

建立流域影像分類之規則集與其應用之可行性評估

林承翰 莊心凱 林銘郎*

摘要 極端氣候下的災害事件分布廣泛，且相互影響之關聯性易使災害規模擴大，藉由衛星影像判釋具廣域且快速的特色能夠有效協助研擬防災策略。本研究建立一套流域衛星影像分類之規則集，當中引入物件式影像分析方法，使分類流程依據人工判釋之經驗與知識，針對流域影像分類出周邊河川地形單元、崩塌地以及地工災害的位置。實際應用此規則集於不同流域以及不同解析度之衛星影像，透過比對現地勘查資料和計算誤差矩陣來評估其邏輯之可行程度。結果顯示，本研究所建立之規則集邏輯泛用於不同流域、不同影像，且任何使用者之操作經過適當的調整皆具有重現性及相當的判釋精度，提供災害管理、土地利用之深入探討一項工具。

關鍵詞：流域衛星影像、物件式影像分析、規則集、地工災害。

Establishment of the Watershed Image Classified Rule-Set and Feasibility Assessment of Its Application

Cheng-Han Lin Hsin-Kai Chuang Ming-Lang Lin*

ABSTRACT Extreme weather disasters are widely distributed. Moreover, the mutual relations between such disasters can easily make them even more extensive. Rapidly obtained satellite images of vast areas can be effective in helping to develop disaster prevention strategies. This study established a watershed satellite image classification rule-set by using the object-based image analysis methodology. Several surface features in the watershed image were been classified, including main channels, secondary channels, sandbars, alluvial fans, landslides and place of the geotechnical damage. This study practically applied this rule-set in different watersheds and different-resolution satellite image. Also assessed the feasibility of the rule-set by comparing with the investigation photos and statistical analysis. The results show that the rule-set logic can be applied flexibly in different watersheds and different images. The classification of the rule-set is reproducible and accurate. As this result, we can apply the rule-set to disaster management and the land use planning in the future work.

Key Words : Watershed satellite image, object-based image analysis, rule-set, geotechnical damage.

一、前言

民國 98 年 8 月 7 日至 9 日中度颱風莫拉克 (Morakot) 襲台期間，挾帶之西南氣流引發高強度長延時之豪大雨，台灣中南部地區降雨主要集中在 8 日至 9 日期間，於 48 小時內最大累積雨量超過 2000 公釐，此

鉅量之累積雨量造成重要的河川流域內多起災害，包括河道沿岸掏刷、邊坡崩塌、淤積、堰塞湖以及嚴重水患，並引發多處道路中斷、橋梁毀損、潰堤等等的地工災害，其中又以高屏溪、曾文溪、濁水河流域之災情最為嚴重 (林基源，2009；國家科技防災中心，2010；陳天建，2009)。此種極端氣候下的災害事件具

有複合性與連動性，災害規模較大，且在主要交通幹道及多條山區道路中斷的情況下，進入災區的勘查作業顯得困難，因此急需要兼具廣域和快速之特性的工具協助防災策略的規劃。

高解析度衛星影像在發生大規模的複合型災害後，除了提供災區的廣域影像，相較於傳統的現地調查或者航空照片，衛星影像在先驅性及機動性上都更為出色，且降低傳統勘災需進入受災地區之生命威脅。本研究為解決面對極端氣候發生的災害事件，既有的災害調查工具於空間性及時間性不足的問題，藉由遙測技術其廣域覆蓋的特色，獲取河川流域之高解析度衛星影像，欲半自動化萃取影像當中的地物類別。以往遙測影像分類較廣為採用的像元式分析，是統計影像中每一像元之光譜值後，寫入像元中作為分類參考之特徵，但像元式分析只單純以光譜值的差異為分類依據，未能考慮各地物類別間的空間關係，進行流域影像分類之難度高，而且容易出現地物混淆之情況。

過去研究解決像元式分析無法有效分離地物的方法，包括演算法的改進 (de Kok et al., 1999) 或使用更多維度的資料 (Eiumnoh and Shresta, 1997)。故本研究引入物件導向式影像分析方法，先於影像分割的步驟採用多重尺度分割 (multi-resolution segmentation)，此分割演算法最初以像元當作種子，給予一異質性指標作為門檻，持續合併成大小不一的區塊，是為均質化分割 (BAATZ, 2000)，將初始衛星影像分割成區塊後，再以區塊為對象進行分類的步驟，直到區塊都指定成地物類別。

相較於像元式分析方法，將影像像元區塊化後，除了區塊內像素的光譜統計量以外，還能萃取更豐富的區塊特徵，例如形狀、紋理、長寬比、面積等幾何關係，並建立區塊間相互之空間關係，例如距離、相鄰邊長等，除了由異質性指標控制分割區塊之大小，多重尺度分割針對不同階段的分類給予特定圖層更高的權重 (BAATZ, 2000; Chubey et al., 2006; Mckeown, 1988)。因此物件式影像分析方法一方面提供更為豐富之特徵貼近人為判釋的經驗，另一方面分割物件能選用適當的參數去符合地物邊緣，減少分類時的混淆造成誤判。

此外，Eiumnoh and Shresta (1997) 使用 NDVI-PC1 與 DEM 等圖層進行非監督式分類，結果加入 DEM 圖層厚較僅使用原使衛星影像的分類精度高。Lee and Shan (2003) 則結合 LiDAR 之高程資訊與 IKONOS 衛

