

多種尺度遙測影像於農業土地利用分類精確度探討

Study on the Accuracy of Agricultural Landuse Classification by Multi-scale Remote Sensing Imagery

中華大學土木工程學系副教授

陳 莉
Li Chen

中華大學土木工程學系研究生

徐家盛
Chia Sheng Hsu

摘 要

隨著遙感探測技術廣泛應用與商業衛星日益普及，愈來愈多的不同尺度衛星影像可供研究選擇。一般而言，大尺度的資料可以提供大範圍的訊息，而小尺度則提供局部詳細的資訊。而尺度轉換之方法即在於將某一尺度之衛星影像轉換為另一尺度，以擷取不同尺度上之優點，更有利於研究之進行。

本研究之目的在於利用尺度轉換方法，將高解析度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，並依此多重尺度影像進行土地利用分類，比較分類結果之正確性，以尋求一最適合於台灣農業型態之影像尺度。結果顯示衛星解析度並非愈高愈好，而是應該配合地面特性而選擇合適之衛星尺度。高解析度之衛星影像通常取得之成本較高，影像涵蓋範圍較小，影像處理所需電腦時間長。

本研究範例位於竹東下員山地區，依研究結果，針對水稻田之影像分類，並不需要極高解析度之影像，僅需約等於田間坵塊之解析度，如此既可節省成本又能維持足夠之精確度。

關鍵詞：衛星影像，尺度轉換，誤差矩陣。

ABSTRACT

As the widespread applications of remote sensing techniques and the availability of various commercial satellites, there are increasing numbers of satellite images that can be adopted in research. Generally speaking, large scale images provide wide range of information while small scale images provide local and detailed information. Scale-transfer is the techniques of converting images from one scale to the other in order to take advantage of the images at both scales. The purpose of this study is to use the bilinear interpolation and the cubic convolution scale-transfer techniques, converting

high resolution Quick Bird image to 1, 2, 4, 10, 30, 100, and 250 m resolutions, respectively, and to examine the accuracy of the classified images, in order to find the most appropriate image scale for agricultural use in Taiwan.

Results of this study indicate that images of higher resolution (finer scale) do not guarantee better classification results. The scale should be in accordance with the characteristics of ground objects. High resolution images are costly, of small coverage, and require longer processing time.

It is not necessary to use very high resolution images for paddy field classification. A resolution approximately equivalent to the size of land parcel is most appropriate since it reduces the cost while still maintaining enough accuracy.

Keywords: Remote sensing, Scale transfer, Error matrix.

一、緒論

近年來，遙感探測的技術與應用日趨廣泛，許多國家大量應用遙感探測之方法，來作為其分析以及決策規劃的重要資料來源。遙測資料涵蓋面積廣泛且具有即期的特性，可節省大量的時間與人力，也可作為建立環境資源資料庫之工具。目前在國內一般常用的衛星影像資料是由國立中央大學太空即遙測中心衛星接收的站所接收的法國 SPOT 衛星以及美國 LANDSAT 衛星。另外，還有由 Space Imaging 公司發射的 IKONOS 衛星，Digital Globe 公司發射的 Quick Bird 衛星，解析度的提昇都大大提升了製圖及環境監測應用上的能力。

本研究之目的在於利用尺度轉換 (Scale Transfer) 方法，將高解析度衛星影像轉換為不同之影像尺度，並依此多重尺度影像進行土地利用分類，此土地利用分類特別注重於農業土地利用之分析，比較分類結果之正確性，以尋求一最適合於台灣農業型態之影像尺度。

二、文獻回顧

2-1 遙測基本原理及應用

遙測主要是利用儀器而非是直接觀測的學問，遙測之內涵主要以非接觸之探測方式獲取資料，並依各種不同之應用從資料中萃取所需之資訊。

遙測利用的電磁波譜範圍主要是 Gamma 射

線，X 光，紫外光、可見光、短波及熱紅外光、微波。不同波長的遙測應用。

2-2 衛星資料種類與資料特性

衛星資料種類繁多，以資源探測而言，最常應用的衛星資料，在光譜解析度而言，具有可見光與近紅外光波段的衛星資料。諸多衛星資料中，最常見的衛星資料為法國史波特衛星 (SPOT) 與美國大地衛星 (Landsat) 資料。近年來，又有一些高解析度的衛星升空或是即將升空，如 Quick Bird 捷鳥衛星、中華衛星二號，其空間解析度高達一米左右。本研究即使用高解析度的 Quick Bird 捷鳥衛星用為研究。

