

台灣地區土壤沖蝕指數簡易推估程式之建立

董小萍⁽¹⁾ 鄧學謙⁽²⁾ 林致君⁽²⁾ 巫建達⁽³⁾

摘要

鑑於目前水土保持技術規範中已建立的台灣各地區土壤沖蝕指數參考地點之資料太少，且實測土壤沖蝕指數之操作步驟又繁複費時，乃有建立此台灣地區土壤沖蝕指數簡易推估程式之構想。本簡易推估程式以 Visual Basic 6.0 企業版撰寫，為一經濟、方便、查詢快速之推估程式；僅需輸入欲調查點之 TWD67 系統二度分帶座標後，可選擇反距加權或反距平方加權二種推估公式，並可藉由下拉式選單自由選取參考點數目，即可推估欲調查點之土壤沖蝕指數，且公制單位 (Km 值) 或英制單位 (K 值)，二種計算模式均可求得。另將來若有新增加的土壤沖蝕指數參考點資料，本簡易推估程式資料庫之輸入及更新亦十分方便。

(**關鍵詞**：土壤沖蝕指數、Visual Basic 6.0、二度分帶座標、反距加權、反距平方加權)

Establishing the Simple Prediction Method of the Soil Erodibility Index in Taiwan

Shaw-Ping Dung, Shyne-Chian Deng and Chih-Chun Lin

Instructor and Masters, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung Hsing University, Taichung, 402 Taiwan

Chein -Dar Wu

Soil and Water Conservation Engineer,
Chein Lei Engineering Consultant Company Ltd.

ABSTRACT

It has been criticized that the reference data of the Soil Erodibility Index in the regulations for soil and water conservation techniques in Taiwan are insufficient. In addition, the procedure of estimating the Soil Erodibility Index is complicated and time-consuming. This paper aims to establish a simple program for predicting the Soil Erodibility Index in Taiwan. The program design is based on the business version of Visual Basic 6.0, with the characters of low cost, user-friendly and quick searching. In practice, only the DTM of the investigated point within TWD67 System is needed for input in the first place. Secondly is to select a preferable prediction formula, either inverse distance weighting or inverse distance square weighting, from the optional list. Finally, the Soil Erodibility

-
- (1) 國立中興大學水土保持學系講師
 - (2) 國立中興大學水土保持學系碩士
 - (3) 國立中興大學水土保持學系碩士
 - (4) 水土保持技師

Index of investigated point can be obtained by clicking on the number of referenced point. Both the Metric and British systems are applicable to the prediction formulas listed. In case new referenced points are added, the input and update of the database are also accessible.

(**Keywords:** Soil Erodibility Index, Visual Basic 6.0, DTM, Inverse distance weighting, Inverse distance square weighting)

一、前言

土壤流失量 (Soil loss) 的估算在所有山坡地開發計畫中佔有極重要的地位, 但根據民國八十九年三月三十一日行政院農業委員會八十九農林字第八九00三0三五0號公告之水土保持技術規範第六十二條第二款中規定, “山坡地土壤流失量的估算, 得採用通用土壤流失公式 (Universal Soil Loss Equation, USLE), 其公式如下:

$$A_m = R_m \times K_m \times L \times S \times C \times P;$$

式中, A_m : 土壤流失量 (公噸/公頃/年),
 R_m : 降雨沖蝕指數 (百萬焦耳 公釐/公頃

小時 年), K_m : 土壤沖蝕指數 (公噸 公頃 年/公頃 百萬焦耳 公釐), L : 坡長因子, S : 坡度因子, C : 覆蓋與管理因子, P : 水土保持處理因子”。同條第三款對於估算台灣各地土壤流失量之步驟中關於土壤沖蝕指數 (Soil erodibility index) K_m 參數之規定為, “應根據台灣各地區已建立之土壤沖蝕指數 K_m 值, 直接由表 (資料修改自: 萬鑫森、黃俊義, 1989) 查出”, 共計 313 筆; 但 “倘若估算地點的 K_m 值不在表中或估算地點因施工之故, 需進行表土夯實而影響表土的滲透性時, 得根據土壤調查與分析結果, 分別求出下列 a、b、c、d、e 等五個參數:

a: 有機質含量百分比 (%)

b: 土壤結構參數, 參數值之判定如下表:

參數值	土壤結構	土粒大小
1	極細顆粒狀	未滿一公釐
2	細顆粒狀	一至二公釐
3	中或粗顆粒狀	超過二至十公釐
4	塊狀、片狀或整塊狀	超過十公釐

c: 土壤滲透性參數之判別, 如下表:

參數值	滲透速度	單位: 公釐/小時
1	極快	超過一二五
2	快	超過六二五 至 一二五
3	中等	超過二〇〇 至 六二五
4	中等慢	超過 五〇 至 二〇〇
5	慢	超過 一二五 至 五〇
6	極慢	未滿 一二五

d: 土壤粉粒與極細砂 (粒徑 0.002 至 0.1 公釐) 含量之百分比 (%)

e: 土壤粗砂 (粒徑 0.1 至 2.0 公釐) 含量之百分比 (%)

經土壤調查與分析求得上列 a,b,c,d,e 等五個參數值後，以下列公式求得估算地點之 Km 值：

$$Km = 0.1317 \times \frac{2.1[d(d + e)]^{1.14} (10^{-4})(12 - a) + 3.25(b - 2) + 2.5(c - 3)}{100}$$

水土保持技術規範中引用之公式為 Wischmeier 等氏於 1969 及 1971 發表之土壤沖蝕指數推估公式 (Wischmeier and Mannering, 1969; Wischmeier et al., 1971)，但 Wischmeier 等氏後來又特別指出，上式必須在 $d > 70$ 時才適用，亦即土壤質地 (Soil texture) 屬於粉質土壤 (Silty soil) 時，上列公式所估算之土壤沖蝕指數參數才較為合理 (Wischmeier and Smith, 1978)。

有鑑於水土保持技術規範中已建立的土壤沖蝕指數參考點資料太少，即使包含澎湖縣離島部分，全部僅有 313 筆；而且實測 Km 值之操作過程繁複費時，乃有建立此台灣地區土壤沖蝕指數簡易推估程式之構想。

二、硬體需求

本程式之硬體設備需求極低，其各項如下：

1. 4MB 記憶體
2. 微軟視窗軟體 3.1 版 (含) 以上
3. 10MB 硬碟空間

三、程式安裝與維護

1、安裝步驟

- (1) 台灣地區土壤沖蝕指數簡易推估程式之安裝程式為一自我壓縮執行檔；雙擊該自我壓縮執行檔「台灣地區土壤沖蝕指數推估」執行後，即出現如圖一之安裝開始畫面：
- (2) 單擊「瀏覽」按鈕後出現如圖 2 畫面，請選擇本推估程式欲存放之資料夾後，按「確定」按鈕。

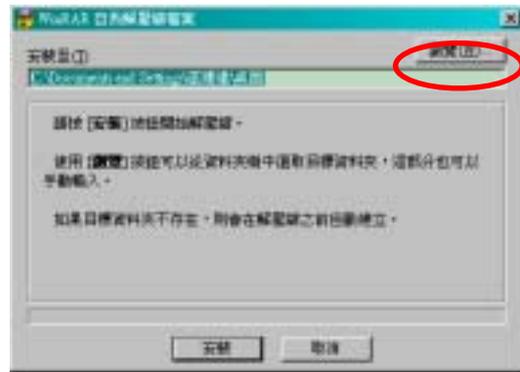


圖 1. 台灣地區土壤沖蝕指數簡易推估程式安裝開始畫面

Figure 1. Screen capture of installation of the simple prediction of the soil erodibility index in Taiwan.



圖 2. 選擇安裝路徑

Figure 2. Screen capture of choosing path to install.

- (3) 由於在本範例中所選擇安裝之資料夾為 C 磁碟機之根目錄，路徑為 C:\；故在選擇資料夾後會出現以下畫面，按下如圖 3 中安裝之按鈕後即完成完裝。

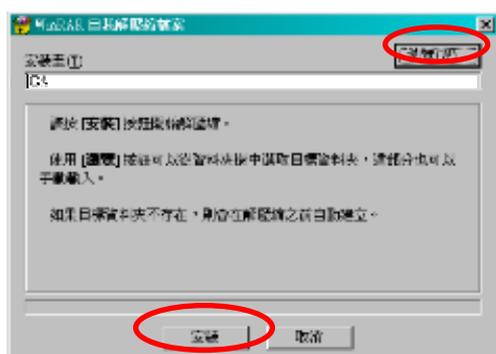


圖 3. 按下安裝按鈕開始安裝

Figure 3. Click the install button to start install process.

- (4) 程式安裝完成後，由檔案總管即可檢查到此程式已安裝至「C:\台灣地區土壤沖蝕指數推估」之資料夾內，如圖 4 所示：

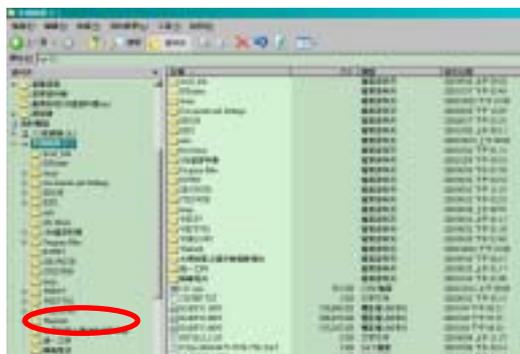


圖 4. 程式已安裝至指定資料夾中

Figure 4. The program has been installed to the chosen folder.

