

應用地理資訊系統於主要水庫集水區之管理

陳美心⁽¹⁾ 吳銘順⁽²⁾

摘要

本研究藉由整合地理資訊系統 (GIS)、全球定位系統 (GPS)、遙感探測 (RS)、三維 (3-Dimensional, 3D) 技術及個人數位助理 (Personal Digital Assistant, PDA) 各項功能, 提供水庫管理單位得以加速水庫集水區整體性保育規劃之執行效率。利用 3D GIS 技術, 配合 3D 地形擬真, 進行 3D 空間飛行模擬, 提供水庫管理者更能掌握集水區之空間資訊。並整合 GPS 與個人數位助理 (PDA) 功能, 使得現場調查人員可即時上傳/下載水庫集水區環境資料, 作為資料的更新與維護之用。最後, 除了對水庫集水區做地理資料查詢, 更可對集水區基本地理環境、工程位置查詢與更新與維護土地變遷資料, 進一步得知集水區土壤沖蝕量與水源涵養量之影響。

(**關鍵詞:** 地理資訊系統、全球定位系統、遙感探測、三維、個人數位助理)

Application of GIS to Management of Major Reservoir Watersheds

Mei-Hsin Chen⁽¹⁾

Graduate Student for Ph.D. degree, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402.

Ming-Shun Wu⁽²⁾

Postdoctoral Fellowship, Department of Environment Management, Geographic Information Systems
Research Center, Feng Chia University, Taichung, Taiwan 407.

ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS), Global Position System (GPS), Remote Sensing (RS), 3-Dimensional (3D) technique, and Personal Digital Assistant (PDA) function, have been integrated in this study to improve the implementation efficiency of Comprehensive Reservoir Watersheds conservation plan. We use the technology of 3D GIS, with the 3D topographic sham test,

(1) 國立中興大學水土保持學系博士班研究生

(2) 逢甲大學地理資訊系統研究中心環境管理部博士後研究員

to develop the simulation of 3D flying. It can be applied also to the spatial information management that the reservoir watersheds managers . By combing both functions of GPS and PDA, the on-site inquirer can download or upload to do the data analyzing and updating. This system can also (1) implement following services such as the Reservoir Watersheds Information search, (2) providing the data of reservoir geographical environment, inquiring the construction site and doing the maintenance of agrarian transition at all. Finally, we can have the results of water conservation capacity and soil erosion of Reservoir Watersheds by realizing this advanced system then.

(Keywords: Geographic Information System, Global Position System, Remote Sensing, 3-Dimensional, Personal Digital Assistant.)

緒 論

1.1 前言

台灣多山地狹人稠，地形陡峭，河短流急，降雨的時間空間分佈不均，致使降雨至地面後不易蓄存利用且水資源調配困難，更凸顯集水區森林涵養水源之重要性。加上近年來平地資源可開發利用已近乎極限，坡地開發的壓力持續增加，造成水庫上游集水區土地型態發生變化，明顯影響水庫集水區之水文循環體系。

目前各水庫集水區已有相當豐富之環境地理資料，然集水區之環境資料會因自然或人為因素而改變。為能有效管理並於決策上提供完整及正確的水資源相關資訊，資料庫之更新與維護即為相當重要的工作。

有效利用 GIS 技術，進行幅員廣闊的水庫集水區 GIS 資料庫之建置。使用更精確的衛星影像判識系統，並加入 GPS 的定位與 3D GIS 技術之整合，能讓水庫集水區環境管理由平面走向立體化，於視覺上更趨於真實性。為了能讓管理上更有效率，配合使用體積小、功能多，並可隨身攜帶的 PDA，進

行即時資料傳輸、記事、無線通訊，手寫式輸入及文數字、圖形、影像資料傳遞處理等各項功能方便性，能更有效掌握與瞭解水庫集水區之空間資訊。

1.2 文獻回顧

近幾年來，全世界對 GIS 的需求不斷的增加，GIS 技術與應用也相對的提升。單純的瀏覽地圖已無法滿足使用者的需求，朝向 GIS、GPS 與 RS (3S) 整合應用於 PDA 的趨勢是勢在必行。因此，相當多的學者專家進行此方面的研究與發展。以下將就 GIS 的各項應用做一探討。

許 (2002) 利用 GPS/GIS 科技研究曾文水庫，以 GPS 定位配合現場調查方式進行集水區內 77 件治山防砂工程及各項地理資訊圖層建立。利用 Visual Basic 6.0 (VB6)、Avenue 及 ArcObject 等程式語言，建立系統前端使用者介面及後端支援資料庫，完成集水區治山防災工程管理資料庫系統。提供集水區內工程構造物相關文字、數據、影像、GIS 與多媒體等資訊查詢展示功能，有效掌握集水區內各項防災工程現況。彭 (2004) 整合 GPS/GIS 技術應用於阿公店水庫，以 GPS 工址定位配合現況查核進行集水區內 97 件治理

工程建立，並建置圖層。利用 VB6、ArcView、ArcObject 及 .NET 等程式語言，建立系統前端使用者介面及後端支援資料庫，完成水庫集水區治理工程管理資訊系統，提升該水庫集水區整體治理技術與強化永續經營理念。蔡等人（2003）利用 GIS 與 RS 技術，應用於法國 SPOT 及美國 QuickBird 衛星影像分析技術，建置崩塌地與土石流災害分析系統，作為災區防（救）災工作方案研判與推展之參考指標。

