

# 福衛二號影像應用於牡蠣棚架數量估算

陳俊愷<sup>1\*</sup> 張國楨<sup>2</sup> 施明志<sup>3</sup>

## 摘要

台灣平均每年受四到五個颱風侵襲，其所挾帶強風豪雨除常對居民生命財產直接或間接的損害，其中對農產品的損害更是難以估計。台灣浮筏式牡蠣棚架養殖海域近四萬四千公頃，每受侵襲、近乎全毀。在廣大海域以人工進行現地勘災，往往需要投入大量人力，農損估算及重建啟動，常逾半年之久。福爾摩沙衛星二號為每日再訪之衛星，其影像應有助於災後分析。本研究即福爾摩沙衛星二號影像，經影像處理、影像分類與 GIS 空間分析，進行台南沿海牡蠣養殖棚架個數估算，經與人工逐一判釋資料比較，具 98.4% 的準確度。未來藉由此快速準確的調查方法，將可提供進行沿海牡蠣養殖、長期掌握牡蠣養殖情形，於風災結束後，可於數小時內完成災情分析，有利於災後迅速重建。

關鍵詞：福衛二號、衛星影像處理、影像分類、空間分析

## 1. 前言

自 1972 年美國發射地球資源觀測衛星 (LANDSAT-1) 成功後，利用遙測資源衛星影像進行資源調查與環境監測，為國內外各相關領域所重視 (Zhou,1989; Nellis *et al.*,1990; Bolstad and Lillesand,1991)，隨遙測平台與技術發展，廣泛成為土地利用、都市監測與環境規劃、農林規劃、環境監測、災害評估、生態環境資源研究與監測、觀光旅遊及科學研究與教育推廣等不同領域之應用。遙感探測應用於蒐集大範圍海域資料的最快速與經濟的方式，提供大範圍海域整體資訊的初步資料，如海冰運動、海流循環模式、海表溫度 (Sea Surface Temperature, SST)、葉綠素濃度等相關資訊，可用於漁業生產、海上運輸、海洋環境災害監測與欲報。Andréfouët *et al.* (2003,2004) 實驗結果得到，只要影像的解析度夠高，有足夠的波段，那要使用遙測資料獲得觀測海域的珊瑚及海藻分布情況，是相當有可能的，加上遙測資料能夠收集大範圍的資料，能有效率

地收集海洋生態的資料，是一條值得嘗試的方向。其使用 Landsat 7 (ETM+) 與 IKONOS 衛星資料做熱帶珊瑚礁的分類，實驗後不管是 IKONOS 或 Landsat 的資料，準確率都隨著複雜度的增加而減少，高解析度的 IKONOS 在物種分辨的準確性比低解析度的 Landsat 好許多。另衛星遙測資料進行非監督方式分類 (unsupervised classification)，進行東沙群礁區環境調查，比對實際觀測資料福衛二號影像也符合觀測結果 (鄭明修等,2005)。

台灣位於西北太平洋地區颱風路徑之要衝，每年常受颱風侵襲，平均每年有 4.83 個颱風襲台 (整理自中央氣象局,1958~2009)。往往颱風過後，其所挾帶強風豪雨，或其行徑過後所引進強烈西南氣流，常使浮筏式牡蠣棚架全毀，如 2009 年 6 月蓮花颱風，造成嘉義縣東石沿海牡蠣棚架幾乎全毀，損失約 4 億元 (農委會,2009)，使蚵民損失慘重。

