

以迭代式像元基礎的亂數基礎分類法在萬大水庫 衛星影像崩塌地的判釋研究

萬鈞^{[1]*} 雷祖強^[2] 王文宜^[3]

摘要 傳統上,大範圍的崩塌地災害多以人工調查,會消耗大量的人力、物力與時間,近年來透過遙測影像資料可以快速判別出崩塌地區。因此本研究利用空間資訊技術(地理資訊系統 Geographic Information System; GIS 與遙感探測 Remote Sensing; RS) 獲取地表土地覆蓋之情形。亂數基礎分類法 (Entropy-Based Classification, EBC) 是一種典型的分類方法,他的優勢在於透過這個分類器,可以明確找出決策屬性和條件屬性的關係,並於條件屬性建立關鍵的門檻值。然而他的缺點在於若選取的樣本無法具代表性時,分類誤差會大幅上升。因此,我們蒐集了不同的光譜及植生相關的紋理資訊來分析萬大水庫周圍的地區,在研究中,以迭代式交叉驗證法選取了最佳訓練樣本的資料集,並建立以像素的分類 (Pixel-Based Classification; PBC) 的分類法則,此法則利用了亂數基礎法來計算,我們針對在敏感地模型中崩塌地的發生與不發生屬性之間的關係進行了研究,以提供崩塌地的影像知識,合理的建構相關的判釋規則。

關鍵詞: 影像分類、亂數基礎分類法、崩塌地。

The Study of Iterative Entropy-based Classification By Remote Sensing Data: A Case Study of Wan Da Reservoir

Shiuan Wan^{[1]*} Tsu-Chiang Lei^[2] Wen-Yi Wang^[3]

ABSTRACT Traditionally, the in-situ investigation of landslides requires a large amount of manpower and is also very time-consuming. Presently, by applying spatial information (Geographic Information System; GIS and Remote Sensing; RS), we can obtain landform and land cover information systematically. Entropy-Based Classification is a typical classifier which renders relations among system inputs (condition attributes) and outputs (decision attributes). Also, the thresholds of inputs are attained. However, the accuracy of this classifier is determined by the selected data. Accordingly, through remote sensing of image data, we can quickly determine a landslide area by using an effective classifier. This study purposed Pixel-Based Classification (PBC) to extract landslide image information through GIS techniques. More specifically, the image data are used to present the current situation with different spectral and texture information to analyze the area surrounding the Wan-Da reservoir. The pixels with texture information are employed to compute the Entropy-based Classification. In this way, we expect to correlate the image attributes to the occur-

[1] 嶺東科技大學資訊管理系

Department of Information Management, Ling Tung University, Taichung, Taiwan.

[2] 逢甲大學都市計畫與空間資訊學系

Department of Urban Planning and Spatial Information, Feng Chia University, Taichung, Taiwan.

[3] 嶺東科技大學數位媒體設計所

Department of Digital Content Design, Ling Tung University, Taichung, Taiwan.

* Corresponding Author. E-mail: shiuan123@mail.ltu.edu.tw

rence/non-occurrence of the image data. The sensitivity area is analyzed and the relations among occurrence and non-occurrence are studied. The knowledge rules of images on landslides are rationally constructed.

Key Words : Landslide, Image Classification, Entropy-based Classification (EBC).

一、簡 介

在坡地崩塌地的萃取影像分類，一般是以逐像元 (Pixel-based) 為主的分類演算法進行影像資訊之萃取，而逐像元分類方法通常會造成椒鹽效應 (Salt and Pepper Effect (為影像經由分類器分類後所產生的雜訊 (image noise)，跟分類器與影像品質有關))，因此更有效的選取其影像樣本可能為改善影像判釋的一個重要過程。更進一步說，也需要經過繁雜的後續處理工作後，分類結果方能使多數的研究者利用色彩、紋理、形狀這三個視覺上的特徵來描述影像的內容，同時分別對各區域給予適當形式的表示和描述，而水庫地區的崩塌和水庫淤積和壽命有密不可分的關係因此建構一個以影像為基礎的決策支援系統扮演了一個重要的監督角色。

台灣地區因為地形、氣候等影響容易導致地滑、沖蝕、土石流、崩塌等坡地災害，進為威脅人之生命財產，故如何防範災害以及將災害影響程度降到最低，乃是一重要的研究課題。坡地災害如果以傳統方式調查，會消耗大量的人力、物力與時間，透過遙測影像資料可以快速判別出崩塌地區，遙測影像對於大範圍土地覆蓋型態之調查問題而言，基本上有著相當大的助益，透過航遙測影像判釋資訊就可取得欲分析之土地覆蓋型態。但是目前的困境在於處理大量的影像資料與缺乏整合的系統去掌控與監測崩塌地變化的情形，更進一步說，此整合性系統應包含了影像樣本的選取模組和紋理資訊 (Texture information) 的區分模組，此為本研究的探討重點。

