

區別分析於衛星影像土地利用
分類之應用
以宜蘭沿海鄉鎮為例

Discriminant Analysis of SPOT Imagery
for Land Use Classification
A Case Study in I-Lain

黃誌川*

徐美玲[†]

朱子豪

Jr-Chung Huang

Mei-Ling Hsu

Tzu-How Chu

Abstract

This study combined ISODATA and discriminant analysis for land classification, so as to retain the advantages of both supervised and unsupervised methods, and a case study was undertaken in I-Lain coastal zone. It showed that

* 國立臺灣大學地理環境資源研究所博士班研究生
Graduate Student, Department of Geography, National Taiwan University

** 國立臺灣大學地理環境資源研究所副教授
Associate Professor, Department of Geography, National Taiwan University

*** 國立臺灣大學地理環境資源研究所教授
Professor, Department of Geography, National Taiwan University

the proposed classification method avoided the cumbersome procedure of designating land use types. However, with a predominant land type in the study area, the proposed method resulted in a high overall accuracy rate, but poor performance in discerning minor land types. This study compared research results based respectively on the classification scheme presently adopted in Taiwan and a classification derived from land cover characteristics. It was found that the overall performance was better when the land cover classification scheme was used. The accuracy rates in discerning individual land use varied with different land use types. For example, those including land cover types, such as agriculture, were not classified as accurately as others. However, land use with more homogeneous imagery texture, such as aquaculture and waterways were estimated accurately. We concluded that our method which combine unsupervised ISODATA and discriminant analysis of SPOT imagery has great potential for monitoring land cover changes.

Keywords: discriminant analysis, land-use classification, unsupervised classification, ISODATA, kappa.

摘要

本研究利用衛星影像結合 ISODATA 非監督性的土地利用分類及區別分析，保留監督性分類與非監督性分類的優點，以宜蘭沿海五結鄉和頭城鎮為研究區，進行模式的率定和檢核。並比較以 SPOT 衛星影像進行第一級的土地利用分類（class1）與以地物特徵的分類的適用性。結果顯示，本分類模式可以避免非監督性分類結果與實際土地利用配對的困擾及面積上的錯估，不過，當某類土地利用總面積佔絕大部分時，此模式的整體預測結果雖可達到相當不錯的正確率，但是對個別土地利用的分辨則不一定理想。此模式分別以現行的第一級土地利用分類（class1）的類項和以地物特徵的分類類目進行推測。整體而言，此模式在分辨地物特徵的類目有較佳的表現，不過個別土地利用類目的預測正確度隨土地利用的種類而有差異。對於包含不同地表影像特徵的種類，如「農業用地」，預測正確率不甚理想。但是對於具有較一致之影像質地的土地利用，如養殖或水道等，則有相當不錯的預測結果。因此，結合 ISODATA 和區別分析以 SPOT 衛星影像先就小面積樣區進行區別函數的率定，再以之進行鄰近大範圍地區的土地利用分類應為可行的，將有助於土地利用變動的即時監測。

關鍵字：區別分析、土地利用、非監督性分類、ISODATA、kappa

前言

隨著近年來臺灣經濟的進步與發展，各地的土地開發壓力漸增，以宜蘭沿海為例，該地區的土地利用以農地及水產養殖這兩項高耗水量產業為大宗；不幸的是，沿海地區常由未膠結岩層所組成，雖

然蓄水豐富；但在超量抽水的情況下卻容易導致地層下陷及海水入侵等環境問題。因此，若能對沿海地區的土地利用進行有效監控，對於政府的土地經營管理必能提供重要的幫助。

衛星影像應用於地物及覆蓋的分類已有十餘年的歷史。在衛星影像的使用上，常因應用目標的不同而建立不同的分類標準，之後再利用分類方法來達成分類的目標，例如：崩塌地的偵測（劉進金，1984；1987）、植物群落的分類等（黃凱易等，1996，1997；陳朝圳等，1993）。本研究為進行宜蘭沿海與水文條件有關的土地利用分析並進一步對該區的地表、地下水資源作一評估，因此採用 USGS 的第一級土地分類系統並配合該區條件訂立地表覆蓋分類標準。

