

3S (GIS, RS, GPS) 技術結合空間資料 探勘監測環境變化-以廢棄物棄置場區為例

文/圖 樊先達、朱子豪 國立台灣大學

摘要

3S技術涵蓋GIS, RS與GPS為處理空間資訊的重要工具，藉由3S可以掌握地表環境的種種變化，作為決策與管理的依據。由於空間資料的獲取多需要較長久的作業時間，如地形圖或土地利用調查需要一兩年，而運用GPS的現地調查方式也需要人員到現場執行紀錄動作，遙測影像可在一兩天內提供大範圍整區域的資訊，因此最適合做大區域監控的工具。

導入遙測技術監測體系，係全新的廢棄物棄置場區管理思維，藉由分析過去非法傾倒廢棄物之案例，搭配衛星影像判釋成果，期能掌握非法棄置之地點。本研究依據歷年之廢棄物傾倒案例，歸納與廢棄物傾倒相關之因子，以分類與回歸樹演算法產生廢棄物傾倒之空間規則，劃定潛在事件發生的區域，作為稽查管理的重點區域。針對傾倒於不同地表上的廢棄物，運用影像上光譜的變化，進行影像分類以及植生指數變化進行多時期影像的變遷分析。最後整合空間分析及遙測判釋之結果，產生更為聚焦的目標區域，以減少地面稽查人員偵查的範圍與負擔。

前言

臺灣地區因地狹人稠，過去數十年來，隨著人口的成長，社會型態的改變，民眾生活垃圾大量增加；興盛的工業發展，造成事業廢棄物遽增，隨之衍生出來的污染問題，已造成環境負荷並影響到環境品質。臺灣大學空間資訊研究中心（2007）進一步導入各種遙測技術，衛星影像資料所涵蓋面積廣泛之特性，遙測載具包括衛星、固定翼飛機、直昇機、飛船及無人飛行載具。臺灣地區已有超過30年的使用遙測資料的經驗，而於2004年5月成功發射的福爾摩沙衛星二號即為一高解析度的地面資源衛星，每日提供全國衛星影像，成為環境監測之新利器。

2007年以台灣北部縣市為研究區域，包含基隆、台北縣市、桃園縣、新竹縣市等六縣市，歸納歷史廢棄傾倒的空間分佈特徵及規則，推估出棄置的地理關係因素，劃定潛在發生傾倒事件的區域；同時依廢棄物的傾倒特性，以單時期及多時期的衛星影像進行分析，將空間分析及遙測判釋成果結合，產生較小範圍的聚焦區域，提供地面稽查人員現場查報。所運用的技術架構如圖1。以下針對各項技術做簡單說明，最後討論其中的部份成果及未來工作項目。

