

遙測應用於土地利用分類-以美濃中壇為例

Remote-Sensing Application on Land Cover Classification —A Case Study at Meinung Zhang Tan Area

陳鈞華¹、童伯倫²、方彥凱³、譚智宏⁴、張煜權⁵、甘俊二⁶

1.屏東科技大學副教授 2.屏東科技大博士班 3.屏東科技大學碩士 4.農工中心副研究員兼組長 5.立德管理學院助理教授 6.七星農田水利基金會董事長

摘 要

本研究選定美濃中壇工作站為研究區域，利用遙測技術藉由近紅外光與短紅外光在 SPOT 4 衛星所擁有的特性，探討兩波段應用在常態化植生指數標準差(NDVI)在土地利用分類的準確度增進效果。由兩張不同時期影像的水稻分類準確度評估中，20030207 在短波 NDVI 的水稻使用者準確度達 85.71 %、20030719 在短波 NDVI 的水稻使用者準確度達 87.10 %，短波紅外光波段應用於常態化植生指數標準差較近紅外光為佳。討論選用的兩個 NDVI 波段與分類間之相關性，結果顯示短波 NDVI 於各分類類別的相關性較不顯著，故有助於分類時準確度的提升。

關鍵詞：常態化植生指數標準差，波譜值，相關性

Abstract

The study area in this research is in Meinung Zhang Tan work station. Utilizing remote sensing technique that according the near infrared and the short-wave infrared bands of SPOT 4 satellite. Those two bands were applied to the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and compared their contribution in the classification accuracy in two rice growing periods. Results indicated that the classification accuracy of the short-wave infrared NDVI is better than that of near infrared. The User's Accuracy of the paddy classification is 85.71 % using the short-wave NDVI in the image of Feb. 27, 2003. The User's Accuracy of the paddy is 87.10 % using the short-wave NDVI in the image of Jul. 19, 2003. The result shows that short-wave NDVI is less dependent than other bands in the classification. In other words, the short-wave NDVI is a better band to be used in classification.

Keywords: Normalized Difference Vegetation Index, spectrum value, Correlation

一、緒論

1.1 研究動機與目的

水稻為台灣地區的重要糧食作物，因此水稻田清點及稻作產量預估為農政單位之重要任務之一。水田除了供應糧食外，尚有其他環境生態功能如蓄水、防止土壤流失、淨化水質、調節氣溫等。國內衛星遙測技術漸趨成熟，其資料具有可迅速掌握地表改變狀況且涵蓋面積廣、資料量大、具多光譜之特性、具重覆觀測之能力特性，因此適於區域性及全球性之環境監視之用。近年已使用遙測技術於稻作辨識，配合航空照片判釋稻作面積與進行航測耕地圖之建置等工作，冀望能利用此技術以最快、最經濟有效的方式得到詳實的地表資訊。

1.2 研究方法

本研究選用水稻田一、二期作之 SPOT 4 衛星影像，先分別對兩張衛星影像進行幾何校正之前處理，並賦予原始影像地理座標，並利用 SPOT 4 波譜特性，探討常態化植生指數標準差 (NDVI) 分別應用於近紅外光與短紅外光之差異。分類方法採傳統監督式分類法中之最大概似法對影像進行店面覆蓋物分類，並探討比較其分類準確度的效益。

二、文獻回顧

陳俊哲等 (1994) 以不同時期 SPOT HRV 影像研究水稻在不同生長時期，各波段影像灰度植的光譜變化曲線；經輻射正規化處理，建立水稻動態植被光譜資料庫。結果顯示水稻在不同生長期具有不同光譜反應，而結合多期的 SPOT 影像可分析水稻再各個生長階段中的光譜反應容易與當時現地何種地物混淆，結合多時段影像可以改善單一時期特定作物的分類準確度。

楊純明等 (1997) 在臺灣省農業試驗所試驗場中遙測 1996 年一、二期水稻作物全生育期的植冠反射光譜，建立因季節改變而產生的反射光譜變化與趨勢，據以探討、分析各波段隨和水稻成長的關係，尋找常態化植生指數標準差 (NDVI)，且評估 NDVI 使用潛能。