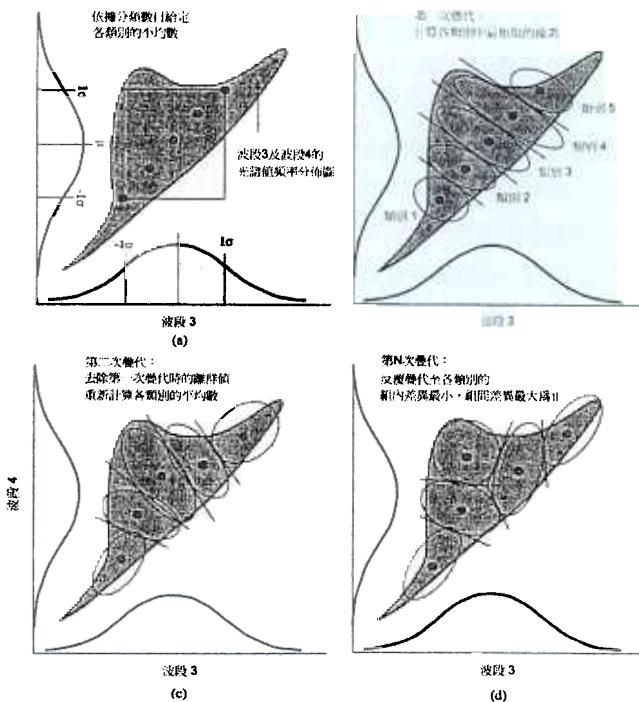
地政司在民國 77 年之前，乃根據產業類別作為分類標準的第一級土地利用分類 (class I) 進行土地利用調查，因此魚塭、旱作、水稻皆劃為農業用地，而宜蘭沿海地區大片林地則被劃分為其他用地；這樣的分類很可能導致蒸發散量或用水量的錯估，至於後來的第二、三級土地利用則類目龐雜，許多類別與水資源的評估並無顯著的關係，因此應該根據實際利用狀況，將養殖、林地、裸露地等具有顯著水文意義者區別開來，方可達到評估的目的。另外以往以人工進行全面土地利用調查，資料更新速度過慢，不利於土地資源的有效評估，因此本研究希望結合非監督性分類及區別函數，以衛星影像來進行宜蘭沿海地區的土地利用分類。比較以地政司的土地利用分類 (class I) 和以地表覆蓋所做的分類系統所得結果。最後評估以此種自動化分類技術分析區域內與水文條件有關之土地利用的有效性。

研究材料與方法

ISODATA 非監督性分類法

非監督性影像判釋法 (unsupervised classification) 至今已有上百種，這些方法大致上是利用群集分析 (cluster analysis) 的統計方法以達成分類目標 (Ediriwickrema and Khorram, 1997)。群集分析以尋求組內的最小變異為原則，將光譜特徵相似者加以併類；此類方法的優勢在於可以減少監督性分類法中，圈選訓練區所需的人力和時間且可免除遺漏的類別（唐莎莉、梁隆鑫，1992）。近來計算機能力的進步與新演算法的提出（如：模糊演算、類神經網路），更使得非監督性分類法的解釋能力有提高的趨勢 (Kartikeyan *et al.*, 1995; Friedl and Brodley, 1997; Dobson *et al.*, 1996)。由於此種分類乃完全依據光譜特性去進行，因此如何進一步建立分類結果與實際土地利用類別的關係，乃關係非監督性分類是否具有應用潛力的重要課題 (Ediriwickrema *et al.*, 1997)。

本研究使用之非監督性分類為 ISODATA method (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique)，是利用群集的演算方式 (clustering algorithm) 來分類（圖 1）。此法首先將所有資料當成一類，計算平均值及標準差，利用結果將其分成數組，計算各組的平均值、標準差；若其中某類的標準差大於指定容許標準差時，則將捨棄；然後將非分群各點重新併入鄰近平均數最近的組類中，重新計算各組的平均值及標準差，若標準差大於指定容許標準差時，再重複進行分組；而每一類別個數小於類別最小個數限制之值時則捨棄。經過一系列的分裂與結合之疊代計算，直到各組的平均值穩定為止，便可完成光譜的分類 (Sabins, 1987; Jain, 1989)。



資料來源：Jensen，1996

圖 1 ISODATA 疊代計算概念圖

區別分析法

在資料非常態分配的條件下，將多變量 x 經線性組合 $y = b'x$ ，變成單變量的 y ，經過運算找出合適的 b 使能有效分辨 y 的群組。其中 x 是區別變數向量， b 是區別係數向量，即：

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_p \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_p \end{pmatrix} \quad (\text{式 1})$$

$$(x_p, \quad \quad \quad b_p)$$

則 y 在第 i 個群體的期望值，寫成 $\mu_{iy} = b' \mu_i$ ，因此組內變異 $\sigma_y^2 = b' \sum b$ 而 y 的全體平均數為

$$\bar{\mu}_y = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^g \mu_{iy} = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^g b' \mu_i = b' \left(\frac{1}{g} \sum_{i=1}^g \mu_i \right) = b' \bar{\mu} \quad (\text{式 2})$$

因此對這 g 組 y 的組間變異與組內變異之比值為：

$$F = \frac{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (\mu_{ij} - \bar{\mu}_y)^2}{\sigma_y^2} = \frac{b' \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (\mu_i - \bar{\mu})(\mu_i - \bar{\mu}) b}{b' \sum b} \quad (\text{式 3})$$

當母體的共變異數矩陣未知時，以樣本的共變異數矩陣取代而成，上式可改寫成：

$$F = \frac{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_i - \bar{x})(\bar{x}_i - \bar{x}) b' b}{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i)(\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i) b} \quad (\text{式 4})$$

選定顯著水準，篩選相關的變數，然後找出各組對應於各變數的係數值，即完成代表各組的區別函數。因此，若在土地利用資料已知的條件下，可以利用區別分析尋找光譜特性與土地利用類別的區別函數達到分類及區隔的目的。