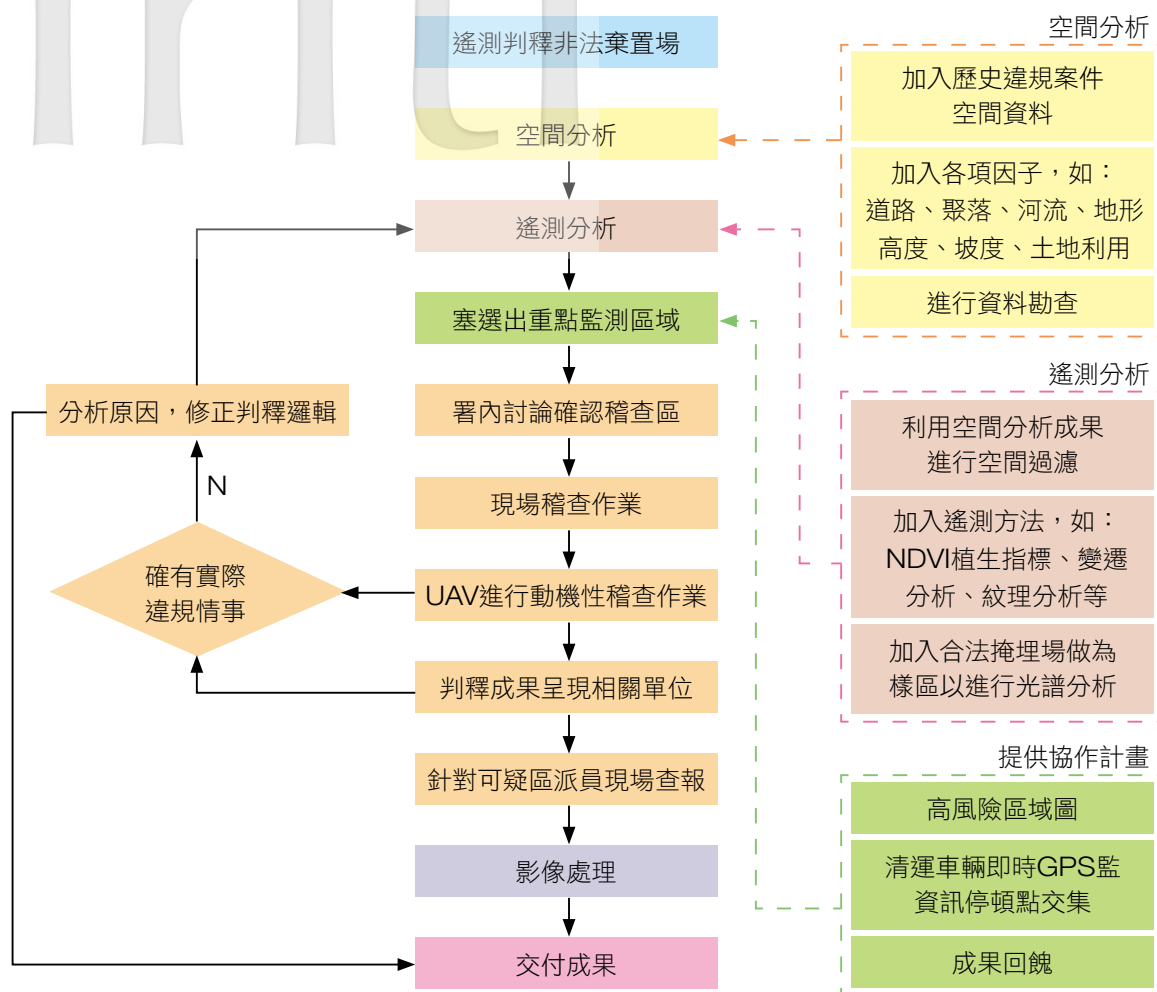


圖1 遙測潛在非法棄置點技術作業流程圖。

空間資料探勘 (spatial data mining)

資料探勘領域相關之技術很多，包括資料庫、統計、人工智慧 (artificial intelligence)、及視覺化。常用的統計技術及資料探勘工具是合於空間分析需求的；人工智慧的資料探勘方法主要為類神經網路 (neural network) 及決策樹 (decision tree)。

由於環境因子與廢棄物棄置之間的對應關係通常是非線性的，如欲將空間資料探勘出來的資訊建立關連性，確認每一個環境變因所引發之影響，建立因果之規則，利用決策樹的方法應該是比較適

宜的。本研究進行資料探勘時採用之決策樹分類演算法是CART (Classification And Regression Trees)，CART是一種機械學習的方法，可以用來決定目標變數與預測變數之間的線性或非線性關係。利用CART 4.0的軟體，將上述的訓練資料輸入可產生「棄置」及「非棄置」的規則。

資料蒐集

計畫收集的空間資料，包括：(1) 國土利用調查資料、(2) 非法廢棄物棄置場址及非棄置場址資料、(3) 河川圖及道路圖、(4) 建物聚落資料、(5) 數值高度模型 (digital