QuickBird 捷鳥衛星為美國 DigitalGlobe 公司所擁有之商用高解析度光學衛星。QuickBird 捷鳥衛星係從 450 公里外的太空拍攝地球表面上之地物、地貌等空間資訊，其影像解析度高達 61 公分，為全球首顆提供 1 米以下解析度之商用光學衛星。QuickBird 捷鳥衛星為太陽同步衛星，平均 4 至 6 天即可拍攝同一地點的影像。因此，QuickBird 捷鳥衛星可提供快速且品質清晰之衛星影像，使人們可更迅速掌握所處之環境訊息。

2-3 衛星影像之分類方法

衛星影像土地覆蓋分類所應用的原理為不同的地表覆蓋，在不同波段的反射強度會有所不同的特性。一般分類方式有兩種，監督式分類

(Supervised Classification)以及非監督式分類(Unsupervised Classification)分析。

2-4 土地利用分類與辨識

大面積的空間資料分析，為遙測研究的主要對象。因此，關於土地利用分類與土地利用辨識，經常藉助遙測工具的幫忙，來達成其效率。而土地利用分類與辨識，為土地管理之基礎。在營建、都市鄉村規劃、水利、林業等，都需要土地類別之基本資料，以協助其管理。

2-5 遙測技術於農田水利之應用

由於農田水利的管理，具有空間分佈與時變性之特性。由許多先進的研究可知，遙測資料可以應用在農業（或非農業）土地利用類別之辨識上，然後再間接應用到農田水利的管理上。本研究擬針對不同空間解析度的衛星資料，對於水田辨識之效果做進一步的研究，擬找出在農田水利應用上，最有效的空間解析度之衛星資料特性，以做為未來規劃應用之參考。

三、研究方法及步驟

3-1 研究區域範圍

本研究選定的研究區域位於竹東下員山地區，屬於新竹水利會竹東工作站灌溉轄區。研究區基本影像採用捷鳥(Quick Bird)衛星之多光譜影像，其空間解析度為 $2.8\text{m} \times 2.8\text{m}$ ，範圍大小為 $6995\text{m} \times 7675\text{m}$ 。

3-2 遙測

所謂遙測，即為遙感探測(Remote Sensing)之簡稱，是利用科學儀器遠距離觀測來研究地表物體性質之技術，具有不需與該物體及地區接觸便能獲得相關資料之科學。

依載台與地面相對高度之不同，常使用的遙測技術有航照遙測(Airborne Remote Sensing)、雷達微波遙測(Radar Remote Sensing)與衛星遙測(Satellite Remote Sensing)。

3-2-1 多光譜資料特性

分類時首先針對遙測資料波段作選擇，波段

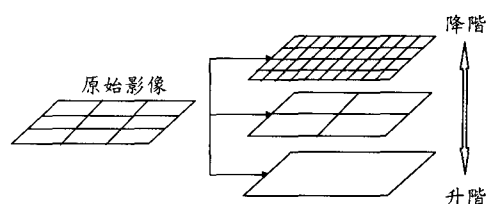


圖 3-1 影像尺度轉換概念示意圖

選擇愈多則分類所得的資訊愈多，但分類所耗用電腦時間也愈久，有時還會引入雜訊造成錯誤。以本研究 Quick Bird 多光譜衛星影像而言，必須先對其光譜特性有充分的了解，了解其各波段與地物反射波譜間的關係，才能依其光譜特性當作分類依據得到土地類型的資料。

3-3 衛星尺度轉換

尺度轉換(Scale Transfer)在許多不同的時空尺度之研究中，是一個重要的概念。根據不同來源的資料取得，以及運算模式的不同，在不同時空尺度轉換的研究上，成為熱門研究課題。在尺度轉換中，由小尺度的資料轉為大尺度的資料稱為升階(Upscaling)，反之，由大尺度的資料轉換為小尺度的資料，稱之為降階(Downscaling)。