蕭國鑫 (1998) 單一時期影像利用 SPOT 三個波段資料，及再加入常態化植生指數標準差與綠度指數影像，利用非監督式分類法判釋水稻田。多時段影像以各時期 SPOT 第二、三波段影像組合後進行水稻田判釋。相同的資料亦引進先分類，再導入區塊界限的分類修飾法判釋水稻田。

陳益鳳（1998）將 SPOT 多光譜遙測影像，輔以耕地坵塊資料，水稻生長光譜知識以及相關影像處理技術進行水稻田辨識研究採用區域式分類的概念，以耕地坵塊所呈現之常態化植生指數標準差代表其光譜特徵，基於作物生長之週期性與規律性，考慮常態化植生指數標準差在多時段影像上的變化趨勢，驗證可以藉由多時段影像提高辨識精度。

呂秀慧（2001）針對頭前溪流域，以五個時期夏季之 SPOT 影像進行變遷分析，所選擇影像的季節皆為夏季，為植生生長茂密之季節，可以較有效的掌握該區植物的分佈。根據植生對於不同光譜的反射特性，採用兩種植生分類方法，分別為直接以 NDVI 分類及利用 NDVI 輔助原始光譜分類兩種。並經由分類成果來比較不同分類方法之差異。

徐家盛（2003）利用尺度轉換方法，將衛星影像以雙線性內插及立方褶積取樣法將尺度轉換為 1 m, 2m, 4m, 10m, 20m, 30m, 100m, 250m 等 8 組共 16 幅不同尺度之影像，依此多重尺度影像進行土地利用分類。以水稻田分類整體精確度比較各尺度影像分類結果，顯示影像解析度在接近農地坵塊尺寸時，呈現最佳整體分類精確度，而雙線性內插或立方褶積取樣法並未有明顯之差異。

三、遙測影像分類之相關理論

3.1 衛星影像之幾何校正

故衛星影像需作前期處理，主要包括輻射糾正與幾何校正。輻射校正，主要目的是校正大氣的影響以及影像的失真與雜訊，由於因日照強弱、大氣條件、太陽高度角、觀測角度、地表反射以及系統性的儀器誤差等因素，需取得衛星拍攝時上述可能造成誤差之參數，由中央大學太空及遙測研究中心所購得之衛星影像已事先做過輻射校正，所以僅作幾何校正。系統幾何變形可藉由數學方法將實際變形種類計算出數學公式與以校正；非系統幾何變形，其影像校正則須選取地面控制點，地面控制點並應力求平均分佈於研究區的範圍內，模擬地面特徵點與影像的相對位置進行遙測影像糾正。採一般克利金法以求得正確且精準的定位，其合理誤差需小於一個像元。

影像重組是將原始影像上適當的像元灰階值，指定到幾何校正後新的空間位置座標，常用的是最鄰近插值法、雙線性內插法及立方迴旋法。

3.2 常態化植生指數標準差之應用

單一特徵波長與植物生長性狀之單相關通常不如多特徵波長之複相關，因此發展出植生指標 (VI) 以數學轉換具有環境標準化效果，降低不同環境造成光譜偵測之差異來描繪或敘述作物的生長狀態。VI 的種類眾多，包含 RVI、NDVI、SAVI、TVI 及 PVI 等。其中應用較為廣泛者為 Rouse 等於 1973 年所提出的 NDVI，其原理為健康的綠色植物會強烈吸收紅光 (Red，波長約 0.67 μm)，強烈反射近紅外光 (NIR，波長約 0.75 μm ~1.35 μm)，利用可見紅光與近紅外光波段的特性產生一幅兩波段間的比值影像，特別適合用來土壤、水體以及植生間的差異，與陰影所造成的干擾。NDVI 比值關係如 3-1 式：

