

# 濁水溪河口揚塵對大氣懸浮微粒(PM<sub>10</sub>)影響之研究

林昭遠<sup>(1)</sup>張明倫<sup>(2)</sup>莊智瑋<sup>(3)</sup>

## 摘要

濁水溪下游河口揚塵危害嚴重，造成鄰近區域空氣品質不良，顆粒細小之懸浮微粒 PM<sub>10</sub> 易深入人體肺部，影響居民健康。本研究以自強大橋下游至西濱大橋為試區，蒐集試區鄰近之空氣品質測站資料，以地理統計（克利金法）推估多期 PM<sub>10</sub> 等值線之空間分布；另以衛星影像結合影像處理技術萃取河道潛在揚塵發生區位，配合現地調查推估河道揚塵對空氣污染物 PM<sub>10</sub> 濃度之貢獻量，供相關單位施作揚塵抑止工法之區位優選參考。

(**關鍵詞**：濁水溪、揚塵、邊緣萃取)

## Effects of aeolian dust on the fine airborne particles (PM<sub>10</sub>) at the estuary of Zhuoshui River

Chao-Yuan Lin <sup>(1)</sup>, Ming-Lun Chang <sup>(2)</sup>, Chin-Wei Chuan <sup>(3)</sup>

Professor, Graduate Student, Department of Soil and Water Conservation,

National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

## ABSTRACT

Aeolian dust at the estuary of Zhuoshui River cause tremendous air pollution that significantly affects the living quality of the nearby residents and results in poor people's health due to inhalation of the PM<sub>10</sub>. This study focused on the dust vulnerable segment (Bridge Ziqiang to Xibin) of the Zhuoshui River by using air quality monitoring data to delineate the spatial distribution of multi-temporal PM<sub>10</sub> content in the air using Kriging method, and integrating the

image processing coupled with edge extraction using SPOT satellite imagery and on-site investigation to depict the potential areas of aeolian dust occurrence in the River and to understand the effects of aeolian dust on the fine particulate (PM<sub>10</sub>) at the nearby environment

---

<sup>(1)</sup> 國立中興大學水土保持學系教授

<sup>(2)</sup> 國立中興大學水土保持學系碩士生

<sup>(3)</sup> 國立中興大學水土保持學系博士生

as the reference of related authorities in priority selection of sites for dust control engineering.

**Keywords：**Zhuoshui River, Aeolian dust, Edges extraction

## 前言

台灣中部河口揚塵問題嚴重，每逢東北季風來臨，河口懸浮微粒藉由風力向上揚起，導致空氣中懸浮粒子遽增，濁水溪受上游地層構造影響，下游河床粒徑分布較其他流域細小，揚塵危害較為嚴重。由於揚塵微粒之粒徑小於 10 微米以下，能深入人體肺部，若粒子附著其他污染物，將加深對呼吸系統之危害，影響鄰近居民之身體健康及生活品質。因此，如何快速劃定河川潛在揚塵發生區位並評估其揚塵量極為重要。

河道凸岸常為淤積區位，土壤質地細緻，土壤水份蒸發後易將土層中之鹽類藉由毛細現象累積於地表形成結殼，結殼厚度較薄之區位，易因外力破壞，在東北季風吹襲下，將產生大量揚塵危害，為潛在揚塵發生之區位。台灣河道每遇颱風暴雨，河道流路變動頻仍，河道潛在揚塵發生區位需每年更新劃定，為節省成本及掌控時程，有必要借重遙測影像處理技術來劃定河道揚塵潛在發生區位。

河道退水初期，同屬裸地區位之農地與揚塵潛在發生區位之光譜特徵值相近，若利傳統影像處理技術並不易區別，須藉助耕地田埂處之色階梯度變異特性，使用邊緣偵測技術萃取出分離農地區位，方能劃定河道揚塵潛在發生區位並進而推估  $PM_{10}$  之貢獻量，俾供揚塵抑止工法施作區位優選之參考。

## 研究材料與方法

### 一、研究試區概述

以濁水溪下游河口為研究試區（圖 1），試區範圍為自強大橋下游至西濱大橋，位處彰化縣竹塘鄉、大城鄉以及雲林縣二崙鄉、崙背鄉、麥寮鄉之交界；濁水溪上游地質以頁岩為主，顆粒細小且質地鬆軟，大雨沖刷後被雨水侵蝕帶入河道，而水流挾帶細粒碎屑等顆粒，抵達下游時流速變慢，水中懸浮物質逐漸沉降後，堆積於下游河口處；每逢冬季時水位下降，河床裸地面積大增，而濁水溪飛砂運動型態則以懸浮為主，因此在東北季風強力吹襲下致使濁水溪南岸之街道土砂飛揚、塵土瀰漫。

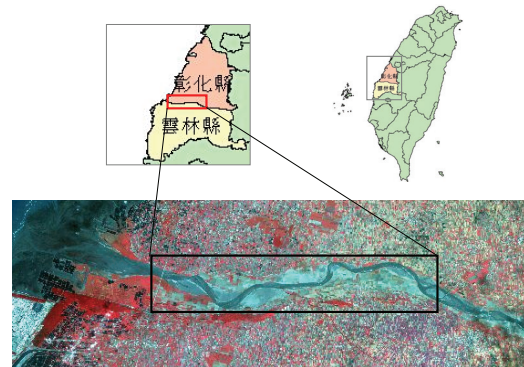


圖 1. 研究試區位置圖

Figure 1 Site of the study area.

