地變異點偵測模組產出之變異點檔案匯入至系統

將匯入系統的變異點通報至各林管處後，由林管處派員至現場查核，農航所將查核結果進行回報登打。變異點資料在每個動作下的狀態如表 23 所示：

表 23 變異點狀態對照表

動作	變異點資料狀態
匯入	未通報
通報後	待回報
回報後	已回報

2.使用者自行新增變異點

通常為現場查核時另外發現之變異點，勘查完畢後至系統登打資料，故人工新增變異點之資料狀態直接為已回報。

(二)變異點管理功能

1.新增變異點（使用者自行新增）

提供現場查核人員新增系統尚未通報之變異點，並上傳現場影像資料，填寫完畢後點選新增即可儲存提供查詢修改，如圖 60 所示。

林地變異點分析直核系統 變異點匯入及存儲 變異點管理 報表產製 通報管理 user您好 登出

變異點內容

變異點年度： 103 變異點類別： 4

變異點中心座標(TWD97)：

第一點： 121.169991 24.672130 300

第二點： X Y Z

土地利用現況： 闊葉樹林型

1/5000圖幅： 編號 XXX_XXX-XX 名稱 尖石

變異點面積(公頃)： 13

現況描述： 目前為草生地

上傳現場影像

其他

查核人員： weting 查核日期： 2014-10-02

查核單位： 新竹林區管理處 竹車 竹車

新增 清除

輸入完畢後可選擇新增/清除功能

圖 60 新增變異點

2.修改變異點

提供系統內已回報之變異點修改與刪除功能(包含由檔案匯入或使用者自行新增之變異點)，可依照變異點年度期別、變異點編號、林管處別與是否為變異點等條件進行篩選，如圖 61 所示。

輸入條件查詢變異點後，選擇修改會在畫面下方帶入該筆資料的內容以供修改，選擇刪除會跳出確認視窗。變異點狀態為已回報之變異點資料，若變異點來源為模組檔案匯入，可修改現地勘查的欄位；若變異點來源為使用者自行新增，則可修改人工新增的所有欄位，如圖 62 所示。

林地變異點分析查核系統 變異點匯入及查核 變異點管理 報表產製 通報管理 user您好 登出

變異點年度： 變異點期別：

變異點編號： 林管處名稱：

是否變異點：

變異點搜尋條件

變異點編號	變異點來源	所屬林管處	所屬工作站	是否為變異點	處理情形	
784	模組產生	東勢林區管理處		是	未通報	修改 刪除
800	模組產生	東勢林區管理處		是	未通報	修改 刪除
801	模組產生	東勢林區管理處		是	未通報	修改 刪除
802	模組產生	東勢林區管理處		是	未通報	修改 刪除
803	模組產生	東勢林區管理處		是	未通報	修改 刪除
804	模組產生	東勢林區管理處		是	未通報	修改 刪除
805	模組產生	東勢林區管理處		是	未通報	修改 刪除

1

變異點搜尋結果

圖 61 修改變異點-篩選變異點

變異點內容

變異點編號：805 是否為變異點： 是 否

變異點中心座標(TWD97)：

第一點：

第二點：

現況描述：

選擇檔案 未選擇任何檔案

圖 62 修改變異點-編輯回報欄位

3.通報變異點

提供以變異年度、期別與林管處進行查詢，查詢後會依條件帶入尚未通報的所有變異點。可任意勾選單筆通報，亦可使用全選進行通報，如圖 63 所示。通報後該變異點所屬林管處會收到 E-MAIL 通知，並提供被通報之變異點之 SHP 與變異點所在範圍的前後期影像截圖為附件，如圖 64 所示。

序號	疑似變異點編號	所屬林管處	所屬工作站	所屬事業區
1	784	東勢林區管理處		
2	800	東勢林區管理處		
3	801	東勢林區管理處		大甲溪
4	802	東勢林區管理處		
5	803	東勢林區管理處		
6	804	東勢林區管理處		大甲溪
7	829	東勢林區管理處		大甲溪
8	845	東勢林區管理處		
9	846	東勢林區管理處		大甲溪
10	847	東勢林區管理處		

圖 63 通報變異點

變異點資料通報 收件匣 x

林務局變異點通報系統 <vivian0431@gmail.com> 10月20日 (8天前) ☆

寄給 z eru、我、junwei

變異點資料如附件

variation.zip

圖 64 通報信件與附件

4.回報變異點

林管處收到通報之E-Mail後即可分派工作站人員前往現場查核，查核成果於現階段將以紙本方式回報，農航所於收到現場回報資料後，即可進行變異點回報資料登錄；系統提供依據變異點年度、期別、變異點編號、事業區名稱、林班編號與小班編號等條件查詢待回報之變異點，如圖 65 所示。回報內容包含變異點中心座標、土地利用現況、1/5000 圖幅、變異點面積 (ha)、現況描述與現地照片、查核人員與時間等，如圖 66 所示。

序號	疑似變異點編號	所在位置-事業區名稱	所在位置-林班編號	所在位置-小班編號	回報
1	770	文山	0	0	回報
2	771		0		回報
3	773		0	0	回報
4	774		0	0	回報
5	775		0	0	回報
6	785	烏來	31	16	回報

圖 65 回報變異點

變異點內容

變異點編號：770

是否為變異點： 是 否

變異點中心座標(TWD97)：

第一點：

第二點：

土地利用現況：

1/5000圖幅： 名稱

變異點面積(公頃)：

現況描述：



選擇檔案 images.jpg



選擇檔案 images (1).jpg

其他

查核人員：

查核日期：

圖 66 回報變異點-編輯內容

五、報表產製

本功能提供依年度、期別進行變異點報表之產製。可依照變異點編號、處理情形、林管處、工作站與事業區等條件查詢特定年度與期別之變異點資料，並可將變異點匯出單一變異點報表與年度期別總表如圖 67 所示；單一變異點報表主要提供給現場勘查人員至現場方便填寫，如圖 68 所示，而總表則是匯出所有變異點之內容，以供林務局及農航所參考，如圖 69 所示。

林地變異點分析查核系統 變異點匯入及吞出 變異點管理 報表產製 通報管理 帳號管理 測試員您好 登出

查詢條件

變異點年度： 103 變異點期別： 1

變異點編號： 處理情形： 全部

林管處名稱： 全部 工作站名稱： 全部 事業區名稱： 全部

查詢 清除

變異點搜尋條件
變異年度與期別為必要查詢條件

匯出總表 年度期別總表匯出

序號	變異點編號	變異點來源	所屬林管處	所屬工作站	是否為變異點	處理情形	匯出
1	770	模造產生	屏東林區管理處		是	待回報	匯出
2	771	模造產生	屏東林區管理處		是	待回報	匯出
3	772	模造產生	嘉義林管處		是	未通報	匯出
4	773	模造產生	屏東林區管理處		是	待回報	匯出
5	774	模造產生	屏東林區管理處		是	待回報	匯出
6	775	模造產生	屏東林區管理處		是	待回報	匯出
7	776	模造產生	花蓮林區管理處		是	待回報	匯出
8	777	模造產生	花蓮林區管理處		是	待回報	匯出
9	778	模造產生	南投林區管理處		是	待回報	匯出
10	779	模造產生	南投林區管理處		是	待回報	匯出