研究步驟

本研究以宜蘭縣頭城鎮和五結鄉的沿海地區為研究區，頭城以北，以海岸公路臺 2 線為研究區的西界，而頭城以南根據張政亮（1992）的研究，以沙丘分佈的西緣和海岸線劃定本區範圍。

首先收集此二個鄉鎮由地政司（1996）所做的國土利用調查報告；並向中央大學太空及遙測研究中心購買經過輻射校正，並以地面控制點及數值地形模型完成幾何糾正，並經旋轉對齊且重新投影在臺灣 TM 二度分帶座標系統上的衛星影像。接著將所得數值土地利用資料轉為網格格式(Grid-based)，並將之與 SPOT 衛星影像進行套疊。

選擇五結鄉作為測定區，利用 ISODATA 非監督性分類法進行光譜分類，獲得該鄉的非監督性的土地利用分類（圖 3）。再將各網點的 ISODATA 值與 SPOT 衛星影像的各波段光譜值以及各波段比率作為區別分析的變數，分別針對地政司第一級土地利用分類調查結果，以及本研究利用第二級土地利用調查結果自行歸納的以地物特徵所做的六項土地分類，進行區別分析以獲取各類別的區別函數。利用該區別函數反推五結鄉的土地利用分類。比較五結鄉在兩種分類系統下的實際土地利用與利用區別函數所得的預測結果。另以前述根據實際調查所歸納的地物特徵土地分類資料，進行各類土地利用的區別分析，再利用所得的區別函數進行該鄉的土地利用分類，將所得結果與本研究所採的複合式分類模式的估測結果進行比較。接著以頭城鎮的影像和土地利用資料進行此模式的檢證。最後評估此模式對兩種土地利用分類的預測效果，及其做為初步土地利用分類的適用性。

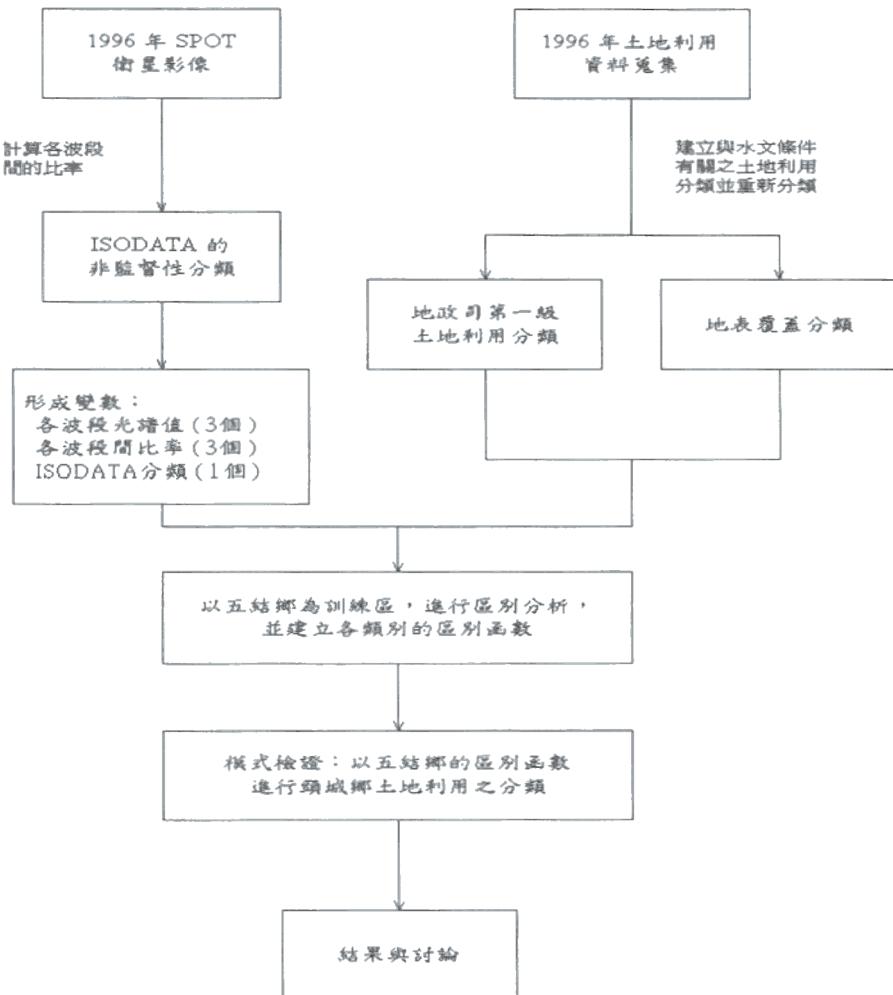


圖 2 研究流程圖

結果與討論

ISODATA 非監督性分類僅單就輸入的類別數目作群集分析並無法瞭解各類別與土地利用的關係，不同的分類數會有不盡相同的結果。以 ISODATA 非監督性分類進行土地利用，分析時會傾向以各類別所佔總面積比例相當為原則，因此有時在光譜特性差距不大的情況下，卻可能被區隔為不同類別；反之，對不同光譜特性者也會因分群均等的原則而將以併類。圖 3 為利用 ISODATA 非監督性分類所得的土地利用分類結果，圖中顯示各類別所佔的面積差異不大，與真實現象不符，且很難與實際類別直接對應。