星影像於海岸地區之土地利用分類，該研究發現如屋頂和道路在光譜特徵較接近的地物，加入高程做為額外圖層能有效的分離兩者。本研究於影像分類中所匯入之圖層，除了原始衛星影像外，則加入由 DTM 分析獲得知坡度圖層與地貌指標圖層 (莊心凱, 2012)，提供分類上地形地貌之特徵描述，以提升最終的分類精度。

相較於國內其他配合物件導向式影像分析方法模擬人工判釋，半自動化萃取影像當中的地物類別之相關研究 (黃韋凱, 2010; 洪凱政, 2009; 莊心凱, 2012)。本研究之結果主要提升的地方有：(1) 實際應用規則集於不同流域級不同衛星影像進行地物分類。(2) 歸納不同衛星影像之分類結果的適用性與後續使用之建議。(3) 減少人工判釋的難度，非專家之使用者亦能依循規則集之邏輯進行影像分類。

二、研究區域

莫拉克風災在台灣中南部的高屏溪、濁水溪造成災情，其中的荖濃河流域及陳有蘭河流域在中、下游因連續豪雨的作用，引發的山崩、土石流、邊坡掏刷及洪水更直接重創公共設施。因此本次研究選定荖濃河流域寶來至六龜地區，以及陳有蘭河流域新山村至郡坑地區做為流域地物判釋之研究區域。

三、研究流程及方法

流域影像分類的操作是先以衛星影像進行多尺度分割後，根據不同地物各自的特徵，選擇適當的分類演算法半自動的分類出感興趣之地物類別。本研究參考莊心凱 (2012) 利用荖濃溪 QuickBird 影像所建立之分類規則集，應用此規則集之邏輯於陳有蘭溪 WorldView-2 影像及荖濃溪 Formosat-2 影像，藉由比對災害事件照片與統計其誤差矩陣，評估萃取不同流域與不同解析度之影像的地物之可行性，最終提出分類規則集之適用性與後續應用之建議。研究流程如下圖 1 所示，主要之研究方法分節說明於下：

1. 影像分類之參考圖層

參考表 1，本次研究分別使用了荖濃河流域之 QuickBird、Formosat-2 影像，以及陳有蘭河流域之 WorldView-2 影像，不同衛星所拍攝之影像類別與衛星資訊略有差異。對於影像分類而言，空間解析度影響

可辨識之地物尺寸的精細程度；影像波段則提供影像分析時光譜特徵的萃取。比較所使用之流域影像個別的差異，空間解析度上 WorldView-2 略高於 QuickBird 且遠優於 Formosat-2，但在影像取得之價格與時間性上，Formosat-2 由於為我國自有之衛星，因此取得相對上來的方便。

本研究做為影像分類之參考圖層，除了衛星影像的多光譜 (blue, green, red, NIR) 及全色態 (pan) 波段之外，還加入由高解析度數值地形模型 (DTM) 產製之坡度 (slope) 及地貌指標 (landform index)，使分類依據包括光譜波段以及地物之地形地貌關係。坡度圖層是先利用 ArcGIS 軟體之地形分析工具對 DTM 進行坡度之運算所獲得；地貌指標的製作流程圖與成果如圖 2。

由於影像正射方法不盡相同，導致若將不同時期之影像疊合，可能造成無法精準對於同一位置，且高程資料對於地貌描述仍屬於一維資料 (Glenn et al., 2006)，直接將其當作額外圖層匯入對判釋精度之提升有限。故本研究根據王鑫 (1988) 之地形學教科書，常見之地貌定性描述皆能以坡度、相對高度來闡述，利用坡度分級與比高程分級之加總構成地貌指標圖層。由於比高程是一個相對概念而非絕對之高程值，且先對坡度與比高程進行分級再做加總，能達到描述地貌型態的目的，降低影像正射方法可能造成之對位誤差。

2. 建立影像分類之規則集

規則集 (rule-set) 是將人類思考邏輯和專家知識，整合影像分析從分割到分類每一階段，以演算法編寫成對分類類別之描述式，加以組合而成的集合體。本研究參考之規則集，由莊心凱 (2012) 利用荖濃河流域 QuickBird 影像所建立，分類採四個階段依序進行。首先針對影像中佔大面積的植生和陰影，未被分類之區塊物件進入下一階段，最後才分類區塊尺寸最小的人工構造物。決定地物類別及規則集之階層後，依照判釋地物在空間中存在的相對大小，決定物件式

分割的尺寸參數，並根據各個圖層的給定權重，若某階段之地物與特定圖層有強烈的關聯性，則加重該圖層之權重，將能夠使均質化分割後的區塊與地物之尺寸更為接近。

接下來以區塊作為分類對象，模擬知識與人工判釋的過程，由各種物件特徵建立知識庫，選擇分類演算法並給定分類門檻值組成完整的規則集。初次建立分類之規則集時，需要不斷的試誤去找出最有效率的分類法與分類門檻值。例如第一階段要找出植生覆蓋的範圍，根據遙測學的知識已經確認正規化植生指標 (NDVI) 可以有效分離植生區域，因此選擇指定分類法 (assign class) 進行分類；而第四階段的人工地物類別，不容易透過單一特徵與特徵條件進行判釋，故選擇由挑選樣本訓練後再執行監督式分類的最鄰近法分類 (nearest neighbor)。如此以不同分類法的組合建立之規則集，能夠兼具接近人工判釋的邏輯並加速分類之效率。