### 二、研究材料

蒐集環保署空氣品質監測站(表 1)之近年資料分析各期  $PM_{10}$  等值線之空間分布，探討空氣污染嚴重之區位與季節之變化。

表 1 台灣中部空氣品質測站坐標資訊

Table 1 The coordinate information of air quality monitoring stations in central Taiwan.

| 測站名稱 | X 坐標     | Y 坐標      |
|------|----------|-----------|
| 三義   | 224726.0 | 2697493.3 |
| 豐原   | 220100.7 | 2682751.2 |
| 沙鹿   | 204127.3 | 2680271.2 |
| 西屯   | 211067.5 | 2673048.4 |
| 忠明   | 214518.9 | 2672765.6 |
| 線西   | 195163.5 | 2669904.3 |
| 彰化   | 202419.2 | 2664709.8 |
| 大里   | 216507.7 | 2666238.7 |
| 二林   | 189060.7 | 2646978.4 |
| 台西   | 167852.9 | 2624182.8 |
| 崙背   | 182758.8 | 2628495.4 |
| 斗六   | 203581.9 | 2623181.0 |

購自中央大學太空遙測研究中心之 Level 10 SPOT 衛星影像，時間分別為 2004 年 12 月 18 日及 2005 年 8 月 26 日(圖 2 及圖 3)，藉由不同土地利用類別於交界處色階梯度變異之特性，運用影像處理技術萃取潛在揚塵發生區位並推估  $PM_{10}$  之貢獻量，瞭解濁水溪揚塵對於空氣污染影響之程度。



圖 2.試區 SPOT 衛星影像(2004/12/18)  
Fig. 2 SPOT satellite imagery of study area. (2004/12/18)



圖 3.試區 SPOT 衛星影像(2005/08/26)  
Fig. 2 SPOT satellite imagery of study area. (2005/08/26)

### 三、研究流程及分析方法

#### (一)、研究流程

蒐集中部空氣品質監測站資料，利用地理統計分析  $PM_{10}$  等值線之空間分布，另採用 SPOT 多光譜衛星影像配合影像處理技術萃取潛在揚塵發生區位，進而推估河川揚塵對於  $PM_{10}$  貢獻量。研究流程如圖 4 所示。

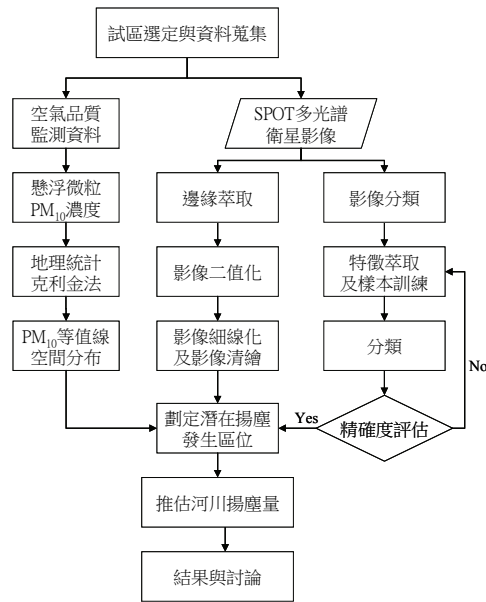


圖 4. 研究流程

Fig. 4. Flow chart of the study.

#### (二)、分析方法

##### 1.地理統計克里金法

地理統計以變異圖或半變異圖表現資料空間變異程度；首要決定半變異圖  $\gamma(h)$  並根據半變異圖所表現之空間資料相關程度進行最佳線性無偏估計。 $\gamma(h)$  計算公式如下：

$$\gamma(h)=0.5E[(Z(x+h)-Z(x))^2]$$

式中  $Z(x)$  為點  $x$  之觀測值， $Z(x+h)$  為點  $x+h$  之觀測值， $h$  為點  $x$  與點  $x+h$  之距離。欲推估一未知點之值，必須由其他已知點去瞭解，計算公式如下：

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n Z_i \cdot \lambda_i$$

其中 $Z_i$ 為已知點實測值、 $\lambda_i$ 為已知點之權重，而 $Z_0$ 為推估值。權重可由計算之變異圖 $\gamma(h)$ 求得，如此可求得 $Z_0$ 之推估值。