牡蠣 (*Grassostrea gigas*) 俗稱蚵或是蠔，歐洲人稱為「海產牛乳」，屬於軟體動物門的雙殼綱，海水二枚貝，營固著生活，外殼堅厚，分外形很

<sup>1</sup> 國立臺灣師範大學地理學系 博士班研究生

<sup>2</sup> 國立臺灣師範大學地理學系 副教授

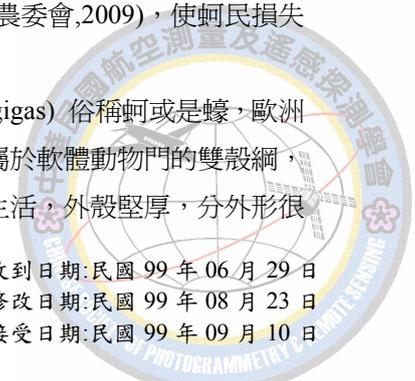
<sup>3</sup> 中華民國航空測量及遙感探測學會 研究員

\*通訊作者, 電話: 8886-2-77341642, E-mail: tp6rmp4d93@gmail.com

收到日期: 民國 99 年 06 月 29 日

修改日期: 民國 99 年 08 月 23 日

接受日期: 民國 99 年 09 月 10 日



不規則，由左右兩殼組成。右殼稱上殼，小而扁平，形似蓋狀。左殼稱下殼，大而凹，以此固着在礁或其它固有形物上。台灣牡蠣年產量達近 3 萬公噸（漁業署，2008）。其繁殖期，在農曆 8 月至隔年 2 月，分成秋苗與春苗。臺灣牡蠣養殖區北起新竹香山，南至屏東，主要分佈在嘉義縣、雲林縣、彰化縣、臺南縣、臺南市、屏東縣與澎湖縣等（胡興華，2004）。臺灣牡蠣終年可產卵，所以終年均可採收，盛產期在 7~9 月與 11~2 月間。台灣的牡蠣養殖有 4 種主要方式：

1. 倒坪：倒坪式牡蠣養殖常見於水深不及人高的潮間帶，由於水深不夠因此牡蠣串橫置，在退潮時牡蠣會露出水面。
2. 插坪：在水深較深但不逾 15 尺（約 5 公尺）之水深，牡蠣串以垂直懸掛於插於水中的竹串間的牡蠣養殖方式。
3. 浮坪：水深 15 尺以上竹子已無法由水面插於水中，因此漁民以竹子綁成可浮在水面的竹棚，稱為浮坪。浮坪由於長得幾乎都一樣又放置在相鄰的地點，因此蚵農會在自己的坪上排上不同顏色及型狀的布條、瓶罐甚至保麗龍塊作為識別的方式。
4. 延繩養殖：延繩式的牡蠣養殖由於需要的場地較大且較耐風浪盛行於澎湖，漁民以空汽油桶或保麗龍塊作浮標，以雙纜於一定的間隔串連在海上。牡蠣就吊掛於纜繩下，大家從浮標的吃水就可看出水中是否有牡蠣。

目前外海或內海中所見到的養殖法。將 20 枝左右的竹子綁成一棚，棚下塞保麗龍浮於水上，於竹枝中綁上附有蚵苗的蚵串垂入水中養殖。24 小時皆浸泡在水中，所以成長速度較快，約 5 個月就可收成，且數量亦多，較符合經濟效益。但養殖過程中須與海浪搏鬥，較為辛苦，也較為危險。60 年代淺海養殖，因浮架及浮桶延繩式牡蠣養殖技術成熟，將傳統潮間帶牡蠣養殖推進到淺海，面積及產量快速增加。

牡蠣棚架養殖範圍廣達數萬公頃，隨著養殖

規模擴大，養殖浮筏常遭天然或人為因素的破壞，一但受到海象變化摧毀，需大量人力、設備與經費於現地調查，且有時受災棚架也受潮汐漂移至它處，不易迅速掌握受災棚架數量。尤其眾多且其邊界相鄰時（如雲、嘉、南各縣之淺海牡蠣養殖），傳統測量方法已不足以應付可能帶來的邊界認定糾紛（鄭永裕，2009）。

過去曾廣泛利用遙測影像於近海漁業資源調查，為求迅速、節省人力現地測量掌握蚵架數量及分布，可利用福衛二號衛星影像分類，結合 GIS 空間分析進行牡蠣養殖棚架（以下簡稱蚵架）數量估算，利用現地調查資料進行檢核，分析成效可供未來快速且長期掌握牡蠣養殖狀況。