單一變異點報表匯出

1 2 3 4 5

圖 67 變異點報表產製

圖 69 年度期別變異點總表

六、通報管理

提供設定八大林管處於通報變異點功能需收到相關通報資料之人員電子信箱，如圖 70 所示。

林地變異點分析查核系統 變異點匯入及查尋 變異點管理 報表查詢 通報管理 帳號管理 測試員您好 登出

台東林區管理處：
junwei@kingwaytek.com ✕

東勢林區管理處：
junwei@kingwaytek.com ✕

花蓮林區管理處：
junwei@kingwaytek.com ✕

南投林區管理處：
junwei@kingwaytek.com ✕

屏東林區管理處：
junwei@kingwaytek.com ✕

新竹林區管理處：
junwei@kingwaytek.com ✕

嘉義林區管理處：
junwei@kingwaytek.com ✕

屏東林區管理處：
junwei@kingwaytek.com ✕

儲存

輸入各管理處人員E-mail

輸入完成後即可儲存

圖 70 通報管理

七、帳號管理

本功能僅提供系統管理者使用，可進行帳號新增與編輯功能，如圖 71 至圖 73 所示。

林地變異點分析查核系統 變異點匯入及套疊 變異點管理 報表產製 通報管理 帳號管理 測試員您好 登出

新增帳號 編輯帳號

姓名

帳號

密碼

信箱

權限 一般使用者 管理者

新增帳號

輸入帳號資料並選擇權限

輸入完成後即可新增

圖 71 帳號管理-新增

林地變異點分析查核系統 變異點匯入及套疊 變異點管理 報表產製 通報管理 帳號管理 測試員您好 登出

新增帳號 編輯帳號

帳號名稱	姓名	E-Mail	
user17	使用者17	user17@gmail.com	編輯 刪除
user18	使用者18	user18@gmail.com	編輯 刪除
user19	使用者19	user19@gmail.com	編輯 刪除
user2	使用者2	user2@gmail.com	編輯 刪除
user20	使用者20	user20@gmail.com	編輯 刪除
user22	使用者22	user22@gmail.com	編輯 刪除
user23	使用者23	user23@gmail.com	編輯 刪除
user24	使用者24	user24@gmail.com	編輯 刪除
user25	使用者25	user25@gmail.com	編輯 刪除
user26	使用者26	user26@gmail.com	編輯 刪除

選擇編輯或刪除

« < 2 3 4 5 6 > »

圖 72 帳號管理-選擇帳號

林地變異點分析直核系統 變異點匯入及套疊 變異點管理 報表產製 通報管理 帳號管理 測試員您好 登出

新增帳號 編輯帳號

權限 一般使用者 管理者

帳號 user17

姓名
使用者17

信箱
user17@gmail.com

修改 取消

編輯完成後儲存或取消編輯

圖 73 帳號管理-編輯帳號

八、需求說明

一 軟體規格

作業系統：Windows Server 2012 R2

資料庫：PostgreSQL, ArcSDE

需支援瀏覽器：IE9 以上, Chrome, FireFox

二 硬體設備

一般的 2U Server、16 cores 以上、16G RAM 以上、300GB 以上的 HDD 空間

陸、結果與討論

一、影像前處理

(一)正射糾正

本研究採用 Level 2 福衛二號多光譜態衛星影像進行，以使用已具座標系統之 2012 年全臺福衛二號鑲嵌影像為參考影像為基期，利用 Erdas IMAGINE AutoSync 分析影像上空間特徵，以固定大小視窗自動進行蒐尋及進行特徵匹配產製大量的相對位置空間座標，配合數值地形模形(DEM)，於 ERDAS Imagine Photogrammetry Suite 進行正射糾正，幾何糾正結果 RMSE 值約 5.04 至 5.28 m，標準差 1.86 至 2.14 m，正射糾正結果平均誤差小於 1 個像元。本研究最小變異點為 0.02 ha，平均誤差小於 3 個 pixel 即可符合判釋之需求。

研究過程中以 IMAGINE AutoSync 利用空間特徵，產製大量的相對位置空間座標，節省人工選點的時間，能快速的產製高品質正射影像。計畫中並嘗試以 Level 1A 進行影像正射糾正，由於 Level 1A 影像僅進行過輻射校正，未轉成北向(圖 74)，不具正確之空間座標，無法利用自動匹配產製相對座標的方式進行正射糾正作業，在處理流程上較複雜，將花費較多的時間。

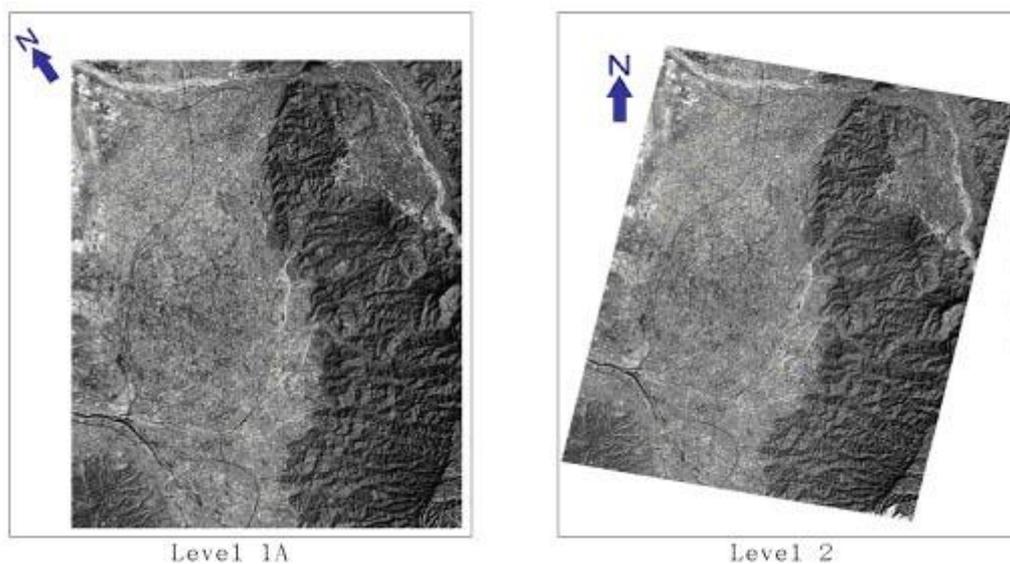


圖 74 Level 1A 影像與 Level 2 影像空間之差異

(二)相對幾何校正

計畫中進行之影像前處理包括有影像幾何校正、輻射校正等，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 2 m 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。

然而由於山區區域誤差會較大，在進行相對幾何校正後，即使是些微的改進對於結果的正確性仍會有一定的助益，以 IMAGINE AutoSync 利用空間特徵，產製大量的相對位置空間座標進行幾何校正，能節省相當多的時間與人力，並可減少後續專家檢視時的時間。

(三)輻射校正

本研究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 75)，對於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穩定性不佳。