## 2.邊緣萃取原理及步驟

### (1)邊緣偵測

對於一個二值化或黑白的影像中，影像的邊緣經常被使用作為影像的分割，及其他處理的前置動作。較常見的方法有Sobel及Laplacian兩種，主要以影像梯度之差異進行邊緣偵測(林昭遠、莊智瑋，2009)，本研究使用Sobel Filter進行邊緣萃取，Sobel是兩個3X3的遮罩，其中對x方向取偏微稱Gx，對y方向取偏微稱Gy。如下所示：

$$Gx = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad Gy = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Gx 及Gy 分別負責檢知X 與Y 方向的邊緣變化，若Gx 與Gy 皆為零，表示其相鄰的八個點都是相同值而無邊緣變化，其值也會是零。如果左右的值不同，Gx 輸出結果不為

零，但Gy 仍會是零，反之垂直方向的變化也會導致Gy 的輸出不為零。對於每一點的Gx 與Gy 計算結果則會累加另存於一張圖，以確保兩個方向的邊緣變化都會被找到(黃朝群，2001)。由於不同土地利用類別於交界處常因色階梯度上之不同，可透過此方法對於鄰近色階有差異處進行萃取。一般河床地種植西瓜前，需進行整地、澆水、施肥等前期處理，但在作物尚未明顯繁茂時，該處於衛星影像

上之光譜資訊幾與裸地相似，但因土壤中水分含量、有機質、田埂幾何形狀等不同，於衛星影像上仍與裸地有些許差異；若僅依光譜資訊欲分類出西瓜種植區位，其難度甚高。因此本研究運用影像處理技術中之邊緣偵測 (Sobel Filter)，萃取出初步輪廓。

### (2)影像二值化

Sobel Filter所萃取影像為一灰階影像，因此需將影像進行二元值分類，本研究採用統計方法Otsu(1979)決定二值化影像之最佳門檻值。一張灰階影像包含N個像素點，灰階值介於K至L，影像中灰階值i的出現機率可表示為下式：

$$p_i = f_i / N$$

$f_i$ ：具有共同灰階值*i*的像素點個數

在二階(bi-level)二值化情形下，將像素點分成兩個群集，分別為C<sub>1</sub>具有[K,...,t]的灰階值像素，C<sub>2</sub>具有[t+1,...,L]的灰階值像素。

C<sub>1</sub>與C<sub>2</sub>與整張影像的灰階平均數以 $\mu_1$ 、 $\mu_2$ 、 $\mu_T$ 代表，計算公式如下式：

$$\mu_1 = \sum_{i=k}^t i * p_i / \omega_1(t)$$

$$\mu_2 = \sum_{i=t+1}^L i * p_i / \omega_2(t)$$

$$\omega_1 \mu_1 + \omega_2 \mu_2 = \mu_T$$

$\omega_1$ ：灰階值K至t的機率值加總

$\omega_2$ ：灰階值t+1至L的機率值加總

Otsu 演算法定義的群間變異數  $\sigma_B^2$  (between-class variance)，利用下式求值。

$$\sigma_B^2 = \omega_1(\mu_1 - \mu_T)^2 + \omega_2(\mu_2 - \mu_T)^2$$

Otsu演算法取得的二值化門檻值最佳解，必須要在影像灰階值K至L之間選擇一個參數產生最大群間變異數，則為Otsu演算法輸出的二值化門檻值，利用ArgMax數學式取得 $t^*$ 使 $\sigma_B^2(t)$ 為最大值。

$$t^* = \underset{K < t < L}{\text{Arg Max}} \{ \sigma_B^2(t) \}$$

$t^*$ ：最佳二值化門檻值

以門檻值為標準，將像素灰階值大於門檻值者設其值為1，小於門檻值者設其值為0，如(圖5)。

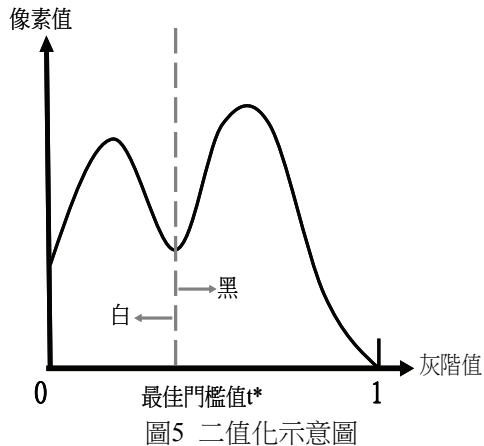


圖5 二值化示意圖

Fig.5 illustration of Binary signal

### (3).影像細線化

Hilditch Thinning被廣泛運用在影像處理，其目地在將不同寬度的圖形周圍各點，經過多次循環的取捨，使線條僅具有一個像素點的寬度。；其中所必須注意之要點為(1)端點不可被消除；(2)整個圖型之連接性不可以被破壞；(3)細線化後之圖型能代表原圖。