## 2. 研究方法

### 2.1 研究範圍

台南市淺海養殖牡蠣約有一萬五千公頃，年產值約四億元，台灣約有三分之一的牡蠣來自台南，也是台南漁民主要的經濟來源（吳育勳，2008）。台南市政府於 96 年間辦理「臺南市外海牡蠣養殖區漁業權現況調查與分析」調查結果，淺海牡蠣養殖規模逐漸擴大，就安平外海北起鹿耳門溪以北，南至灣裡一帶，養殖海域達 1 千餘公頃；主要區分為 3 區，養殖 A 區位於鹿耳門溪北側至鹽水溪口以北海域，面積約 568 公頃；B 區位於鹽水溪口以南至安平商港北堤以北海域，面積約 485 公頃；C 區於安平商港南堤以南至灣裡一帶海域，面積約 543 公頃。明顯有向外海移動、並向南延伸的趨勢；分佈水深大致在 5~15 公尺之間。研究區為台南市海岸線南段，位處安平港以南至二仁溪口沿岸的 C 區。



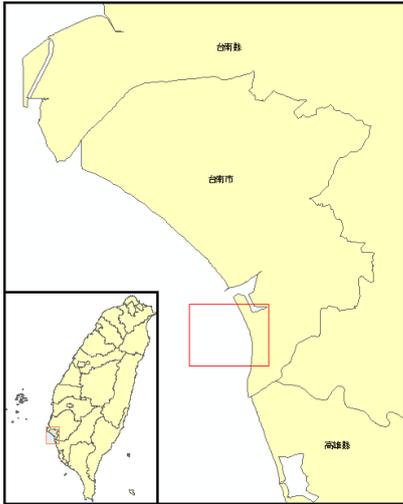


圖 1 研究區範圍

## 2.2 正射幾何糾正

衛星影像應用於台灣時，受到地形起伏較劇烈之影響，影像校正後於平地時並無太大差異，但位於山地區域的影像則受到影像拍攝時衛星姿態的不同而有所非線性之變形，致使山地區域部分影像於校正時誤差無法減少。為減輕此一現象，應將所有高解析度衛星影像進行正射化幾何校正，以減少非平地地區衛星影像之幾何變形。以福衛二號拍攝台灣西部沿海而言，位處台灣取像條帶第一軌第二軌，常會受限於天候或其他拍攝任務而得到較大取像角度影像，其伴隨著較嚴重傾斜變形。除受傾斜掃描與地形起伏所形成之幾何變形，福衛二號衛星所拍攝多光譜與全色態影像影像間存有一細微、非系統系位移量(shifting)，使得原始影像之幾何形變若未經影像處理，可能造成資料使用上之不方便與不準確，處理影像幾何變形的程序在製圖之術語上稱之為正射影像糾正。

進行衛星影像正射化糾正作業時，需考慮衛星影像的傾斜移位與高差移位。傾斜移位有賴於攝影的成像原理與攝影的位置與姿態的改正，而高差移位校正程序則有賴數值高程模型 (Digital Elevation Model, DEM) 資料之配合，以逐點修正影像因地形起伏所產生之像點移位。正射融合影像的標準作業流程將針對福衛二號影像空間與

光譜特性，將福衛二號影像產品中 Level 1A 或 Level 2 的多光譜影像與全色態影像進行影像正射糾正，以及利用正射後糾正後的影像進行融合處理，提升影像的光譜解析力，同時保存其光譜特性。福爾摩沙衛星二號影像，其原始影像對地解析度為黑白影像 2 公尺，彩色影像 8 公尺，透過影像融合技術後，可得對地解析度 2 公尺之彩色影像。

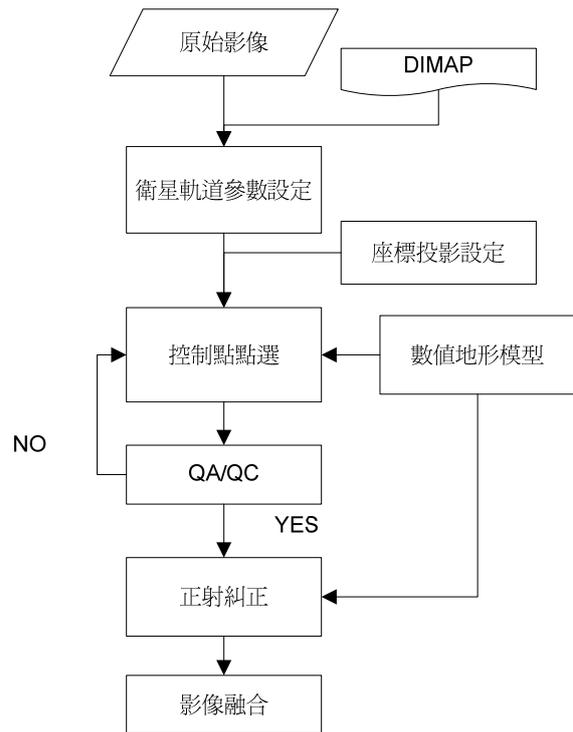


圖 2 衛星影像正射幾何糾正流程圖(本文繪製)