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad 3-1$$

3.3 遙測影像分類理論

本研究採用 ERADS Imagine 影像處理軟體來進行影像自動分類，分類的方法有監督分類法和非監督式分類法。監督式分類法，主要是利用波譜型式識別及地面真實資料為分類依據之準則。利用電腦進行圖型判釋，首先必須由資料中訓練一些樣區來認知圖型即所謂訓練樣區，選定所需資訊類屬，訓練所產生之結果為一特徵組，用以代表該一類別監督處理，再從訓練區中導出相關統計值做為分類依據。一般監督式分類統計方法採最短距離法、平行六面體法與最大概似分類法。

非監督式分類法之原理乃依據影像分析者所訂的分類數，即利用數學運算，依據統計及群集之觀念，檢查一大串未知像元之波譜群組，利用集群分析以分離類屬，再決定其資訊的應用，故各點必能依照光譜特性歸於應屬的類組中。常使用的方法有：K-均數聚集法、連續聚集法、反覆自我組織資料分析法。

3.4 精確度評估

遙測分類能否達到監測目的的一個研究重點，而目前對於影像精確度評估最常使用的方法是誤差矩陣，故以誤差矩陣決定整體準確度與 Kappa 統計指標，作為影像分類準確度評估之標準。

整體準確度 (Overall Accuracy)

將全部正確分類的量除以總資料量所得到的就是整體準確度對角線元素總和除以所有元素的總和，由於已考慮到每個類別相對的權重關係，所以整體準確度較客觀公式如下：

$$\text{整體準確度} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ii}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij}} \times 100 \% \quad (3-2)$$

其中， X_{ii} ：某類別正確分類的數量， X_{ij} ：表示在誤差矩陣中第 i 列第 j 行的元素， n ：表示類別數

生產者準確度 (Producer's Accuracy)

對於某特定的地表類別而言，將此類別正確分類的數量除以參考資料中該類別的總數量和即為生產者準確度，公式如下：

$$\text{生產者準確度} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ii}}{\sum_{i=1}^n X_{+i}} \times 100\% \quad (3-3)$$

其中， X_{ii} ：某類別正確分類的數量， X_{+i} ：該類別參考資料總數量， n ：表示類別數

使用者準確度 (User's Accuracy)

任一類別中正確分類的元素除以分類後被歸為該種類別的元素總和，公式如下：

$$\text{使用者準確度} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ii}}{\sum_{i=1}^n X_{i+}} \times 100 \% \quad (3-4)$$

其中， X_{ii} ：某類別正確分類的數量， X_{i+} ：分類後被歸為該種類別的總數量， n ：表示類別數

表示地面覆蓋物經分類後，能被正確歸類的機率，亦為此分類方法所得成果的可靠度；另一個相似意義的是誤授誤差其意義為誤把其他類別歸納於某類分類成果中的比例，其表示式為：

$$\text{誤授 (CE)} = 1 - \text{使用者準確度 (UA)} \quad (3-5)$$

Kappa 統計指標 (Overall Kappa Statistics)

Cohen 於 1960 年提出，Kappa 統計指標為表示分類成果比隨機分類好多少的指標。Kappa 統計指標考慮到兩種一致性的差異，一為自動分類和參考資料間的一致性，另一為取樣和參考分類的一致性機率。一般而言，Kappa 介於 0~1 間，Kappa 值越大代表分類準確度越高。

$$\begin{aligned} \kappa &= \frac{N \sum_{i=1}^n X_{ii} - \sum_{i=1}^n (X_{i+} \times X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^n (X_{i+} \times X_{+i})} \times 100 \% \\ &= \frac{\frac{\sum_{i=1}^n X_{ii}}{N} - \frac{\sum_{i=1}^n (X_{i+} \times X_{+i})}{N^2}}{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_{i+} \times X_{+i})}{N^2}} \times 100 \% \\ &= \frac{\text{整體準確度} - \text{期望準確度}}{1 - \text{期望準確度}} \quad (3-6) \end{aligned}$$