首先選用3X3移動視窗，將一像素 $P_0$ 鄰近

之八個像素定義為二元數值圖(圖6)。

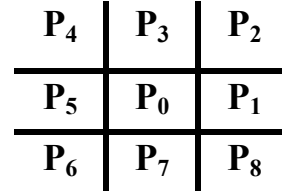


圖6 八鄰界像素設定圖

Fig.6 Pixel and its eight neighborhoods

Hilditch Thinning於影像上決定像素 $P_0$ 是否保留或刪除，根據點 $P_0$ 與周圍八個鄰近點之相關性以連結關係數 $N_c$ 作為判斷標準

$$N_c(P_0) = \sum_{k=1 \sim 8} \{ (P_0 - P_k) - (P_k \times P_{k+1} \times P_{k+2}) \}$$

當 $k \geq 7$ 時需減去7，即 $K=7$ 時 $P_{k+1}$ 為點 $P_1$ 之像素值， $P_{k+2}$ 為點 $P_2$ 之像素值。當計算之 $N_c$ 等於1時表示點 $P_0$ 應消除，但若同時 $B(P)=1$ 時代表點 $P_0$ 為邊界之端點，該情形下應予以保留，因此歸納消除點條件如下：

1.  $N_c=1$
2.  $B(P)>1$

符合上列情況下之像素點應被刪除，並將所有像素值重新檢查至無像素點符合刪除條件為止。

### (4).影像清繪

邊緣偵測目的為萃取物件之輪廓，而細線化處理後之影像易產生未閉合線段或孤立點，故需予以消除。根據前人研究(林昭遠、莊智瑋，2009)採用3x3移動視窗，將鄰近網格中少於3點之中心網格點刪除，並重複檢查至無孤立點為止。

### 3.倒傳遞類神經網路(BPNN)

選用監督式之倒傳遞類神經網路分類方

法，模擬訓練樣本與分類結果之關係，建立分類規則。其架構分為輸入層、隱藏層、輸出層(圖7)；輸入層之神經元表示變數之個數，隱藏層係代表輸入變數之間的交互影響，而輸出層則用來表現網路之輸出變數及其各數(李承禎，2008)。

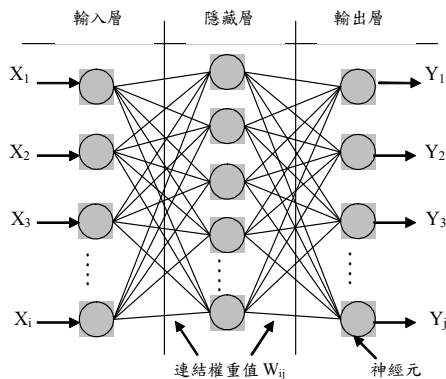


圖7 倒傳遞類神經網路架構

Fig.7 Diagram of back-propagation networks

而倒傳遞類神經網路運作流程共可分為學習階段和回想階段。學習階段為從範例中學習，以調節網路連結加權值的過程；回想階段為網路依照回想演算法，輸入資料決定網路輸出資料的過程。倒傳遞類神經網路及運作流程如下：

(1)學習階段：

a.計算輸出變數

$$net = \sum W * X - \theta,$$

$$Y = f(net) = \frac{1}{1 + \exp^{-net}},$$

式中，W是各節點間權重值，X是輸入值， $\theta$ 是閾值，net是淨值，f是轉換函數，Y是輸出值。

b.誤差函數值

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^k (T_k - Y_k)^2$$

式中，E為誤差函數值， $T_k$ 是第k個神經元目標值， $Y_k$ 為第k個神經元之網路輸出值。

c.計算權重值修正量

$$W^{n+1} = W^n + \alpha * \Delta W,$$

$$\theta^{n+1} = \theta^n + \alpha * \Delta \theta,$$

式中，W是網路權重值， $\alpha$ 是學習速率， $\theta$ 是閾值，n是疊代次數。

d.重複步驟a~c直到符合下列之一項條件。

- (a) 誤差函數值 E 收斂。
- (b) 達到設定目標值。
- (c) 重複執行直至學習循環到達一定次數。

(2)回想階段：

- a.輸入全區資料，
- b.計算並輸出各點回想值。

## 結果與討論

蒐集台灣中部空氣品質監測站 94 年 12 月、95 年 8 月懸浮微粒資料，將各測站  $PM_{10}$  濃度利用繪圖軟體(Suffer)依克利金法繪製等值線。於雨季豐水期時，土壤受河水敷蓋保護，各地懸浮微粒值均偏低，亦無明顯之揚塵災害(圖 8)。西屯、忠明等較鄰近大城市之測站  $PM_{10}$  濃度值偏高，推測乃由於街道飛塵影響所致，而二林、斗六等位於河道南岸之測站  $PM_{10}$  濃度值較低，因此雨季時期河道揚塵對於懸浮微粒濃度之影響甚小。