本研究以濁水溪上游萬大水庫 (霧社水庫) 下游崩塌地為對象，霧社水庫壩址下方出口處右側邊坡呈現部份滑動現象，為長期監控此滑動面，霧社水庫管理局建立了崩塌地觀測系統，目前由中興工程顧問公司進行規劃設計中，霧社水庫壩位於下游右岸，霧社電廠則位於左岸，現場有三處大崩塌及多處小崩塌地，崩塌地滑動除會造成通往奧萬大道路中斷之外，可能會因為土石堆積河床造成流路阻塞而無法排洪，並危及對岸霧社發電廠，因此霧社水庫對此崩塌地極為重視。

在本研究所探討的實証區中，因實際地表範圍很大，傳統的航測相片早已不敷使用，亦難透過局部的影像而觀察水庫附近整體崩塌地的行為，所以在策略上惟有遙測影像方能對崩塌地進行全面的檢視。本研究針對逐像元分別進行亂度基礎分類技術，利用資料分類後之核心因子門檻值，對原始資料庫進行資料分群，得出崩塌地判釋之知識規則。在像元分類中利用連續迭代資料萃取技術，因為所選取的樣本資料並不一定足以代表整個母體，如何選取訓練樣本，使其計算出之核心因子與門檻值最能判釋崩塌地之發生，在選取訓練資料中，不斷重覆此驗證機制，直到崩塌判釋率達成收斂標準，所產生之條件值，為最具代表崩塌地發生之規則，利用規則來建構決策支援系統，方便決策者能依崩塌的規則加以防範。

因為崩塌地產生是非時序的，所以每一個崩塌地區塊的發生時間並不會一致且所有的崩塌地地表屬性並非都為單一土質，這些情形會導致在不同時期相同影像崩塌地範圍內會產生有不同的植生反應 (Ermini, et al., 2005)，本研究中崩塌地的判釋以兩個時期拍攝時間內無植生反應之崩塌地區塊進行萃取與探討。

本研究的科學價值在於應用迭代式選取樣本的方法並輔以資料探勘進行地貌判釋的研究，現今科技的進步要選取大量的空間資訊已經是很容易的事，然而過多的資訊並不能有效提升從影像獲得正確判釋提升的可能性主要原因有三：

- (1) 過多的屬性資料：從衛星影像雖然得到的是大區塊的影響資訊，但是並不足以判釋地貌，於是輔助資訊諸如：NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)、同質紋理資訊 (Homogeneity Information) 和植生資訊 (Vegetation Information)。
- (2) 錯誤的選取訓練樣本：在選取影像訓練樣本時，如果選取錯誤雜訊當成訓練樣本，需建立一套篩選機制。
- (3) 分類器的選擇：在影像分類上不同分類器的判釋率不同，值得注意。

本研究架構，先以空間資訊技術整合研究區的資料，並建構空間資料庫與利用逐像元探討以亂數基礎

分類法在崩塌的分類器所扮演的角色，將大量資料以萃取少許最具有代表性資料的方式，將資料有規則化的以另一種方式呈現，並依條列式崩塌地發生規則，預測山坡地崩塌之分佈。

二、崩塌地判釋與預測技術 與實證區的介紹

1. 崩塌地潛勢圖之相關研究方法

一般而言可繪製整個地區之崩塌潛勢圖，可針對區域性之山坡地進行崩塌潛勢預測，劃設危險區域避免災害發生，如林書毅 (1998) 以不安定指數法，量化各項潛勢因子與崩塌地之間的關係，並給予各潛勢因子適當的評分及權重，疊加後進行山崩潛勢分區，並且加入主成份分析法至山崩潛感分析中。經轉換後求得之主成份值，具有互相獨立的特性，可解決因子相依的問題。

除了傳統的以統計多變量分析崩塌之外，回顧目前國內外也常利用人工智慧的方法來預測山崩之情況，如林彥享 (2003) 與陳啟偉 (2005) 以模糊類神經網路分析系統，學習山崩發生的機制和預測可能發生山崩的位置。

Gomez (2004) 也利用遙感探測，以數值高程模型 (DEM) 的資料，獲得大範圍崩塌資料，並以類神經網路 (ANN) 技術分析位於委內瑞拉安地斯 Jabonosa 集水區之崩塌地，採用倒傳遞 (Back Propagation) 之多層感知機架構 (MLP) 演算法，以植被、坡度、坡向、高程、傾斜度、降雨量、地貌、地質與土壤等 9 個因子輸入，其中包含 28 個隱藏層，輸出結果為崩塌敏感程度，利用崩塌發生程度之高低，繪製崩塌潛勢地區，其中約有 90%崩塌之敏感區與實際區域相符，分析出造成崩塌的原因，除了潛在因子的影響，人們對於山坡地之開發也佔重要之因素。Lei et al. (2010) 也探討了 LDA 的因子篩選模式，他以粗集合理論和主成分分析同時分析崩塌地的災害。