其中 N ：表示元素總和， X_{ii} ：某類別正確分類的數量， X_{+i} ：該類別參考資料總數量， X_{i+} ：分類後被歸為該種類別的總數量

肆、個案研究

4-1 研究區域地理位置概述

研究區域選定為美濃鎮中壇工作站灌溉轄區為主，該區域年平均在攝氏約 $22^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 之間，各月溫差不大。氣候則屬熱帶潤濕型，年雨量約 3000 mm 左右，5、6 月是梅雨季節，相對溼度 65 % 左右。美濃地區每年 5 月至 10 月為西南風盛行即颱風期，降雨量佔全年之 90 %。本區由於氣溫高日照強，蒸發量頗大，年蒸發量約在 1000~2000 mm 之間。美濃地區氣候較於暖熱，水稻耕作特別早，第一期稻作，通常在 12 月至 1 月播種，而在 6 月到 7 月 15 日收穫，第二期稻作則在 6 月到 7 月 15 日播種，10 月 10 日左右

收割，在二期稻作之間の間作與裡作以菸葉植物最佔優勢。

現地參考點調查於 2003 年 7 月 20 日進行，調查日期接近 2003 年 7 月 19 日之影像，將取得之資料經校正及座標轉換。依分類別分為水體(包含漁塭)、林區、混凝土覆蓋物(包含裸露地與道路等)、高莖作物 (包含香蕉及檳榔等)、其它作物與水稻等六項。

4-2 NDVI 波段影像

依據常態化植生指數標準差 NDVI 之原理，選用 SPOT 4 衛星所具有之近紅外光波段與短紅外光波段分別產生 NDVI 影像，如圖 4-1 分別為一、二期作 NDVI 波段之影像，右上為 2003/02/27 的 NDVI 近紅外光波段影像，左上 2003/02/27 的 NDVI 短波紅外光波段影像，右下為 2003/07/19 的 NDVI 近紅外光波段影像，左下 2003/07/19 的 NDVI 短波紅外光波段影像。

圖 4-1 所示，使用短波紅外光波段的 NDVI 具有更佳的可判釋性，在影像中比近紅外光波段的 NDVI 影像更能明顯的呈現出水體與地表覆蓋物的狀況，應用於地面植生的分類應當具有更顯著的提升效果。將近紅外光波段的 NDVI 與短波紅外光波段的 NDVI 分別加入原本 4 個波段之影像，使影像具有 5 個波段，共 6 幅影像進行分類。

本研究採監督式分類的最大概似法為分類基礎。對照比例尺 1/5000 解析度為 0.25 公尺的航照圖分別對 2003/02/27 與 2003/07/19 作訓練樣區，以 0227-1 影像選取水稻訓練樣區的為例，訓練樣區依據研究分為水體(包含漁塭)、林區、混凝土覆蓋物(包含裸露地與道路等)、高莖作物 (包含香蕉、檳榔及木瓜等)、其它作物(包含西瓜、番茄、茄子等作物)與水稻等六項。利用美濃地區的 GIS 地籍圖與河系圖來輔助訓練樣區的選取，確保訓練樣區選取時能更嚴謹。

分析的影像檔案日期相同者，所選用的訓練樣區大小範圍皆相同。依據相同的訓練樣區，比較傳統 NDVI 及本研究選用的 NDVI 對於增進分類準確度的比較。影像分類結果中(a)為 4 波段影像，(b)為加入 NDVI，(c)加入短波 NDVI。表 4-1 為 2003/02/27 三幅影像之準確度評估。將上述兩期影像分類準確度整理圖 3-2。加入 NDVI 與短波 NDVI 之水稻使用者準確度、整體準確度與 kappa 統計指標比原本 4 波段提升之準確度整理如表 4-2。