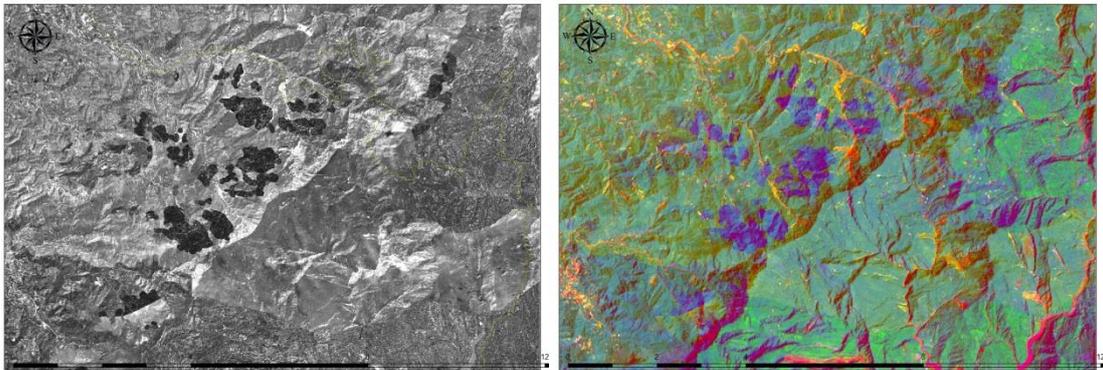


圖 75 影像嵌補對於變遷分析之影響(左 SCVA，右 PCA)

(四)陰影濾除

由於前處理中對於變遷分析影響較大之項目為陰影偵測，又陰影的部份因無光譜反應或光譜反應不明顯，則易造成漏授，加上研究區域皆為山區地形變化大，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，大幅的降低影像之誤授，但相對的則漏授增加，為了降低此問題的影響，計畫中將標準作業流程中陰影遮罩濾除的步驟移至變遷分析階段，以減少可能的變異點在前處理階段就被濾除。

影像品質仍是變異點分析之關鍵，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、角度和衛星狀態相近之影像，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、林地變異點偵測方法建立與修正

本研究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 的變遷偵測結果亦會將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誤授變異點(如圖 76)，而前人研究中提出可先利用圖層將水體或濕地濾除，藉以提高 dNDVI 變遷偵測能力(Hu *et al.*, 2004；鄧淑萍, 2010)

本研究為探討不同尺度福衛二號衛星影像於林地變遷監測之差異，透過 2 m 與 8 m 解析度之影像進行比較，研究結果發現以 dNDVI 進行變遷偵測 8 m 多光譜影像總體準確度均略高於 2 m 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 2 m 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。

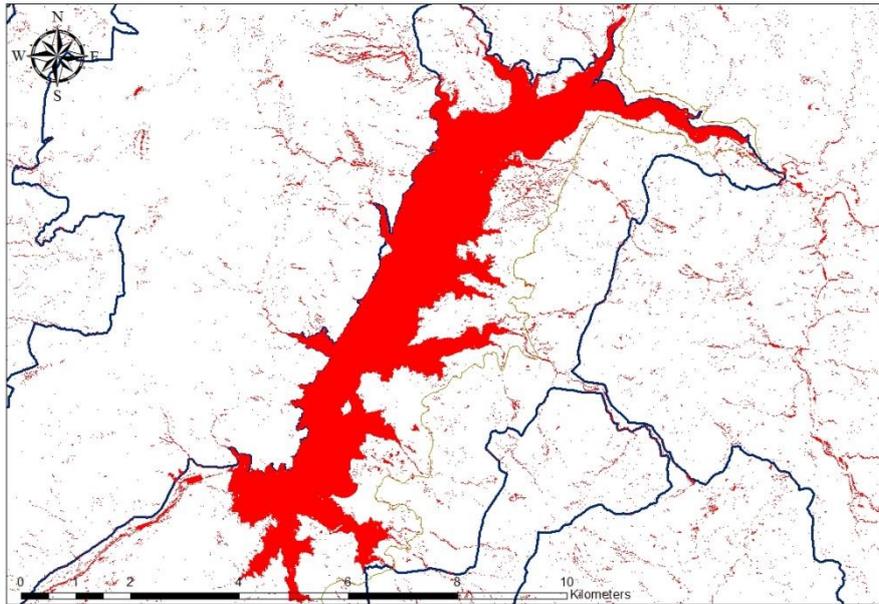


圖 76 dNDVI 偵測曾文水庫區域為變遷區域

陰影影響變異點判釋成果甚鉅，且濃淡深淺不一，不容易全部去除(圖 77)，計畫中為了減少陰影造成的影響，以確定變異區域做為訓練樣區，以監督式分類法將影像分為變異區域與非變異區域兩類，由影像源頭即避開陰影的影響，輔以 dNDVI 法分析，選取植生下降的區域，兩者做交集後，選出之區域為疑似變異點，再以陰影遮罩過濾，以 2 道門檻的方式降低陰影的影響。

本研究原標準作業流程中條件濾除階段進行變異點回饋以增進變異點準確度，然初期樣本數少不易找到關鍵的變異點判釋條件進行修正；目前改以利用監督式分類之方式，以變異區域為訓練樣本進行分類，除了可避免掉許多的雜訊及陰影，且以變異區域為訓練樣本，在變異點進行現場檢核後，可以由影像上不斷以目標變異區域之亮度值(DN)回饋給影像林地變異點分析使用，俾益變異點分析工作，另外一方面可以累計變異點光譜資訊，建立變異點光譜資料庫，在未來能夠有更多的應用。



圖 77 影像上判釋得到的陰影

三、變異點篩選標準作業流程

(一)標準作業流程建立

本研究原擬以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，尚難透過簡易之分析方式將上述植生類別分類，因此建議對於各種土地利用類型特別是植生部分，可透過標準作業流程反覆操作篩選，並藉由長期的檢核與回饋資料，以建立地真光譜資料庫做為外來判釋時之應用。

本研究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，可判釋得到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，以開墾地變異行為探討結果，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，俾益判釋正確率增加。

(二)標準作業流程(SOP)之改善

標準作業流程(SOP)之改善上，計畫中將林地變異點分析模組進行修正，在分析前期，在網格式資料處理上，以 dNDVI 法、監督式分類法及陰影濾除，削減掉大量的不必要資訊，保留正確的變異點資料，再轉換為向量式資料進行條件濾除及後續相關作業，有效的減少嵌塊體的數量，提升模組運行的效率。

在 Vector 的部分以調整濾除的順序方式，以先濾除不可能出現變異點區域，由水系及崩坍地的部分，牽涉到較多的嵌塊體數量的部分先濾除，效果顯著，也避免掉在早期階段就將可能是變異點的區域濾除掉。