## 2.3 影像分類

衛星影像分類為衛星影像處理過程之中，從影像中找出存在於影像中物體的特徵，並且進行分析分類、辨識與描述出此影像的技術。經由空間或顏色上的特性進行增揚之後，人類本身的視覺系統對於影像的紋理特徵與顏色具有極佳的辨識能力，可以輕易的辨識出影像中不同的物體。對於電腦而言，進行分類工作時必須依據像元 (pixel) 的不同灰度值、顏色或不同的光譜特性等訊息進行分類，以達到影像分類的目的，本論文以各像元之灰度值與光譜特性作為影像分類的依據。衛星影像分類依操作者對訓練樣區挑選與

否，可分為監督式分類與非監督式分類。監督式分類為人工挑選訓練樣區，利用所挑選範圍內每個像元(pixel)去計算其光譜平均值、標準差等，依據樣區統計值為集群分類計算的結果。非監督式分類為單純依影像光譜反應自動區分，使用者設定欲分類數目，經電腦自動給定各分類初始值，經反覆迭代計算，逐步修正其收斂結果已完成分類。常用監督式分類有：平行六面體分類法(Parallelepiped Classifier)、最小距離法(Minimum Distance Classifier, MDC)、最大概似法(Maximum Likelihood Classifier, MLC)等(Bolstad and Lillesand, 1991)，Lim 等人(Lim, *et al.*, 2003)進行最小距離法、平行六面體分類法、最大概似法比較，發現準確度仍以最大概似法為佳。此處以監督性分類中的最大概似法(maximum likelihood)對影像進行分類。

最大概似法是一種參數化的分類法，每一種類別的參數得自於高斯機率密度函數的二階統計量。假設某種類別呈現高斯分佈，依照此分類法可以得到最佳的分類結果，然後根據訓練區所計算出的統計值作為分類的依據以最大概似法進行整張影像的分類。

計算過程中每一類別的基本判定函數(discrimination function)為：

$$g_i(\bar{x}) = P \langle \bar{x} | w_i \rangle \langle P(w_i) \rangle = \frac{P(w_i)}{(2\pi)^{p/2} |C_i|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(\bar{x}-\bar{v}_i)^T C_i^{-1}(\bar{x}-\bar{v}_i)} \quad (1)$$

其中  $P$  是波段的個數， $\bar{x}$  是資料向量  $\bar{v}_i$ ，是類別  $i$  的平均向量，而  $C_i$  為類別  $i$  的共變異矩陣。

$P(w_i)$  為類別  $i$  出現的機率， $P \langle \bar{x} | w_i \rangle$  則為在機率  $P(w_i)$  條件下， $\bar{x}$  出現的機率。

$$x_i = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_p \end{bmatrix}, \bar{v}_i = \begin{bmatrix} v_{i1} \\ v_{i2} \\ \vdots \\ v_{ip} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$C_i = \begin{bmatrix} \sigma_{i11} & \sigma_{i12} & \cdots & \sigma_{i1p} \\ \sigma_{i21} & \sigma_{i22} & \cdots & \sigma_{i2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{ip1} & \sigma_{ip2} & \cdots & \sigma_{ipp} \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中平均值向量  $\bar{v}_i$  與共變異矩陣  $C_i$  是由訓練樣區的資料所計算而得。

$$\hat{v}_{ij} = \frac{1}{N_i} \sum_{l=1}^{N_i} x_{jl}, j=1,2,\dots,p \quad (4)$$

$$\hat{\sigma}_{ijk} = \frac{1}{N_i-1} \sum_{l=1}^{N_i} (x_{jl} - \hat{v}_{ij})(x_{kl} - \hat{v}_{ik}) \quad (5)$$