此外，由於人工地物為本研究最感興趣之類別，為使挑選的地真資料樣本能獲得良好的判釋精度，各個類別需要 10N (N 為光譜維度) 樣本數作為統計之用 (Swain and Davis, 1978)，而選取 100N 則可以獲得更高的精度 (Richards and Jia, 2006)。因此本研究於衛星影

表 1 衛星影像圖資之基本資料 (影像波段僅列出本研究使用之波段)

Table 1 The satellite images information (image bands only lists the bands used in the study)

	QuickBird	WorldView-2	Formosat-2
航帶拍攝寬度	16.5 km	16.4 km	24 km
重訪頻率	5.4天	3.7天	1.0天
空間解析度	全色態：0.61 m 多光譜：2.40 m	全色態：0.5 m 多光譜：2.0 m	全色態：2.0 m 多光譜：8.0 m
輻射解析度	11 bits/pixel	11 bits/pixel	8 bits/pixel
影像波段	全色態、多光譜 (R, G, B, NIR)	全色態、多光譜 (R, G, B, NIR)	全色態、多光譜 (R, G, B, NIR)

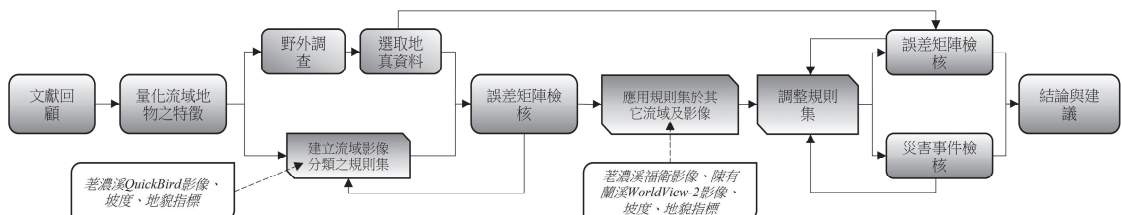


圖 1 研究流程圖

Fig.1 The research flow chart

像選取每個類別的訓練樣本數皆大於 50 個，若地物數量許可將選取越多樣本以增進分類精度。

為求本研究之規則集邏輯在其他流域影像上同樣適用，並降低使用者的專家知識之門檻，提高其泛用性。對於非專家與初次接觸 eCognition 軟體的使用者，程式內編寫規則集之方式不夠直覺，增加應用上的侷限性，因此本研究將已建立之規則集內容，以決策樹的方式具體化呈現，藉由樹狀結構及流程元件表現完整的影像分析過程。例如，多重尺度分割之尺度大小與各圖層的權重，藉由其元件之意義可以清楚如何於軟體中進行設定；各階段的分類門檻值與參考之特徵，皆詳列於各自代表之元件中。茲將完整的決策樹展式於表 2。

3. 規則集之可行性評估

本研究應用此規則集於不同流域與不同解析度之影像。第一階段先於陳有蘭溪流域拍攝之 WorldView-2 影像進行嘗試，承襲原規則集的邏輯，經過不斷的迭代嘗試，此階段調整規則集之細節有：(1) 地物類別的增減。初步瀏覽此幅陳有蘭溪流域影像，沖積扇幾乎未出現，且下游處與荖濃溪流域寶來地區上游處之土地使用有所差異，包括農墾地分布與人工構造物更為豐富，因此就沖積扇類別刪除，增加河堤護岸的類別。

(2) 考慮衛星影像在拍攝可能因天氣干擾或設備本身精度，造成不同流域影像之光譜分布有所差異，且陳有蘭溪流域影像組成更為複雜，尤其河床內有淤泥堆積，以及出現柏油便道與河堤護岸，因此於分類演算法需做修正，採取的處理是對分類之門檻值進行調整，並利用地貌指標予以定義各階段分類之區域。

第二階段使用同樣流域(荖濃溪流域寶來至六龜)之 Formosat-2 影像，其相對於原 QuickBird 影像的空間解析度稍差，全色態僅 2m 而多光譜則只有 8m，因此無法清楚分辨太細節的地物，但 Formosat-2 為我國自有衛星，且每天拍攝台灣本島兩次，故其取得價格與時間性反而提高在應用上的普遍。有鑑於上述 Formosat-2 的影像特色，因此本階段朝下列方向調整規則集：(1) 匯入之 Slope 及 Landform Index 圖層也以容易取得且較低解析度之 40m DTM 產製。(2) 不增減原有之地物類別，使分類之精細度能直接和 QuickBird 影像的分類結果做比較。(3) 只針對多重尺度分割之尺寸參數以及各分類演算法之門檻值做修正，不額外更動既有演算法。