(三)應用遙測光譜指標於林地變異點判釋

本研究利用福衛二號影像發展相關適用於林地變異點分析之因子與門檻值，以減少標準作業流程中既有空間資料的使用，以減少空間資料與現況不符造成的判釋錯誤為目標。研究中參著統計值之方式進行變遷分析，結果發現此方法進行變遷分析，所得變異區域之形狀與實際變異區較為接近，因此面積之計算也較準確，對於後續之變異點之篩選作業，在面積篩選上，能夠得到更精確之結果。由於上述方法不易應用於自動化變異點分析上，且分析過程需耗費較多的時間，因此本計畫改採用，以 dNDVI 法與監督式分類法兩者相輔助的方式

進行林地變異點判釋，分析效率較高，且能有不錯的成果。

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。

(一)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罩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。而計畫中為了避免在陰影濾除時就將變異點資訊濾除，造成過多漏授，計畫中將陰影濾除的步驟調整至標準作業流程較後方執行。

(二)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。

(三)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。

(四)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。

柒、結論與建議

- (一)本研究透過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與監督式分類法，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，2014 年第一期變異點分析成果共 11 點，第二期 7 個變異點。
- (二)本研究進行影像前處理對於林地變異點分析之評估顯示，由影像源頭即控管資料品質，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。
- (三)變遷分析方法採用常態化植生指標差值法(dNDVI 法)，於林地變異點判釋穩定性及準確率最高。計畫中結合監督式分類法，以已知變異點為訓練樣區，進行變異點判釋，有相當之成效。計畫中進行變異點門檻值分析，分析開墾變異點的面積，與農地距離，崩坍地、水系與坡度，以及道路及人工建物距離等，建立變異點條件過濾門檻值標準。計畫中依據標準變異流程建立相關模組，藉由模組進行自動化的變異點分析，並藉由變異點檢核及反饋機制，可以提升模組之準確性及正確性。
- (四)研究中建立林地變異點分析查核系統，其中包含了報表產製模組以及通報模組，並可以透過系統管理判釋所得之變異點資料，未來可以進一步結合林地變異點通報流程及反饋機制，透過網路即時進行通報及反饋的功能。

二、後續規劃與發展建議需求

- (一)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，未來可藉由林地變異點判釋流程及反饋機制的不斷重複操作，累積變異點巨量資料，建立變異點及相關土地利用類型光譜資料庫，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，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。
- (二)計畫中將透過變異點分析流程不斷的操作與回饋降低疑似變異點判釋的誤授率，並藉由林務局歷史變異點資料，增加變異點與管理能量、道路種類及其它空間因子之相關性分析，以降低漏授率至 5% 以下。
- (三)除福衛二號衛星影像，進一步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)計畫中建立林地變異點分析查核系統，目前包括了變異點管理、報表產製、通報管理等功能，未來可進一步整合單機版的林地變異點分析模組於線上，將林地變異點標準作業流程整合於林地護管系統中，未來可藉由林務局 Google Earth 系統或整合內政部 TGOS 服務平台，以 WEBGIS 的方式進行衛星影像及變異點的管理、檢視、分析及回饋等功能。
- (五)影像接收與分析頻度的增加有助於降低雲與陰影對於疑似變異點判釋之影響，並且可以增加疑似變異點的樣本數，回饋予系統修正，這邊應與各林管處之使用者建立良好溝通管道，以確保現場查核結果之反饋效果，強化本計畫之分析流程與經驗。

捌、參考文獻

- 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臺灣全島崩塌地判釋與災害分析。航測及遙測學刊 17(1):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。國立臺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頁。
- 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，清雲科技大學與中華民國地球物理學會主辦。桃園:清雲科技大學。
- 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。
- 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 accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment. 37(1): 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., C. He. Gong, R. Pu, and P. Shi (2003) Land-use/land-cover change detection using improved change-vector Analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 69(4): 369-379.
- Crapper, P. F., and K. C. Hynson (1983) Change Detection Using Landsat Photographic Imagery, Remote Sensing of Environment. 13(4):291-300.
- Chen, Y., D. Wen, L. Jing, and P. Shi (2007) Shadow information recovery in urban

- areas from very high resolution satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 28(15): 3249–3254.
- Dare, P. M. (2005) Shadow analysis in high-resolution satellite imagery of urban areas. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 71(2):169-177.
- 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(3): 326-335.
- Garcia-Haro, F. J., M. A. Gilabert, and J. Melia (2001) Monitoring fire-affected areas using thematic mapper data. *International Journal of Remote Sensing*. 22(4): 533-549.
- Jensen, L.B., J. L. Ramos, Z. Kaneva, and S. Molin (1993) A substrate-dependent biological containment system for *Pseudomonas putida* based on the *Escherichia coli* *gef* gene. *Applied and Environmental Microbiology*. 59(11): 3713-3717.
- Larry, R.G. Martin, and Philip J. Howarth (1989) Change detection accuracy assessment using spot multispectral images of the rural-urban fringe. *Remote Sensing Environment*. 30(1): 55-66.
- Li, Y., P. Gong, and T. Sasagawa (2005) Integrated shadow removal based on photogrammetry and image analysis. *International Journal of Remote Sensing*. 26(18): 3911–3929.
- Hu, Y., S. M. De Jong, and R. Sluiter (2004) A modeling-based threshold approach to derive change/no change information over vegetation area. *Geoinformatics 2004 Proceedings 12th International Conference on Geoinformatics - Geospatial Information Research: Bridging the Pacific and Atlantic*, University of Gavle, Sweden.
- Mas, J. F. (1999) Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*. 20(1): 139-152.
- Nagao, M., T. Matsuyama, and Y. Ikeda (1979) Region extraction and shape analysis in aerial photos. *Computer Graphics and Image Processing*. 10(3): 195-223.
- Rau, J. Y., N.Y. Chen, and L. C. Chen (2002) True orthophoto generation of built-up areas using multi-view images. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 68(6): 581–588.

- Richards, J. A. (1984) Thematic mapping from multitemporal image data using the principal component transformation. *Remote Sensing of Environment*. 16(1): 35-46.
- Sarabandi, P., F. Yamazaki, M. Matsuoka, and A. Kiremidjian (2004) Shadow detection and radiometric restoration in satellite high resolution images. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings*. Anchorage.
- Shackelford, A. K., and C. H. Davis (2003) A combined fuzzy pixel based and object-based approach for classification of high-resolution multispectral data over urban areas. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 41(10): 2354-2363.
- Shu, J. S-P., and H. Freeman (1990) Cloud shadow removal from aerial photographs. *Pattern Recognition*. 23(6): 647-656.
- Shettigara, V. K., and G. M. Sumerling (1998) Height determination of extended objects using shadows in SPOT images. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 64(1): 35-44.
- 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.
- Tsai, V. U. D. (2006) A comparative study on shadow compensation of color aerial images in invariant color models. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 44(6): 1661-1671.
- Wang, B., A. Ono, K. Muramatsu, and N. Fujiwara (1999) Automated detection and removal of clouds and their shadows from Landsat TM images. *IEICE Transactions on Information and Systems*. E82-D(2): 453-460
- Yuan, F. (2008) Land-cover change and environmental impact analysis in the Greater Mankato area of Minnesota using remote sensing and GIS modeling. *International Journal of Remote Sensing*. 29(4): 1169-1184.
- Yao, J., and Z. Zhang (2006) Hierarchical shadow detection for color aerial images. *Computer Vision and Image Understanding*. 102(1): 60-69.