周（2001）探討 3S 之各種新技術於災害問題的相關運用。主要目的為建置一完整災害防治地理資料庫，需包括安置、遷移、維生管線、營建、交通、衛生、環保等各方面資料展現，讓決策者能更有效制定最佳空間決策。謝等人（2002）整合 GIS、GPS、RS、3D 技術及 PDA 之各項功能，提供水庫管理單位一整合性之環境資源管理系統工具，有效提高水庫集水區整體性保育規劃。王（2003）整合 3S 技術（GPS/GIS/RS）技術應用於南化水庫集水區治山防災工程管理資料庫系統之建置與應用。以 GPS 定位與配合現況調查，進行集水區治山防災工程資料建立資訊圖層。達到集水區土砂災害防治規劃維護管理功能，以延續水庫蓄水壽命。羅（2003）在發生 921 集集大地震之後，以 3S 技術與隨機方式，針對中部縣市等地震災區，進行 118 件坡地災害防治工程現地定位調查與其現況評估。建立中部地震災區坡地災害防治工程資料庫系統，提供後續地震災區土砂災害防治工程規劃設計方案研擬之重要參考依據。

陳等人（2002）利用 3D 技術開發水庫集水區飛行模擬功能。整合 GPS 與 PDA 功能，研發水庫集水區工程勘查 PDA 系統，透過行

動裝置，讓控管人員可以隨時掌握各項工程位置，適時回報管理單位，提高人員勘查效能。林等人（2005）以 Web GIS 為系統基礎，運用 XML 為訊息傳遞格式，串聯水土保持地理資料倉儲之資料庫，整合水保局之「坡地網際網路地理資訊系統」、「衛星影像變異點查證網際網路管理系統」以及「農路調查及地理資訊系統」，輔以手機行動式瀏覽與 PDA 現地勘查模組，成功建立系統提供行動式瀏覽與現地勘查的功能。

本研究應用 GIS、GPS、RS、3D 技術及 PDA 之各項功能，提出一整合 3S、3D 與 PDA 功能方法。提供水庫管理單位一整合性環境資源管理之系統工具，將水庫集水區之經營與管理朝向資訊化，以提高水庫集水區整體性保育規劃之執行效率，達到水土資源永續利用之目的。

研究流程與方法

由於水庫集水區範圍幅員廣闊，需使用衛星影像進行集水區土地使用與覆蓋之判釋，最為快速。本研究採用最新之 SPOT 衛星影像進行判釋，再配合現場勘查，作為精確度評估。衛星影像判釋流程，如圖 1 所示。分為前期處理與後期影像判釋兩階段。

2.1 前期處理

在前期處理部分，分為波段組合、座標轉換與影像增強處理(Image Enhancement)階段。

2.1.1 波段組合與座標轉換

原始影像資料為單一波段型式，透過影像處理軟體，以波段組合方式，分成多波段

衛星影像，分別為綠光段（G）、紅光段（R）與近紅外光段（NIR）的 SPOT XS 多波段影像，陳（1999）。進行多波譜影像的投影系統及座標系統之轉換作業，將座標系統轉換成 1967 地球原子的 TM 二度座標系統。以利道路、河流圖層資料與地理資訊等相關圖層資料的套疊分析之用。

2.1.2 影像增揚處理

依特徵選取(Feature Extraction)的原則及方法，增加物體彼此對比，增加影像的可判性。所使用的影像增揚方法分為：波譜增揚、空間增揚與多波段影像增揚三種。

本研究採用多波段影像增揚方式，藉由波段數之增加或減少，以增加景物彼此間之對比性；或不同波段的組合與運算，亦可突顯出不同之波譜反應值，提高判釋之正確度。例如以平均常態化差異植生指數（Normalized Difference Vegetation Index, NDVI）取代綠光波段，以突顯植生與其他地物類別，增加分類準確度（Gibabert et al., 2002），計算式為：

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

式中 NIR：近紅外光波譜質

R：紅光波譜質

2.2 後期處理

後期處理著重在影像分類、衛星影像判釋方法、分類與精準度評估等事項。在影像判釋方面分為「監督式分類法」、「非監督式分類法」及「二階段分類」，進行水庫集水區「崩塌地」區分等工作。最後，再配合現地勘查，以確保判釋精準度。

2.2.1 影像分類

採用監督式與非監督式混合之分類方法，利用非監督式分類對全區作初步之分類，得知每一土地覆蓋種類分佈狀況及誤判趨勢，再配合像片基本圖、崩塌地、道路、水系、土地利用等 GIS 資料以及現場實地勘查結果，選取訓練樣區進行監督式分類，並針對非監督性分類中誤判的部分，加強訓練樣區選取降低誤判機率。

2.2.2 衛星影像判釋方法

影像分類/判釋(Image Classification)，是指透過影像上各像元（pixel，為衛星影像上的最小可辨識單位面積）所記錄的地表波譜反射資訊(DNs 值)，藉由特定統計方法的計算和分析歸類，賦予影像中每一個像元一個象徵地表覆蓋的特定類別。

目前國內於衛星影像的技術發展上，普遍以 SPOT 衛星影像資料進行資源開發管理的相關應用研究。本研究採用傳統分類方式，如「監督式分類法」及「非監督式分類法」，取得土地覆蓋類別，並配合水庫集水區治理重點，加強崩塌地分類精準度之提昇，採用「二階段分類法」，以下將前述三種分類法分別說明：

(1) 監督性分類法

根據地面實測資料，選取影像上呈現均值的區域作為訓練樣區(Training Site)資料，由訓練樣區的已知值計算各類別的統計值，再依此統計值資料分類其他的未知點。一般而言，監督式分類是先決定分類資訊，然後再檢視使波譜分離；非監督式分類則先定波譜分離組數，再決定其資訊之類別。