評估規則集之分類結果，則透過統計誤差矩陣給予判釋精度量化的指標，以及比對災害事件的照片由人眼定性觀察結果的好壞。兩種檢核方法的操作說明於下：

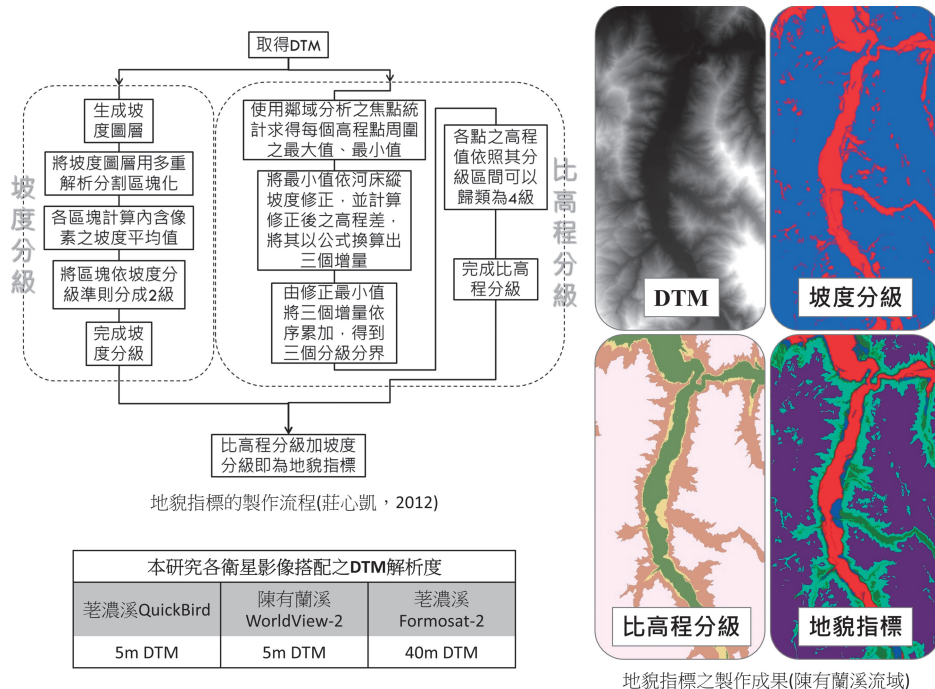


圖 2 地貌指標之製作流程與成果

Fig.2 The production process and results of the landform index in the Chenyulan river watershed

(1) 誤差矩陣檢核

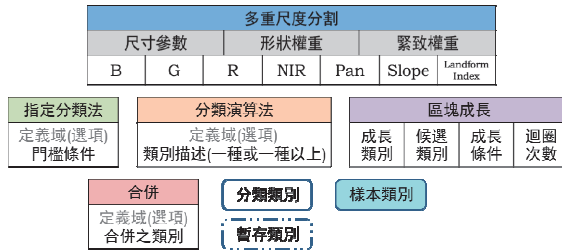
藉由於軟體中人工挑選地真資料之分割區塊, 與分類結果共同計算後所得之誤差矩陣, 其中生產者精度、使用者精度、整體精度與 Kappa 指標, 可以清楚判斷分類地物的漏判、誤

判程度, 以及類別之間互相混淆的情況。本研究判定此影像分析結果達到預期的分類標準, 則根據統計學以 Kappa 值大於 0.75 視為良好的精度, 且 Kappa 指標同時考量誤差矩陣中對角及非對角元素, 是一個全面性的指標 (Joseph, 2003)。