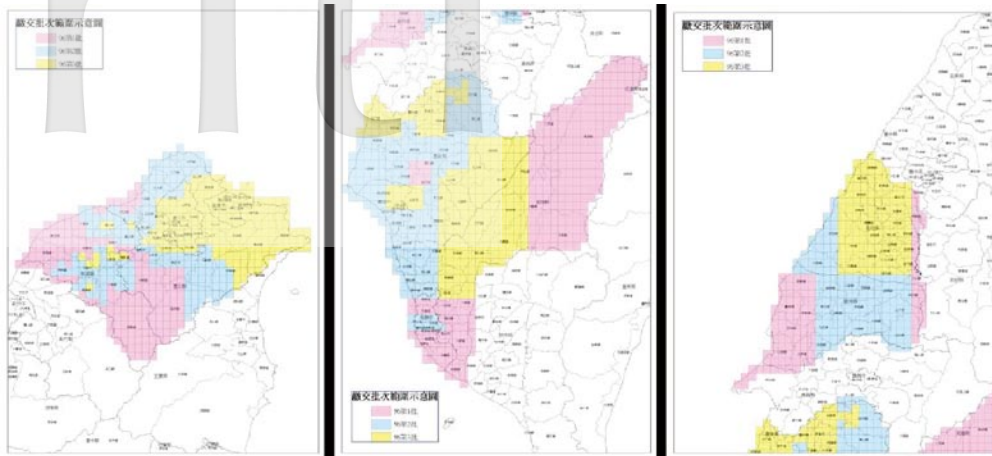


圖2 國土利用調查範圍圖。

elevation model，DEM）等。以下對各項資料及其處理方式進行說明。

國土利用調查資料

由內政部國土測繪中心所生產的國土利用調查資料做為空間關係資料及空間過濾資料如圖2，森林、交通、水、建築、公共、遊憩、礦鹽以及其他使用土地，藉由此資料可獲取耕作用地，文教住宅區、合法土石場地點等輔助資訊。

非法廢棄物棄置場址及非棄置場址資料

由環保署歷年以來全國查報資料共183處列管非法棄置場址，做為資料探勘的分析因子。另外加入非棄置區訓練樣本共212筆（人工選擇不可能發生棄置的地形），以期分析架構更臻完善（如圖3所示）；再針對目標區內各轄區環保單位新蒐集到近期新增的棄置點位及棄置物特性，一併進入空間分析。

(a)



(b)



圖3 棄置及非棄置場址分佈圖。(a) 現有非法棄置場址分佈圖。(b) 人工點選之非棄置場址分佈圖。

河川圖及道路圖

以交通部運輸研究所於2002年生長的河川及道路路網圖做為資料探勘所需的空間關係資料。

原始的河川資料為向量式多邊形資料，記錄各縣市內各河川之流域；道路資料則為向量式線狀資料，記錄各縣市內重要道路之中心線。

聚落資料

以1/25000地形圖之聚落資料（房區）也做為資料探勘所需的空間關係資料元素，原始的聚落資料為向量式多邊形資料，記錄各區域內重要的聚落分佈。

數值高度模型

使用40公尺原始解析度的DEM，提供資料探勘時所需的高程及坡度等資訊。

規則歸納

運用環保署廢棄物管理處全國非法棄置事業廢棄物場址資料、全國合法垃圾掩埋場、2002年

運研所全國交通路網資料、全國1/25000聚落資料等空間資料，進行統計分析及空間資料前處理，以找出有意義的關連性，便利進一步在空間資訊系統與影像分類判釋分析。

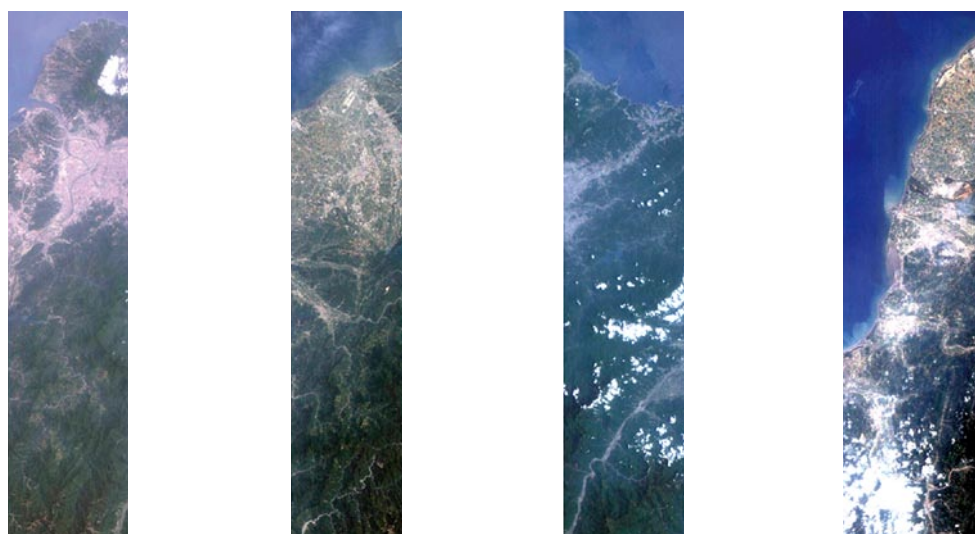
遙測影像處理

衛星影像資料

本研究以2007年5月上旬及6月下旬的影像為分析材料（圖4及圖5），由於6月份氣候不佳，福衛二號無可使用之影像（雲遮率過高），因此用SPOT -5影像進行分析。衛星影像主要針對兩種不同的棄置型別進行監測：（1）棄置於植生上；（2）棄置於非植生上。棄置於植生上之類型可以兩時期影像進行植生的變遷分析，棄置於非植生上之類型由於棄置前後光譜差異不大，因此本研究以影像分類之方式偵測棄置點。