$j=1,2,\dots,p$   
 $k=1,2,\dots,p$

其中  $N$  是類別  $i$  的訓練像元素，在 (1) 式中可以取自然對數及忽略常數  $\pi$ ，得到

$$g_i(\bar{x}) = \log_e P(w_i) - \frac{1}{2} \log_e |C_i| - \frac{1}{2} (\bar{x} - \bar{v}_i)^T C_i^{-1} (\bar{x} - \bar{v}_i) \quad (6)$$

假設 (6) 式中的第一項機率值相同，亦視為常數忽略，第二項對每一個類別而言為等值。所以只剩餘第三項需要再分類時計算。將未知像元  $\bar{x}$  帶入判定函數  $g_i(\bar{x})$  對每一個類別的計算其最高值者則歸於該類。

過去曾有相關研究應用最大概似法分類沿海地帶影像(Donoghue, Mironnet, 2002)，結果發現遇到夾雜泥、水與植物的混合區域準確度就會降低。然而蚵架於福衛二號影像中僅數個至數十個像元(pixel)，加上台灣地區常因季節、氣象變化而使影像常具有薄霧，對人工挑選訓練樣區為有一定的困難。為此先進行非監督式方法中的反覆自我組織資料分析法(iterative self-organizing data analysis techniques algorithm, ISODATA)，以隨機的中心或已知演算法生成初始類別作為“種子”，依據某個判別規則進行自動反覆運算聚類的過程。在兩次反覆運算的之間對上一次反覆運算的聚類結果進行統計分析，根據統計參數對已有類別進行取消、分裂、合併處理，並繼續進行下一次反覆運算，直至超過最大反覆運算次數或者滿足分類參數(閾值)，完成分類過程。

簡言之，利用影像像元值和所有類別平均值距離最小化，來群集(clustering)相同性質的像元，將影像大致分門別類，使所挑選訓練樣區更為均質化，最後再採用最大概似法分類為整張影像進行分類。另為濾除雜訊造成分類影響及提高正確率，由原始像元、網格式(raster)資料轉為多邊形向量式(polygon)資料，計算其蚵架類別面積，篩除分類雜訊。

## 2.4 分類結果簡括化

蚵架一般採長方形設計，而且與海流成垂直為宜，增加通過蚵串之流量使牡蠣攝食機會增多。此處影像分類結果僅估算蚵架數量，而非詳細供其面積，此分類結果簡括化為蚵架中心點位，供未來長期掌握蚵架數量之用。此處利用 ESRI ArcGIS Desktop 9.x 進行資料檢括化(generalize)，將判釋出蚵架多邊形轉繪為其中心點(Centroids)。

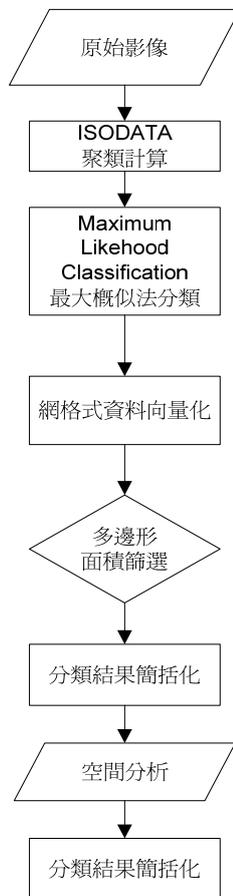


圖 3 衛星影像分類流程圖(本文繪製)

## 2.5 空間分析

影像分類經篩選、轉化為向量式點位仍包含影像分類雜訊，透過空間分析計算蚵架間相鄰距離，篩除接鄰近、判釋為數個玲歲多邊形的同一蚵架。

## 2.6 人工判釋檢核

同一衛星影像以人工逐點判釋，並以 ESRI ArcGIS Desktop 9.x 軟體進行數化，記錄其空間位置，以之進行蚵架數量估算，做為資料檢核使用。

## 3. 研究材料

福衛二號為國人自主掌控光學遙測衛星，具有全色態兩米、多光譜八米之高解析度衛星影像 (High Resolution Satellite Imagery, HRSI)，其載具拍攝刈幅(swath)24km，且視角範圍前後及左右各±45°，可進行立體攝影，尤其福衛二號具有目前世上少有時間高再訪特性，每天皆可進行同區域取景，藉福衛二號立體影像對則可快速進行地表地物監測。本研究採用 2010/01/10 台灣當地時間上午 01:46:40 所拍攝衛星影像，影像取景角度為 7.817 度，同時太陽方位角與高度角各為 140.41、33.76，影像雲覆量為 0。影像採福衛二號影像產品中 Level 1A 產品，為衛星接收到最原始資料，僅經幅射校正後之影像產品，Level 2 產品為最原始資料經系統幾何改正後之影像資料，影像除經過幅射校正處理外，並加入衛星飛行軌道參數計算，投影到指定之地理座標上，並將產品旋轉為正北。