本研究中即討論在不同尺度的遙測影像，經由一些尺度轉換，可以擷取到影像上更廣泛詳細的資訊。對地表利用不同尺度關係式推估整個區域比較詳細的值，藉由尺度轉換的過程來完成此一目的。影像尺度轉換之概念如(圖 3-1)所示。

本研究降階(1m, 2m, 4m)轉換分別採用二種不同的重新取樣法(Re-sampling Method): 雙線性內插法及立方摺積法，而升階轉換乃採用 2m 之降階影像經平均化處理而得 10m, 20m, 30m, 100m 及 250m 之影像。

重新取樣是影像幾何校正或尺度變換中各座標位置中數值(DN)大小決定之方法，而尺度變換中之重新取樣牽涉到數值的平滑化，主要可分為二類重新取樣方式，即雙線性內插法(Bi-linear Interpolation Method)以及立方摺積法(Cubic Convolution Method)。

本研究中將捷鳥衛星多光譜影像固有之 2.8m 尺度，分別轉換為 1 m, 2 m, 4 m, 10 m, 20 m,

表 3-1 誤差矩陣關係(Error matrix)表(Verbyla, D.L., 1995)

地面 參考 真值 (refer- ence data)	分類成果(classification)					
	類別	A	B	C	D	合計
A	X _{AA}	X _{AB}	X _{AC}	X _{AD}	X ₁₊	PA ₁₊
B	X _{BA}	X _{BB}	X _{BC}	X _{BD}	X ₂₊	PA ₂₊
C	X _{CA}	X _{CB}	X _{CC}	X _{CD}	X ₃₊	PA ₃₊
D	X _{DA}	X _{DB}	X _{DC}	X _{DD}	X ₄₊	PA ₄₊
合計	X ₊₁	X ₊₂	X ₊₃	X ₊₄	X	
使用者 精度	UA ₋₁	UA ₋₂	UA ₋₃	UA ₋₄		

30 m, 100 m, 250 m, 等共八種尺度使用此重新取樣方式, 即雙線性內插法以及立方褶積法分析供後續探討分類精度。

3-4 影像分類理論

本研究採用 ERDAS Imagine 軟體進行自動監督分類。至於自動分類法有非監督分類法(Unsupervised Classification) 和 監督分類法(Supervised Classification)。(Erdas Inc., 2001)

3-5 影像分類成果的精確度評估

遙測影像經分類後所得到的資訊, 分類成果的精確度評估是否達到需求, 是遙測分類能否達到監測目的的一個研究重點, 本研究即採目前對於影像精確度評估最常使用的方法是誤差矩陣。

誤差矩陣為一個方形的矩陣, 類別數方陣中的行、列數相等, 行列數因種類數量而定, 如表 3-1 為例有四種類別, 行(column)表示參考資料的類別(reference data), 而以列(row)表示分類類別(classification), 所有的結果皆可從於矩陣表現中得知, 誤差矩陣是以比較取樣區域的參考類別和相同取樣空間中的遙測影像分類成果的差異狀況。

四、案例與討論

4-1 衛星尺度轉換

本研究中將捷鳥衛星多光譜影像固有之

2.8m 尺度, 以雙線性重取樣法及立方褶積重取樣法分別轉換為 1 m, 2 m, 4 m, 10 m, 20 m, 30 m, 100 m, 250 m 等八種尺度共十六幅影像供後續分類精度探討, 影像所佔之磁碟容量列如表 4-1。

4-2 衛星影像分類

4-2-1 訓練樣區選取

監督性影像分類之訓練樣區分為水稻田、草地、雜木林或果園、裸露地、建築物、水體、道路及無法歸類等八類。訓練樣本之選取乃依據相片基本圖以及對於研究範圍之瞭解於影像上所選取之區域, 本研究中共取得七類共三十區訓練樣本, 面積合計 1,645,269 平方公尺。

4-2-2 監督性影像分類結果

經尺度轉換後之影像利用前節所選取之訓練樣本區進行監督性影像分類, 共分為水稻田、草地、雜木林或果園、裸露地、建築物、水體、道路及無法歸類等八項。各不同尺度以解析度 = 20 m 為例之影像及其影像分類結果, 圖 4-1 顯示雙線性重取樣法影像分類像之分類結果, 圖 4-2 顯示立方褶積重取樣法影像分類結果。