影像分類

本研究以監督性分類中的最大相似法（maximum likelihood）對影像進行分類。



(a) 2007年5月7日 (b) 2007年5月8日 (c) 2007年5月9日 (d) 2007年5月11日

圖4 北臺灣地區2007年5月份福衛二號衛星影像。

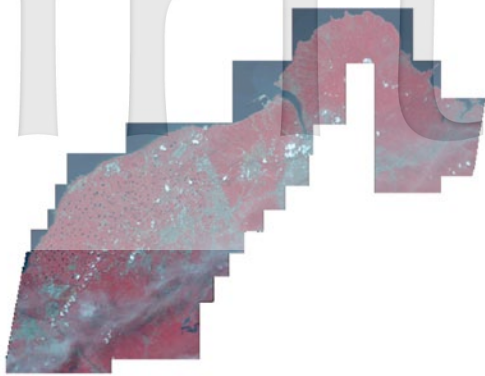


圖5 北臺灣地區2007年6月份（6月22日）SPOT-5衛星影像。

但由於棄置物的種類多樣，若僅以監督性之方式進行分類，則在選擇訓練樣區時會面臨難以依不同棄置物類型分別挑選樣區的難題。故而運用非監督性分類方法中的反覆自我組織資料分析法（iterative self-organizing data analysis techniques algorithm，ISODATA），對選取

之訓練樣區進行非監督性的分類，大致將不同光譜特性的棄置物樣區分門別類，使所選取的訓練樣區更均質化，其流程如圖6所示。

本研究將地物分為棄置場、裸露地、建物（聚落）、植生及水體等五種類別，棄置場的訓練樣區是參考每張影像中合法掩埋場之光譜特徵作為訓練比對的樣區資料；其它地物訓練樣區則是以人工選取的方式進行選取，透過該地區的地物分佈了解，選取不同地物呈現的光譜值，進而運用在判斷其他地區的影像光譜應屬於何種地物。