Level 1A 與 Level 2 這兩種產品的精度並無法符合前述之提供土地資源利用調查、國土保安、防救災及其他經建與學術計畫需要。為得到高精度之影像，需發展高解析度影像糾正相關技術，並配合高精度及高解析度數值地形資料進行影像正射糾正，製作台灣地區高精度正射衛星影像，充分發揮福爾摩沙衛星二號功效。受到感測器設計、地球自轉、地形高程位移等各種成像因素交

互影響下，原始全色態與多光譜影像存有一細微非等量、非固定方向之偏移量(shifting)，為消除這細微偏移量，並增進後續影像處理與影像融合後成果品質，對福衛二號影像產品中 Level 1A 或 Level 2 的多光譜影像與全色態影像進行影像正射糾正，以及利用正射後糾正後的影像進行融合處理，以提升影像的光譜解析力，同時保存其光譜特性。以正射融合影像具較優空間與光譜解析度提高在均質海面中判釋蚵架之正確性。

原始全色態與多光譜福衛二號影像各使用 24、26 個 GCP 控制點，16、18 個檢核點，經正射幾何糾正得 RMSE 為 $\pm 1.4\text{m}$ 、 $\pm 2.6\text{m}$ 。正射糾正後全色態與多光譜影像以 PCI Geomatica V10 的 Pansharpen 模組進行影像融合，所得結果如圖，除可保留全色態影像高空間解析度，亦可保有原有多光譜資訊協助影像判釋。

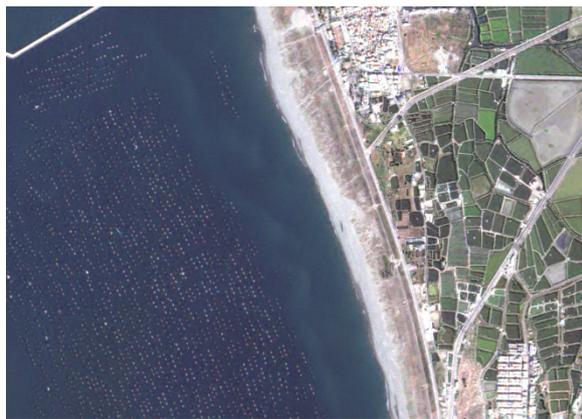


圖 4 福衛二號彩色融合正射影像

## 4. 研究分析結果

衛星影像進行最大概似法分類為 10 類，分類結果如圖 5 所示，蚵架位置大致皆能有效掌握，但部分位於外海或近岸兩側蚵架在影像上較不顯著，需納入相關分類結果才能完全涵蓋所有蚵架。

分類結果於海面影像均質區域有許多細微雜訊，影響分類結果。為消除雜訊、提高判釋正確性，以 ArcGIS 將分類結果轉為多邊形向量圖資，進行多邊形面積計算，扣除分類結果小於 2 像元雜訊部分，篩選海面上其他誤判情形。篩選後結