(a). 2003/02/27 NDVI 影像



(b). 2003/02/27 短波NDVI 影像



(c). 2003/07/19 NDVI 影像



(d). 2003/07/19 短波NDVI 影像

圖 4-1 一、二期作之 NDVI 波段影像

表 4-1 0227-3 準確度評估

| 分類資料 | 地面參考資料 | | | | | | | 參考點總計 | 分類總計 | 正確分類數 | 生產者準確度 | 使用者準確度 |
|--|--------|----|--------|------|----|----|-----|-------|------|-------|---------|---------|
| | 水體 | 林區 | 混凝土及裸地 | 高莖作物 | 雜作 | 水稻 | 列總計 | | | | | |
| 水體 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 18 | 21 | 18 | 17 | 80.95 % | 94.44 % |
| 林區 | 0 | 11 | 0 | 1 | 1 | 0 | 13 | 14 | 13 | 11 | 78.57 % | 84.62 % |
| 混凝土及裸地 | 0 | 0 | 25 | 2 | 2 | 0 | 29 | 30 | 29 | 25 | 83.33 % | 86.21 % |
| 高莖作物 | 0 | 3 | 0 | 37 | 2 | 5 | 47 | 41 | 47 | 37 | 90.24 % | 78.72 % |
| 雜作 | 0 | 0 | 5 | 0 | 20 | 3 | 28 | 26 | 28 | 20 | 76.92 % | 71.43 % |
| 水稻 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 36 | 42 | 45 | 42 | 36 | 80.00 % | 85.71 % |
| 行總計 | 21 | 14 | 30 | 41 | 26 | 45 | 177 | 177 | 177 | 146 | | |
| 整體準確度 = 82.49 % Kappa 統計指標 = 0.7836 | | | | | | | | | | | | |

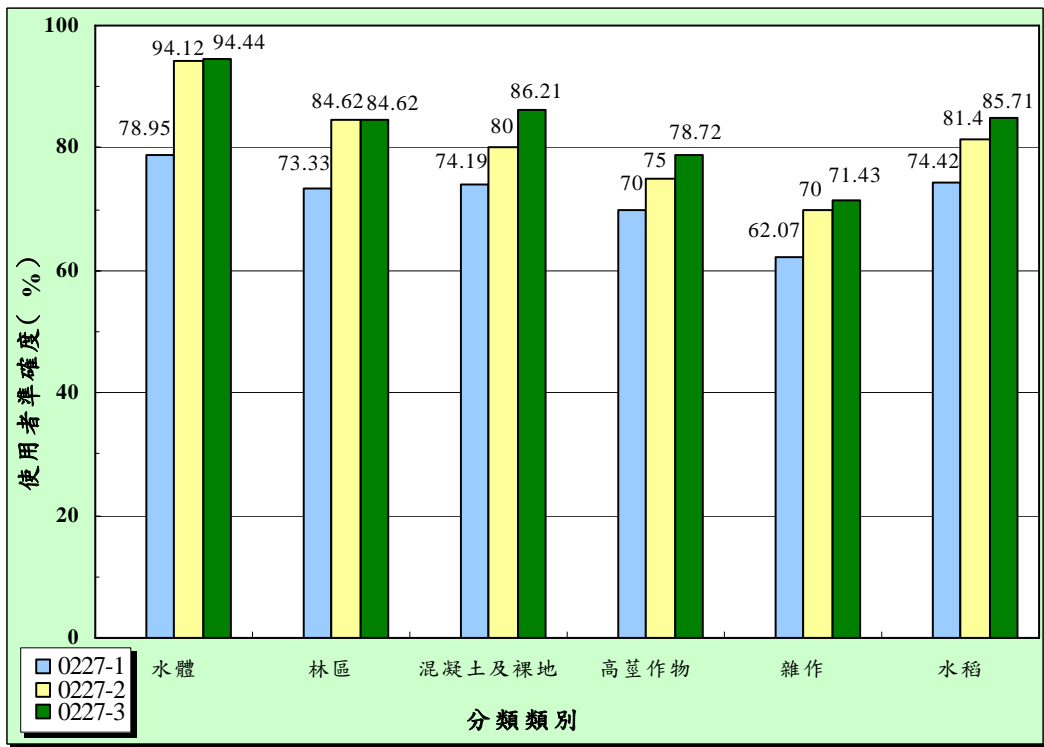


圖 4-2 2003/02/27 三幅影像之使用者準確度比較

表 4-2 分類提升效益比較

| 影像名稱 | 提升效益 | | |
|---------------|----------|--------|------------|
| | 水稻使用者準確度 | 整體準確度 | Kappa 統計指標 |
| 0227-2 | 6.98% | 7.35% | 0.0895 |
| 0227-3 | 11.29% | 10.74% | 0.1312 |
| 0719-2 | 8.43% | 4.82% | 0.0595 |
| 0719-3 | 10.91% | 9.63% | 0.1175 |