變遷分析

本研究以正規化差異植生指數（Normalized Difference Vegetation Index，NDVI）分析兩

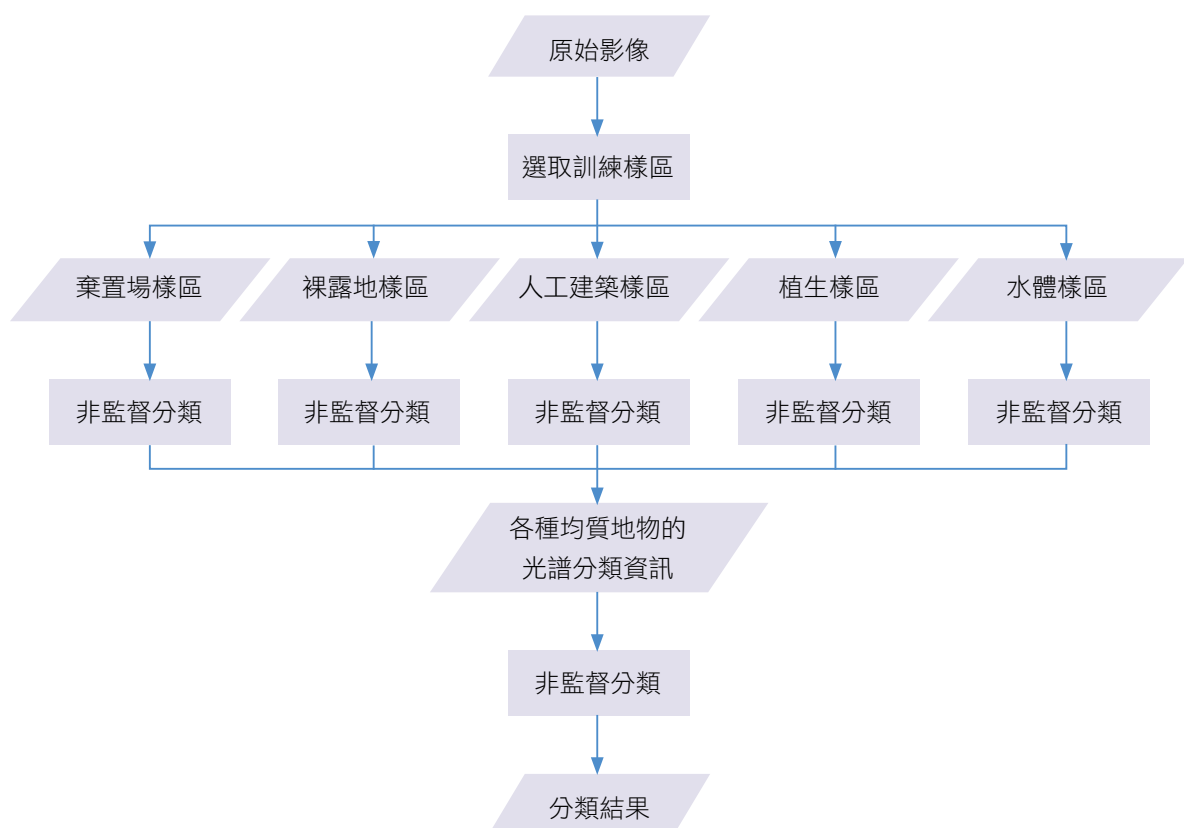


圖6 影像分類流程圖。

時期影像的變遷偵測，發生廢棄物棄置之地點，若其植生狀況有明顯的變化，則會反映於光譜值變化上。

結果與討論

空間資料探勘結果

本研究以CART 4.0軟體，將訓練資料輸入後產生「棄置」及「非棄置」規則，共計13條規則最足以符合相對成本及訓練樣本的正确性。本研究採用系統計算出的最佳建議方案，以13條規則決定所有的棄置及非棄置範圍，其結果如圖7紅色節點顯示棄置的空間規則。由於13條規則中與後續分析須用的資料僅使用棄置區的規則，條列棄置的規則有6條如表1所示。

依據表1的規則，本研究再以原始的空間資料產生潛在棄置區域的空間分佈圖。依據各項規則中的門檻值，再以ArcGIS進行環域分析，最後將所有環域分析的結果進行交集後，即可得到潛在發生棄置場所的分佈圖，如圖8所示。

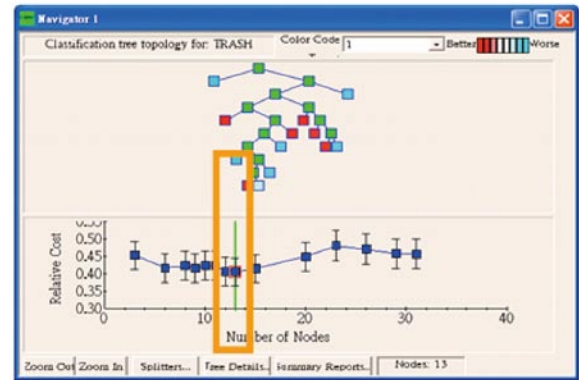
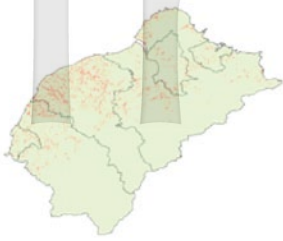


圖7 CART4.0產生之規則樹狀圖。
(方框部份代表建議之最佳規則數目為13條)

表1 空間資料探勘歸納之規則表-棄置區

規格項次	規則說明	規格項次	規則說明
棄置規格一	若高度 ≤ 187 且與聚落距離 > 0.13 且與聚落距離 ≤ 70.72 且與河川距離 ≤ 77.97 則為棄置區	棄置規格二	若與聚落距離 > 0.13 且與聚落距離 ≤ 70.72 且坡度 ≤ 3.42 且與道路距離 > 1.94 且與道路距離 ≤ 50.43 且與河川距離 > 77.97 且與河川距離 ≤ 611.98 且高度 ≤ 33 則為棄置區
棄置規格三	若高度 ≤ 187 若與聚落距離 > 0.13 且與聚落距離 ≤ 70.72 且與河川距離 ≤ 77.97 且坡度 > 3.42 則為棄置區	棄置規格四	若高度 ≤ 187 且與聚落距離 > 70.72 且與河川距離 ≤ 222.78 則為棄置區
棄置規格五	若與聚落距離 > 70.72 且與河川距離 > 222.78 且高度 ≤ 69.5 則為棄置區	棄置規格六	若高度 ≤ 187 且與聚落距離 > 0.13 且與聚落距離 ≤ 70.72 且與河川距離 ≤ 77.97 則為棄置區