果如圖 6，有效率除雜訊對分類影響。

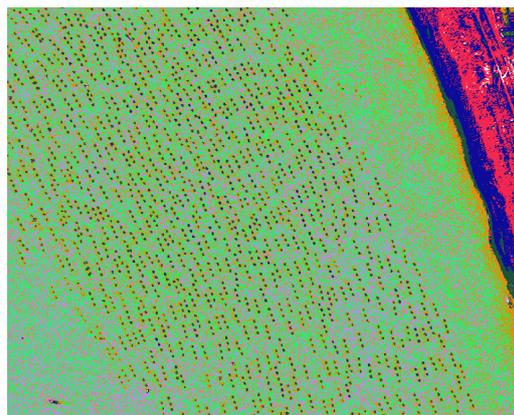


圖 5 Maximum Likelihood 分類結果

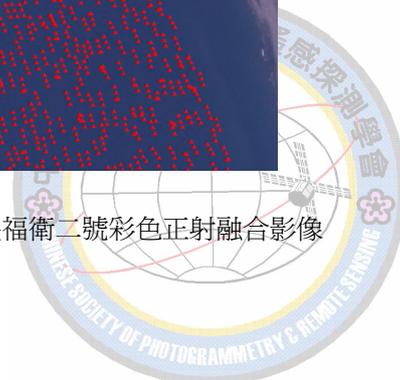


圖 6 分類結果經向量化後結果

為估算正確蚵架數量，將分類結果大於 2 像元部分，由多邊形簡括化為中心點位，轉化後結果如圖 7。最後共產製 3187 個點位。蚵架間距間距，為剔除蚵架間誤判，利用 GIS 計算其各點位間距離，剔除太過鄰近誤判點位。



圖 7 萃取中心點位套疊福衛二號彩色正射融合影像



檢視結果套疊福衛二號彩色正射融合影像，萃取後中心點位皆正確落於蚵架上，但仍有部分誤判情形。如圖 8 所示，衛星影像拍攝當時有部分竹筏、漁船正在該區域作業，其光譜反射性與蚵架較為類似，因此產生誤判情況。另外部分規模較大的蚵架，也因分類進行格式轉換之際而變多筆資料。但以人工檢視後並無漏判(少判)情況發生。該區域中影像萃取蚵架筆數為 2968 筆，人工判釋結果為 2920 筆，總數差異僅 48 筆，僅佔樣區的 1.6%。逐一檢視判釋結果與人工數化差異，其中漏判 14 棚蚵架，誤判多出 34 棚。藉本研究方法可大幅減少人工數化、檢視作業。未來可利用此法做為初步蚵架數量評估，輔以人工篩選、剔除少量誤判之竹筏、漁船等，可有效節省數化、判釋所需人力及時間。

表 1 蚵架分類精度評估結果

	生產者精度	使用者精度
分類成果	100%	98.3%

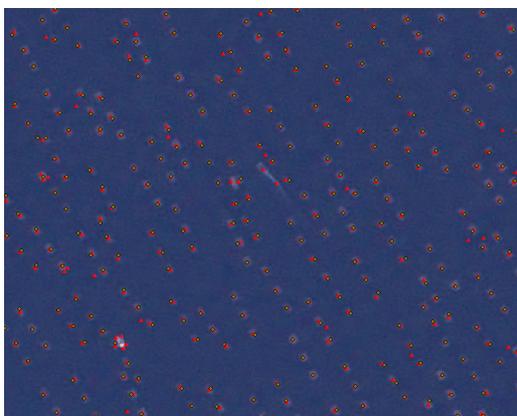


圖 8 判釋結果套疊正射融合影像

## 5. 結論與建議

淺海養殖範圍遼闊、星羅棋布，現今台灣中、南部海岸傳統淺海牡蠣養殖達數萬公頃、養殖戶眾多，常受環境變化與自然侵襲等原因，造成養殖環境與其經濟價值受損，本研究採福衛二號衛星影像，運用衛星影像分類與 GIS 空間分析，可有效以資訊化方式加以掌握整體情況。藉由福衛二號高再訪特性，可長期且多時序監控其變化。

正射糾正後全色態與多光譜福衛二號衛星影像，經影像融合、衛星影像分類、分類結果向量化、簡括化與空間分析後，可獲得蚵架空間位置與數量，經人工比對後，除仍少數有漁船誤判為蚵架、少部分蚵棚未被判釋之外，正確率可達 98.6%。

未來可利用於掌控中長期淺海養殖狀況、評估該產業對環境造成的影響，或天然災害後涉及補償金發放等，都可藉此法提供相關資訊做為依據。

## 致謝

感謝國家太空中心、林務局農林航空測量所、漁業署、航遙測學會及台灣師範大學福衛二號影像加值處理分送中心提供相關資源。感謝審查委員詳細審閱且提供具體的意見，俾使本文得以訂正與改進的機會，僅此衷心銘謝。