4-3 影像分類精確度評估

本節敘述各尺度影像經監督性分類後所得到的分類成果, 配合現地調查之地真資料(Ground Truth), 以誤差矩陣評估精確度。

4-3-1 現地調查資料

本研究之研究區域現地調查分別於九十一年八月至十一月進行數次現地土地利用調查, 以掌上型電腦將研究區域之衛星影像及水田坵塊等相關資訊攜帶至現地, 並搭配全球定位系統(Global Positioning System)提供即時座標位址, 可於現場記錄土地利用狀況。

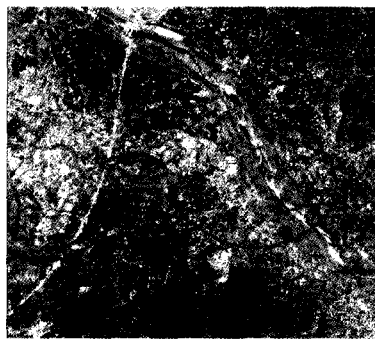
現地調查共取得 93 個調查點, 其 TM 二度分帶座標位置及土地利用情況列於表 4-2。現地調查結果輸出至 ERDAS Imagine 軟體之精確度分析模組, 進行精確度評估。

4-3-2 誤差矩陣

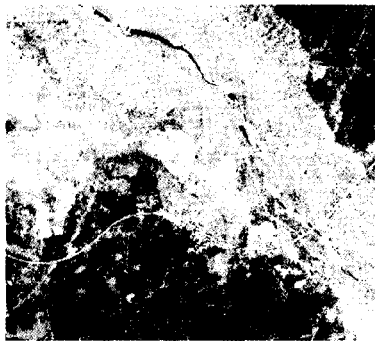
各尺度重取樣法經監督性分類後之影像, 以現地調查資料進行誤差分析, 其結果以誤差矩

表 4-1 尺度轉換後之解析度及影像所佔之磁碟容量

檔案名稱	解析度(m)	取樣法	檔案大小(Kb)	檔案名稱	解析度 (m)	取樣法	檔案大小(Kb)
b1.img	1	雙線性	3,211,767	c1.img	1	立方褶積	3,211,767
b2.img	2	雙線性	53,885	c2.img	2	立方褶積	53,885
b4.img	4	雙線性	13,957	c4.img	4	立方褶積	13,957
b10.img	10	雙線性	2,317	c10.img	10	立方褶積	2,317
b20.img	20	雙線性	696	c20.img	20	立方褶積	696
b30.img	30	雙線性	342	c30.img	30	立方褶積	342
b100.img	100	雙線性	85	c100.img	100	立方褶積	85
b250.img	250	雙線性	24	c250.img	250	立方褶積	24

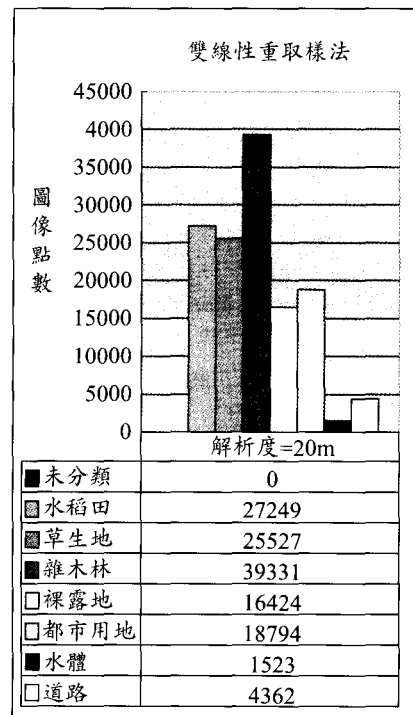


分類前原始影像



分類後影像

未分類	■
水稻田	▨
草生地	▩
雜木林	■
裸露地	□
都市用地	□
水體	■
道路	□



分類後影像點數統計表

圖 4-1 雙線性重取樣法影像分類(解析度=20m)

陣、整體精度(Overall Accuracy)及 Kappa 指標表示。以解析度 = 20 m 為例：列出雙線性重取樣法影像各尺度下之分類精確度誤差矩陣如表 4-2 所示；立方褶積重取樣法影像各尺度下之分類精確度誤差矩陣如表 4-3 所示。