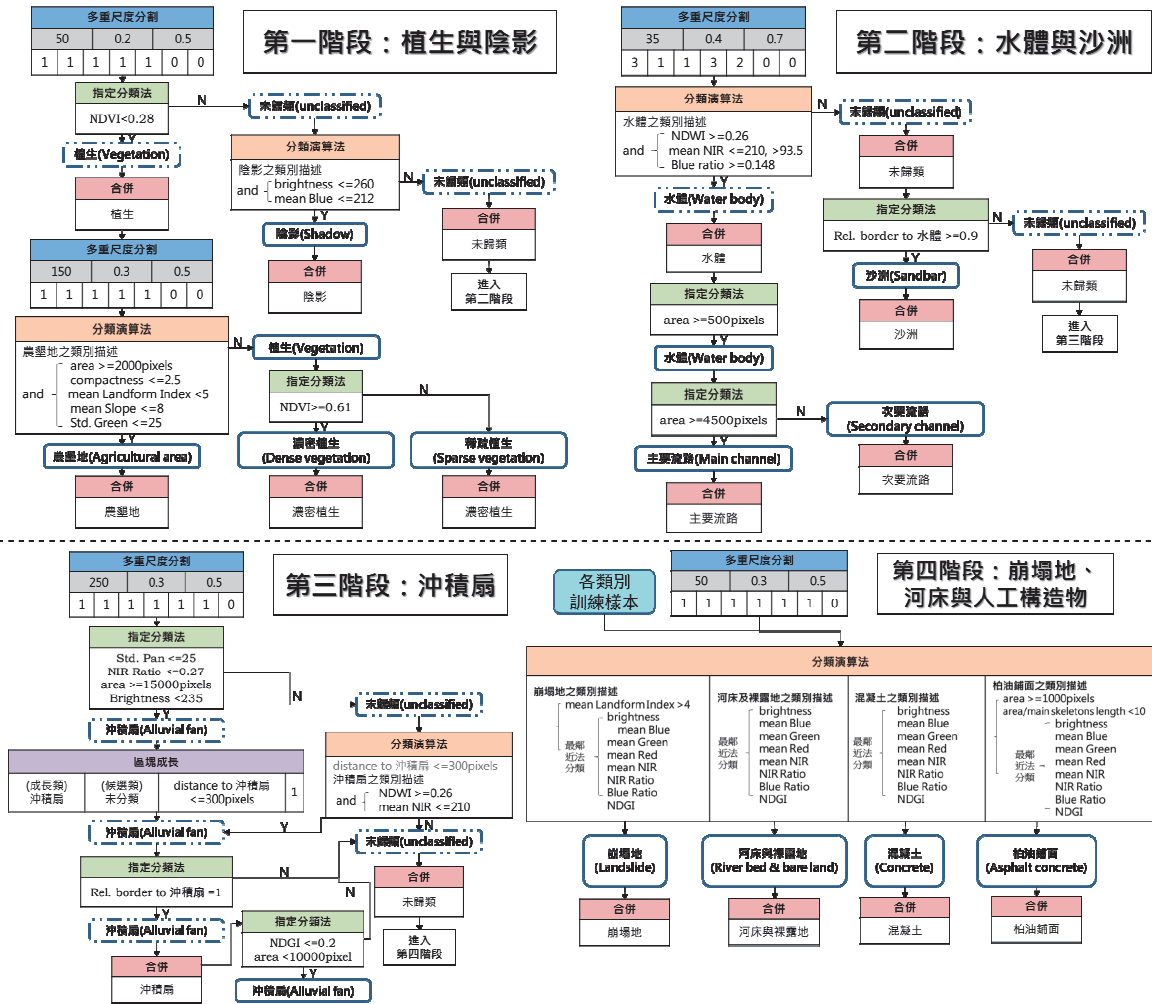
表 2 規則集之決策樹架構

Table 2 The rule-set tree

規則集之決策樹元件說明



規則集之決策樹架構 (影像分類由第一階段依序進行至第四階段)



誤差矩陣中的四項指標之計算如式 (1) 至式 (4)：

$$\text{產者精度 (producer's accuracy)} = \frac{\text{某分類正確之數量}}{\text{某分類應有之數量}} \quad (1)$$

$$\text{使用者精度 (user's accuracy)} = \frac{\text{某分類正確之數量}}{\text{某分類被分出之數量}} \quad (2)$$

$$\text{總體精度 (overall accuracy)} = \frac{\text{正確分類之數量}}{\text{總數量}} \quad (3)$$

$$\text{Kappa 指標} = \frac{\text{Observed Accuracy} - \text{Chance Agreement}}{1 - \text{Chance Agreement}}, \quad (4)$$

Chance Agreement 為隨機一致性

(2) 災害事件檢核

由於量化之統計方式檢核規則集之判釋精度，容易受到挑選之地真資料的數目多寡，以及挑選者的專家知識而影響誤差矩陣的結果。為求本研究建立之規則集，能夠成為防災規劃中一項快速且精準的災害位置辨識之工具，故以莫拉克後之現地調查照片為依據，與影像分類的結果直接比較，決定各衛星影像之適用性。茲於第四章詳細說明兩種檢核的結果。

四、成果檢核

1. 不同流域之影像分類

透過上述規則集之調整，最終應用於陳有蘭溪 WorldView-2 影像之半自動分類 (包含人工挑選樣本) 共花費 10 小時 23 分鐘，而統計誤差矩陣量化其分類精度，得到整體精度 0.869、Kappa 指標 0.834 (表 3)。針對此評估階段，使用同樣解析度高且接近之影像，但不同流域的初步嘗試，認為空間解析度的提高雖然可辨認之地物類別增加，但不同流域各自有不同之地貌型態與地物分布，則使規則集的判釋容易出現混淆與誤判。此問題之解決辦法有：(1) 裁減原影像之圖幅以降低特徵變異性。(2) 選擇感興趣的地物項目，針對其進行分類法及分類門檻值的調整。(3) 用地貌指標圖層去指定出分類之定義域，例如崩塌地多出現在坡度陡且相對高度高的地方、農墾地與房舍會在坡度緩且較平緩的地方。

WorldView-2 衛星影像之全色態波段能提供 0.5 公尺之高空間解析度，應用於辨識較細部的人工構造物較為適用。因此災害事件之檢核結果，選取陳有蘭溪

流域新山至大坑的區域，於莫拉克風災後有多處人工構造物遭到毀壞，經過成果檢查核 (圖 3)，認為此規則集在分類橋梁、道路之結果十分良好，且在山區間的產業道路雖然於影像上會受到樹蔭遮蔽，但仍能於分類結果中看出道路之線型構造，而房舍與農墾地等人為開發也可以獲得其分布的範圍。

評估此階段於不同流域之規則集的可行性，認為規則集的邏輯能夠承襲，但必須針對各流域所包含的地物種類進行規則集中階層、門檻的調整。此外，高解析度影像無論空間尺寸大或小的地物類別，均能獲得良好的判釋精度，唯若同一規則集欲分類之地物類別過多，則必須謹慎挑選特徵與特徵門檻值，方能有效分離光譜特徵與地形上容易混淆的地物。

2. 不同解析度之影像分類

針對 Formosat-2 之荖濃河流域影像進行之地物分類，包含挑選樣本進行訓練之總共時間僅需 70 分鐘，運算時間十分快速。經過與地真資料進行誤差矩陣的統計，荖濃河流域 Formosat-2 之分類精度為整體精度 0.836、Kappa 指標 0.770 (表 4)，同樣達到 Kappa 值大於 0.75 的標準。

比較相同流域但不同解析度之影像的分類結果，參考圖 4 可以看出解析度的高低影響分割之區塊的精細程度，進而使於 Formosat-2 影像中空間尺寸較小的地物類別在判釋上略顯粗糙，例如橋梁、道路和房舍只能得到其位置，但區塊物件之邊界並無法符合其正確範圍。此結果與誤差矩陣之統計相符，人工建物漏判大多是緊臨河床周邊的橋梁、道路與混凝土房舍，而誤判的則是光譜特徵與人工建物類似，同為亮度較高且位置分佈同樣鄰近河道邊之崩塌地。