一般的監督式分類法包含最短距離分類法(Minimum Distance to Means Classifier)、平行體分類法(Parallel-piped Classifier)及最大概似分類法(Maximum Likelihood Classifier)等。最大概似分類方法之基本假設為考慮所有的類別光譜反應值於所有波段都為常態分佈型態。基本假設特性，配合已知類別之平均光譜反應值及標準偏差，來計算每個像元落於每種類別之機率，機率大者，則歸為該類別，待所有像元都分類完成，即可組成一幅分類影像。最大概似分類方法與最短距離分類方法最大的差別在於最大概似法多考慮了光譜反射性質中的變異量與協變方，其計算公式如(2)式。

$$p(x|\omega_i) = (2\pi)^{-N/2} |\Sigma_i|^{-1/2} \exp\left[-\frac{1}{2}(x-m_i)^t \Sigma_i^{-1}(x-m_i)\right] \quad (2)$$

其中 $p(x|\omega_i)$ 第 x 個像元屬於第 ω_i 個類別的機率， N 為波段數， Σ_i 為類別 ω_i 之協變方矩陣， m_i 為類別 ω_i 之平均光譜向量。(Richard and Xiuping, 1999)

(2) 非監督式分類法

主要是依據影像分析者所訂定的分類數(即預定的集群數)，利用集群分析方式，計算、分析全影像光譜分佈各集群的平均值及標準差，並逐一檢查影像各像元的光譜值是否符合光譜空間最短距離之條件，經由反覆的集群歸類，以達到預定的分類數，且同時達到最高的光譜分離目的。藉由數學方法計算檢查一大串未知的像元，基於影像 DN 值的自然群集分佈(Cluster Distribution)，將其光譜空間區隔成特定數目的分類屬性，相似覆蓋型態內的數值應在量測的空間內形成集合之趨勢，不同分類的資料比較容易予以分

隔，分類過程亦較為單純。

(3) 二階段分類

在「崩塌地」的掌握為水庫集水區治理的重點之一，由單階段分類(傳統監督式分類)所得到的結果，相近的類別會造成分類上的混淆，其中以建地和崩塌地最為明顯。本研究將分類工作分成二階段來進行。首先採用傳統監督式分類法進行大項之分類(如水體、植生、果園、裸露地等)，然後利用各細類之間的不同光譜特徵值特性加以分類。由於光譜特徵存在的明顯差異，建地和崩塌地會與水體、林地等大類別很明顯的區分開來。若使用階段式的分類，對於大項之分類，即可達到令人滿意的精確度。因此，在於第二階段將細類中的建地和崩塌地區分出來。

在建地和崩塌地的分類上，建地的坡度可視為較平緩，與崩塌地陡峭的特性有明顯差異。以坡度因子作為區別兩類的特徵，使用謝(1993)與吳(1999)對於台灣地區崩塌地與裸露地的門檻臨界值研究，使用 16、18、20 與 22 度進行方法分析。並參考水土保持局(2001)崩塌地調查作為崩塌地訓練區圈選參考之依據。本研究使用 16、18 與 20 度與水土保持局崩塌地資料套疊，進行門檻值適宜性分析，分析結果以 20 度門檻值較為合理。所以選用 20 度作為崩塌地(20 度以上)與裸露地(20 度以下)劃為分門檻值。

在坡度因子的計算使用數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)資料。選擇 3×3 大小矩陣，如圖 2 所示。圖中 P5 位置坡度，由其附近 3×3 像元經坡度公式計算求得：

$$Slope = \tan^{-1}(\sqrt{dx^2 + dy^2}) \quad (3)$$

式中

$dx = (P6 - P4) / i$ ，其中 i 為 $P6$ 與 $P4$ 範圍內的像元個數

$dx = (P2 - P8) / j$ ，其中 j 為 $P2$ 與 $P8$ 範圍內的像元個數

其中每個方格代表 DTM 影像中的一個像元大小，方格中代號為高程所對應的灰階值，運算所得坡度以灰階值表示。由於採用遙測衛星 SPOT XS 影像之空間解析度為 12.5 m，需將 40 m × 40 m 解析度之 DTM 資料，以距離平方反比權重法 (Inverse Distance Weight, IDW) 內差成 12.5 m，進行坡度推算，所得結果視為遙測影像分類時的資訊量，並完成影像分類 (陳，2004)。

2.2.3 分層分類

由於地表覆蓋情形極為複雜，因此為明確區別不同的地表覆蓋，必須進行分層分類，以做出較精確的分類結果。首先將波譜反應值相類似的先予以歸類，依據各類再細分成不同的地表覆蓋類別，分層分類樹狀圖如圖 3 所示。影像分類之類別共可概分為 9 類，包括：林地、果園、農墾地(水田/旱田)、草地、裸露地/崩塌地、建地、道路、水體及雲。然各水庫集水區土地使用/覆蓋特性不盡相同，因此判釋過程需視水庫集水區之差異及特殊土地利用型態而調整並定義不同分類類別。

2.2.4 現場查勘

為了提高訓練樣區波譜資料庫建置的精確性，配合現地查勘作業，以 GPS 進行定位及萃取土地覆蓋分類之訓練樣區，可作為分類判釋的波譜樣本及主要依據，以提高影像分類精確度。依據 GPS 的作業方法，本研究採取純動態定位方式，進行試驗地的定位作