2. 實證區的介紹

萬大水庫 (霧社水庫) 集水區之地質屬第三紀亞變質岩，由漸新世至中新世的乾溝層或大桶山層或廬山層組成。廬山層大部份由黑色到深灰色的硬頁岩，板岩及千枚岩和深灰色的硬砂岩之互層所組成，位於本集水區較近深山的地區。

萬大水庫 (霧社水庫) 為濁水溪上游源頭，主要功能為發電與蓄水，提供下游日月潭水庫聯合運轉之水量來源，在發電或是觀光都有相當的經濟效益，有效的控制河川水量與水質進入水庫，對於保護集水區生態並且提供下游良好飲用水品質，有相當大的影響。吳麗娟 (1999) 指出本區地形陡峻；土質鬆脆，土壤條件不佳，再加上近年大量農事在此發展利用，擴增栽植高冷蔬果、花卉、果樹、茶樹等經濟作物，霧社的集水區土壤鬆軟極易崩塌。在了解周圍的地質環境後，選擇以萬大水庫 (霧社水庫) 下游為研究區域，進行衛星影像崩塌地的判釋研究。

3. 影像材料的介紹

在研究中，一共收集了兩個時期的福爾摩沙衛星影像、兩張航空照片及全台數位高程圖 (DTM) 資料。福爾摩沙衛星影像像元大小為 2 公尺× 2 公尺，原始影像大小為 6000×6014 Pixels，首先藉由相關文獻回顧的方式，汲取其中可用之研究方式，接著收集不同時期實證區之福爾摩沙衛星影像，對各類地貌的研究因子數值進行取樣，並將取樣的研究因子數值資料經由粗糙集離散化理論找出核心屬性因子以及建立影像分類知識規則，依據所建立知識規則對實證區每個網格進行分類以及將分類結果數化輸出，此外，由於分類成眾多類別，在分類時常發生類別與類別間的混淆。

三、研究方法

本節將進行介紹各研究方法，主要分成二大部分，第一部分為影像分割與物件分類所需的資訊計算方式，此部分包含了常態化差異植生指標 (Normalized Difference Vegetation Index; NDVI) 資訊、灰階共發生矩陣 (Grey Level Co-occurrence Matrix; GLCM) 中之同質紋理資訊 (Homogeneity) 與色彩空間轉換 (Color

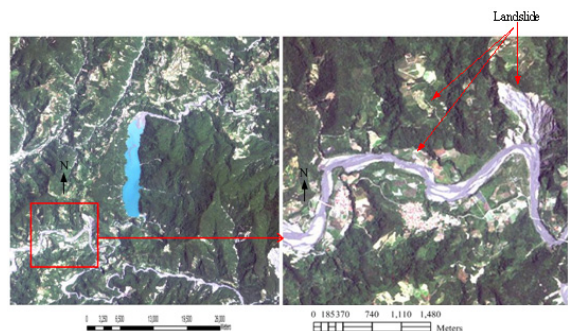


圖 1 萬大水庫位置與實證區的位置

Fig.1 Study area of WanDa reservoir and location

Space Transfer; CST) 模式。第二部分則為像元分類 (Pixel Based Classification; PBC) 之概念與組成之方法的介紹, 其中 PBC 主要組成方式則是以像元與亂度基礎分類演算法。研究流程如圖 2 所示: 在此重複收斂的標準必須設定收斂 (判釋準確率) 的標準: (1) 如果如法達到此標準, 系統將重複選取更有代表性的樣本 (2) 如果系統連續選取 100 次無法提升判釋率即停止。

1. 實驗流程

影像前處理部分主要有 GLCM 紋理資訊、NDVI 植生圖與色彩空間投射等三個部分資訊。

利用 GLCM 中之同質量化方式取得波段同質紋理資訊, 於紋理計算時需要進行計算移動視窗參數的設定, 在此研究中是以 3×3 之 Arc-GIS 移動視窗大小進行計算, 計算之方向為 0 度、45 度、90 度及 135 度, 距離為 1, 最後取各方向之總和平均值, 本研究使用 R、B 二個波段進行同質紋理資訊的計算。而 NDVI 植生圖的產生方式是利用 NDVI 植生影像進行門檻設定後取得的。為了能夠自動取得 NDVI 門檻值, 本研究參考李哲源 (2009) 提出「正值平均法」的概念, 以創新的反向計算法: 負值平均門檻值。本研究使用色彩空間轉換是為了將多維的影像資訊合併成一維影像資訊, 降低影像資訊維度之目的在於減少區域成長法計算時所需處理的影像資訊量, 以加快分割速度 (李建德