- Zhan, X., R. Defries, J. R. G. Townshend, C. Dimiceli, M. Hansen, C. Huang, and R. Sohlbert (2000) The 250 m global land cover change product from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer of NASA's Earth Observing System. *International Journal of Remote Sensing*. 21(6): 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(8): 1769-1777.

玖、附件

一、期初報告委員意見與回覆

委員意見

1、請於報告書中敘明本計畫偵測之變異點類型。

2、建議本計畫可針對濫墾盜伐熱點區域進行變異點偵測及管控。

3、建議利用資料探勘技術整合現有之 GIS 及林業相關資料，可瞭解不同林區之狀況及差異性，輔助變異點篩選工作。

4、建議以 ISODATA 非監督式分類後之變異點成果，可再進行細部監督式分類，以提高判釋精度。

5、請說明本計畫變異點篩選門檻值設定之依據？不同林區應統一或設定不同之門檻值？

回覆

1、謝謝委員意見，本計畫偵測之變異類型主要為林地轉變為其它人為造成的土地利用類型。

2、謝謝委員意見，計畫中將向相關單位申請濫墾盜伐熱點區域及變異點熱點進行相關性分析。

3、謝謝委員意見，計畫中將利用第四次森林資源調查及相關空間資料進行相關統計分析，以了解不同林區狀況及差異性。

4、為了發展全自動變異點自動分析系統，採用 ISODATA 非監督式分類系統，未來將利用變異點回饋資訊調整分析門檻值，以提高判釋準確度。

5、計畫中以 2013 年計畫執行大埔事業區之變異點做為門檻值設定之基準。本年度將針對不同林區進行分析，做為篩選門檻值之依據。

委員意見

- 6、請說明變異點偵測成果中，若同一區域分析成數筆資料，通報前應如何加以匯整。
- 7、請說明原始影像之對位、光譜資訊、內容與格式是否符合本計畫之需求。
- 8、建議影像相對幾何校正及後續變異點偵測時，採用同一時期(101年)影像作為基期影像。
- 9、本案有關衛星影像”幾何校正”名詞應修改為”相對幾何校正”。
- 10、計畫中預計使用 ASTER 衛星產製之 DEM 精度較差，建議採用本所現有之 20m DTM 進行影像正射糾正。

回覆

- 6、目前將採取數筆資料分開通報之型式，未來將嘗試將在同一位置上的變異點整合成一個變異點再通報。
- 7、本計畫取得之影像為 Formosat 2 Level 2 影像。Level 2 等級影像為影像經過輻射校正處理並加入衛星飛行軌道參數計算，投影到指定之地理座標上，欲應用相關影像資料需進行正射糾正處理(加入地面控制點與高程資料)並將影像投影至指定座標系統，以及後續前處理作業始可進行應用。
- 8、如委員指示，計畫中以(101年)影像作為基期影像，進行正射糾正及相對幾何校正。
- 9、如委員指示，將”幾何校正”名詞修改為”相對幾何校正”。
- 10、謝謝委員意見，考量到產製 DEM 產製資料時間，將採用時間較新的 ASTER 衛星產製之 DEM 進行影像正射糾正。

委員意見

- 11、 “大地基準及一九九七座標系統 2010 年成果” 其空間尺度較適用於航空照片幾何校正，而非適用於衛星影像幾何校正。
- 12、 請說明衛星影像進行正射糾正後，是否需要再以多項式轉換進行幾何校正。
- 13、 請說明衛星影像之雲霧區域後續如何處理，是否有替代方案。
- 14、 有關團隊自行檢核 10%變異點成果作業，建議可選擇高潛勢區域施行。
- 15、 建議先與各林管處進行變異點現場查核作業之行政協調工作；另是否規劃針對前述清查結果進行複查。
- 16、 建議本計畫變異點偵測系統建置時，可接收內政部營建署土地利用變遷系統之通報資料。

回覆

- 11、 謝謝委員指示，計畫將採用 1997 臺灣大地基準(TWD97)坐標系統做為衛星影像校正之基準。
- 12、 衛星影像進行正射糾正後，需要再以多項式轉換進行幾何校正，如 P12。
- 13、 計畫中將以 3 期影像進行分析，其目的為將影像上非固定之變異濾除。計畫中將以提高時間解析度來解決衛星影像上雲霧的問題。
- 14、 如委員指示，選擇高潛勢區域施行。
- 15、 謝謝委員意見，變異點現場查核作業將由林務局進行，本計畫將進行 10%變異點查核作業。
- 16、 謝謝委員意見，將參酌納入系統規畫之中。

委員意見

- 17、 有關本計畫雲端資料庫規劃及未來系統架構部份，請於期中報告提出，並說明如何與本所現有系統串接。
- 18、 建議可向林務局索取過去變異點相關案例，可輔助本計畫變異點門檻因子之分析工作。
- 19、 本計畫變異點偵測標準作業流程(SOP)應不斷修正及驗正，確認是一套標準作業流程，不需每次人為介入調整。
- 20、 不同區域應有不同之變異點偵測標準作業流程(SOP)，不太可能全臺灣適用同一套標準作業流程。
- 21、 變異點判釋成果必須驗正，並進行全臺隨機抽樣現場勘查工作。
- 22、 各期找出的所有變異點，建議可先將未經限制條件過濾的變異點，就其分布也給予探查，是否數量上有集中在特定樹種之情況，或許能讓衛星影像監測對森林病蟲害產生預警用途。

回覆

- 17、 如委員意見，已納入期中報告第三章第四項。
- 18、 如委員指示，目前本計畫參考營建署及水利署之變異點查報機制，藉以輔助本計畫進行。
- 19、 如委員指示，未來林地變異點分析系統中將加入回饋機制，供系統自我修正及調整。
- 20、 如委員指示，本計畫下階段目標為分析不同區域之變異點門檻值標準。
- 21、 如委員指示，本計畫在分析完成後將自行抽查 10%樣點，分析所得之變異點並將由農林航空測量所轉林務局，請各林區管理處查察。
- 22、 如委員指示，未來將進一步探討其可能性。

委員意見

- 23、 林務局反應計畫核心目的是要清理國有林班地中放領地違規的向，故建議先選取核心的目標區域，作為變異或違規的主要區域。
- 24、 對於林班地放領違規的類型與區位要進行瞭解，是否能找出潛勢區與違規類別的判釋特徵。
- 25、 對於未來查報的工作要確認判釋正確性不可太低，會引起反彈。
- 26、 建議對於查報匯來的資料要抽樣複查。
- 27、 工作書 P43 的第 1 段第 3~5 行與同段第 9~12 行文字內容重覆，請修正。

回覆

- 23、 本計畫本年度目標為清查全省國有林班地之林地變異點，進一步提高林地變異點分析之準確性。
- 24、 如委員指示，未來將進一步探討其可能性。
- 25、 如委員指示，計畫初期將，緊縮門檻，減少誤授，以提升正確率為準，後期則調整門檻值，減少漏授為主。
- 26、 如委員指示，未來將對於查報匯來的資料抽樣複查。
- 27、 如委員指示修正。