2、程式維護

在安裝之資料夾內可發現有一個執行檔及一個純文字檔，執行檔檔名為「k-value.exe」

即為本推估程式之主程式；純文字檔檔名為「ping.txt」，為本推估程式之參考點資料庫，目前共含有經民國八十九年三月三十一日行政院農業委員會八十九農林字第八九0030350號公告之水土保持技術規範第六十二條中公布之「台灣各地之土壤沖蝕指數」252筆資料。但為避免程式執行錯誤，本推估程式之參考點資料庫應避免直接開啟或自行修改，以維本推估程式操作之正常。

本程式執行時必須將執行檔與資料庫置於同一資料夾內，始可正常執行；本範例即為安裝於 C 磁碟機根目錄「C:\台灣地區土壤沖蝕指數推估」之資料夾內。雙擊執行檔(k-value.exe)後即可開始使用本程式。

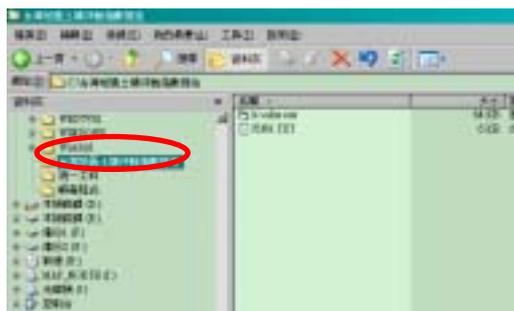


圖 5. 不經安裝程序將 k-value.exe 及 ping.txt 置於同一資料夾內推估程式亦可正常執行

Figure 5. The program can still run when k-value.exe and ping.txt has been put into the same folders without installation.

四、程式介紹

本推估程式以 Visual Basic 6.0 企業版撰寫，雖然在操作時必須有調查點之 DTM 座標，但親切對話式的作業視窗，不僅容易安裝且若有新增加的參考點資料，資料庫之更新亦十分方便，不失為一經濟、方便、快速查詢之土壤沖蝕指數推估程式。