等, 1999)。色彩空間轉換程序首先計算出各數值之機率值後, 再將影像中所有的數值乘上所對應的機率值, 機率值之計算方式是先求出某數值於波段內出現的次數再除以波段之像元總數, 像元總數為影像的欄數乘上列數。當所有波段資訊轉換完畢後會根據各波段內像元彼此所對應之位置進行數值的累計, 累計完畢之後就完成影像維度合併的動作, 多個波段的資訊就會被合併為一個波段。由於各波段對於色彩空間轉換時應會有不同的貢獻程度, 也就是各波段會擁有不同的權重值, 在研究以光譜比值 (Ratio) 作為各波段的權重值, 因此在色彩空間轉換時各波段內的像元會再乘上各波段的光譜比值, 光譜比值的計算方法是將各波段的平均值去乘上所有波段平均值的總平均, 以此方式來取得波段於整體波段的權重值, 下述之公式 (1) 與公式 (2) 為色彩空間轉換計算時所使用之公式 (李哲源, 2009):

$$F(i, j)_j = \sum_{b=1}^n (PC_b(i, j) \times (1 + AmountPC_b(i, j)/N_b)) \times Ratio_b \quad (1)$$

其中 $PC_b(i, j)$: 為波段 b 影像中像元平面坐標 (i, j) 的值。

$AmountPC_b(i, j)$: 為波段 b 平面上, 具有與像元坐標 (i, j) 相同灰度值之像元總數量。

N_b : 為波段 b 影像之總像元個數。

$Ratio_b$: 為波段 b 於所有波段中的光譜比值, 光譜比值之計算方法如公式 4 所示。

$$Ratio_b = \mu_b / \sum_{i=1}^n \mu_i \quad (2)$$

其中 μ_b : 為波段 b 之平均值; n 為總波段數。

在進行色彩空間轉換時, 並非將所有的影像資訊都進行轉換, 這是由於波段彼此之間的資訊會有干擾的情形發生, 為了避免過多的干擾情形造成色彩空間轉換後之成果不明顯, 因此需要進行波段的選取。而在進行色彩空間轉換時需要選取基底資訊、主要資訊及輔助資訊, 由於本研究主要的研究對象為擁有非植生反應之崩塌地區塊, 因此選用 R 波段 GLCM-Entropy(3×3) 之紋理資訊做為基底資訊用來突顯物件外部結構資訊。而用來突顯物件外部結構資訊之主要資訊是以 B 波段。以 GLCM-Entropy(3×3) 之紋理資訊、B 波段 GLCM-Entropy(3×3) 之紋理資訊與 B 波段影像等三種影像資訊進行色彩空間轉換之計算, 所投射完後之成果如圖 3 所示。

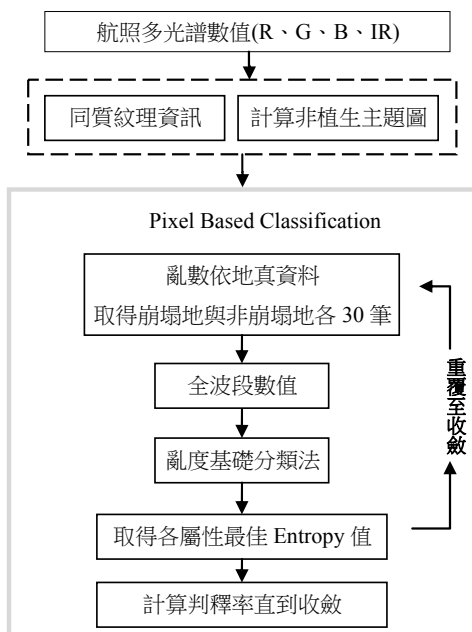


圖 2 研究流程圖

Fig.2 Study flowchart

2. 亂度基礎分類法 (Entropy Based Classification; EBC)

Entropy 源起於熱力學，由德國物理學家克勞修斯 (Clausius) 於 1865 年所提出，用以描述一個系統不受外部干擾時往內部最穩定狀態發展的特性，且為在學習可逆及不可逆熱力學轉換時的一個重要元素。1877 年玻耳茲曼 (Boltzmann) 發現單一系統中的熵跟構成熱力學性質的微觀狀態數量相關，進而發展了其假設而成為統計力學的基礎，此中的熵 (entropy) 係用以描述一個系統之混亂程度量，一般來說與亂度的狀態為同義的名詞。1984 年 Shannon 將 entropy 的觀念用於解決信息理論 (Information Theory) 的問題則成為以數學度量生活中不確定性問題的重要方法，因而連結了熱力學與信息理論中的 entropy 概念。

亂度基礎分類法的分析可分為兩大步驟：

- (1) 假設一連串不同的分類點 (用於切割屬性資料)，透過亂度 (Entropy) 的運算評估出基於決策目標下最佳的分類點；
- (2) 基於所評估最佳的屬性分類點，判斷、選擇符合決策目標的屬性類別。

其中，entropy 所扮演的角色，為評估依假設切割點所切割之屬性資料，是否密切相關於決策之結果；換言之，依切割點切割之屬性資料是否能提供正確的決策判斷，係取決於屬性類別與決策之間的凌亂程度 (即 entropy 值之大小)。EBC 的分析過程如下 (黃沛群, 2000) 如表 1：