二、期中報告委員意見與回覆

委員意見

回覆

1. 請強化報告書內容中理論結構部份。
 2. 請於報告書中敘明本計畫研究之重點區域及對象，並建議可針對該區域優先進行變異點偵測作業。
 3. 請說明衛星影像前處理時是否進行影像融合步驟，若無，請修正報告書中之流程圖。
 4. 建議使用 L1 影像進行正射糾正處理，以提高糾正精度。
 5. 請說明簡報內容 P5 以 102 年影像為基期之原因，另建議影像相對幾何校正應採用 101 年影像作為基期影像。
 6. 影像相對幾何校正精度將影響變異點判釋結果，建議校正時可先剔除誤差較大之點位，另請於報告書中敘明如何強化校正精度。
 7. 建議可將原始衛星影像先分離出 R 及 NIR 兩波段後，再進行變異點分析，以提高資料處理效能。
 8. 利用 dNDVI 法進行影像變遷分析後之結果，應無法再使用 ISODATA 進行分類。
1. 如委員指示修正。
 2. 如委員指示修正，補充於(四)內政部營建署相關計畫差異性分析，計畫目標與執行範圍，如 p36。
 3. 如委員指示修正。
 4. 計畫所取得之影像為 L2 影像，感謝委員意見。
 5. 感謝委員指正，筆誤，已修正為 102 年。
 6. 感謝委員意見，補充內容於 p33
 7. 感謝委員意見。
 8. 感謝委員意見，計畫中於期中報告嘗試利用統計值之方式進行變遷分析作業，如 p21。

委員意見

9. 請說明變異點篩選條件中，設定”濾除崩塌地及其周邊 80m 內之變異點”之依據。
10. 請於報告書中敘明變異點與谷線及稜線之空間關係，及稜線之圖層應如何製作。使用不同精度 DEM 製作之圖層亦有差異，建議可以比較 ASTER 衛星 (30m) 及所裡 DEM(20m) 產製之圖層成果有何差異。
11. 請說明利用 ESRI ArcGIS 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之依據為何。不同地形之集流面積大小也不同，建議應設定不同之篩選門檻值。
12. 坡度及坡向可當作分類準則，不同林相之 dNDVI 門檻值也會有差異，建議依照不同坡度、坡向及林相等條件，分別區分為不同區域進行變異點分析，並挑選一小範圍進行測試。

回覆

9. 感謝委員意見，80 m 依據本計畫於 102 年執行農委會林務局農林航空測量所委託「福衛 2 號衛星影像於林地變異點之監測」所得之成果。
10. 感謝委員意見，稜線之圖層為谷線圖層之負數。未來將進一步探討使用不同精度 DEM 製作之圖層之差異。
11. 如委員指示，未來將進一步依據 7 個分區進行水文分析。
12. 如委員指示，未來將進一步探討其可能性。

委員意見

回覆

13. 請於報告書中敘明利用福衛 2 號各條帶影像進行影像分析時，如遇雲覆將產生無資料地區，應如何解決及其作業方式。
 14. 請於報告書中敘明林地變異點自動分析模組之開發工具。
 15. 請說明系統資料庫建置時是否需使用到 ArcSDE 軟體。
 16. 有關係統角色權限部分，建議林管處可自行編修其轄區工作站之回報資料，另請說明林管處及工作站之通報機制。
 17. 建議本計畫變異點偵測成果之精確度評估應明確化，除原計畫中變異點判釋成果外，應納入林管處人員查報之新增變異點資料。
 18. 建議彙整林管處歷史之違規案例，除可歸納違規類型，並建立重點查報區域，另雲覆區域亦為後續之查報重點。
 19. P43 及 P44 變異點報表請使用今年度影像作為範例。
13. 如委員指示，補充於 p23。
 14. 如委員指示，本模組採用 ArcGIS Model Builder 編成。
 15. 如委員指示，計畫中目前將使用 ArcSDE 軟體，未來如何進行將持續與主辦單位討論。
 16. 感謝委員意見，林管處及工作站之通報機制，將持續與主辦單位討論。
 17. 感謝委員意見。
 18. 感謝委員意見。
 19. 如委員指示修正。

委員意見

回覆

- | | |
|---|-------------------------|
| 20. 報告書內容中同音字誤植之情形請修正，如 P51，“與”字請修正為“予”字。 | 20. 如委員指示修正。 |
| 21. 第一期變異點偵測成果中，有圖示重複、變異點標示重複及變異點區域於前後期影像產生位移等情形，請修正。 | 21. 如委員指示修正。 |
| 22. 請於報告書中敘明本計畫目前執行上所遭遇之困難，及其解決之方式。 | 22. 如委員指示修正，補充於 p.。 |
| 23. 建議本計畫成果應設法提高細緻性，並增加變異點判釋之精度及正確性，以符合林務局要求。 | 23. 如委員指示，未來將進一步探討其可能性。 |
| 24. 建議俟系統成果穩定後，可加入保安林地範圍進行試作。 | 24. 如委員指示，未來將進一步探討其可能性。 |

三、工作會議委員意見與回覆

1. 請說明本計畫影像正射糾正之精度；前後期影像參考基期影像進行自動正射糾正處理後，是否需再進行相對幾何糾正程序。
1. 本計畫影像正射糾正之精度如表 5，幾何糾正結果如表 6。計畫中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 值仍有提升，如 p.31 表 7 及表 8。
2. 請說明本計畫陰影區域偵測之精度，建議可比對成功大學執行本所「運用光學衛星影像於全島崩塌地判釋與災害分析」計畫之陰影分析結果。
2. 本計畫依據前人研究以亮度值及雙峰值法進行陰影之濾除，主要目的為快速的濾除大部分的地形陰影，其精度在 95% 以上。
成功大學執行「運用光學衛星影像於全島崩塌地判釋與災害分析」計畫以主成分分析法之第一主成分做為門檻值陰影，兩計畫所使用之影像時間不同，陰影位置無法做精度比較。
3. 變異點篩選門檻值因位處不同地區具有差異性，建議彙整各林管處現地勘查後之反饋資料，再調整適合之地區性門檻值。
3. 計畫目前以已知變異點區域做為訓練樣本作為回饋機制，各林管處現地勘查後，可以持續的進行更新，以及累計地真光譜資料，如 p. 67。
4. 請將變異點範圍判釋及面積計算方式敘明於變異點偵測方法中。
4. 計畫中變異點範圍判釋為 dNDVI 值為正值的區域與監督式分類結果交集，濾除陰影後，以 ARCGIS Raster to polygon 方式產製，如 p.46。面積計算方式如表 16，由系統產製。