然而若就規模大之災害事件，例如山坡地崩塌、河道土石堆積、土石流後形成之沖積扇等，由圖 5 之現地調查照片比較來看，皆已經能夠精確的得到災害發生位置、規模大小與其可能之影響範圍，對於災害後之緊急救援與整體的防災規劃足以成為一項有利的工具。

探討此階段之可行性評估結果，主要差異在分類後之精細程度，也就是影像分割階段所得到之區塊物件，由於空間解析度不同所造成的，但是就現地查核之照片比對，顯示此規則集於較低解析度影像之判釋結果仍然具有一定的水準，尤其莫拉克後荖濃河流域較為重大的災害地點，已經可以獲得位置上正確的判釋。

表 3 陳有蘭溪流域之影像分類成果：誤差矩陣檢核

Table 3 Error matrix of the Chenyoulan River watershed classification result

	植生	水體	崩塌地	人工建物	河床與裸露地	行合計	使用者精度
植生	106	0	7	2	12	127	0.835
水體	0	103	0	0	2	105	0.981
崩塌地	0	0	102	1	0	103	0.990
人工建物	1	1	15	167	12	196	0.852
河床與裸露地	4	8	0	17	179	208	0.861
未分類	0	11	0	1	5	17	
列合計	111	123	124	188	210		
生產者精度	0.955	0.837	0.823	0.888	0.852		

整體精度 = 0.869 ; Kappa指標 = 0.834

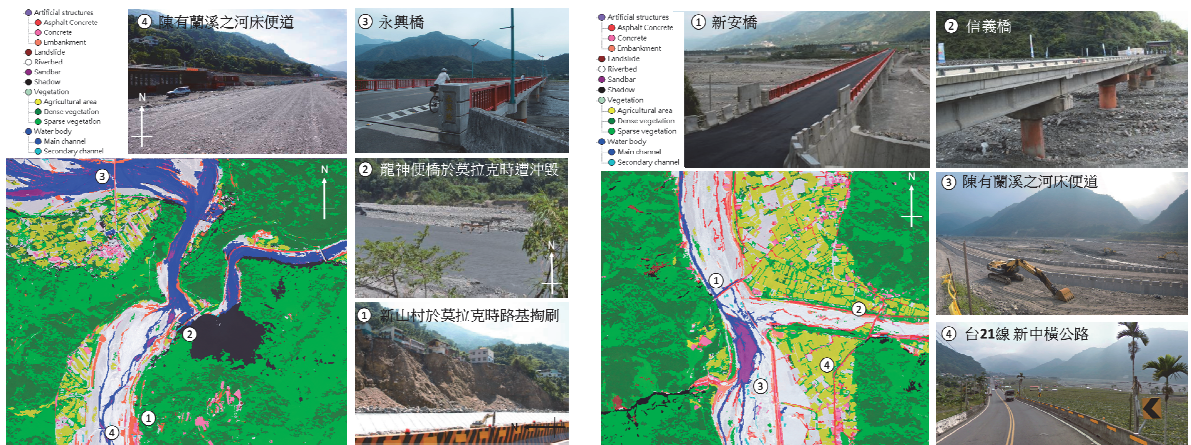


圖 3 陳有蘭溪流域之影像分類成果：災害事件檢核 (左圖幅為新山地區；右圖幅為郡坑地區)

Fig.3 Comparison of the Chenyoulan River watershed classification result (Left: Hsin-shan; Right: Jyun-keng)

表 4 荖濃河流域 (寶來) 之影像分類成果：誤差矩陣檢核

Table 4 Error matrix of the Lao-nong River watershed classification result

	水體	沙洲	崩塌地	人工建物	河床與裸露地	行合計	使用者精度
水體	13	0	0	0	0	13	1.000
沙洲	0	4	0	0	0	4	1.000
崩塌地	0	0	79	0	0	79	1.000
人工建物	1	0	21	84	1	107	0.785
河床與裸露地	2	1	5	3	54	65	0.831
未分類	0	1	7	2	2	12	
列合計	16	6	112	89	57		
生產者精度	0.813	0.667	0.705	0.944	0.947		

整體精度 = 0.836 ; Kappa指標 = 0.770

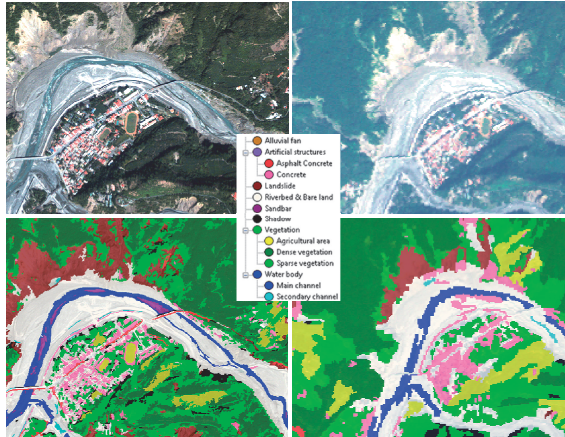


圖 4 荖濃河流域之不同解析度影像分類結果 (左：QuickBird 影像；右：Formosat-2 影像)