- ① 首先，將資料依屬性值由小而大 (或由大而小) 排列；
- ② 依序假設任兩筆相鄰屬性值的中點為切割點 $FCP(t)$, fictitious cutting point)，其中 t 為各切割點的代號；
- ③ 依據不同的 $FCP(t)$ 各別將屬性資料進行分類，令屬性類別 1 為屬性值小於所假設 $FCP(t)$ 之資料，反之屬性類別 2 為屬性值大於所假設 $FCP(t)$ 之資料；
- ④ 在實際的狀況中，相同屬性類別的資料往往包含不同決策之結果，即無法準確判別該屬性類別與決策之間的關係。因此，不同的屬性類別各有不同的 entropy 值以量化各屬性類別與決策之間的凌亂程度。依據下列的公式，計算基於所假設切割點 $FCP(t)$ 下，不同屬性類別之 $entropy(t)_j$ ：

$$entropy(t)_j = -\sum_{i=1}^2 p(i|t)_j \log_2 p(i|t)_j \quad (3)$$

其中

i ：決策類別 (於本範例中為 1 或 2)

j ：屬性類別 (基於所假設切割點 $FCP(t)$ 而分類之結果)

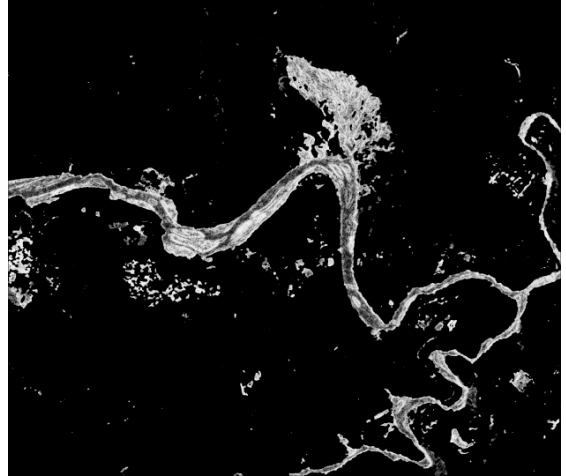


圖 3 色彩空間轉換成果 (請參照圖 1 中實驗區的位置)

Fig.3 The results of Color space Transformation

表 1 亂數基礎分類法範例

Table 1 Example of entropy-based classification

Data	Attribute m_i	Decision	t	Attribute of $FCP(t)$	$IG(t)$
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
x_1	1	1			
			1	2.0	0.108
x_2	3	1			
			*2	**5.0	***0.236
x_3	7	2			
			3	8.0	0.035
x_4	9	1			
			4	10.0	0.125
x_5	11	1			
			5	13.0	0.278
x_6	15	2			
			6	19.0	0.125
x_7	23	1			
			7	26.5	0.396
x_8	30	2			
			8	33.0	0.236
x_9	36	2			
			9	38.0	0.108
x_{10}	40	2			

註：表中，* $t=2$ ，** $FCP(2)=5.0$ 。 $FCP(2)$ 是 2 和 8 的平均值。因此 5 分離了 $m_i < 5$ 和 $m_i > 5$ 兩部分。

$p(i|t)_j$: 在屬性類別為 j 的資料中, 決策類別為 i 所佔的比例。例如 $p(i=2|t=3)_{j=1} = \frac{1}{3}$ 表示, 當切割點為 $FCP(t=3)$ 時, $j=1$ (屬性值小於 $FCP(3)$) 的資料(包含 x_1 、 x_2 及 x_3) 中, $i=2$ (決策類別為 2) 的資料 (僅 x_3) 所佔的比例。

式 (1) 中之特例, 為當 $p(i|t)_j = 0$ 時, 令 $p(i|t)_j \log_2 p(i|t)_j = 0$ 。

經由上述的步驟, 可分別求得在不同的 $FCP(t)$ 下, $j=1$ 及 $j=2$ 各自的 entropy 值, 此值在此將介於 0 到 1.0 之間。當 entropy 值為 0 時, 表示屬性資料類別與決策類別完全一致, 意即屬性與決策之間的關連並無凌亂; 反之, 當 entropy 值為 1.0 時, 表示屬性資料類別與決策之間的關係最為凌亂, 表 2 為 $FCP(2)$ 分離兩組資訊的 entropy 值, 如此可以分別計算不同屬性值(光譜值) 對決策(崩塌地發生與否) 的影響。

3. 以像元為基礎判釋流程 (Pixel Based Classification; PBC)

以像元為基礎模式流程, 主要分成二大部分, 第一部分為影像資訊前處理, 包含了常態化差異植被指標 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 資訊及灰階共發生矩陣 (Grey Level Co-occurrence Matrix, GLCM) 中之同質 (Entropy) 紋理資訊; 第二部分為像元分類 (Pixel Based Classification) 模式, 將第一部分所有波段數值 (R、G、B、IR、NDVI、R-Entropy、B-Entropy) 的像元資料直接利用亂度基礎分類演算法找出其重要屬性及其切割值, 前提以取得該屬性最高 Entropy 值為原則。