4-4 水稻田分類精度比較

由於本文探討之重點在於農業土地利用分

類，特別是水稻田的分類精度，故於各解析度下之分類精確度誤差矩陣中整理出水稻田之精度如表 4-4 及 4-5 所示。表 4-4 列出雙線性重取樣法之水田生產者精確度、使用者精確度、整體精確度及 Kappa 指標以為比較之依據。相同的，表 4-5 列出立方褶積重取樣法影像各解析度下之水田生產者精確度、使用者精確度、整體精確度及 Kappa 指標。圖 4-3 顯示雙線性重取樣法影像分

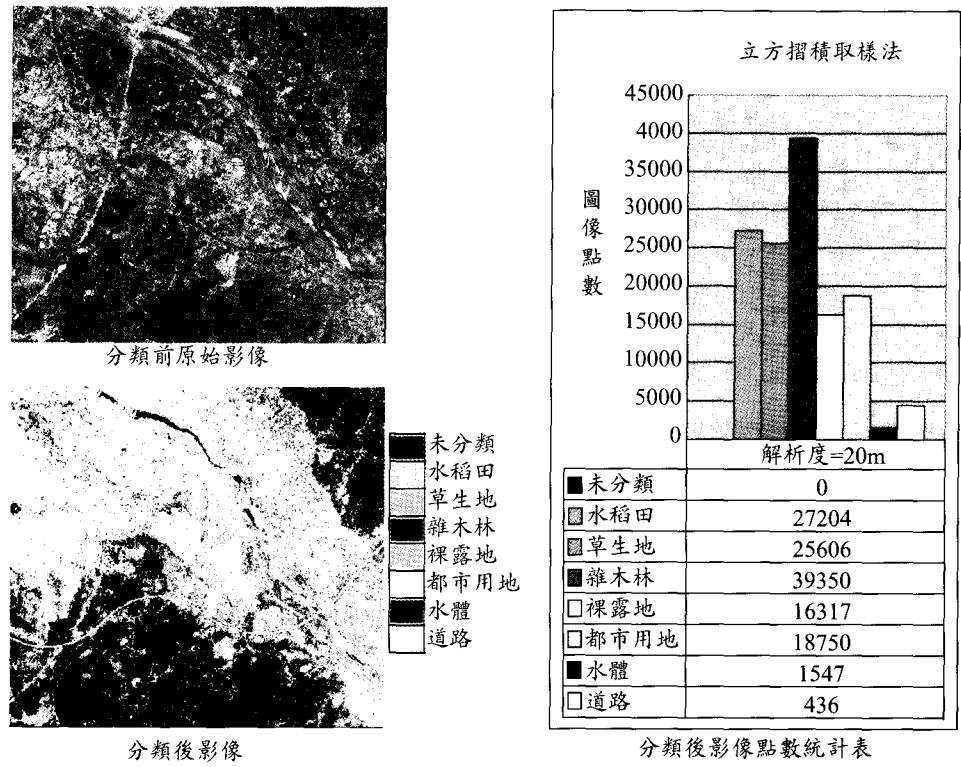


圖 4-2 立方摺積重取樣法影像分類(解析度=20m)

表 4-2 雙線性重取樣法影像分類精確度誤差矩陣(解析度 = 20 m)

分類成果 (classification)		水稻田 (paddy)	草生地 (grass)	雜木林 (woods)	裸露地 (bare soil)	都市用地 (urban)	水體 (water)	道路 (road)	合計 (Total)	生產者精度 (PA)
地面調查資料 (reference data)	水稻田(paddy)	13	3	0	0	0	0	0	16	81.25%
	草生地(grass)	5	4	1	1	1	0	0	12	33.33%
	雜木林(woods)	1	7	7	0	0	0	0	15	46.67%
	裸露地(bare soil)	0	0	0	9	0	0	1	10	90.00%
	都市用地(urban)	2	0	0	1	11	0	1	15	73.33%
	水體(water)	1	0	0	0	0	9	0	10	90.00%
	道路(road)	1	0	0	1	3	0	0	5	0.00%
	合計(Total)	23	14	8	12	15	9	2	83	
使用者精度(UA)	56.52%	28.57%	87.50%	75.00%	73.33%	100.00%	0.00%			
整體精度(Overall Accuracy) = 63.86% ; Kappa 指標 = 56.98%										