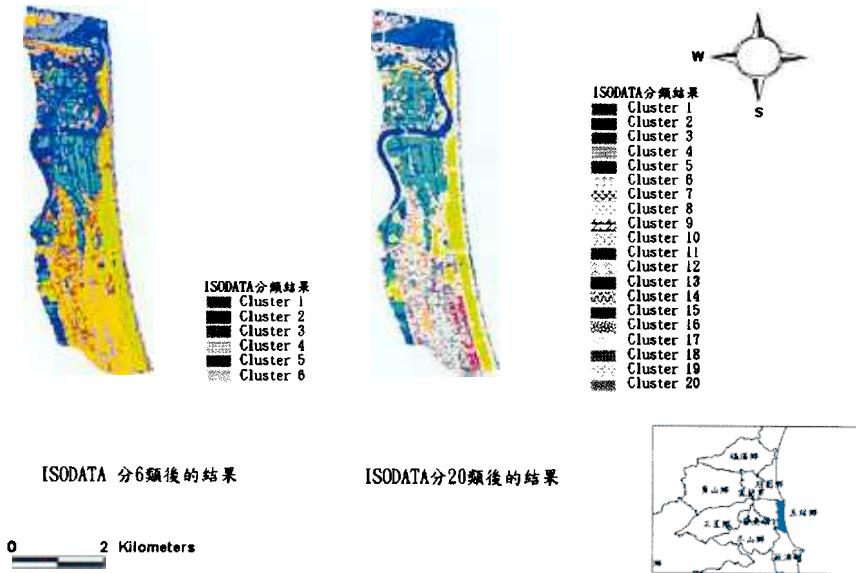
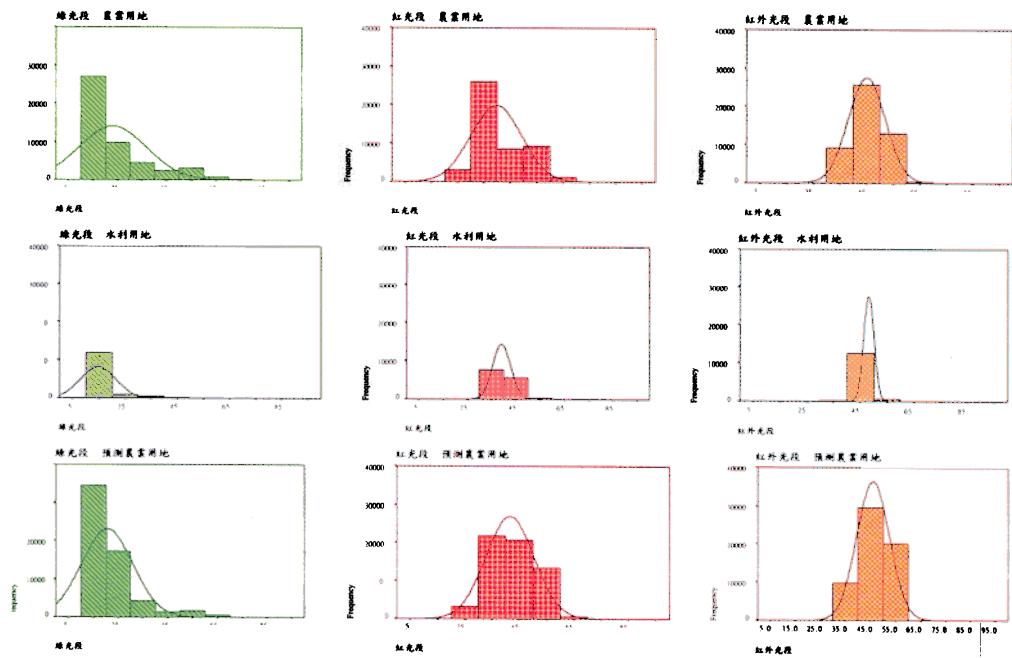


圖 3 五結鄉 ISODATA 非監督性土地利用分類結果

五結鄉的土地利用經區別函數重新分類後，與第一級土地利用分類(class1)比較，正確率達 56.5%，kappa 值為 0.260。分類結果農業用地所佔比率很大（佔總面積 53.7%），由於其為產業別的分類，涵蓋的實際用途十分龐雜，各用途所表現出來的光譜特性差異甚多，有些光譜特性與其他土地利用類似（圖 4），因此當利用被歸類為「農業用地」的網點的光譜去進行區別分析時，會將其他土地利用的光譜特性也涵蓋在內。又因衛星影像主要表現地表光譜特徵，因此直接利用衛星影像進行功能性的分類，自然效果不佳（圖 5），造成除農業外，其他各類土地利用的鑑別力低落。若是以地表覆蓋的特性去進行分類，則各類間的光譜會有比較明顯的差異（圖 6），如此將養殖和林地等具有明顯地物特徵的土地利用另立類別，則預測正確率達 62.4%，kappa 值為 0.487（表 2），確實比以產業別進行分類要有效。就各別土地利用預測的正確率而言，建築用地達 79.4%，養殖用地達 92.4%，林業用地達 72.8%。就各實際土地利用而言，養殖用地和林業用地各有 72.6% 和 74.6% 被正確預測出來，是表現較佳的利用方式。各實際與預測土地利用的空間分佈如圖 5、圖 6 所示。