由旱季資料可知以濁水溪流域下游段之  $PM_{10}$  濃度較高，其中以崙背測站區域之濃度最高， $PM_{10}$  濃度超過環境品質標準 ( $65\mu g/m^3$ )，嚴重影響鄰近地區空氣品質，由

等值線之變化可瞭解揚塵發生之時期及揚塵危害嚴重區位(圖 9)。

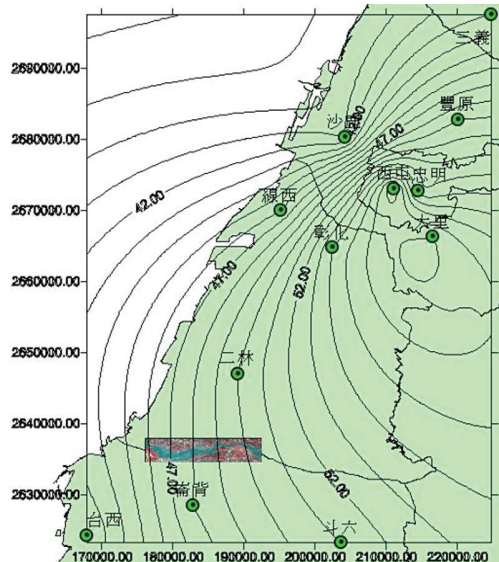


圖 8 PM<sub>10</sub> 等值線分布(2005/08)

Fig.8 Spatial distribution of PM<sub>10</sub> (2005/08)

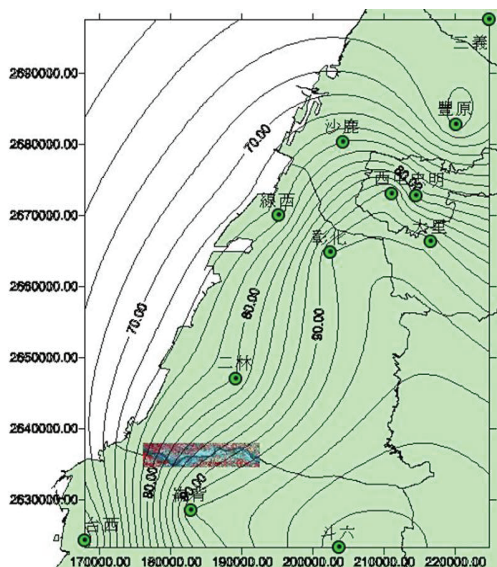


圖 9 PM<sub>10</sub> 等值線分布(2004/12)

Fig.9 Spatial distribution of PM<sub>10</sub> (2004/12)

另蒐集 2004~2007 年 8 月份及 12 月份之崙背測站資料比對(表 2)；顯示每年 12 月份之 PM<sub>10</sub> 濃度平均高於 8 月份。由上述瞭解兩

季時河床被水覆蓋，土砂有良好保護不易被傳輸至空氣中，該時期大氣懸浮微粒濃度受河川揚塵之影響不大。旱季時河道裸露面積增加，適逢東北季風吹襲，潛在揚塵發生區位受風蝕後吹起之揚塵被附近測站所紀錄，而河道之揚塵被帶起後隨東北季風不停往南飄移致使南岸塵土飛揚，因此濁水溪南岸之測站 PM<sub>10</sub> 濃度均偏高。由此可知，河川揚塵對於大氣懸浮微粒影響甚鉅，應針對河道潛在揚塵發生區位進行治理以改善揚塵危害。

表 2 崙背測站 PM<sub>10</sub> 濃度變化

Table 2 Variations of PM<sub>10</sub> at Lunbei station.

| 旱季                                       | 2004/12 | 2005/12 | 2006/12 | 2007/12 |
|------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| PM <sub>10</sub> 濃度 (μg/m <sup>3</sup> ) | 94      | 113     | 78      | 92      |
| 雨季                                       | 2004/08 | 2005/08 | 2006/08 | 2007/08 |
| PM <sub>10</sub> 濃度 (μg/m <sup>3</sup> ) | 48      | 48      | 56      | 35      |

## 2. 潛在揚塵發生區位之萃取

購自中央大學太空遙測中心濁水溪流域 2004 年 12 月 18 日衛星影像，藉由不同土地利用類別交界處色階上的梯度變化，利用 Sobel Filter 進行邊緣偵測，再透過 Otsu 統計方法進行二元值分類(圖 10)。

由於邊界上之色階變化較大易產生較多之變異點，造成邊緣輪廓寬度過大影響後續之分析，故利用 Hilditch 細線化處理將邊界骨架化，令邊緣線條呈現較清晰(圖 11)，最後採用 3X3 Moving Window 對細線化處理後之影像進行清繪，將孤立點剔除直到影像上無孤立點為止(圖 12)