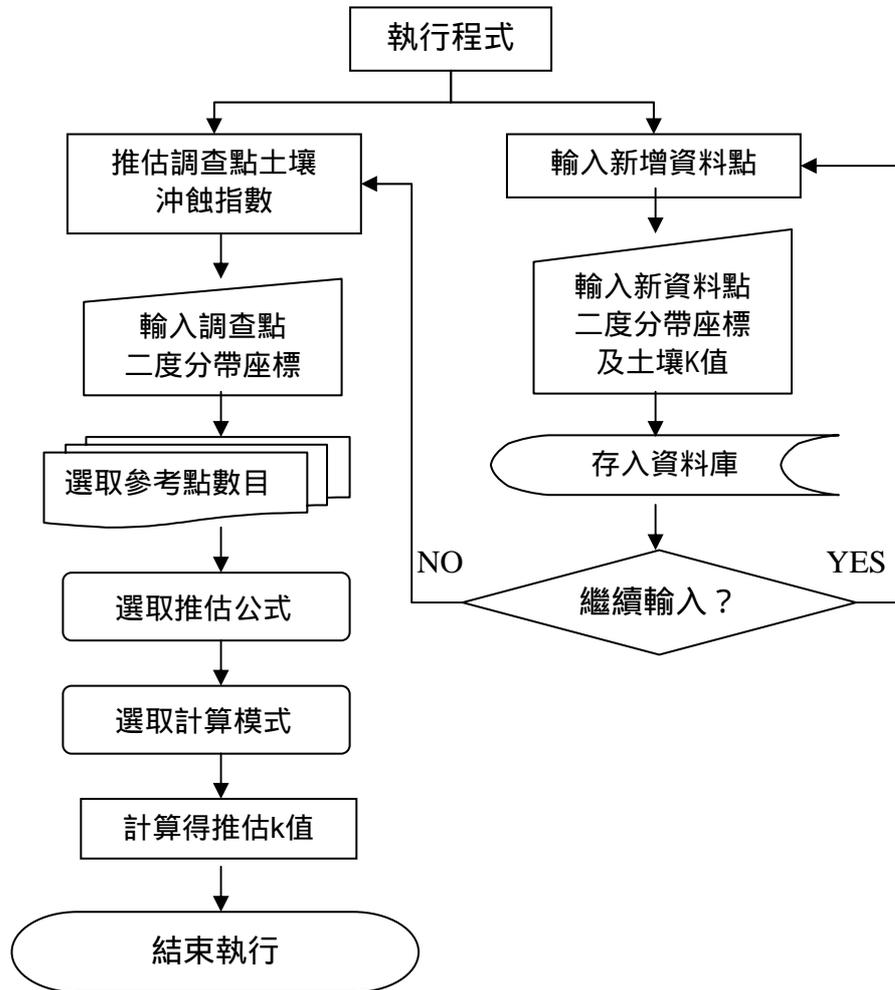


圖 6. 台灣地區土壤沖蝕指數簡易推估程式之執行流程圖

Figure 6. Flow chart of the simple prediction method of the soil erodibility index in Taiwan.

1. 程式流程

本推估程式之執行流程如圖 6 所示，在執行時主要分為計算土壤沖蝕指數推估值與新增資料點兩大部分，其作業視窗則分別為圖 7 及圖 8。

2. 程式操作

(1) 執行「台灣地區土壤沖蝕指數簡易推估程式」

圖 7 為執行「台灣地區土壤沖蝕指數簡易推估程式」時之第一個視窗畫面。畫面中對於本程式之適用範圍予以規定，包括：1. 適用範圍僅限於臺灣本島，2. 必須使用 TWD67 座標系統，以及 3. 本程式之資料庫共有 252 筆由水土保持技術規範公告之土壤沖蝕指數參考值；其後直到計算完成時，本程式完整之操作過程共有 5 個步驟，每個步驟均可返回至前一步驟重新輸入，直到使用者得到所欲求之 K 值為止。

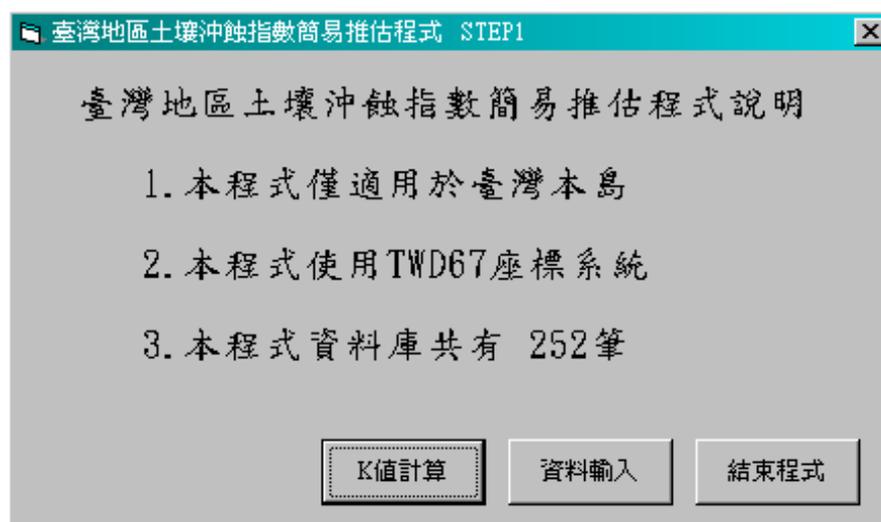


圖 7. 台灣地區土壤沖蝕指數簡易推估程式之作業視窗

Figure 7. Screen of the simple prediction of the soil erodibility index in Taiwan.

(2) 新增資料庫

按下圖 7 (STEP1)中之「資料輸入」鍵後，即會出現圖 8 之畫面，為使用者自行新增本程式資料庫之作業視窗。

雖然目前所有開發山坡地之水土保持計畫或其它規劃設計時所採用之 K 值除非為現場實測值，否則均應為水土保持技術規範現有之公告值，故並不鼓勵使用者對於既有資料庫之內容做隨意之新增或修改；但為顧及將來由政府公告之臺灣地區土壤沖蝕指數參考值筆數勢必會有增無減，所以本程式在撰寫時仍保留有新增資料庫此項功能。

使用者在下載由政府公告之臺灣地區土壤沖蝕指數新資料庫後，將原程式安裝之資料夾中的文字檔「ping.txt」覆蓋後即可使用更新程式，而且新資料庫中如有增減資料時，圖 7 畫面中之資料筆數亦會自動更改，使用者即可由此判斷該資料庫是否已更新完成。

如果使用者仍有需要自行輸入新增資料

時，可利用本程式之「資料輸入」功能，加入新增資料並按下「確定」，不過所加入之資料筆數無法於圖 7 之畫面中自動修改；因此使用者如發現自行輸入之資料有錯誤時，可將本程式之資料夾完全刪除，並依安裝程序重新安裝即可正常使用本推估程式。使用者在自行新增之資料輸入完畢後，按下「取消」按鈕，即可停止資料輸入之操作並返回圖 7 (STEP1)之畫面。