為檢驗本研究所得的區別函數應用於估測鄰近區域土地利用之有效性，茲將前述利用五結鄉資料所得的區別函數帶入頭城鎮的光譜資料，進行第一級土地利用類別與本研究歸納之土地覆蓋種類的土地利用分類（圖 7 和圖 8），並評估兩種土地利用分類的正確性（表 3 和表 4）。結果顯示，本研究方法在推測頭城鎮第一級土地利用類別(class1) 及土地覆蓋種類的整體正確率分別為 75.2% 及 68.9%，kappa 值則分別為 0.169 及 0.414。兩種土地利用的預測正確率均約達七成以上，雖然本研究方法在預測頭城鎮的土地覆蓋類別的表現略遜於對第一級土地分類的估測，但是由圖 7 可以看出，大部分的土地（92.9%）都被預測為農業用地，而預測的農業用地面積比實際農地（75.1%）多出許多。反觀以地表覆蓋分類者，能將實際農業用地區別為農業、養殖和林業等，其中養殖用地更獲得高度的判

第一級土地利用分類



土地覆蓋的分類

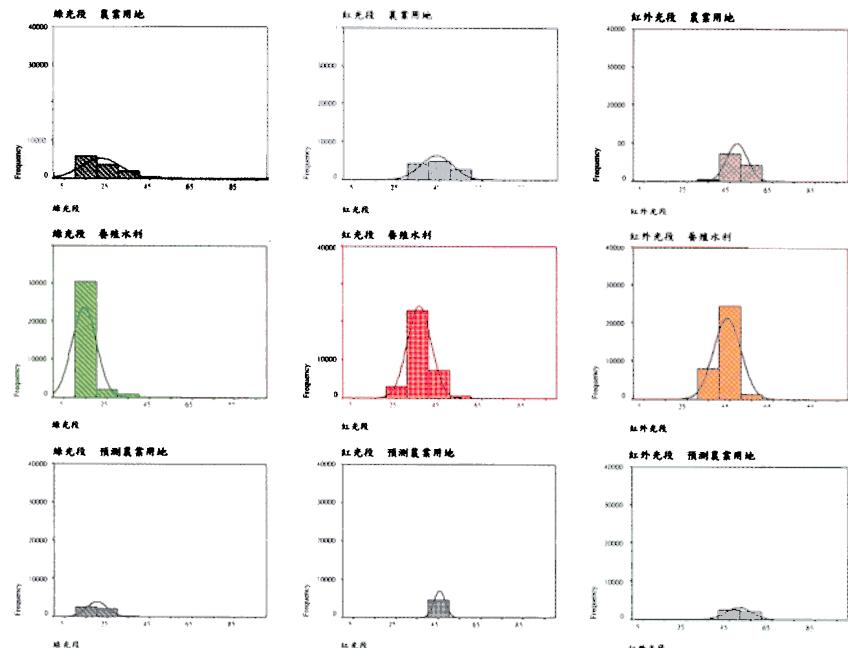


圖 4 不同土地利用分類的光譜特性

表1 五結鄉第一級土地利用分類(class1)與土地利用預測結果的比較

預測類別(%)		土地利用預測類別						
		其他用地	農業用地	水利用地	建築用地	工業用地	遊憩用地	總計(像元數)
實際土地利用類別	其他用地	27.4 49.5	60.2 20.4	5.9 9.7	6.4 20.1	0.0 12.3	0.0 0.0	22.5
	農業用地	9.7 41.8	75.4 60.9	9.8 38.5	5.0 37.6	0.0 16.9	0.0 0.0	53.7
	水利用地	3.0 3.6	50.2 11.3	46.3 50.8	0.5 1.1	0.0 0.0	0.0 0.0	15.0
	建築用地	7.1 4.4	55.1 6.3	1.3 0.7	36.3 38.6	0.1 13.8	0.0 0.0	7.6
	工業用地	9.9 0.7	64.2 0.9	1.8 0.1	19.5 2.4	4.7 56.9	0.0 0.0	0.9
	遊憩用地	2.6 0	78.8 0.2	11.5 0.1	5.8 0.1	0.0 0.0	1.3 100	0.2
	總計	12.5	66.6	13.7	7.2	0.0	0.0	100