Fig.4 Classification results in Baolai by using different resolution image (Left: QuickBird; Right: Formosat-2)

五、結論建議

1. 結論

本研究將建立之規則集，分別以三幅衛星影像 (QuickBird, WorldView-2, Formosat-2) 進行流域影像內之地物分類，結果顯示此規則集提供流域影像分類程序一個合理的架構，包括從空間尺寸大分類到小的階層概念、物件式分割選擇的尺度大小、圖層權重、地物類別之知識庫、分類演算法的決定與分類門檻值。對於此規則集於流域影像之可行性，將研究後之評估整理出如下結論：

進行不同流域衛星影像之分類時，參考規則集邏輯上的大方向，針對各流域區域、土地使用情況，參考本研究方法，將欲分類之地物類別做刪減，且由於每幅衛星影像之光譜分布不一，也需要修改分類之門檻值或增加其他的演算法，便能夠獲得良好的分類精度。

本研究藉由轉化人為判釋之經驗與邏輯，以規則集進行監督式分類，於高解析度影像運算上花費 10 小時左右，而 Formosat-2 影像更只需要接近 70 分鐘，能夠有效減少傳統人工數化的人力及時間成本。

相較於過去遙測影像分類之相關研究，本研究實際以不同流域影像，對規則集之可行性進行評估。並且在以誤差矩陣之結果，或者與現地調查之照片兩種驗證方式，皆已獲得良好的判釋精度。

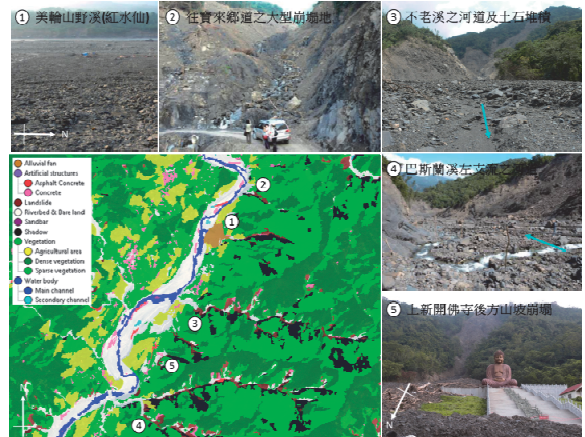


圖 5 荖濃河流域 (寶來) 之影像分類成果：災害事件檢核

Fig.5 Comparison of the Lao-nong River watershed classification result

本研究建立之規則集包含流域內常見的地物類別。根據結果認為，對於分析空間尺度較大之地物，例如山崩潛感、河道變遷等，使用 Formosat-2 及 40m DTM 已經足夠，且其規則集分類之時間快，圖資取得容易；若需要偵測道路、橋梁、堤防等人工構造物之毀損程度，由於地物之空間尺寸小，必須使用如 QuickBird、WorldView-2 等高解析度衛星影像才能夠提高判識精度。

2. 建議

本研究使用之軟體 eCognition Developer 8.8，在套用規則集分類完成之區塊物件，能夠輸出 Shapefile 以及 Raster 格式，配合其他軟體如 ArcGIS、ERDAS Image，進行特定地物之變異分析。若取得逐年之流域影像資料，依規則集之邏輯分類出特定地物，進一步研究流域內的地物分佈與變遷，便能夠觀察極端氣候下複合型災害的影響程度和發生的趨勢。若欲應用此規則集於，茲提出以下幾點建議：

根據本研究於陳有蘭溪 WorldView-2 之結果評估，若將此規則集應用於其他流域之影像，至少須針對其地物類別做增減，並根據光譜反映去調整門檻值。

由於本研究並未嘗試以此規則集直接應用於涵蓋兩流域以上的遙測影像，若需進行大範圍之流域影像分類，建議先以 ERDAS image 等影像軟體裁切影像之尺寸，或者針對性選擇有興趣的地物類別。

本研究用來描述地形地貌關係之圖層，在 Landform Index 由坡度分級與相對高度組成。基於氾濫原周圍平緩區域是本研究之重點，因此坡度分級僅取 30% 簡單分作兩級。倘若分類區域需要，則可以根據此圖層之產製方法進行變更。

本研究在考慮地形地貌的關係上，只以坡度及相對高度作為特徵，定義出不同地貌之邊界。未來可以視需要加入坡向、曲率等其他因子進行影像分割，使邊界之劃分更為細緻。

未來若要建立衛星影像之其他地物分類的規則集，經過本研究之嘗試，認為經由高解析度向下建立低解析度之分類邏輯較為快速，且相同流域之規則集調整也較不同流域更為簡單。若後續要進行其他流域之規則集建置，可以採取同流域之高解析度往低解析度的方向操作。

基於 QuickBird 以及 WorldView-2 影像，皆為國外商用衛星拍攝，購買價格高且影像時間不夠機動。過去研究多仍利用國內 Formosat-2 之災後多期衛星影像，進行崩塌地與人工設施之自動分類 (黃韋凱, 2010)。未來針對極端氣候所引發之災害事件，必須由災害歷史的角度進行探討，透過本研究方法及成果，參考災害前後的變遷程度，能夠在複合災害評估、土地變遷、環境監控各方面完成更高的水準，避免類似災害再度發生。

致 謝

本研究承蒙國科會專題研究計畫：「極端氣候下地工設施系統風險評估研究」(編號 NSC 99-2218-E-002-033) 之經費補助。並感謝兩位審委給予內容上的專業建議，使本文之撰寫能更加完整與嚴謹。