業。

2.2.5 精準度評估

精準度評估(Assessment of Classification Accuracy)，指在影像分類完成後，依據所蒐集的地面真實現況參考資料，評估分類後影像的準確性。經由隨機方式抽取檢核的像元後，輔以現地調查資料及土地利用圖、像片基本圖等相關輔助圖形資料，逐一加以校對，每一檢核點，可產生誤差矩陣(Error Matrix)。依據 Congalton (1991) 提出之建議，檢核點的樣本數以大於 250 點為佳。以統計學理論，在一定誤差界線下，屬於大樣本資料 (大於 30 為基數)，可假設其為常態分佈，可由 (4) 式計算出應抽樣的樣本數 (張，1985；楊，2000)，推算樣本數大於 271 即可接受。

$$n = P(1 - P) \left(\frac{Z^2 / \alpha}{e} \right)^2 \quad (4)$$

n ：樣本數

P ：樣本比例 (假設為 0.5，每一筆資料被選取與不被選取機率各半)

e ：可容忍誤差值 (信賴區間為 90%， e 為 0.05)

Z ：標準化常態值 (當 $Z \sim N(0, 1) = 1.645$)

在誤差矩陣中，經由行與列的運算，可得生產精度 (Producer's Accuracy, PA)、使用者精度 (User's Accuracy, UA) 及全區分類精度 (Overall Accuracy, OA)。其運算方式如下：

$$PA = \frac{\text{第k組類正確分類的像元}}{\text{第k組類真值類真值}} \quad (5)$$

$$UA = \frac{\text{第k組類正確分類的像元}}{\sum \text{被分類成第k組類的像元數}} \quad (6)$$

$$OA = \frac{\sum \text{各組類分類正確的像元數}}{\sum \text{全區像元}} \quad (7)$$

$$\text{總體準確度} = \frac{\sum \text{正確土地覆蓋類別檢核點}}{\sum \text{抽樣檢核點}} \times 100\% \quad (8)$$

爲了更能表現整體影像分類的誤差性，可藉由誤差矩陣間的相互運算而產生 Kappa 統計值，如下式：

$$Kappa = \frac{\text{總體準確度} - \text{期望準確度}}{1 - \text{期望準確度}} \quad (9)$$

(9) 式中，期望準確度係由誤差矩陣中，將相同的分類項目的行與列數值相乘後，再相加總所產生的數值，除以左上到右下對角線上的數值自乘之值，所產生的百分比。

經由精準度評估後，再結合 GIS 相關資料、現地調查與土地利用圖共同進行檢核，可決定分類結果是否可以接受，若無法接受則需再次檢討分類項目與過程中的步驟，如採用影像增揚、改善分類方法或加強訓練樣區選取，直到精準度改善爲止。

2.3 3D 立體飛行模擬

本研究利用 DTM，套疊衛星影像或航空照片以及相關之向量圖層模擬實地地形變化，供使用者設定飛行路線、飛行速度、飛行高度及角度，模擬於集水區內實地飛行之狀況，並新增屬性查詢及面積計算功能。3D 立體飛行模擬即是利用此一原理發展出可結合衛星影像資料或環境地理資料庫，建立具有三度空間成像之區域動態飛行模擬之模式。

主要之工作項目包括：影像波段重組、影像座標校正、飛行模擬系統分析、路線平滑化演算方式評選與測試、飛行模擬系統程

式撰寫及最小需求平台評選與測試，工作流程與說明如圖 4 所示。

2.3.1 影像波段、座標與系統分析

包括了影像獲取後之前處理，各個波段的重組，以及自然色的處理，使得貼附(Drape)在 DTM 上的影像能夠呈現自然的色澤，已提高飛行模擬時，操作人員對於地景的辨識能力，同時在視覺上也較爲美觀及擬真。再將影像資料賦予大地座標，以能和 DTM 進行貼附。系統分析內容包括：硬體設備之支援能力、軟體部分之具備條件、動畫影像之可接受限度、以及參數控制項目等。

2.3.2 路線平滑化演算方式評選與測試

路線平滑化演算是使用者在定義飛行路線後，將路線上的折點(vertex)間的路徑加以內插運算。由於對於一個任意曲線，很難找出一組參數來完全定義曲線的形狀，對於任何曲線均可以在曲線上不同的部分用不同組的參數來近似。因此，曲線的平滑程度可以用各段間的曲線連續性(Continuity)來描述。由於 ArcView 本身並未提供路徑平滑化功能，因此平滑化的工作在飛行模擬上相當吃重，所以不同的演算方式，將會對飛行模擬平滑化路徑產生時間上有所差異。常用的曲線控制方法有貝茲曲線(Bezier curve)與雲形曲線(Spline curve)二種。

2.3.3 模擬系統更新與最佳平台選測

決定了平滑化的演算方式後，接下來即根據需求訪談的結果進行程式撰寫，此部份的程式將以 ArcView 的巨集語言 Avenue 爲主，並配合 Dialog Designer 產生對話盒。飛行模擬需要大量圖形運算與浮點運算，系統

所在的機器效能必須有所要求。本研究也將針對人類肉眼所能接受的更新率，進行模擬測試。

2.4 PDA 系統建置

本研究整合 PDA 與 GPS 進行開發水庫集水區工程查報系統，運用於集水區現地工程調查，可提昇水庫集水區管理人員勘查之效能。主要分為系統開發方法與電子地圖製作。