類精度於對數座標解析度下整體精確度變化情形，圖 4-4 顯示立方摺積重取樣法影像分類精度於對數座標解析度下整體精確度變化情形。由

表及圖中顯示整體精確度並未隨著解析度之增加而增加，而是呈現一上升後再逐步下降之曲線。

表 4-3 立方褶積重取樣法影像分類精確度誤差矩陣(解析度 = 20 m)

分類成果 (classification)	水稻田 (paddy)	草生地 (grass)	雜木林 (woods)	裸露地 (bare soil)	都市用地 (urban)	水體 (water)	道路 (road)	合計 (Total)	生產者 精度(PA)
水稻田(paddy)	11	5	0	0	0	0	0	16	68.75%
草生地(grass)	4	5	1	1	1	0	0	12	41.67%
雜木林(woods)	1	7	6	0	0	0	1	15	40.00%
裸露地(bare soil)	0	0	0	8	1	0	1	10	80.00%
都市用地(urban)	0	0	0	2	13	0	0	15	86.67%
水體(water)	1	0	0	0	0	9	0	10	90.00%
道路(road)	1	0	0	2	0	0	2	5	40.00%
合計(Total)	18	17	7	13	15	9	4	83	
使用者精度(UA)	61.11%	29.41%	85.71%	61.54%	86.67%	100.00%	50.00%		

整體精度(Overall Accuracy) = 66.27% ; Kappa 指標 = 59.80%

表 4-4 雙線性重取樣法影像解析度與分類精度比較表

	水田生產者精確度	水田使用者精確度	整體精度	Kappa 指標
1	50.00%	66.67%	60.24%	0.5309
2	50.00%	61.54%	60.24%	0.5308
4	56.25%	60.00%	62.65%	0.5584
10	68.75%	57.89%	65.06%	0.5876
20	81.25%	56.52%	63.86%	0.5698
30	87.50%	51.85%	60.24%	0.5241
100	93.75%	36.59%	36.14%	0.2247
250	93.75%	34.88%	33.73%	0.1952

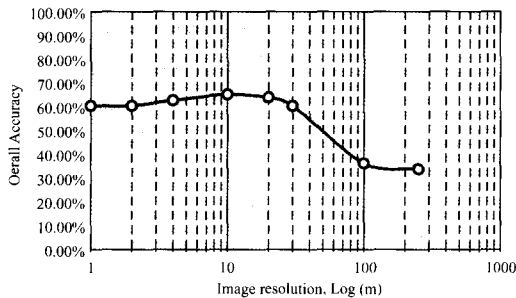


圖 4-3 雙線性重取樣法影像分類精度於對數座標解析度下整體精確度變化情形

表 4-5 立方褶積重取樣法影像解析度與分類精度比較表

	水田生產者精確度	水田使用者精確度	整體精度	Kappa 指標
1	50.00%	72.73%	61.45%	0.5457
2	50.00%	61.54%	61.45%	0.5445
4	62.50%	62.50%	63.86%	0.5723
10	68.75%	61.11%	65.06%	0.5869
20	87.50%	63.64%	66.27%	0.5980
30	81.25%	50.00%	59.04%	0.5097
100	93.75%	36.59%	36.14%	0.2247
250	93.75%	34.88%	34.94%	0.2112

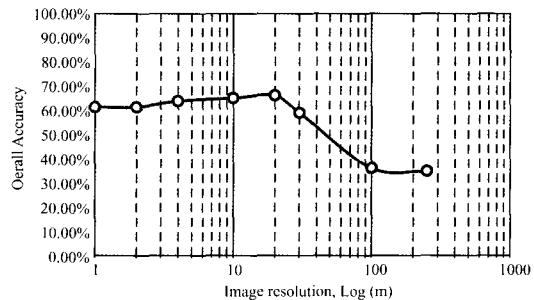


圖 4-4 立方褶積重取樣法影像分類精度於對數座標解析度下整體精確度變化情形

五、結論與建議

5-1 結論

本研究利用尺度轉換的方式，將捷鳥(Quick Bird)衛星影像以尺度升階及降階之方式與雙線性內插及立方褶積取樣法產生 8 組共 16 幅不同尺度之影像，以探討解析度對分類精度之影響。