A

A：各類土地利用土地以本複合模式預測所得類別的百分比

B

B：各類預測土地利用土地的實際利用類別的百分比

預測準確度率乃對角線上各 B 值與相對應欄總計值的乘積之總和

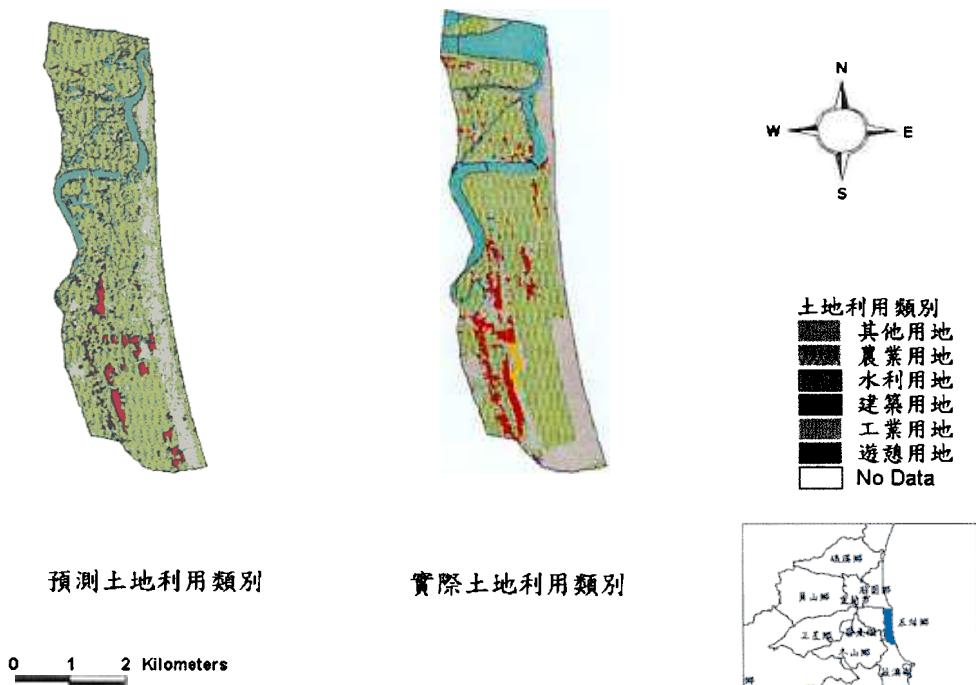
釋正確性。本研究土地利用分類法預測土地利用覆蓋所得的 kappa 值，明顯地比預測第一級土地利用類別佳，顯示其對其他類別有較佳的辨識率。而本研究分類法在頭城鎮土地覆蓋種類的預測正確率，在養殖及水利與林業兩類方面分別為 89.1% 及 52.9%，而實際的養殖及水利與林業用地也分別有 80.9% 及 56.9% 被正確地推估出來，顯示本法對耗水性土地利用具有不錯的辨識能力。

綜合分析結果得知，第一級土地利用分類中的農業用地包含著畜牧、養殖、水稻、旱作用地及廢耕地等性質差異頗大的土地利用類別，導致利用衛星影像資訊進行分類時的誤判。另外，利用航空照片與像片基本圖仔細核對土地利用數值檔，發現五結鄉內有些零星的土地雖然被登記為工業用地，但實際上卻為旱作、林地或空置地，結果造成分類上的雜訊，降低預測的正確性；將來應該加強地面調查及登錄的確實性，以提高分類的準確度。

利用衛星光譜資料進行農業土地利用的推估時，無論是以產業別或土地覆蓋方式進行農業用地的分類，效果並不理想；主要的原因在於，農業用地包含的土地利用有水稻、旱作、雜糧等；再加上生長季節，以及當時的土地利用狀況（廢耕或休耕）的影響，導致衛星影像的雜訊，致使無法有效將農業用地自其他利用方式中區別出來。裸露用地的判釋也有類似的問題，所幸其面積很小，對全區土地利用的預測效率而言，不至於產生過大的影響。本研究所採的土地分類法確能有效地將耗水量大的養殖業區別出來，因此應具有初步推估一地水文特性的潛力。

表 2 五結鄉實際土地利用（土地覆蓋種類）與土地利用預測結果的比較

預測類別 (%)		預測土地利用類別						總計 (像元數)
		其他 用地	農業 用地	建築 用地	裸露 用地	養殖 水利	林業 用地	
實際 土地 利 用 類 別	其他 用地	0.1 100.0	10.8 8.1	45.5 6.5	6.3 3.7	35.8 2.9	1.5 0.5	4.0
	農業 用地	0.0 0.0	9.9 25.0	37.3 17.9	6.8 13.7	44.7 12.5	1.3 1.5	13.4
	建築 用地	0.0 0.0	6.4 23.1	79.4 54.7	5.9 17.2	5.7 2.3	2.6 4.1	19.2
	裸露 用地	0.0 0.0	8.5 21.5	33.3 15.8	14.5 29.1	28.7 7.8	15.3 17.0	13.3
	養殖 水利	0.0 0.0	2.0 14.6	2.4 3.3	2.4 13.7	92.4 72.6	0.7 2.3	37.8
	林業 用地	0.0 0.0	3.4 7.8	4.1 1.8	12.2 22.6	7.6 1.9	72.8 74.6	12.3
	總計	0.0	5.3	27.9	6.6	42.8	12.0	100