## 參考文獻

- 吳育勳，2008，牡蠣養殖發展之研究-以台南市牡蠣養殖區為例，國立中山大學海洋環境及工程學系碩士論文。
- 胡興華，2004，臺灣海洋養殖的先驅—牡蠣，拓漁臺灣，行政院農委會漁業署，第 65 頁。
- 鄭永裕，2009，3S 技術於台灣海域區劃漁業權漁業規劃與管理應用之研究，國立中山大學海洋環境及工程學系碩士論文。
- 鄭明修、邵廣昭、戴昌鳳、陳正平、林綉美、孟培傑，2005，東沙海域生態資源基礎調查研究。中華民國珊瑚礁學會。
- 行政院農業委員會網站：<http://www.coa.gov.tw/>
- 行政院農業委員會漁業署：<http://www.fa.gov.tw/>
- 中央氣象局網站：<http://www.cwb.gov.tw>

Andréfouët S, Kramer P, Torres-Pulliza D, Joyce KE, Hochberg EJ, Garza-Pérez R, Mumby PJ, Riegl B, Yamano H, White WH, Zubia M, Brock JC, Phinn SR, Naseer A, Hatcher BG, Muller-Karger FE, 2003, Multi-site evaluation of IKONOS data for classification of tropical coral reef environments. (available online [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com))

- Andréfouët S, Payri C, Hochberg EJ, Atkinson CMJ, Muller-Karger FE, 2004, Use of in situ and airborne reflectance for scaling-up spectral discrimination of coral reef macroalgae from species to communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 283, pp. 161-177.
- Andréfouët S, Riegl B., 2004, Remote sensing: a key tool for interdisciplinary assessment of coral reef processes. *Coral Reefs* Vol. 23, pp. 1-4.
- Bolstad, P. V., and T. M. Lillesand, 1991, Rapid maximum likelihood classification, *Photogram. Eng. Remote Sens.*, Vol. 57, pp. 67-74.
- Donoghue, D. N. M., and N. Mironnet, 2002, Development of an integrated geographical information system prototype for coastal habitat monitoring, *Computers and Geosciences*, Vol. 28, 129-141.
- Lim, H. S., M. Z. MatJafri, and K. Abdullah, 2003, Evaluation of conventional digital camera scenes for thematic information extraction, *School of Physics University Saints Malaysia*.
- Zhou, Q, 1989, A Method for Integrating Remote Sensing and Geographic Information Systems. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol. 55(5), pp. 591-596.



# Application of FORMOSAT-2 Imagery on Estimating the Number of Oyster Scaffolding

Chun-Kai Chen<sup>1\*</sup> Kao-Chen Chang<sup>2</sup> Ming-zhi Shih<sup>3</sup>

## ABSTRACT

Typhoons, frequently visit Taiwan in average of 4 to 5 per year, often cause direct or indirectly damage to lives and properties, and the agricultural related damage is most severe due to the extremely strong wind and heavy rain. In Taiwan, the oyster culture occupies about 44 thousands of hectares, and the culturing raft is vulnerable to the attack of typhoon. Conventionally, the estimation of the typhoon caused damage of oyster culture requires considerable human effort for on-site investigation, and the whole process may last for more than 6 months. FORMOSAT-2, a satellite that passes Taiwan daily, is potentially a powerful tool to assist the estimation of typhoon caused damages. In the present study, through the image processing, classification and GIS spatial analysis of the FORMOSAT-2 images the typhoon cause damage to the oyster culture has been estimated. A 98.4 % of accuracy was obtained as compared with the result of on-site calculation. Therefore, we concluded that the analysis of FORMOSAT-2 images could provide a time saving but accurate method for damage estimation of coastal oyster farming. The completion of the analysis is within a few hours once received the images, and thus the oyster farm culture could be reconstructed with no time lagging.

**Keywords:** FORMOSAT-2, Satellite Image Processing, Image Classification, Spatial Analysis

---

<sup>1</sup> Graduate Student, Department of Geography, National Taiwan Normal University

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Geography, National Taiwan Normal University

<sup>3</sup> Research, Chinese Society of Photogrammetry and Remote Sensing.

\* Corresponding Author, Phone: 886-2-77341642, E-mail: tp6rmp4d93@gmail.com