- 降階後影像所需要磁碟容量以指數形式增加，影像處理時間也隨之增加；而升階後之低解析度影像雖模糊，但處理速度及儲存空間均能有效降低。影像尺度之高低並無絕對之準則，應視使用目的而選擇合適之影像尺度。
- 以水稻田分類整體精確度比較各尺度影像

分類，結果顯示解析度在接近農地坵塊尺寸，呈現最佳整體分類精確度。此結果顯示衛星解析度並非愈高愈好，而是應配合地面特性而選擇合適之尺度，如此既可節樽成本又能維持足夠之精確度。

5-2 未來研究建議

1. 影像分類過程中訓練樣區選取，建議可搭配農田水利會地理資訊系統之農地坵塊資料，將部分休耕或有農舍之坵塊排除於訓練樣本區之外，並嘗試以人工智慧或類神經網路等專家系統輔助分類過程之進行，探討其對分類精確度之影響。
2. 本研究僅對農業土地利用中之水稻田精確度加以比較，建議未來可增加對其他土地利用類型精度之比較。探討各類土地利用是否皆以該土地利用之盛行尺度為最佳之影像分類尺度。

參考文獻

1. 江良印，1998。紋理特徵應用於遙測影像分類特徵選取之研究，國立台灣大學農業工程學研究所碩士論文。
2. 衛強、鄭克聲，2002。時空尺度對應用氣象衛星影像推估降雨量之影響，台灣水利季刊，第五十卷，第二期，第 36-45 頁。
3. 陳姜琦，2002，「應用衛星遙測於區域蒸發散量之估算」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。
4. 黃信茗，1991，「地理資訊系統及衛星影像應用於灌溉計畫之研究」，國立屏東科技大學土木工程系研究所碩士論文。
5. 劉守恆，1992，「衛星影像於崩塌地自動分類組合之研究」，國立成功大學地球科學研究所碩士論文。
6. 朱子豪，1980，遙測土地利用調查系統先驅計畫。
7. 黃炳煌，2002，「頭前溪流域水資源調配研究」，中華大學土木工程學系研究所碩士論文。
8. 吳啓南、蕭國鑫等五人，2001。水稻生育狀況與環境監測系統~水稻生長、逆境及產量之監測與估測技術研究~SPOT 衛星與地面近紅外成像儀之監測應用，工研院能資所第 063-90-W011 號報告，共 95 頁。
9. 劉治中、曾義星、蕭國鑫等七人，2001。遙測與資訊技術應用於精準農業技術之建立~結合遙測與 GIS 建置水稻田辨識系統(3/4)，工研院能資所第 063-90-W010 號報告，共 136 頁。
10. Stein, A. Riley, J. and Halberg, N., 2001, "Issues of scale for environmental indicators", *Journal of Agriculture Ecosystems and Environment* 87(2001), 215-233.
11. Marc F. P, Peter A and Peter de Willigen, 2000. *Upscaling and Downscaling Method for Environmental Research*. Published by Kluwer Academic Publisher.
12. Jensen, J. R., 1995, *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, PP. 201.
13. Verbyla, D. L., 1995, *Satellite Remote Sensing of Natural Resources*, pp. 198, CRC Press, Inc.
14. Lillesand, T. M., and Kiefer, R. W., 1987, *Remote Sensing and Image Interpretation*.
15. Atkinson, Paula. 1985. "Preliminary Results of the Effect of Resampling on Thematic Mapper Imagery." 1985 ACSM-ASPRS fall convention Technical Paper. Falls Church, Virginia: American Society for Photogrammetry and remote Sensing and American Congress on Surveying and Mapping.
16. Cohen, "A Coefficient of Agreement for Nominal Scales", *Educ. Psychol. Measurement*, 1960.
17. ERDAS IMAGINE Ver. 8.4, 2001, ERDAS, Inc. 2801 Buford Highway, NE Atlanta, Georgia 30329-2137 USA.

收稿日期：民國 92 年 8 月 8 日

修正日期：民國 92 年 10 月 24 日

接受日期：民國 92 年 10 月 29 日