4. 自動選取樣本策略

本研究訓練樣本自動選取崩塌地與非崩塌地基準為地真資料 (Ground Truth Data), 先將地真資料分成崩塌地與非崩塌地, 崩塌地的代號為 1, 非崩塌地的代號

表 2 Entropy 值在 $FCP(2)$ 表 1 中表述

Table 2 Summary value of FCP(2) from Table 1

Description		$P(j t)$	$A(i, j)$	$P(j t)_j$	entropy(t) _j	ig(t) _j	IG(t)
J	i						
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
1	1	0.2	2	1.0	0	1.0	0.236
	2		0	0			
2	1	0.8	3	0.375	0.954	0.046	
	2		5	0.625			

為 0, 在把地真資料依代號與相對應的每個像元橫向與縱向位置分別記錄至陣列中, 在亂數使用取出不放回的方式取得在陣列中分別為崩塌地與非崩塌地各 30 筆像元位置的資料, 在依 60 筆橫向與縱向位置資料取得全光譜數值資料 (R、G、B、IR、NDVI、B-Entropy、R-Entropy) 的位置數值。其程式流程如下:

5. 判釋率收斂原則

本研究判釋率收斂原則是取得將全光譜數值資料有 R、G、B、IR、NDVI 非植生圖依正值平均法去除植生高的區域、R 波段的 GLCM 中之同質紋理資訊 (Homogeneity Information) 及將 B-Entropy 與 R-Entropy 的影像資訊合併成一維影像資訊色彩空間轉 (Color Space Transformation; CST) 換模式資訊圖, 經使用亂度基礎分類方法算出所有屬性最佳 Entropy 值與該屬性的切割值 (Split), 選取二個最佳的 Entropy 值為基礎, 建立判釋規則, 利用其判釋規則套入至原始波段並驗證地真資料, 計算崩塌地與非崩塌地分佈之整體正確率, 重覆以上判釋原則直到判釋率收斂(當判釋率被取代後 40 次沒有再被取代)。

6. PBC 崩塌地分類成果

依像元基礎分類的過程是, 將全光譜數值資料有 R、G、B、IR、NDVI 非植生圖依正值平均法去除植生高的區域、R 波段的 GLCM 中之同質紋理資訊及將 B-Entropy 與 R-Entropy 的影像資訊合併成一維影像資訊色彩空間轉換模式資訊圖, 七個資訊圖經使用亂度基礎分類方法算出所有屬性最佳 Entropy 值與該屬性的切割值 (Split) 建立判釋規則, 利用其判釋規則套入至原始波段並以地真資料為正解, 判釋其規則正確率, 一直重覆以上動作直到判釋率收斂。其知識規則為: 在 NDVI 值小於 0.0 且 REntropy 小於 144.5 時, 為最佳的判釋結果, 整體精度最高為 94.853%, 其中誤判 (Commission Error) 為 4.28%, 漏判 (Omission Error) 為 0.867%, 以下圖為依自動選取策略之像元基礎分類的成果如圖 5:

由圖 5 可知 PBC 在判釋的結果中, 在河道上的沙地都會誤判為崩塌地, PBC 分類的結果中, 發現 PBC 在建築物及其他非崩塌地的誤判稍高, 從圖 5 中可看出逐像元的分類結果在圖中發現出分類的結果產生相當嚴重之椒鹽效應。圖 6 為已進行國科會計畫在萬大水庫南岸, 現場探勘崩塌地的分佈主題圖, 與圖 5 由衛星影像經 EBC 分類器計算所產生的主題圖, 其正確

率約為 94.85%，其中誤判 (Commision Error) 為 4.28%，漏判 (Ommis- ion Error) 為 0.867% 足以證明本研究以 EBC 為基礎的像素元的可行性相當高。

四、結 論

本研究所利用的像素元分類 (Pixel-Based Classification, PBC) 模式為一種以像素為主的影像萃取模

式，為了瞭解 PBC 模式於影像資訊萃取與判釋非植生地區，利用空間資訊技術獲取地表土地覆蓋之情形，並以資料探勘中亂數基礎分類法 (Entropy-Based Classification ; EBC)，從萬大水庫崩塌地的波段資訊與紋理資訊中，選取最具代表性的屬性，蒐集發生及影響崩塌地之相關因子，以連續迭代資料萃取技術取得樣本從萬大水庫崩塌地所建立之龐大的資訊系統裡求出規