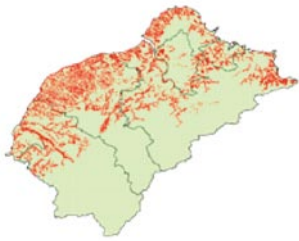
(a) 棄置規則一交集之結果



(b) 棄置規則二交集之結果



(c) 棄置規則三交集之結果



(d) 棄置規則四交集之結果



(e) 棄置規則五交集之結果



(f) 棄置規則六交集之結果

圖8 依CART4.0產生之規則進行空間分析之結果。

去除雲霧

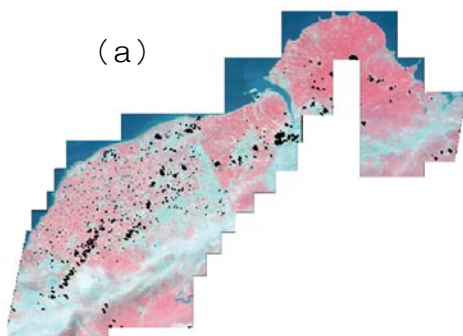
所使用之影像中有許多破碎之厚雲，因此進行雲霧去除。本研究設定各個波段的閾值為235，若某一像元各個波段的值皆在235以上時，則判定此一像元為厚雲分佈之區域結果如圖9所示。

影像分類之結果

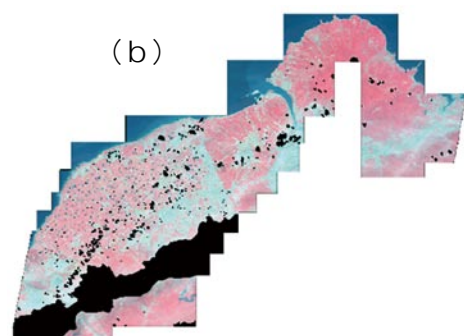
假定各縣市合法掩埋場掩埋區之光譜反應與非法棄置區之光譜反應相似，故選擇公民營之合法掩埋場區做為監督性分類之訓練樣區，圖10以5

月7日之福衛影像為例，顯示影像中所包含的三座掩埋場做為訓練樣區之所呈現的示意圖。

再將分類成果進行檢核，以新竹縣橫山鄉之掩埋場做為5月8日福衛影像分類結果之驗證區。影像中圓圈範圍為實際掩埋區，與同日之福衛影像分類結果比較，棄置物分佈區域已確實被標定。案例可知，以合法掩埋區之光譜特性做為影像分類之訓練樣區為可行之方法，後續將針對如何去除誤判區持續研究。



(a)



(b)

圖9 2007年6月22日影像去除雲霧後之結果。(a) 自動去除雲霧之結果。(b) 自動去除雲霧加人工去除雲霧的結果。其中黑色區域為原本雲霧覆蓋區。

變遷分析之結果

為針對棄置場區及土地變遷比對，將5月及6月份影像轉換為NDVI影像後，對兩時期影像進行變遷分析，如圖12的紅色區域所示。此結果標定出許多植生變為非植生之區域，疑似新增的棄置或裸露區；兩時期影像拍攝之間曾發生幾起豪大