4-3 波譜值相關性討論

依據研究所選取的訓練樣區將其波譜值輸出，主要在探討近紅外光之 NDVI 與短波紅外光之 NDVI 間，兩波段於各分類間的相關程度愈高則於分類時較容易照成誤判。研究中採用皮爾森樣本相關係數作分析，兩變數 X 和 Y 的皮爾森樣本相關係數定義如 4-1 式：

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{(n-1)S_x S_y} \quad (4-1)$$

其中 n : 樣本數, \bar{X} : 變數 X 樣本平均值, \bar{Y} : 變數 Y 樣本平均值

S_x : X 變數之標準差, S_y : Y 變數之標準差

將 2003/02/27 與 2003/07/19 製成 6 波段的影像並輸出其波譜值，再依波段與分類類別的關係，以 SPSS 8.0.1 版統計軟體繪出波段間 6 × 6 的矩陣關係。於兩變數間若有近紅外光、短波紅外光、NDVI、短波 NDVI，可看出個分類間的離異程度較大，所以對上述 4 個波段作相關性分析，用以檢測短波紅外光是否比近紅外光更能提高判釋的準確度，用於短波 NDVI 是否相對的能比一般常用的 NDVI 能有效的提升分類準確度。為 2003/02/27 中各分類對於近紅外光、短波紅外光、NDVI、短波 NDVI 的相關性檢測。表 4-3 為 2003/07/19 中各分類對於近紅外光、短波紅外光、NDVI、短波 NDVI 的相關性檢測。

表 4-3 2003/07/19 各分類在短波紅外光波段之相關分析表

| | | 水體 | 林區 | 混凝土及 裸地 | 高莖作物 | 其它作物 | 水稻 |
|----------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----|
| 水體 | Pearson 相關 顯著性 (雙尾) 個數 | - | - | - | - | - | - |
| 林區 | Pearson 相關 顯著性 (雙尾) 個數 | .006 .906 365 | - | - | - | - | - |
| 混凝土 及 裸地 | Pearson 相關 顯著性 (雙尾) 個數 | .045 .394 365 | .010 .822 529 | - | - | - | - |
| 高莖 作物 | Pearson 相關 顯著性 (雙尾) 個數 | -.005 .922 365 | -.061 .107 706 | .046 .287 529 | - | - | - |
| 其它 作物 | Pearson 相關 顯著性 (雙尾) 個數 | .211** .000 365 | .233** .000 515 | .102* .021 515 | -.003 .954 515 | - | - |
| 水稻 | Pearson 相關 顯著性 (雙尾) 個數 | .202** .000 312 | -.053 .350 312 | -.101 .075 312 | .185** .001 312 | .265** .000 312 | - |

** 在顯著水準為 0.01 時 (雙尾)，相關顯著。* 在顯著水準為 0.05 時 (雙尾)，相關顯著。

伍、 結論與建議

5.1 結論

1. NDVI 與短波 NDVI 對於分類準確度均有提升，其中以短波 NDVI 優於一般常採用之以近紅外光為主的 NDVI，對水稻的使用者準確度於 2003/02/27 提升了 11.29 %，在 2003/07/19 的影像上也提升了 10.91 %。證明了短波紅外光比近紅外光有更強的大氣穿透能力，故可以藉由短波紅外光波段的高度對比特性，可以將地表的水線和湖泊等鮮明銳利地呈現出來，應用於 NDVI 在農作物植被分類效益較綠光、紅光、近紅外光等為佳。
2. 經由訓練樣區的波譜值輸出，所提供的訊息為在以近紅外光與短波紅外光為變數時之分類的離散度最佳，因此由近紅外光與短波紅外光所組成的 NDVI 與短波 NDVI 對各分類間的離異程度也有相當的成效。
3. 將近紅外光、短波紅外光、NDVI 與短波 NDVI 等 4 個對分類有明顯成效的波段，探討各波段於各分類間的相關性，為 2003/02/27 中各分類對於近紅外光、短波紅外光、NDVI、短波 NDVI 的相關性檢測顯示，短波紅外光對於各分類間相關性不顯著，因此由短波紅外光所組成的短波 NDVI 對於影像之分類準確度能有較佳的提升效果。近紅外光在各分類間有 3 組呈極低相關，因此由其所組成的 NDVI 波段在分類上有 2 組低相關，在分類的準確度提升上就不如短波 NDVI 理想。在 2003/07/19 的影像上就更為明顯，在近紅外光的相關檢定上有 4 組介於 0.2~0.3 的低相關，主要為高莖作物、其它作物與林區間等植生不易區別。
4. 就水稻的使用者準確度以短波 NDVI 之分類準確度較為理想，在 0227-3 水稻的使用者準確度為 85.71 %，0719-3 水稻使用者準確度為 87.10 %。