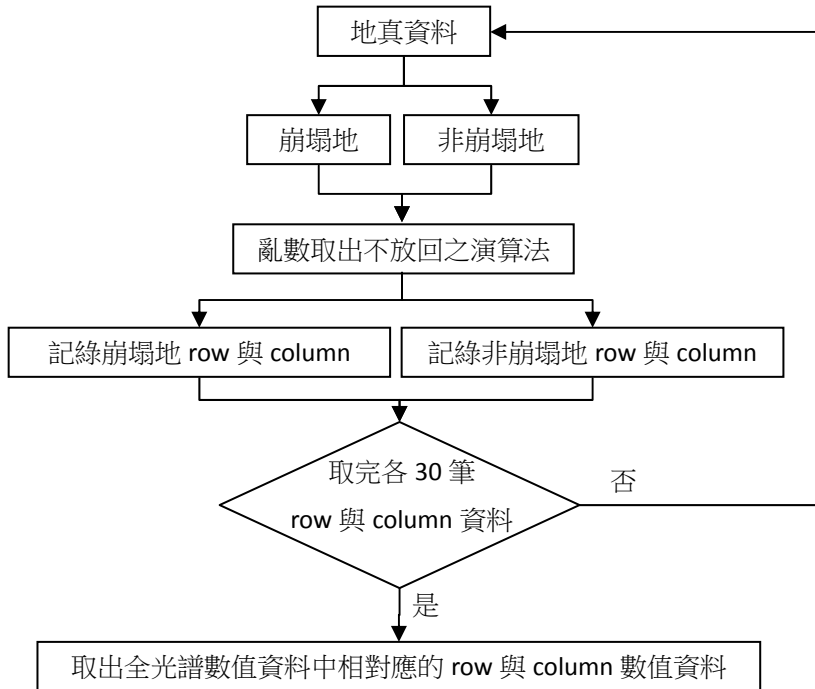


圖 4 自動選取樣本程式之流程圖

Fig.4 The details in Auto-selection program

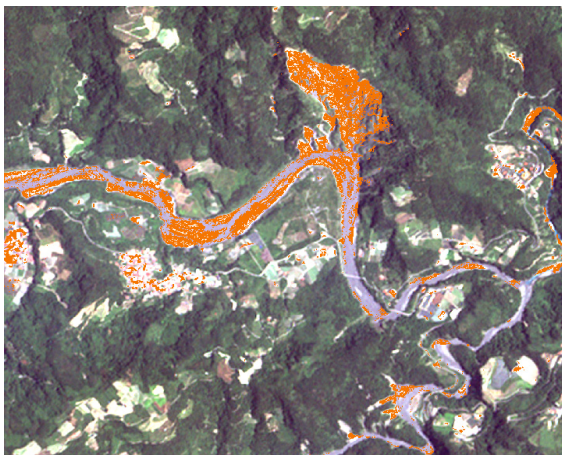


圖 5 像元基礎分類成果圖

Fig.5 The result of Pixel-based classification

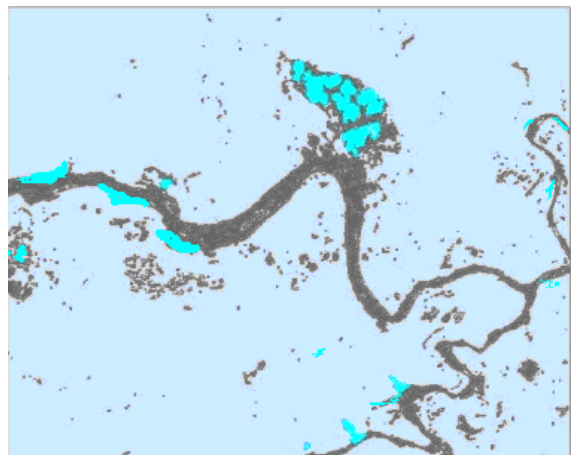


圖 6 實際崩塌位置

Fig.6 Actually lanslide location

則 ($NDVI \leq 0.0$ 且 $REntropy \leq 144.5$ 時), 建立實證區影像的條件因子之資料庫, 建構地質災害敏感地模型是相當具有可行性的, 並根據影像的條件因子得到約 94.5% 之崩塌地判釋地區。本研究使用了 2006 年萬大水庫衛星影像資訊進行非植生地貌的初探試驗。在本研究中已經初步完成崩塌地分類之成果, 初探的結果對崩塌地的判釋 PBC 模式是有能力判斷出崩塌地與非崩塌地塊, 但在崩塌地的判釋中最大誤差的地方出現在河道上的沙地, 和嚴重的椒鹽效應, 判釋率雖高但仍有改善空間。