雨事件，故有許多變遷之處實為坡地崩塌造成，本研究將變遷分析結果與空間資料探勘結果互相交集，以達到更為聚焦之目的。

空間分析與影像分析之結果

將圖8所有的結果，與前一節dNDVI變遷分析

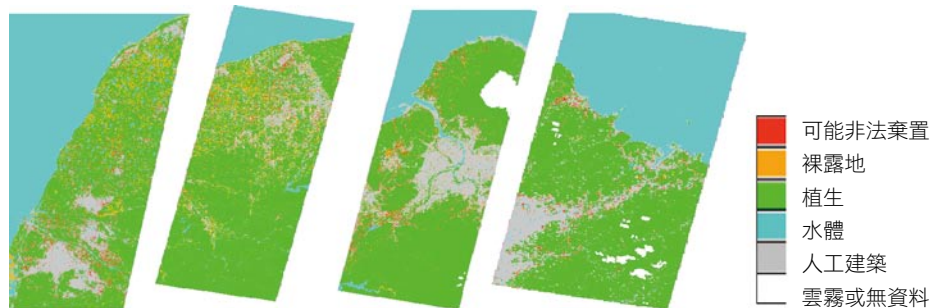


圖10 5月份福衛影像之分類結果。

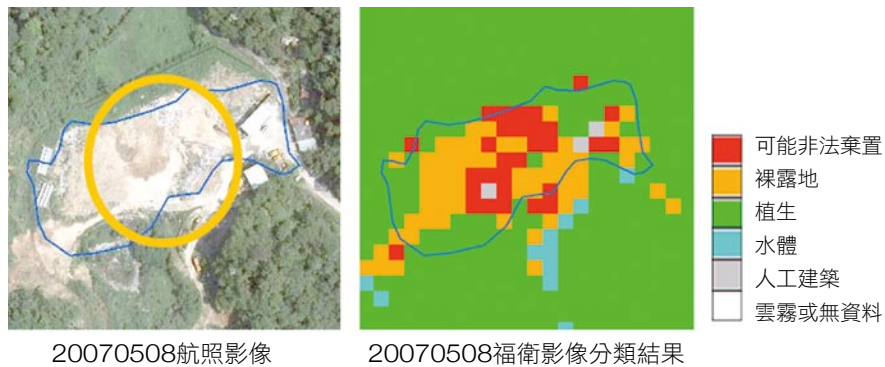


圖11 以5月8日福衛影像之分類結果為例，以橫山掩埋場做為初步驗證區。

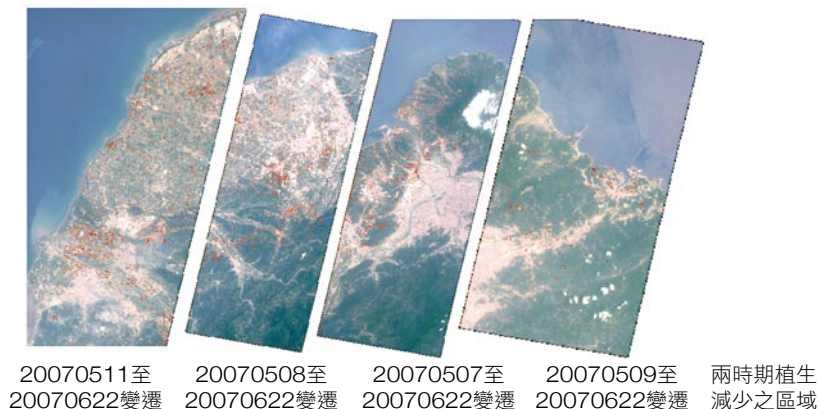
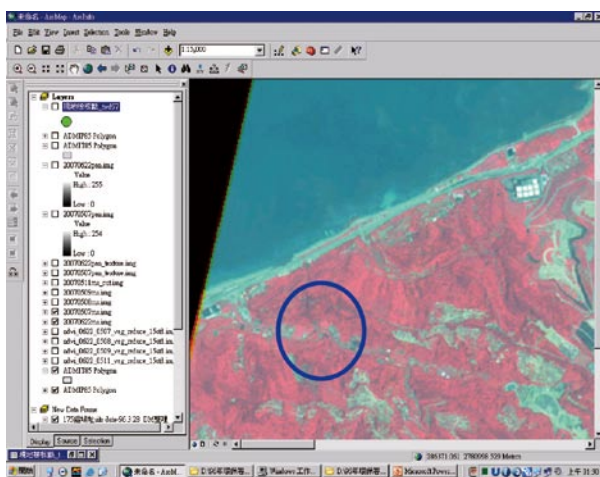