(3) 輸入欲調查點座標

按下圖 7 (STEP 1)中的「K 值計算」隨即出現圖 9 (STEP 2)之畫面，此時請輸入欲調查點之 DTM 座標；橫軸 X 座標已設定為六位數，縱軸 Y 座標已設定為七位數，若輸入時操作錯誤，本程式會自動發出警告訊息並請重新輸入正確之座標值。如輸入之座標值與資料庫中之各參考點之座標重疊，雖然會發生此情形之機率極低，但本程式在計算時會自動將兩點之距離設定為 0.001 公尺，以避免造成分母為 0 時之錯誤。



圖 8. 台灣地區土壤沖蝕指數簡易推估程式新增資料點之作業視窗

Figure 8. Screen of adding database.

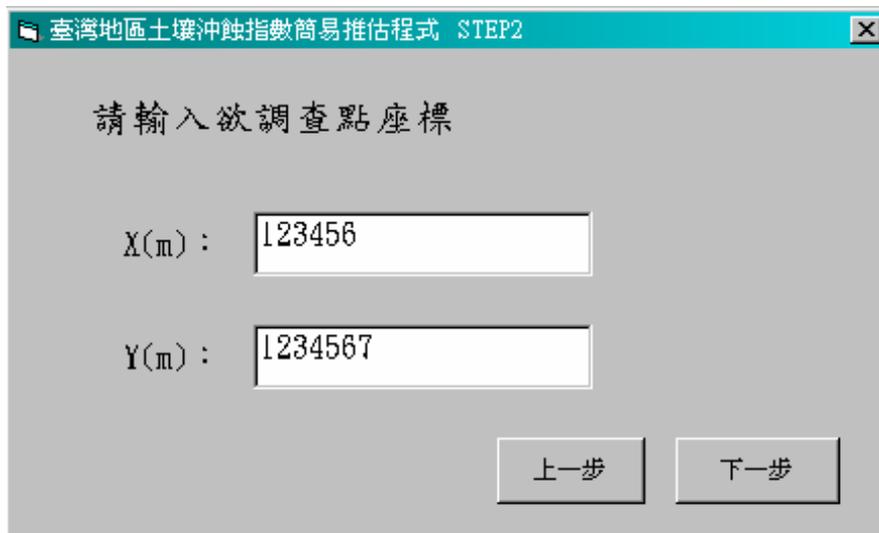


圖 9. 輸入欲調查點座標之作業視窗

Figure 9. Screen of inputting DTM of the examined point.

(4) 參考點之設定

因為本推估程式的估算對象是位於台灣本島內的欲調查點，故在建立資料庫時先將澎湖縣之資料剔除後，再選取位於台灣本島內的 252 筆資料作為參考點之資料庫。

程式執行時可依需要直接藉由「請選擇參考點之數目」下拉式選單中自由選取 2 個至 252 個參考點數目；或利用程式之「計算參考值」功能，先行計算由使用者所設定之限制範圍內的全部參考點數後，再由使用者輸入所需之參考點數目，而接續後面的計算程序。

程式在執行計算時乃藉由下拉式選單所選定之參考點數目，由資料庫中所有參考點之位置，依其與欲調查點之水平距離由遠至近採用參考點之數值計算而來；例如，參考點數目設定為 3 個，程式計算時即採用最接

近欲調查點之 3 個參考點計算之。若使用者未設定參考點數目限制值時，本程式計算最後所得之結果則為最接近點之土壤沖蝕指數。

當使用者欲自行設定某一範圍內之參考點數目時，應先按圖 10 (STEP3)畫面中之「計算參考值」按鈕，計算與欲調查點最接近的參考點之距離後，再以滑鼠勾選同一視窗畫面中「請輸入限制範圍」左方之選擇方塊，並參考計算所得之最接近點距離，於「請輸入限制範圍」右方之文字方塊中設定合理之參考點範圍，使參考點數目不致過多或過少。在設定參考點範圍後，再一次單點「計算參考值」按鈕，即可計算得方才所輸入的限制範圍內之參考點數目；此時使用者可依需要於「請選擇參考點之數目」右方下拉式選單中直接選取參考點數目並隨時調整之。