右圖為第一級土地利用分類的實際資料，左圖為利用區別函數預測的結果

圖 5 五結鄉第一級土地利用分類 (class1) 與預測結果之比較



右圖為實際土地利用（土地覆蓋種類）資料，左圖為利用區別函數預測的結果

圖 6 五結鄉實際土地利用(土地覆蓋種類)與預測結果之比較

表 3 頭城鎮第一級土地利用分類 (class1) 與土地利用預測結果的比較

預測類別 (%)		預測土地利用類別						總計 (像元數)
		其他 用地	農業 用地	水利 用地	建築 用地	工業 用地	遊憩 用地	
實際 土地 利用 類別	其他 用地	0.6 14.0	78.7 5.5	0.0 0.0	18.7 20.2	2.0 14.7	0.0 0.0	6.5
	農業 用地	0.2 53.3	96.8 78.3	0.0 0.0	2.7 34.0	0.3 28.1	0.0 0.0	75.1
	水利 用地	0.1 5.6	98.5 12.0	0.0 0.0	1.2 2.4	0.2 2.0	0.0 0.0	11.4
	建築 用地	1.0 25.7	56.1 4.0	0.1 100	36.7 40.5	6.1 45.9	0.0 0.0	6.6
	工業 用地	0.0 0.0	34.1 0.1	0.0 0.0	45.1 2.4	20.8 7.4	0.0 0.0	0.3
	遊憩 用地	2.4 1.4	61.4 0.1	0.0 0.0	24.4 0.6	11.0 1.9	0.8 100	0.2
	總計	0.3	92.9	0.0	7.2	0.9	0.0	100

A

A : 各類土地利用土地以本複合模式預測所得類別的百分比

B

B : 各類預測土地利用土地的實際利用類別的百分比

表 4 頭城鎮實際土地利用（土地覆蓋種類）與土地利用預測結果的比較

預測類別 (%)		預測土地利用類別						
		其他用地	農業用地	建築用地	裸露用地	養殖水利	林業用地	總計 (億元數)
實際土地利用類別	其他用地	0.0	22.2	21.2	0.0	55.1	1.5	4.7
	農業用地	2.9	5.8	12.6	0.0	3.8	1.4	
	農業用地	0.0	38.2	9.5	0.0	45.0	7.3	18.6
	建築用地	17.1	39.1	22.0	0.0	12.2	26.4	
	建築用地	0.2	34.0	47.7	0.0	16.2	1.8	7.1
	裸露用地	37.1	13.2	42.1	0.0	1.7	2.5	
	裸露用地	0.0	42.6	33.2	0.4	22.2	1.6	1.7
	養殖水利	0.0	4.0	7.1	100	0.6	0.5	
	養殖水利	8.6	8.4	1.5	0.0	89.1	1.0	62.3
	林業用地	34.3	28.8	11.9	0.0	80.9	12.2	
	林業用地	0.3	9.1	6.4	0.0	10.6	52.9	5.5
	總計	34.3	18.2	8.0	0.0	68.6	5.1	100

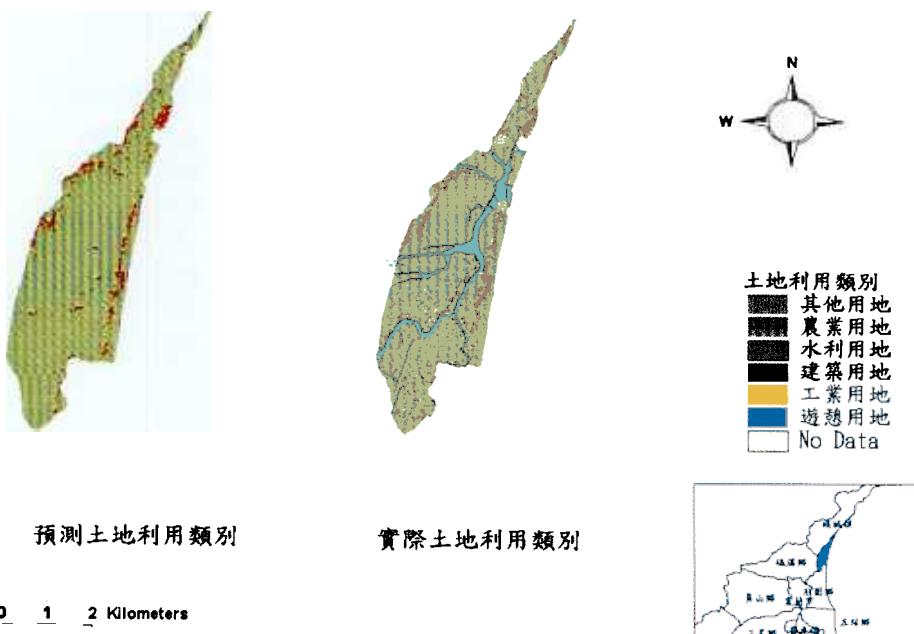
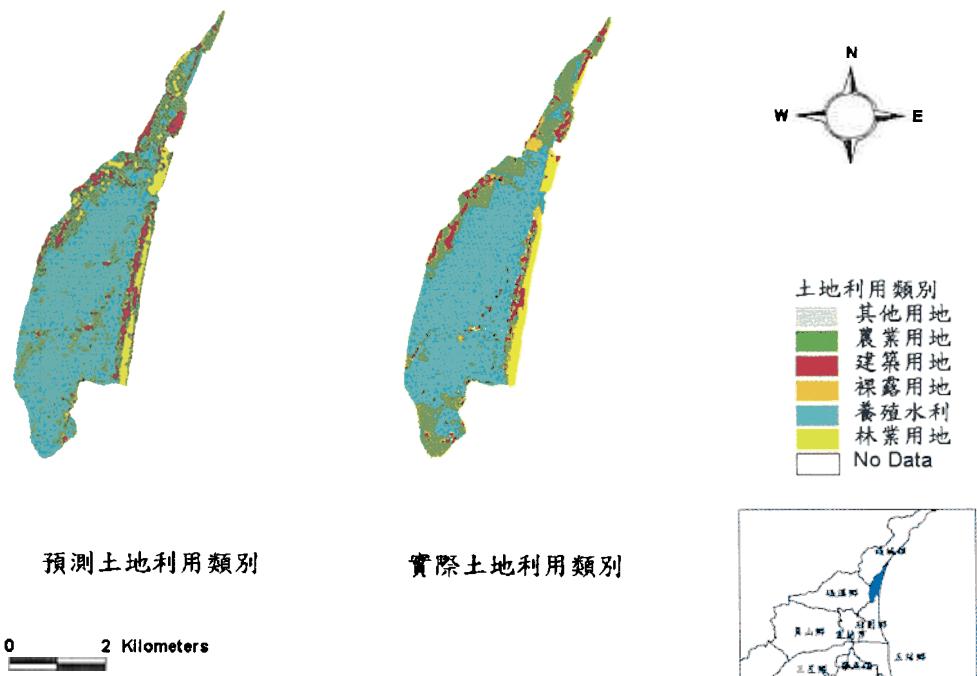