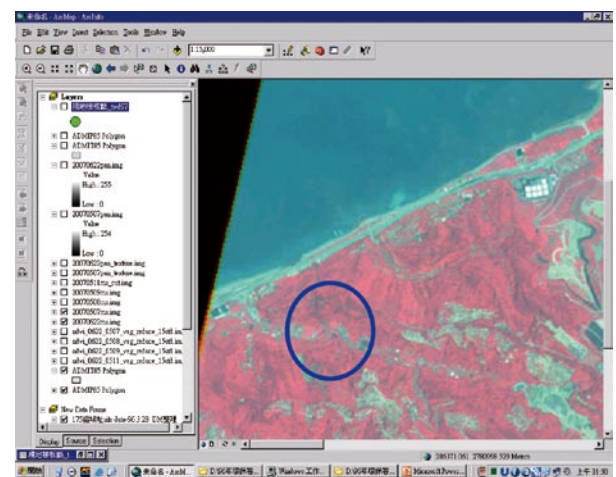
圖12 兩時期植生減少之變遷區域（已去除雲霧影響區域）。



圖13 第4處檢核點空間資料探勘及變遷分析交集之結果（如深紅色部分所示）。



(a) 20070508福衛影像



(b) 20070622SPOT-5影像



(c) 8月8日現地勘察照片#1



(d) 8月8日現地勘察照片#2

圖14 第4處檢核點前後期衛星影像及現地檢核結果圖。

表2 空間資料探勘與NDVI變遷分析交集結果之現地檢核地點列表

項次	縣市	場址	WGS84經度	WGS84緯度
1	台北縣八里鄉	縣108與北53交會口附近之工廠前	121.4001	25.1177
2	台北縣八里鄉	北54附近之果園旁	121.4358	25.1409
3	台北縣林口鄉	台15附近之農地前	121.3593	25.1290
4	台北縣林口鄉	北79旁之山谷	121.3595	25.1272
5	台北縣林口鄉	台15與北77交會口附近之河谷與山壁	121.3349	25.1203

的結果進行交集，再依此區域選擇八里及林口兩鄉共五個地點進行現地檢核，五處檢核點之詳細資料如表2所示。檢核的結果五處檢核點僅有表2第4處地點有發現棄置物，其它則皆為新崩塌地，第4處檢核點之資料探勘及變遷分析交集結果如圖13所示，而現地檢核結果相關照片如圖14所示。

結論

空間資料探勘的結果顯示出最有可能發生棄置的區域，可協助相關人員將分析的範圍縮小，將較不可能發生棄置的區域排除，能節省資料分析的時間，提高分析的效率。如再加入更多可能影響棄置物傾倒的因子，或國土利用調查的各種土地運用現況資料如農地類型、崩塌地排除條件，使資料探勘的結果能更聚焦。

在利用遙測衛星影像進行分析時，影像的購買範圍除需具足夠的代表性之外，亦可參考探勘後的結果，選取潛在分佈密度較高的區域，來做為影像的選取範圍，如此可排除潛在性低的區域；另一方面，每種規則或許可以代表某種地形特徵，只要找某種地形特徵下的傾倒案例，則僅採用此規則即可找到相似之棄置區域。

本研究運用遙測及空間資料探勘的結果雖有成功找出棄置物之案例，但仍有改進之空間，主要為分析之結果範圍仍過大，未來將考慮於分析系統加入土地利用、分類等空間分析因子，再進行多元化分析加值資料標示過濾誤判區，以增加應用遙測及空間資料探勘於廢棄物非法棄置監測之可能性，提升現今仍以人力現地查緝為主之作業方式精進，定能更有效查察及遏止不肖之徒非法的行為。

參考資料

1. 國立臺灣大學理學院空間資訊研究中心 (2007) 運用遙測技術應用於事業廢棄物監測及管理研究，行政院環境保護署委託研究。
2. Berry, M. J. and Linoff, G. (1997) Data Mining Techniques for Marketing, Sales and Customer Support, Wiley: New York.
3. Buttenfield, B. and Gahegan, M. (2000) Geospatial data mining and knowledge discovery, A UCGIS White Paper on Emergent Research Themes.
4. Koperski, K., Han, J. and Adhikary, J. (1996) Mining knowledge in geographical data.
5. Openshaw, S. (2000) Geographical data mining: key design issues, United Kingdom: Center for Computational Geography, School of Geography, University of Leeds.
6. Steinberg, D. and Cardell, N. S. (1998) The hybrid cart-logit model in classification and data mining, Eighth Annual Advanced Research Techniques Forum.