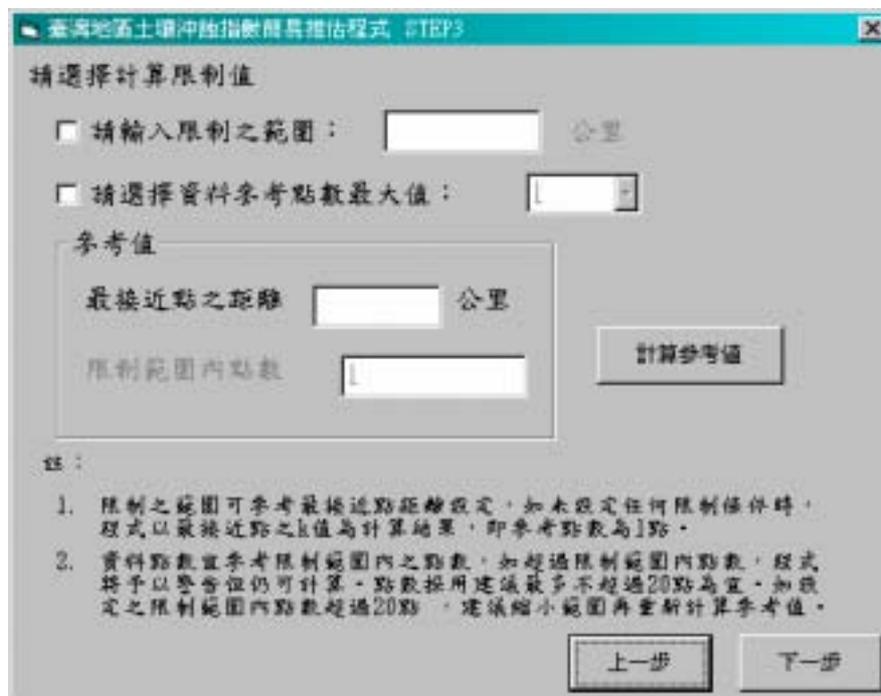


圖 10. 參考點設定之作業視窗

Figure 10. Screen of setting referential points.

(5) 選擇推估公式

按下圖 10 (STEP 3)中的「下一步」即出現圖 11(STEP 4)之畫面，此時可利用滑鼠自由點選反距加權或反距平方加權二種推估公式中之任一種。

本簡易推估程式在計算土壤沖蝕指數推估值時採用二種推估公式，即反距加權與反距平方加權，二公式分別為：

$$\text{反距加權} \quad K = \frac{\sum_{i=1}^n \left(K_i \times \frac{1}{L_i} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{L_i} \right)}$$
$$\text{反距平方加權} \quad K = \frac{\sum_{i=1}^n \left(K_i \times \frac{1}{L_i^2} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{L_i^2} \right)}$$

其中，

K_i ：已知參考點之土壤沖蝕指數 K 值（英制單位）

L_i ：欲調查點與已知參考點之水平距離

本推估程式計算時如遇欲調查點座標與參考點座標完全重合時，本程式會自動將兩點距離視為 0.001 公尺計算，以避免造成分母為 0 時之錯誤。

(6) 計算土壤沖蝕指數 K 值

於 STEP4 選擇推估公式之動作完成後，按下「開始計算」，即會出現 STEP5，如圖 12 所示。在此視窗中將顯示出根據前二步驟，即 STEP3 及 STEP4 中由使用者所設定之參考點及所選取之推估公式而計算出的欲調查點之土壤沖蝕指數推估值。

本推估程式將英制單位（ K 值）及公制單位（ K_m 值）同時列出，並推算至有效數字為四位小數的欲調查點土壤沖蝕指數推估值以供使用者參考。

使用者如果仍有其他的欲調查點需要推估土壤沖蝕指數，請連續按「上一步」，令畫面回到 STEP2 之作業視窗，即可繼續使用本程式；若已經使用完畢，按下「結束」，本程式將會自動關閉。

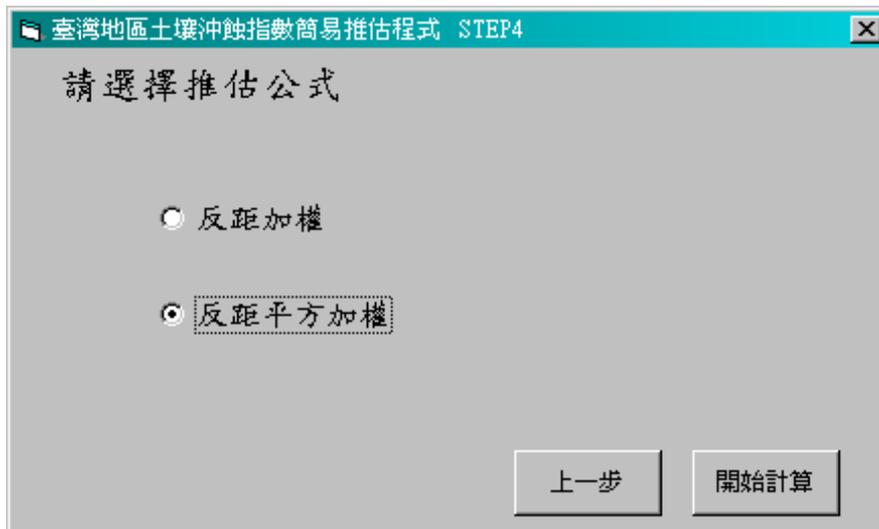


圖 11 選擇推估公式之作業視窗

Figure 11. Screen of selecting the estimating formula.