5. 請說明若由本所同仁依據研究團隊提供之變異點篩選標準作業流程進行分析，是否可得到相同之變異點資料。
6. 建議應提升變異點判釋系統之準確性及依賴度，以減少人工檢視及現地查核所費之人力。
7. 除合約規範之變異點報表產製及通報模組外，建議相關輔助模組及帳號管理等工具應納入於本計畫繳交成果中。
8. 本計畫為判釋植生間之差異，建議建立各樹種於福衛二號影像之光譜特徵資料(指紋圖)及其資料庫，以比對不同時期影像間指紋圖差異性，輔助植生變異分析。
9. 建議未來各林管處變異點查報業務之承辦人員，應熟悉本計畫分析查核系統之操作方式。
10. 請修正簡報內容中之錯別字，如 P4，”輻”射糾正；P6 ， ERDAS Imagine Photogrammetry “Suite” ；P14，陰影遮罩”。
11. 請修正變異點展示比對圖之前後期影像方位，如變異點 08 及 09。
5. 本計畫建立標準作業流程及相關模組，如 p.51 至 p.57，依據相關模組操作可產生相同之結果。
6. 計畫中修正林地變異點判釋標準作業流程，提高準確度，目地為減少人工檢視及現地查核之人力，如 p.51
7. 本計畫將相關輔助模組及帳號管理等工具納入於本計畫繳交成果中。
8. 本計畫中設計有反饋機制，在反覆操作後可建立光譜特徵資料(指紋圖)及其資料庫，如 p. 67。
9. 計畫於 12/4 將舉辦教育訓練。
10. 依委員意見進行修正。
11. 依委員意見進行修正。

12. 請修正簡報內容 P39 變異點 12.依委員意見進行修正。
報表有誤之影像日期。

四、期中報告委員意見與回覆

1. 請加強報告書內容，應包含先前研究成果、針對本次會議之研究進度及新增成果、計畫預期效益及前瞻性，並納入林地變異點分析查核系統等相關內容。
 2. 請敘明本計畫研究之重點區域及類別，建議可針對前述區域優先進行變異點偵測作業。
 3. 請於報告書中彙整利用林地變異點偵測標準作業流程進行判釋時，常遭遇之問題、解決方法及注意事項等內容。
 4. 請說明本計畫研究成果如何與林務局之實務接軌。
 5. 請敘明研究方法之常態化植生指標差值法(dNDVI)參照影像統計值進行變異點分析的理論基礎；另建議可選取 dNDVI 值不變區域作為後續分析之參考依據。
 6. 請於報告書中敘明變異點之篩選方法。
 7. 衛星影像如有跨條帶或鑲嵌情形時，建議先進行影
- 1、增加相關內容於結案報告中。
 - 2、本計畫之重點區域為國有林班地內林森林地轉變為其它農作地之變異。計畫中針對上述區域進行變異點偵測作業。
 - 3、彙整利用林地變異點偵測標準作業流程進行判釋時，常遭遇之問題、解決方法及注意事項等內容於 p. 100。
 - 4、計畫研究成果將利用林地變異點通報流程及反饋機制與林務局之實務接軌
 - 5、補充研究方法之常態化植生指標差值法(dNDVI)參照影像統計值進行變異點分析的理論基礎如 P.12 及 P. 24-P. 31m
 - 6、變異點之篩選方法如 P. 50-P. 55
 - 7、如委員建議，將先進行影像校正及處理後再行變異點

- | | |
|--|--|
| 像校正及處理後再行變異點判釋作業。 | 判釋作業 |
| 8. 請更正報告書中 ISODATA 分類法為 reclassify 分級法。 | 8、更正報告書中 ISODATA 分類法為 reclassify 分級法，如 P.47 |
| 9. 建議變異點自動化判釋成果應套疊最新之正射或衛星影像進行人工輔助判釋，以排除誤授區域。 | 9、如委員建議，變異點自動化判釋成果套疊最新之正射或衛星影像進行人工輔助判釋 |
| 10. 因 Google Earth 影像精度有誤差，建議本計畫之變異點成果勿與前述影像進行套疊。 | 10、如委員建議，本計畫之變異點成果盡量避免與前述影像進行套疊。 |
| 11. 請說明本計畫是否進行影像灰度值之校正工作。 | 11、本計畫無進行影像灰度值之校正工作。 |
| 12. 請說明本計畫是否考慮物種之物候關係差異，變異分析時可否排除此項變異因素。 | 12、本計畫以 dNDVI 進行變遷分析，物種之物候關係差異不易排除此項變異因素。 |
| 13. 建議針對持續違規之變異點建立基礎資料庫。 | 13、如委員建議針對持續違規之變異點建立基礎資料庫。 |
| 14. 建議針對本計畫成果進行 KPI 指標之量化工作。 | 14、計畫中將對本計畫成果進行 KPI 指標之量化工作。 |
| 15. 建議將最新修正後之林地變異點偵測方法及標準作業流程重新產製變異點判釋成果後，再交由各林管處派員至現場查核並回報查處情形。 | 15、計畫中依據修正後之林地變異點偵測方法及標準作業流程重新產製變異點判釋成果後交由各林管處派員至現場查核並回報查處情形，成果如 P.57-P.66 |

16. 請釐清部分專有名詞定義，如變異正確性 vs 違規查報率，及現地查報 vs 現地複查。
17. 請說明 P25 圖 18 水體變異之偵測方法。
18. 請說明 P33 表 6 現勘成果表編號 11 及 14 二點之前後期衛星影像位置不一致，如何偵測出變異點。
19. P19 圖 8 林地變異區域分析流程圖中，True 誤植為 Ture 請修正。
20. P32 表 5 變異點現勘位置表及 P33 表 6 現勘成果表中之變異點數量及順序應互相對應，且與 P31 現場現場檢核紀錄不符，請修正相關內容。
21. P33 表 6 現勘成果表中，變異點編號 30 重複，請修正。
22. P33、34 表 6 現勘成果表中第一期衛星影像光譜擺放順序錯誤，請修正。
23. P40 內政部國土利用監測計畫中，僅係利用直方圖匹配法校正前後期影像灰度值，非指變異點判釋方法，請修正相關內容。
- 16、 已修正變遷分析後為變異點，條件過濾後為疑似變異點，查核後違規為違規變異點。
- 17、 水體之變異將以相關水系圖層濾除。
- 18、 影像之幾何誤差造成的變異將以人工檢視濾除。
- 19、 修正林地變異區域分析流程圖中文字。
- 20、 修正變異點現勘位置表及勘成果表中之變異點數量及順序
- 21、 修正現勘成果表。
- 22、 修正第一期衛星影像光譜擺放順序
- 23、 內政部國土利用監測計畫相關內容不列入結案報告中。