5.2 建議

1. 建議將來研究對於植生判釋可採用本研究中的短波 NDVI 作分類的粹取，冀望能對分類準確度的提升有所助益。於研究中分類的選定非常重要，建議將來研究需要先對分類項目作檢定，波譜反應較接近的項目歸為一類，確保所做的訓練樣區更精確扎實，對於分類時也能減少誤判。

2. 若僅考慮水稻分類的整體準確度研究成果中之準確度可接受，但若考慮土地利用類別研究之高莖作物與其它作物部分的分類準確度不甚理想。影響分類準確度的原因可能為其它作物坵塊面積明顯偏小且不集中，研究中所選用之影像解析度為 23 m × 23 m，而現地邱塊的寬度幾乎不足 23 m，故小於空間解析力之坵塊就會與相鄰的丘塊作合併運算，故分類的資訊就減弱，於是造成準確度不理想。

參考文獻

1. 江良印，1998，「紋理特徵應用於遙測影像判釋之理論研究」，國立台灣大學農業工程學研究所碩士論文。
2. 陳益鳳，1998，「應用多時段衛星影像辨識水稻田之研究」，國立成功大學測量工程學系研究所碩士論文。
3. 郭秀玲，2003，「紋理分析於農地利用判釋之研究-以苗栗縣大湖鄉為例」，逢甲大學土地管理所碩士論文。
4. 蕭國鑫、劉治中、史天元，2000，「遙測與 GIS 結合應用於水稻田辨識」，航測及遙測學刊，第五卷第四期，P1~22。
5. 魏曉萍，2003，「QuickBird 衛星影像探討分類方法之研究」，中華大學土木工程學系研究所碩士論文。
6. 徐家盛，2003，「多種尺度遙測影像於農業土地利用分類精確度探討」，中華大學土木工程學系研究所碩士論文。
7. Bunkei Matsushita， Masayuki Tamura， 2002， Integrating remotely sensed data with an ecosystem model to estimate net primary productivity in East Asia， Remote Sensing of Environment 81， P58-66。

遙測應用於土地利用分類-以美濃中壇為例

Remote-Sensing Application on Land Cover Classification —A Case Study at Meinung Zhang Tan Area

陳鈞華¹、童伯倫²、方彥凱³、譚智宏⁴張煜權⁵、甘俊二⁶

通訊作者

1. 屏東科技大學土木系副教授、水利技師，地址：屏東縣內埔鄉學府路 1 號，電話：08-7703202-7207，傳真：08-7740122，e-mail:cjh4718@mail.npust.edu.tw
2. 屏東科技大博士班，地址：屏東縣內埔鄉學府路 1 號，電話：08-7703202-7207
3. 屏東科技大學碩士地址：屏東縣內埔鄉學府路 1 號，電話：08-7703202-7207，
4. 農工中心副研究員兼組長，地址：中壢市中園路 186 號，電話：03-46385200，
5. 立德管理學院助理教授、水利技師，地址：台南市安中路 5 段 188 號，電話：06-2553710，6 七星農田水利基金會董事長、水利技師，地址：台北市內湖區民權東路 6 段 90 巷 18 號 3 樓，電話：02-27928810，傳真：02-27918764