2.4.1 開發方法

以 PDA 為主體，整合 GPS 即時定位、數位相機與手機通訊功能，具備體積小，功能強的優點，具跨平台運作優勢。以 Microsoft Embedded C++ 作為開發工具，並將系統置於 Compaq iPAQ PDA 上(WinCE 平台)，水庫集水區電子地圖資料以 shape file 格式轉入 PDA，另在硬體方面選擇 Compaq iPAQ PDA + 擴充模組(CF) + GPS 接收器模組作為勘查設備，對於外業勘查的工程人員而言，設備整體較輕便，減少許多負擔。整體網路架構分為資料庫伺服器端、網站伺服器端與客戶端三部分，如圖 5 所示。資料庫端乃依系統需求使用系統資料庫，以回應網站伺服器端要求，進行資料轉換、儲存及維護。網站伺服器端，係指「行動化裝置」串連後端的資料庫伺服器端，透過 Internet 的運作針對資料庫伺服器端使用者所提出各項查詢、編輯等之資料更新作業要求，進行服務與回應。客戶端，即 PDA 本身，依據使用者之需求，配合 PDA 本身條件進行客製化設計系統功能、使用者操作介面、展示空間圖資、文字、數字。

本系統提供座標定位、輸入，以及屬性資料輸入管理功能，包括新增、修改、刪除

等功能。主要是協助工程查報人員利用 PDA 及 GPS 之整合，達成行動化工程查報系統的目的，本研究建置「PDA 水庫集水區工程查報系統」，並與 PC 版「水庫集水區保育查詢系統」相互整合，將有效運用於集水區現地工程調查之業務執行。其系統功能架構如圖 6 所示。

2.4.2 電子地圖製作

針對集水區，將最新之 GIS 圖層轉換為 PDA 界面可讀取之格式，需包括：道路、水系、集水區邊界與水庫淹沒區等相關資訊。其電子地圖資料庫建置流程，以整合水利署以建置之水資源資料庫，蒐集彙整相關單位最新圖資；進行資料格式轉換、編修等工作，以利空間或屬性資料關連整合；測試 GIS 各項系統與資料的正確性，最後再將資料轉換為 PDA 格式資料，匯至查詢系統以供各單位使用。

系統建置與應用

主要說明集水區分類結果與精準度評估、水庫集水區保育系統查詢功能與 PDA 工程查報系統的結果呈現。

3.1 水庫集水區分類成果分析

目前研究計畫範圍為全省 22 座主要水庫。由於篇幅的關係只列舉翡翠水庫為例，作為水庫集水區分類成果分析部分說明。

(1) 集水區概述

翡翠水庫 (Feitsui Reservoirs) 位於台灣台北縣北勢溪下游，介於下游南勢溪河口龜山與坪林之間，地理位置圖，如圖 7 所示。北勢溪發源於標高 620m 之三面山，支流為魚

窟溪及金瓜溪，至龜山與南勢溪會合後注入新店溪 (Hsindien Creek)。本區大部分為林班地，現有土地使用狀況概分為兩類，一為已發展使用地區，另為未開發區。

(2) 訓練區選取

水庫集水區土地，採用 2001/1/18 SPOT XS 衛星影像進行監督式判釋分類，結果如圖 8 所示。本區共選用 116 個訓練樣區，共計 11,277 個像元樣本點。

(3) 成果分析

將翡翠集水區土地利用類別區分為：林地、果園、農墾地、裸露地、草地、水體、崩塌地與道路八大類。利用水土保持局於民國 86 年委託農林航測所測繪之台灣省山坡地土地利用圖與水庫集水區土地利用監督式分類結果做一比對，如表 1 所示。除了林地、裸露地與崩塌地的面積相差較多外，其他類別的土地面積大致上吻合，且符合現況。

(4) 精準度評估

翡翠水庫集水區監督式分類成果所進行精準度分析結果，如表 2 所示。評估整體精準度達 92.95%；若單以真值之像元數為評估基準，各類別 PA 與 UA 由表中得知翡翠水庫集水區之個別分類以水體分類精準度較高，其餘類別有部分混淆情形存在，例如裸露地易與農墾地、果園混淆；林地易與草地、果園混淆等，但是各分類精準度皆達 81% 以上。

3.2 水庫集水區保育查詢系統

水庫集水區保育查詢系統，系統進入畫面如圖 9 所示，功能操作主畫面如圖 10。查詢系統包含：22 座主要集水區資料庫、保育資料庫、衛星影像資料庫、環境地理資料庫、

治山防洪資料庫與 3D 資料庫，並配合 PDA 工程查報系統使用，建構成系統。以下將就系統部分功能提出說明：

3.3 基本圖層資料套疊查詢

包括基本圖、水庫資料圖、環境敏感地資料圖、土地利用、水文資料、坡地防災資料與衛星影像等。其套疊衛星影像資料圖，如圖 11 所示，可以加入原始影像、分類影像與變遷圖等。

3.4 水庫集水區治理工程管理維護

提供使用者管理所有集水區治理工程，掌握集水區治理工程分佈位置，並可針對工程之屬性資料進行新增、修改、維護等，以及施工前、中、後照片瀏覽，如圖 12 所示。可利用視窗先查詢套疊集水區治理工程圖層，再進行施工前或後的圖片查詢。

3.5 土壤沖蝕及水源涵養模式估算

使用者可於集水區之土地利用圖上，框選任意區域進行土地利用變更，系統計算出使用者所框選之範圍類各類型土地利用之面積，並提供使用者輸入於框選範圍中欲變更為其他類型土地利用之百分比，系統並顯示已變更前後之土地利用面積，如圖 13 所示。再經由土壤沖蝕指標模式以及 HSPF 模式之運算結果(陳, 1999)，可產生集水區土地利用變更前後之單場暴雨之土壤沖蝕量變化以及逕流歷線，如圖 14 所示。