圖中較小面積且形似方格狀為農田區位，在影像上佔多數且密集，而鄰近河道深槽線凸岸區位因屬淤積段，易形成大面積之

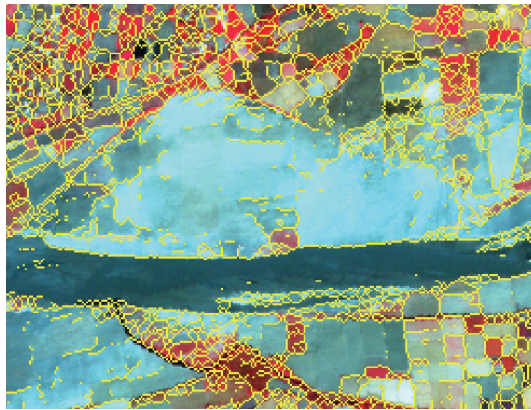


圖 11 細線化影像

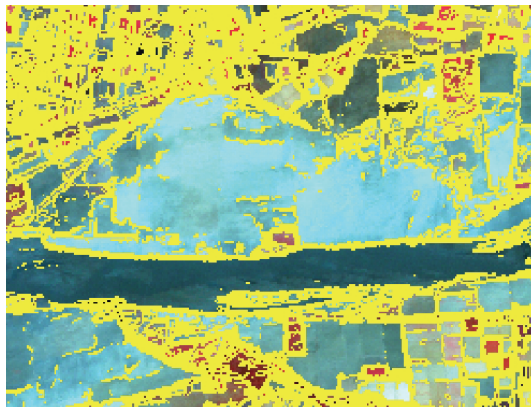


圖 10 邊緣萃取輪廓

Fig.10 Outline of edges extraction.

Fig.11 Treatment of thinning.

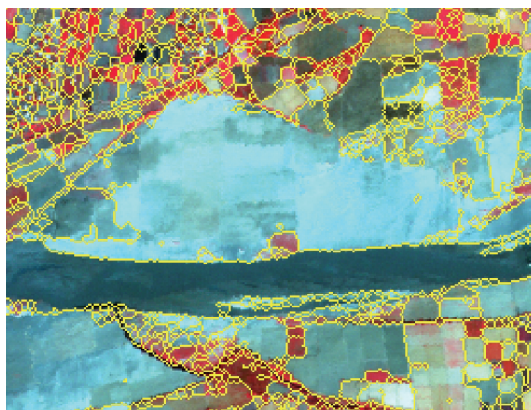


圖 12 影像清繪

Fig.12 Treatment of noise elimination.

河床裸地，將上述所得之結果計算每一

個小區塊之面積，利用面積之差異進行篩選可得初步萃取潛在揚塵發生區位(圖 13)；由於萃取區位與水域特徵值相近，於邊緣偵測時易產生斷線而無法形成完整之區塊，導致潛在揚塵發生區位與水域產生交互感染，故需將初取萃取結果之水域範圍予以扣除。

本研究以水體、裸露地、農田作為土地利用類別，將選取之樣本合併後透過倒傳遞類神經網路進行影像分類，分類結果如圖 14 所示；最後對分類之結果進行精確度評估，依每個類別分別產生 90 個檢驗點，以整體精確度及 Kappa 作為評估之指標，而 Kappa 係數用以比較分類後之成果與完全隨機分類之情況下，其分類後之成果所減少錯誤的百分比，藉由誤差矩陣相互運算求得，並同時考慮誤授與漏授，其值介於 0~1，係數越大代表分類精度越高，分類結果誤差矩陣如表 3 所示。

依據分類精確度評估 (Congalton,1991)，結果顯示 Kappa 係數 0.762 屬於良好等級，觀察誤差矩陣可得知大部份皆可正確分類，惟農田類別有 29 個檢驗點分類錯誤為裸露地，原因為本研究將旱田、水田及一般農田皆歸類於農田類別，而旱田光譜特徵值與裸露地較接近而導致分類錯誤。此影像分類主要萃取水域類別，其生產者精度及使用者精度皆達 90%以上，利用套疊分析將潛在揚塵發生區位初步萃取結果之水域部份予以扣除後，可得實際之潛在揚塵發生區位(圖 15)。

萃取結果顯示，潛在揚塵發生區位皆分布於河道凸岸淤積區位，旱季水位下降時，該區位未被河水敷蓋保護易產生揚塵危害，

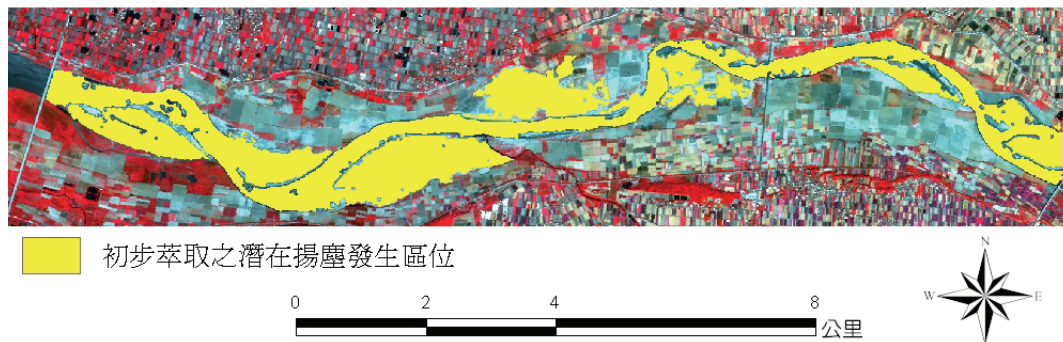


圖 13 潛在揚塵發生區位初步萃取

Fig.13 Preliminary results of potential areas of aeolian dust occurrence extracted from SPOT image.