圖 12. 台灣地區土壤沖蝕指數簡易推估程式計算結果之作業視窗
 Figure 12. Screen of the answer.

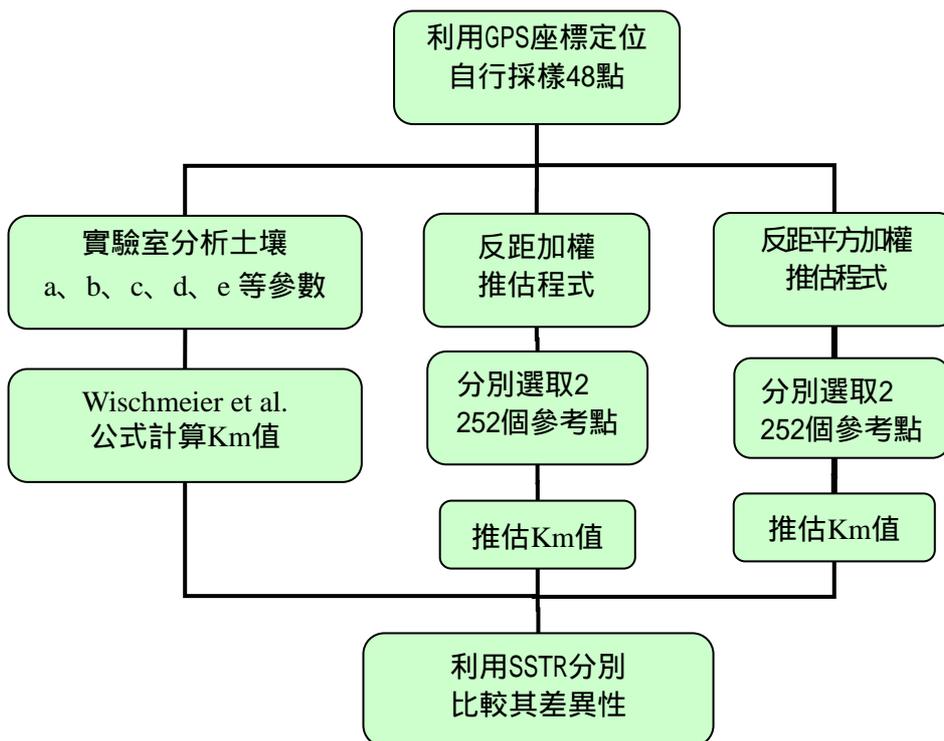


圖 13. 研究方法流程圖
 Figure 13. Flow chat of research method.

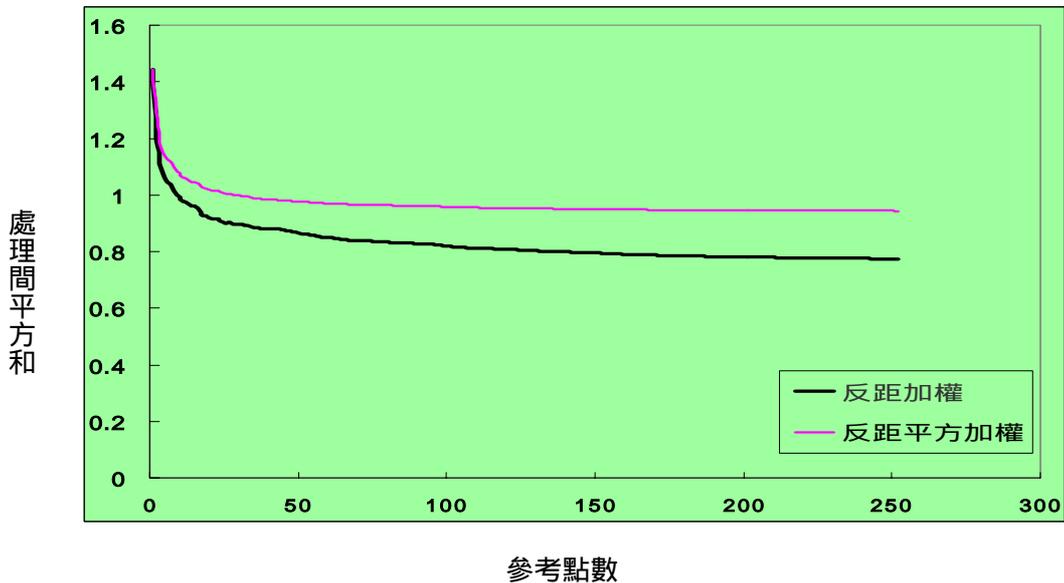


圖 14. 反距加權推估 K 值與反距平方加權推估 K 值之處理間平方和比較圖

Figure 14. Sum Square Between Treatments of two estimating formulas.