五、期末報告委員意見與回覆

- 一、 請重新整理報告書之內容順序，清楚定義研究流程，並納入計畫摘要。
 1. 依據變異點篩選標準作業流程過程進行報告書之修正，並加入計畫摘要。
- 二、 請於報告書敘明本計畫變異點及其檢核後正確性之定義，建議可參考水保局變異點計畫成果中「變異點」、「疑似變異點」及「違規點」之名詞作歸納。
 2. 已修正變遷分析後為變異點，條件過濾後為疑似變異點，查核後違規為違規變異點。
- 三、 請於報告書中敘明影像進行相對輻射校正後，訓練樣區之 dNDVI 值於不同年度影像上之差異性。
 3. dNDVI 值為 2 期影像上之差異，疑似變異點之 dNDVI 值如 P. 63。
- 四、 報告書中 p39 圖 28 道路人工建物與開墾變異點距離之統計資料顯示無直接相關，建議可測試變異點與不同種類道路之相關性，作為設定門檻值之依據。
 4. 未來將進一步進行不同種類道路與疑似變異點的相關性測試，並進一步選擇合適的變異點篩選條件，建議如 P. 102。
- 五、 變異點篩選因子中，建議將開墾變異點面積之門檻值，設定為正常範圍及大於正常範圍二類，以免漏授大面積之變異點。
 5. 目前依據標準作業流程進行疑似變異點蒐尋，門檻依據分析結果，以減少誤授為目標，未來在樣本數增加後，加進一步分析，以減少漏授至 5% 以下為目標，建議如 P. 102。
- 六、 針對高管理能量之區域，人為變異機率較低，建議可納入空間過濾因子。
 6. 謝謝委員建議，未來將進一步納入相關空間過濾因子，建議如 P. 102。

- 七、 不同事業區之變異點型態及光譜資訊亦不同，建議蒐集更多數據進行分析，亦可採用林務局歷史變異點資料作為本計畫訓練樣本。
 - 八、 建議利用林務局現有之林相、變異點現場查核結果以及相關合法開發資訊作為變異點分析過濾之參考資料。
 - 九、 因本計畫變異點偵測目標多集中於山區，請說明是否因刪除影像移位區域而漏判小面積之變異點。
 - 十、 山區應納入地形效應處理，另有關雲影及陰影等無法判釋之區域，建議協調林管處人員加強該區域之巡查密度。
 - 十一、 請於報告書中敘明變異點查核結果之回報方式、流程及相關細節。
 - 十二、 本計畫與內政部營建署國土利用監測計畫之差異性比較建議調整於前人研究成果或作為本報告書之附件參考用；另請更新相關內容。
7. 未來在收整及分析更多的違規點樣本後，將有更多的數據以進行分析，建議如 P. 102。
 8. 未來在收整及分析更多的違規點樣本後，將有更多的數據以進行分析，建議如 P. 102。
 9. 計畫中影像在經過相對幾何校正後平均 RMSE 小於 1 個像元，山區會有 2-3 個像元的誤差，誤差面積小於本計畫設定之 0.02 ha。
 10. 影像前處理的部份影響到後續變異點分析作業準確度，未來將會考慮納入地形效應處理。
 11. 補充變異點查核結果之回報方式、流程及相關細節於 P. 68
 12. 本計畫與內政部營建署國土利用監測計畫之差異性比較由本報告中刪除。

- 十三、 林地變異點分析查核系統架構中，因 GEE (Google Earth Enterprise) 已停止維護，請說明其配套措施，另建議可採用內政部開發之 TGOS 服務平台。
- 十四、 請於報告書敘明林務局、各林管處及農航所之實際作業分工，並據其分工設定林地變異點分析查核系統之管理權限及標準作業流程。
- 十五、 林地變異點分析查核系統實為變遷通報用途，應清楚定義，另建議與各林管處之使用者建立良好溝通管道，利用現場查核結果之反饋，強化本計畫之分析流程與經驗。
- 十六、 請說明本計畫變異點判釋技術若使用其他來源之影像進行分析時，其操作方法及流程是否一致。
- 十七、 建議於報告書中納入林地變異點自動分析模組之流程圖及變異點現場查核結果。
- 十八、 建議本計畫應減少變異點判釋之漏授機率達 5% 以下。
13. 未來分析查核系統之 Web GIS 部分將採用內政部開發之 TGOS 服務平台或其它 WebGIS 服務進行整合，建議如 P. 102。
14. 補充變異點查核結果之回報方式、流程及相關細節於 P. 68
15. 林地變異點分析查核系統目前為雛形系統，未來將進一步的整合變異點分析功能於系統中，建議如 P. 102。
16. 計畫中未來若採用其它影像進行變異點判釋，其操作方法與流程一致，建議如 P. 102。
17. 納入林地變異點分析模組之流程圖如圖 39，變異點現場查核結果如表 18 及表 20
18. 感謝委員建議，未來系統將以降低變異點之漏授機率達 5% 以下為目標，建議如 P. 102。

- 十九、建議俟本計畫變異點自動化判釋技術成熟後，應提升偵測報告之產製密度。
- 二十、請就本計畫及本所「運用光學衛星影像於全島崩塌地判釋與災害分析」計畫之整合提供相關建議。
- 二十一、P11 表 3, ”內政部地政司國土測繪中心”請正名為”內政部國土測繪中心”。
- 二十二、P25 圖 9, 除本計畫採用之 dNDVI 變遷分析法外，其餘如 WFM、PCA 及 SCVA 等建議刪除。
- 二十三、P28 圖 11~圖 14, 請針對左、右二成果比較圖加入相關圖資說明。
- 二十四、P29~P32 圖 15~圖 22, 各種變遷分析方法使用之圖例請一致。
- 二十五、P42~P43, 請重新整理變異點門檻值分析之相關內容。
- 二十六、P44~P46, 不同土地利用類型於各林管處轄區內之面積分布建議以百分比表示。(林區間的比較，非林區內的比較)
19. 感謝委員建議，偵測報告之產製密度與影像接收之頻度相關，未來在影像接收頻度增加後可增加報告產製密度，建議如 P. 102。
20. 計畫之整合提供相關建議補充於，建議如 P. 102。
21. 已修正如表 3, 如 P. 10。
22. 變遷分析方法的比較為研究之一部分，計畫中調整研究流程及章節編排，以避免混亂。
23. 補充圖 11-圖 14 左右二成果之圖資說明，如 P. 26。
24. 修正 P29~P32 圖 15~圖 22, 各種變遷分析方法使用之圖例，如 P. 29。
25. 整理變異點門檻值分析內容，如 P. 32 至 P. 39。
26. 不同土地利用類型於各林管處轄區內之面積分布於本報告中移除。

- 二十七、 P44 表 14、表 15，表格格式請重新排版。
- 二十八、 P62 圖 56，請重新檢視監督式分類及資料回饋之流程是否有誤並予以修正。
- 二十九、 P48 圖 36，變異點分析流程部分內容有誤，請修正。(刪除)
- 三十、 P54、P55，圖 48 RGB 三波段之亮度值範圍與表 16 之波段統計值不一致，請修正。
- 三十一、 P105，本計畫係採用 Level 2 影像進行糾正及後續判釋作業，非原文所述 Level 1A 影像，相關內容請修正。
- 三十二、 P125、P130 期初會議紀錄與期中會議紀錄內容重覆，請修正。
27. 重新排版表 14、表 15，如 P. 43
28. 修正變異點分析流程，如圖 40，P. 51。
29. 修正變異點分析流程，如圖 40，P. 51。
30. 修正監督式分類流程之 RGB 亮度值，如圖 31，如 P. 42。
31. 已經修正本影像採用 Level 2 影像進行糾正及後續判釋作業，如 P. 94。
32. 已修正期初會議紀錄與期中會議紀錄內容如附件。