參考文獻

- [1] 林基源、徐松圻、蔡佩勳、許世宗、賴俊仁、賴銘峰、楊明德、壽克堅、黃富國、陳廣祥、許尚逸 (2009)。陳有蘭河流域坡地災害致災成因探討。地工技術, 第 122 期, 頁 41-50。(Lin J.Y., Hui S.Q., Tai P.H., Xu S.C., Lai C.Y., Lai M.F., Yang M.T., Shou K.J., Huang F.G., Chan K.C., and Xu S.Y. (2009). Slope Disaster Inducement in the Chenyoulan River Watershed. Sino-Geotechnics, vol. 122, 41-50. (in Chinese))
- [2] 國家災害防救科技中心 (2010)。莫拉克颱風重點勘查計畫：坡地災害 (二)。莫拉克颱風災情普查與綜整分析, 頁 79-107。(National Science and Technology Center for Disaster Reduction. (2010). The typhoon Morakot principal investigation plan: Landslide (2). Typhoon Morakot disaster investigation and analyzed, 79-107. (in Chinese))
- [3] 黃韋凱 (2010)。物件導向分析方法應用於遙測影像之分區及崩塌地與人工設施分類。碩士論文, 國立台灣大學。(Huang, W.K. (2010). Applying Object-Oriented Analysis to Segmentation and Classification of Landslide and Artificial Facilities with Remote Sensing Images. Master's dissertation, National Taiwan University. (in Chinese))
- [4] 洪凱政 (2009)。應用多光譜影像多種特徵偵測崩塌地之研究。碩士論文, 國立成功大學。(Hung, K.C. (2009). Landslide Detection Using Various Features from Multispectral Imagery. Master's dissertation, National Cheng Kung University. (in Chinese))
- [5] 莊心凱 (2012)。結合地貌主題圖層及物件導向式影像分析方法應用於山區氾濫原及周邊區域特徵判釋。碩士論文, 國立台灣大學。(Chuang, H.K. (2012). Combining Landform Thematic Layer and Object-Based Image Analysis to Map the Surface Features of Mountainous Flood Plain and Surrounding Areas. Master's dissertation, National Taiwan University. (in Chinese))
- [6] 陳天健、吳嘉俊、翁孟嘉、謝坤宏、王建智 (2009)。莫拉克颱風荖濃溪坡地災害調查。地工技術, 第 122 期, 頁 13-20。(Chen, T.J., Wu, J.J., Weng, M.J., Hsieh, K.H., and Wang, J.Z. (2009). Slope Failure of Lawnon Basin Induced by Typhoon Morakot. Sino-Geotechnics, vol.122, 13-20. (in Chinese))
- [7] 王鑫 (1988)。地形學。台北, 聯經出版社。(Wang, Xin. (1988). Geomorphology. Taipei, Linking Publishing. (in Chinese))
- [8] BAATZ, M., SCHÄPE, A. (2000). "Multiresolution Segmentation- An optimization Approach for High Quality Multi-Scale Image Segmentation," In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (Eds.), Angewandte Geographische Informations- Verarbeitung, vol. XII., Wichmann, Heidelberg, 12-23.
- [9] Chubey, M.S., Franklin, S.E., and Wulder, M.A. (2006). "Object-oriented Analysis of IKONOS-2 Imagery for Extraction of Forest Inventory Param-

- ters,” *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72, 383-394.
- [10] de Kok R., Schneider T., & Ammer U. (1999). “Object-oriented Classification and Applications in the Alpine Forest Environment,” *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 32, Part 77-4-3 W6, 3-4 June 1999, Valladolid, Spain.
- [11] Eiumnoh, A., and Shresta, R.P. (1997). “Can DEM Enhance the Digital Image Classification?” *Proceedings of the 18th Asian Conference on Remote Sensing*.
- [12] Gamanya, R., Philippe de Maeyer., and Morgan de Dapper. (2007). “An Automated Satellite Image Classification Design Using Object-Oriented Segmentation Algorithms- A Move Towards Standardization”, *Expert System with Applications*, 32(2), 616-624.
- [13] Glenn, N.F., Streutker, D.R., Chadwick, D.J., Trackray, G.D., and Dorsch, S.J. (2006). “Analysis of LiDAR-derive Topographic Information for Characterizing and Differentiating Landslide Morphology and Activity”, *Geomorphology*, vol.73, 131-148.
- [14] Joseph L. F., B. L., and M.C.P. (2003). “Statistical Methods for Rates and Proportions,” 3rd Ed.
- [15] Lee, D.S., and Shan, J. (2003). “Combining LiDAR Elevation Data and IKONOS Multispectral Imagery for Coastal Classification Mapping,” *Marine Geodesy*, 26, 117-127.
- [16] McKeown, D. (1988). “Building Knowledge-based Systems for Detecting Man-made Structures from Remotely Sensed Imagery,” *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A: Mathematical and Physical Science*. 324(1579), 423-435.
- [17] Richards, J.A., and Jia, X. (2006). “Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction,” 4rd Ed. Springer-Verlag, Berlin.
- [18] Swain, P.H., and Davis, S.M. (2006). “Remote Sensing: The Quantitative Approach,” McGraw-Hill, New York.

2013年05月20日 收稿

2013年06月04日 修正

2013年06月18日 接受

(本文開放討論至 2014 年 3 月 31 日)