表 3 影像分類誤差矩陣

Table 3 Error matrix of image classifications

|    | 水體 | 農田 | 裸地 | 使用者精度  | 生產者精度  |
|----|----|----|----|--------|--------|
| 水體 | 81 | 7  | 2  | 90.00% | 97.59% |
| 農田 | 2  | 85 | 2  | 94.44% | 70.25% |
| 裸地 | 0  | 29 | 61 | 67.78% | 93.85% |

整體精確度 84.07% Kappa 係數 0.762

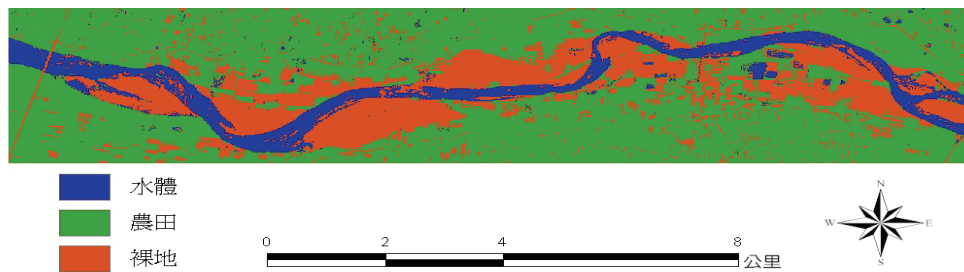


圖 14 影像分類結果

Fig.14 Results of image classification.

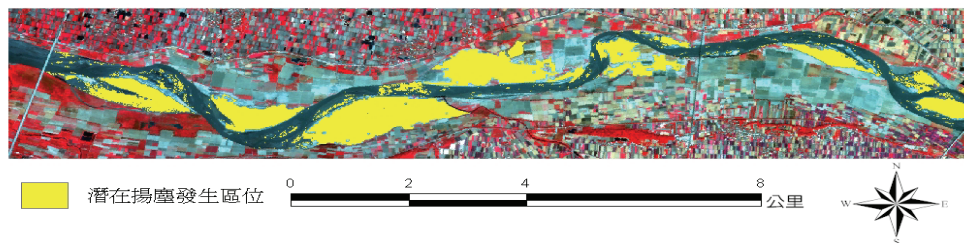


圖 15 潛在揚塵發生區位萃取結果

Fig.15 Results of potential areas of aeolian dust occurrence.

但並非全部範圍都會產生揚塵現象，隨著高程增加，大粒徑之礫石保護就越強，較不易發生揚塵危害(圖 16 之 A 區位)；而高程較低之處除水覆蓋保護外，濱水區地表多有厚層之結殼保護，亦不易發生揚塵危害(圖 16 之 B 區位)。可能發生揚塵危害之區位，主要分佈於上述兩者之中間區位(圖 16 之 C 區位)，其面積約為河床裸露面積之三分之一，配合現地勘查實際發生揚塵區位之風蝕深度為 30 公分， $PM_{10}$  在土壤表面下 30 公分土層之體積百

約 110,494 立方公尺(表 4)。

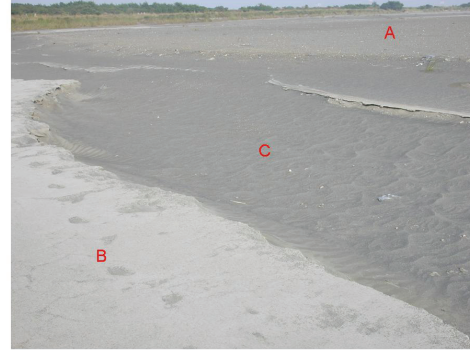


圖 16 潛在揚塵發生區位  
Fig.16 Potential areas of aeolian dust occurrence.