五、分析與討論

經由自行採樣同時以 GPS 定位座標後的 48 個分佈於台灣全島的採樣點，所有土樣在經過仔細實驗分析及 Wischmeier et al.(1971) 公式計算獲得 K_m 值後，再利用本簡易推估台灣土壤沖蝕指數程式之資料庫中的 252 筆參考點資料，分別選取參考點數目為 2 至 252 個，及估算公式為反距加權與反距平方加權個別計算其推估值後，再用處理間平方和 (Sum Square Between Treatments,

$$SSTR = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

來比較其推估值之準

確性，其結果如圖 14 所示。由於在參考點數目相同之情況下，利用反距加權推估公式所得之處理間平方和均比利用反距平方加權推估公式所得之處理間平方和為低，故本程式中所採用之反距加權法推估的結果會較反距平方加權法為佳。

無論是反距加權推估 K 值或反距平方加權推估 K 值之處理間平方和，均會隨著參考點數目之增加而下降；雖然參考點數增加的確可使處理間平方和下降，但參考點數之增加對 SSTR 曲線之斜率下降則有減緩之趨勢，

SSTR 曲線之斜率愈趨緩和，即意謂其第 i 個之 SSTR 與第 $(i-1)$ 個之 SSTR 欲趨接近；若出現第 i 個之 SSTR 小於或等於第 $(i-1)$ 個之 SSTR，即意謂參考點取到第 $(i-1)$ 即已達到最佳狀況。

因此，對於參考點數目之採用，建議以某一參考點與前一參考點數處理間平方和之差值出現小於或等於 0 時之參考點數為宜；因為圖 14 中反距加權曲線的斜率在參考點數為 20 與 21 之間呈現正值，故建議無論採用反距加權推估公式或反距平方加權推估公式均應以 20 個參考點為宜。

六、結論與建議

本台灣地區土壤沖蝕指數簡易推估程式在安裝與執行方面均十分之簡便，但在參考點數目選定時，雖然參考點數目之增加的確可使處理間平方和下降而提高其估算之準確度，但若只一味增加參考點數目而未考慮該參考點與欲調查點距離過遠的話，該參考點是否仍具有參考價值則有待進一步之研究；故應該將土壤之其他屬性一併考慮，以加強本簡易推估程式之準確性與實用性。

參考文獻

1. V.K 工作室(2001), Visual Basic 6, 知城數位科技股份有限公司。
2. 張健邦 (1994), 「統計學」, 三民書局, 台北。
3. 行政院農業委員會, 「水土保持技術規範」, 中華民國 89 年 3 月 31 日行政院農業委員會 89 農林字第 890030350 號公告修正。
4. 萬鑫森、黃俊義 (1981), 「台灣西北部土壤沖蝕性及流失量之估算」, 中華水土保持學報, 12(1):57-67。
5. 萬鑫森、黃俊義 (1989), 「台灣坡地土壤沖蝕」, 中華水土保持學報, 20(2):17-45。
6. 萬鑫森、黃俊義 (1989), 「台灣東部山坡地土壤沖蝕性及流失量之推估」, 中華水土保持學報, 38(2):37-48。
7. 萬鑫森、黃俊義 (1993), 「雲林、澎湖地區土壤沖蝕性及流失量之推估」, 國立中興大學水土保持學報, 25(2):1-12。
8. Wann, S.S. and J.I. Hwang(1983), "Soil erodibility and soil loss of southern Taiwan," J. Chinese Soil and Water Conservation, 14(1,2): 21~28.
9. Wischmeier, W.H. and J.V. Mannering(1969), "Relation of soil properties to its erodibility," Soil Science Society of America Proceedings, 33:131~137.
10. Wischmeier, W.H., C.B. Johnson, and B.V. Cross (1971), "A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites," J. Soil and Water Conservation, 25:189~193.
11. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith (1978), "Predicting rainfall erosion losses—A guide to conservation planning," U.S. Department of Agriculture Handbook No.537.

93 年 10 月 09 日 收稿

93 年 11 月 03 日 修改

93 年 11 月 16 日 接受