3.6 3D 立體飛行模擬

本研究利用 ArcView Spatial analyst Extension 及 3D analyst Extension 進行空間資料套疊及立體模型之製作。擷取水庫集水區

範圍內之 DTM 資料並將衛星影像依 DTM 高程地形進行套合，可於 ArcView 介面中進行立體影像之任意旋轉、縮放、移動、查詢等功能。

系統之立體飛行模擬功能，需於事前先設定飛行軌跡繪製，此軌跡則需以 GRID 格式之數值高程為底圖，而後軌跡之平面之 X、Y 座標位置抓取 DTM 對應之 Cell value 作為高程，並轉換為立體座標，以供於 ArcView 3D 展示視窗中執行飛行瀏覽。

首先設定瀏覽軌跡，接著將前一步驟所建立之 2D 飛行軌跡，轉換成 3D 的立體坐標影像張數，以便與地形現況契合；然後設定觀看的高度、傾斜角度、方位角及視角等參數。最後以即時的方式將飛行模擬的情況展現，系統除 3D 立體飛行模擬的功能外，如圖 15 所示，亦提供使用者套疊向量圖檔及屬性資料查詢。供使用者於視窗中選取任意範圍，計算平面面積及斜面面積計算等功能，對於水庫集水區管理人員而言，可充分掌握集水區之地形地貌狀況，並可以減少現地勘查之時間及人力成本。

3.7 水庫集水區 PDA 工程查報系統

本研究建構「水庫集水區 PDA 工程查報系統」之主要功能包含：地圖控制工具、地圖管理功能、GPS 定位功能、治理工程管理功能、工程勘查位置管理功能、可疑點管理功能與資料上傳下載功能等。進入 PDA 勘查系統，載入所需水庫圖資，如圖 16~19 所示，便可以利用上述功能進行查報作業。管理人員先接收 GPS 衛星點位做定位動作，再依查報系統的功能進行治理工程、工程勘查位置與可疑點等進行記錄，或進行勘查軌跡記

錄，便可以追溯過去勘查資料。系統於 PC 端提供資料上傳/下載之功能，以提供使用者傳輸水庫集水區之電子地圖至 PDA 或將現地調查之資料傳回至資料庫中，以進行管理，其畫面如圖 20 所示。

結論

- (1) 本研究藉由 GIS、GPS、RS、3D 技術及 PDA 各項功能之整合，提供水庫管理單位一整合性之環境資源管理之系統工具。透過 3D 地形模擬套疊地物地貌以及衛星影像、相片基本圖，依指定之飛行路徑做 3D 立體飛行模擬，使水庫管理者更能掌握集水區內之空間資訊。
- (2) GPS 與 PDA 整合之功能，提供水庫集水區環境資料庫及工程位置查報等更新及維護管理機制，使水庫集水區之經營與管理朝向資訊化，並提升相關業務執行之效率。
- (3) 集水區保育環境地理資料庫查詢外，更可對集水區之基本環境地理資料、工程位置查詢、更新、維護及土地利用變遷對集水區土壤沖蝕量、水源涵養量之影響等，做整合性的查詢。

誌謝

本文承蒙經濟部水利署 MOEA/WRB-8900048 和 MOEA/WRB-910005V2 提供研究計劃之補助，使得研究工作得以順利進行，在此由衷感謝。

參考文獻

1. 王凱玄(2003) 「GPS/GIS/RS 應用於南

- 化水庫集水區治山防災工程管理資料庫系統之建置與應用」,國立屏東科技大學土木工程研究所碩士論文,屏東。
2. 行政院農委會水土保持局(2001) 「崩塌地調查計畫(北部地區)」。
 3. 行政院農委會水土保持局(2001) 「桃芝颱風災區崩塌地調查分析」。
 4. 吳雲瑞(1999) 「土石流潛勢分析及其在台南縣之應用」,國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文,台南。
 5. 周天穎(2001) 「3S 技術於防災害分析之應用」,土石流災害之學術研究,中正基金會,專題研究報告,第 75~91 頁。
 6. 林育生、高治中、陳美心、周天穎(2005) 「利用 Web GIS、XML、Mobile 技術達成開放式之整合性網際網路地理資訊系統」,第三屆數位地球國際研討會,第 40 頁(論文摘要)。
 7. 許偉岳(2002) 「GPS/GIS 應用於曾文水庫集水區治山防災工程管理資料庫系統之建置與應用」,國立屏東科技大學土木工程研究所碩士論文,屏東。
 8. 彭彩菁(2004) 「GPS/GIS 應用於阿公店水庫集水區治理工程空間分佈特性之調查分析」,國立屏東科技大學土木工程研究所碩士論文,屏東。
 9. 陳美心(1999) 「土地利用變遷對水源涵養效益之影響-以大埔水庫集水區為例」,逢甲大學土地管理學系碩士論文,台中。
 10. 陳美心、劉怡萱、謝公耀、葉昭憲、周天穎、楊龍士(2002) 「整合 PDA 與 3D 技術於水庫集水區管理之應用」,中華地理資訊會年會暨學術研討會,第 B-26 頁(論文摘要)。
 11. 陳盈智(2004) 「空間資訊技術於土石流流出量分析之研究-以陳有蘭溪流域為例」,逢甲大學土地管理學系碩士論文,台中。
 12. 張紘炬(1985) 「統計學」,華泰圖書文物公司。
 13. 楊龍士、周天穎(2000) 「遙感探測理論與分析實務」,逢甲大學地理資訊系統研究中心。
 14. 蔡光榮、羅佳明、廖鳳卿、林成翰(2003) 「衛星影像技術應用於崩塌地與土石流災害分析系統之建置」,中華水土保持學報,第三十四卷,第三期,第 207~216 頁。
 15. 謝政道、楊龍士、周天穎、葉昭憲、劉怡萱、陳美心(2002) 「地理資訊科技於水庫集水區管理之應用」,第十三屆水利工程研討會,第 01~08 頁。
 16. 謝正倫(1995) 「豐濱鄉東興部落之野溪坡地災害調查與規劃」,花蓮縣政府委託計畫。
 17. 羅佳明,2003 「GPS/GIS/RS 應用於地震災區坡地災害防治工程調查及其風險評估模式之建置與應用」,國立屏東科技大學土木工程研究所碩士論文,屏東。
 18. Gilabert, M. A., and Gonza'lez-Piqueras, J. (2002) "A generalized soil-adjusted vegetation index," Remote Sensing of environment, vol. 82, pp.303~310.
 19. Congalton, R. G. (1991) "A review of assessment the accuracy of classifications of remotely sensed data," Remote Sensing of Environment, vol. 37, pp.35~46.
 20. Richards, J. A., and Xiuping, J. (1999) "Remote Sensing Digital Image Analysis," Springer.