圖 7 頭城鄉第一級土地利用分類(class1)與預測結果之比較



右圖為實際土地利用（土地覆蓋種類）資料，左圖為利用區別函數預測的結果

圖 8 頭城鄉實際土地利用（土地覆蓋種類）與預測結果之比較

結論

綜上所論，本研究的具體結論如下：

1. 以衛星影像資料進行 ISODATA 非監督性分類，並以所得結果與衛星各波段光譜比值針對土地分類進行區別分析，再利用所得的區別函數進行土地利用的分類時，對土地覆蓋的預測效率比對產業類別來的佳。
2. 同質性較高的區域中，選取小地區的衛星影像資料，利用非監督性分類及區別分析，並以所得區別函數結果對其他地區進行土地利用的推估，可以得到不錯的預測正確率。
3. 利用 ISODATA 及區別分析進行土地利用分類時，應特別注意各類別的面積比率，若有獨大的類別出現時，可能會影響其他類別的辨識。
4. 本研究所提的分類法對養殖及水利用地的推估有不錯的準確度，因此應可加以採用，以衛星影像資料去進行該等土地利用類別的初步推估。

5. 本研究所選取的區域乃以農為主的鄉鎮，將來應可繼續針對不同土地特性的區域，進行類似的研究，以探討本分類法在其他區域的適用性，以提升國土資源調查的效率。

引用文獻

- 臺灣省政府地政司（1996）國土利用現況調查資料，數化檔。
- 唐莎莉、梁隆鑫（1992）多光譜影像資料分類與地理資訊系統—蘭嶼實例，遙感探測，17: 1-17。
- 張政亮（1992）蘭陽平原海岸沙丘之地形學研究，國立臺灣師範大學地理研究所碩士論文。
- 陳朝圳、鍾玉隆、楊勝任（1993）地理資訊系統應用於霧頭山自然保護區植群分類之研究，遙感探測，18: 24-53。
- 黃凱易、楊曼蓄（1996）三種尺度遙測影像於林地被覆分類系統之建立，國立中興大學實驗林研究彙刊，18 (2): 58-79。
- 黃凱易、蘇婉霞、李旻旻（1997）協合 ERS-1 SAR 及 Landsat TM 影像於埔里地區地覆分類之初探，國立中興大學實驗林研究彙刊，19 (1): 145-161
- 劉進金（1984）航照在工程地質上之應用—崩塌調查實例，遙感探測，4: 97-123。
- 劉進金（1987）山崩之遙測影像自動分析，遙感探測，7: 97-123。
- Dobson, M. C., Pierce, L. E. and Ulaby, F. T. (1996) Knowledge-based land-cover classification using ERS-1/JERS-1 SAR composites, *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 34 (1): 83-99.
- Ediriwickrema, J. and Khorram, S. (1997) Hierarchical maximum- likelihood classification for improved accuracies, *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 34 (4): 810-815.
- Friedl, M. A. and Brodley, C. E. (1997) Decision tree classification of land cover from remotely sensed data, *Remote Sensing Environment*, 61: 399-409.
- Kartikayen, B., Majumder, K. L. and Dasgupta, A. R. (1995) An expert system for land cover classification, *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 33 (1): 58-66.
- Jain, A. K. (1989) Fundamentals of Digital Image Processing, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 418-421.
- Jenson, J. R. (1996) *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. 2nd ed., NJ: Prentice-Hall.
- Sabins, M. J. (1987) Convergence and consistency of fuzzy c-means/ISODATA algorithms, *IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 9: 661-668.

89年10月16日	收稿
90年1月2日	修正
90年4月12日	接受