參考文獻

- [1] 行政院農業委員會 (2002), 「水土保持手冊」, 水土保持學會。(A Council of Agriculture (2002), Soil and Water Conservation Manual, Soil and Water Conservation Society of the Republic. (in Chinese))
- [2] 李哲源 (2009), 區塊物件化分類模式於自動化製圖之研究-以水稻田坵塊主題圖為例, 逢甲大學環境資訊科技碩士學位學程, 碩士論文。(Lee, C.Y. (2009). Regional based object Classification in Auto-selection: A case study in Paddy rice, Master thesis of Feng chia environmental technology. (in Chinese))
- [3] 李建德、黃鐘賢 (1999), Fuzzy C-means 演算法於彩色影像自動分割之研究, 中華民國八十八年全國計算機會議, 頁 C99-C106, 民國 88 年。(Lee, C.D. and Huang, C.S. (1999). Applied Fuzzy C-means to auto-segmentation National Computer Conference, C99-C106. (in Chinese))
- [4] 林書毅、李錫堤 (1998), 不安定指數法在林口台地山坡穩定評估之應用, 第七屆台灣地區地球物理研討會論文集, 頁 593-604。(Lin, S.Y., and Lee, S.T. (1998). Instability index of the Linkou area of stability assessment and its application, the seventh regional geophysical seminar, 593-604. (in Chinese))
- [5] 林彥享 (2003), 運用類神經網路進行地震誘發山崩之潛感分析, 國立中央大學應用地質研究所, 碩士論文。(Lin, Y.H. (2003). Applying Neural Network on earthquake induced landslide and potential analysis, National Central Univ. MS thesis. (in Chinese))
- [6] 黃沛群 (2008), 「以資訊探勘技術改進隔震設計參數之策略」博士論文, 國立中興大學土木工程學系。(Huang, P.C. (2008). The strategy of Data Mining Approach on base isolation PhD Dissertation, National Chung Hsing Univ. (in Chinese))
- [7] 吳麗娟 (1989), 第三次霧社水庫集水區航測調查探討航測技術的發展, 台灣林業雙月刊, 第 25 卷, 第五期, 民國 78 年。(Wu, L.C. (1989). The 3rd survey on Wu-she watershed on technology and development, Taiwan forest, 25(5). (in Chinese))
- [8] 陳怡睿, 謝舜傑, 陳信達 (2005), 應用知識庫分類輔助遙測判釋坡地崩塌之研究, 第 11 屆大地工程學術研討會論文集 (二), 台北, G15-1~G15-7。(Chen, Y.Z. Hsieh, S.C. and Chen, S.D. (2005). Application of knowledge base classification auxiliary telemetry judge to release the slope collapse, (b) the 11th Geotechnical Engineering Conference Proceedings, Taipei, G15-1~G15-7. (in Chinese))
- [9] 陳信雄 (1995), 崩塌地調查與分析, 渤海堂出版社, 頁 1-3, 民國 84 年。(Chen, S.S. (1995). The analysis and survey on landslide, Po-heteng publisher, 1-3. (in Chinese))
- [10] 陳啟偉 (2005) 應用類神經網路於道路邊坡崩塌特性之研究—以台 11 線公路花蓮段為例, 國立東華大學自然資源管理研究所, 碩士論文。(Chen, C.W. (2005). Artificial Neural Networks in the road slope collapse features - Hualien section of Highway 11 Highway, Master Thesis of National Dong Hwa University Institute of Natural Resource Management. (in Chinese))
- [11] Ermini, L., Catani, F., and Casagli, N. (2005). "Artificial Neural Networks applied to landslide susceptibility assessment," *Geomorphology*, 66(1-4), 327-343.
- [12] Gomez, H., and Kavzoglu, T. (2004). "Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin," *Venezuela, Engineering Geology*, Vol.78, 11-27.
- [13] Wan, S., and Lei, T.C. (2009) "A Knowledge-based Decision Support System to Analyze the Debris-Flow Problems at Chen Yu-Lan River, Taiwan," *Knowledge-Based Systems* 22, 580-588.
- [14] Wan, S. (2009). "A Spatial Decision Support System for Extracting the Core Factors and Thresholds for Landslide Susceptibility Map," *Engineering Geology*, 108 (2009) 237-251.
- [15] Yilmaz, I. (2010). "Comparison of landslide susceptibility mapping methodologies for Koyulhisar, Tur-

key: conditional probability, logistic regression, artificial neural networks, and support vector machine.” *Environmental Earth Sciences* 61, 821-836.

- [16] Lu, D., and Weng, Q. (2007). “A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance,” *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 28(5), 823-870.
- [17] Lei, T.C., Wan, S., Chou, T.Y., and Pai, H.C. (2010). “The knowledge expression on debris flow potential analysis through PCA + LDA and rough sets theory: a case study of Chen-Yu-Lan watershed, Nantou, Taiwan.” *Environmental Earth Sciences* 63, no.5, 981-997.
- [18] Huang, P.C., Wan, S., and Yen, J.Y. (2008). “A novel method of searching appropriate ranges of

base isolation design parameters through entropy-based classification, structural control and health monitoring,” <http://www3.interscience.wiley.com/journal/108567152/issue>. doi:10.1002/stc.259.

2011年12月19日 收稿

2012年03月13日 修正

2012年07月03日 接受

(本文開放討論至 2013 年 6 月 30 日)