96 年 8 月 03 日 收稿

96 年 10 月 15 日 修改

96 年 11 月 01 日 接受

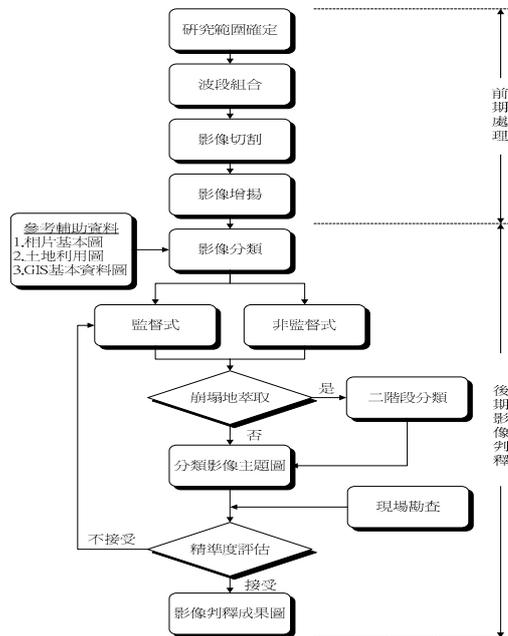


圖 1. 衛星影像判釋流程圖

Figure 1. The flow chart of satellite images judge and interpret.

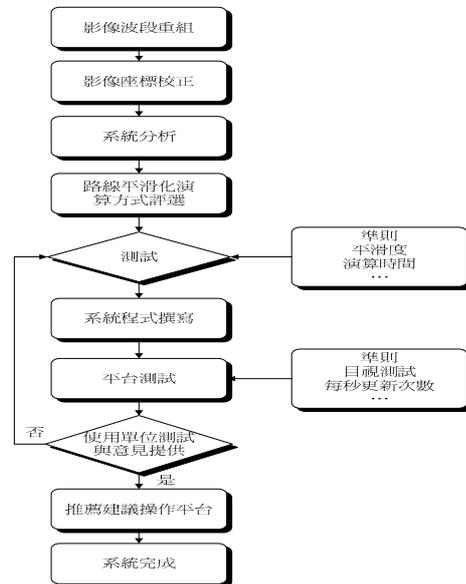


圖 4. 3D 立體飛行模擬工作流程圖

Figure 4. The flow chart of 3D navigation simulation.

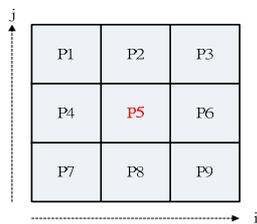


圖 2. 3×3 大小像元矩陣圖

Figure 2. 3×3 pixel matrix.

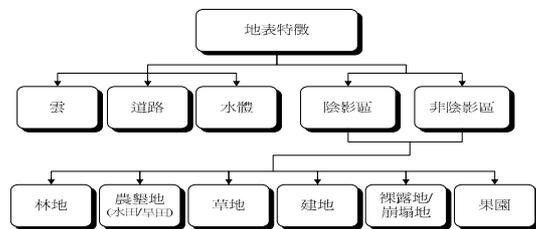


圖 3. 水庫集水區衛星影像分層分類樹狀圖

Figure 3. The flow chart of satellite image classification of reservoir watersheds.

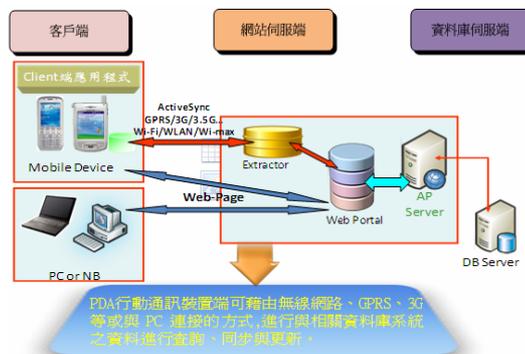


圖 5. 網路架構圖

Figure 5. Network framework

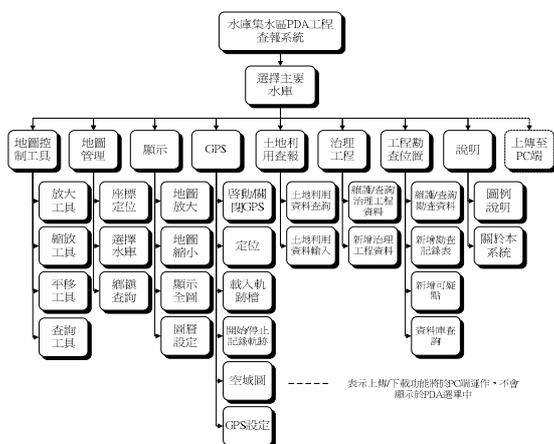


圖 6. 水庫集水區工程查報系統架構圖
Figure 6. The framework of the engineering survey report system at the reservoir watersheds.