分比為 19%(圖 17)；估算該河段揚塵貢獻量

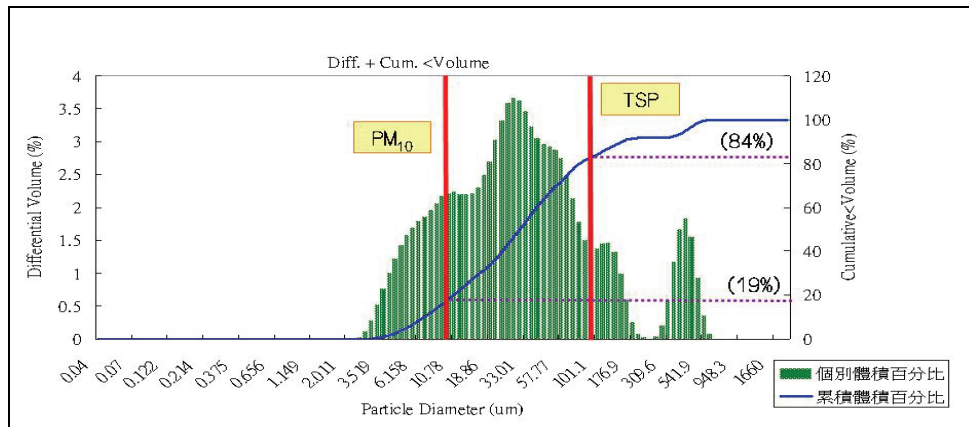


圖 17 土壤粒徑累積曲線  
Fig.17 Accumulative curve of particle size.

表 4 河床潛在揚塵發生區位  $PM_{10}$  之貢獻量

Table 4 Potential volume of  $PM_{10}$  produced from river bed.

| 裸地面積( $m^2$ ) | 1/3 裸地面積( $m^3$ ) | 料源體積( $m^3$ ) | $PM_{10}$ 貢獻量( $m^3$ ) |
|---------------|-------------------|---------------|------------------------|
| 5,815,449     | 1,744,635         | 581,545       | 110,494                |

註：風蝕深度為 30 公分

$PM_{10}$  累積體積百分比為 19%

## 結論與建議

利用影像處理技術萃取潛在揚塵發生區位，配合現地量測之風蝕深度與河床質粒徑調查，推估樣區對於空氣污染PM<sub>10</sub>貢獻總量約為110,494立方公尺。

利用衛星影像萃取技術可減少現地調查所耗費之大量資源；在東北季風來臨前依據萃取結果迅速擬定方針進行規劃整治，達到降低揚塵危害之功效。

本研究僅初步萃取潛在揚塵發生區位，實際發生揚塵區位約為三分之一面積，位於礫石敷蓋區與結殼區之中間區位，其非農作區及農作區於整地後扦插稻草前期間易產生揚塵現象，乃揚塵危害之重點區位。如何藉由衛星影像判釋實際發生揚塵之區位，值得進一步研究以利後續推動改善政策及管理措施。

## 誌謝

本文承環保署河川揚塵對中部大氣懸浮微粒影響程度之評估計畫(EPA-95-FA14-03-A216)之支持，作者在此表達謝意。

## 參考文獻

1. 1988 年烏溪本流及支流眉溪治理規劃報告，台灣省水利局。
2. 1992 年大安溪治理規劃報告，台灣省水利局。
3. 1993 年大安溪治理規劃報告，台灣省水利局。
4. 李承禱(2008)，「以植生指標與紋理因子輔助衛星影像應用於濁水溪河口地覆類別分類之研究」，國立中興大學水土保持學系碩士論文。
5. 林昭遠、林文賜(2001)，「集水區資訊系統(Wingrid)入門」，暉帥股份有限公司。
6. 林昭遠(2007)，河床裸露地揚塵之起因及因應之道。
7. 林裕彬、鄧東波、曾正輝(2001)「地理資訊系統及地理統計於空間資料分析之研究」，中國文化大學地理研究報告，第 14 期，p117-139。
8. 林昭遠、莊智瑋(2009)，「濁水溪揚塵潛在發生區位劃定之研究」，送審中。
9. 黃自達(2007)，「以相機取像之中文文件辨識前處理系統」，國立中央大學資訊工程學系碩士論文。
10. 黃朝群(2001)，「應用於 LCD 定位檢測系統之研究」，逢甲大學自動控制工程研究所碩士論文。
11. Congalton, R. G. (1991), "A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data," Remote Sensing of Environment, 37: 35-46.
12. Huang D. Y. and C. H. Wang (2008). "Optimal multi-level thresholding using a two-stage Otsu optimization approach," Pattern Recognition Letters 30 (2009) 275-284
13. Liao P. S., T. S. Chen, and P. C. Chung (2001), "A Fast Algorithm for Multilevel Thresholding." Journal of Information

水土保持學報 41(3) : 285-296 (2009)

Journal of Soil and Water Conservation, 41(3) : 285-296 (2009)

Science and Engineering, Vol 17, pp  
713-737。

14. Ming Y. and N. Seinosuke (2002),  
“Speedup Method for Real-Time Thinning  
Algorithm.”Digital Image Computing  
Techniques and Applications, 21--22,  
Melbourne, Australia
15. Otsu, N. (1979),“A threshold Selection  
Method from Gary Level  
Histograms,”IEEE Trans. Man Cybernet,  
SMC-9,pp.62-69

---

98年04月30日 收稿

98年06月11日 修改

98年06月23日 接受