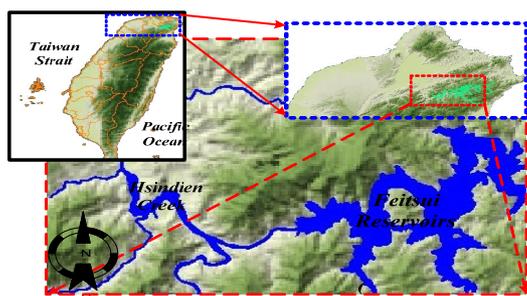


圖 7. 翡翠水庫地理位置圖
Figure 7. Location map of study area.

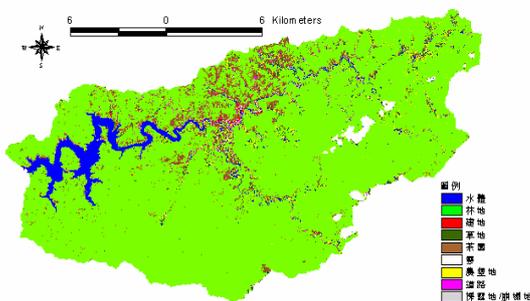


圖 8. 翡翠水庫集水區分類成果圖
Figure 8. The classification achievement chart.

表 1. 水庫集水區分類成果比較表
Table 1. Compared classification results for reservoir watersheds.

土地利用類別	監督式分類成果*		土地利用圖**	
	面積(公頃)	百分比(%)	面積(公頃)	百分比(%)
水體	937.10	3.12	1083.24	3.61
果園	1256.56	4.18	1290.30	4.29
林地	26133.3	86.87	26555.53	88.39
道路與建地	287.17	0.95	289.13	0.96
裸露地	498.75	1.66	321.48	1.07
崩塌地	119.06	0.40	12.47	0.04
農墾地	119.42	0.40	133.34	0.44
草地	380.65	1.27	357.86	1.19
雲	349.56	1.16	-	-
總計	30081.63	100	30043.39	100

*衛星影像拍攝時間：2001.1.18
**資料來源：水土保持局，1997，台灣省山坡地土地利用圖

表 2. 水庫集水區分類結果精準度評估表
Table 2. The accuracy evaluation of supervised classification for reservoir watersheds.

分類資料	參考資料										PA	UA		
	水體	果園	林地	道路與建地	裸露地	崩塌地	農墾地	草地	總計	參考分類總計			正確數目	
水體	70	0	0	0	0	0	0	0	70	70	70	100	100	
果園	0	50	1	0	3	0	1	0	55	58	55	86.21	90.91	
林地	0	2	65	0	1	0	2	0	70	72	65	90.28	92.86	
道路與建地	0	0	0	50	0	0	0	0	50	54	50	92.59	100	
裸露地	0	5	0	0	59	0	0	1	65	72	65	81.94	90.77	
崩塌地	0	0	0	4	0	46	0	0	50	46	50	100	92.00	
農墾地	0	0	0	0	8	0	36	1	45	59	42	94.92	86.15	
草地	0	1	6	0	1	0	0	42	50	44	50	42	95.45	84.00
行總計	70	58	72	54	72	46	59	44	475	475	475	438		

全區分類準確度=92.95% Overall Kappa Statistics = 92.05%



圖 9. 查詢系統進入畫面
Figure 9. Query system entrance.

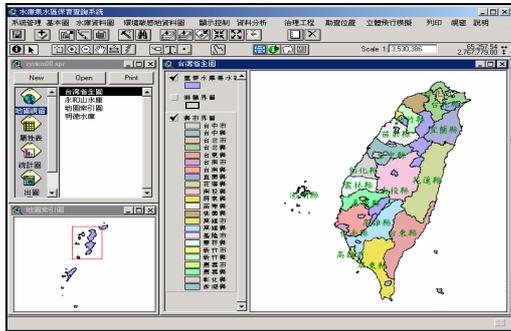


圖 10. 查詢系統畫面 (主畫面)
 Figure 10. Main screen of query system.

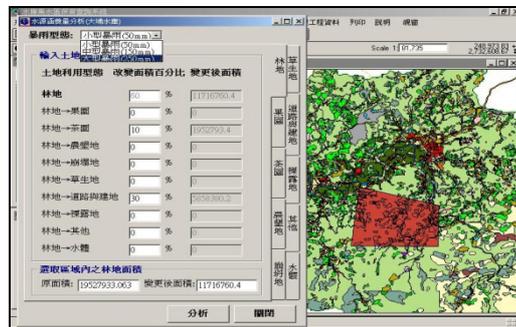


圖 13. 土壤沖蝕及水源涵養模式估算畫面
 Figure 13. The result of soil erosion and conservation capacity displayed in the system.



圖 11. 查詢系統套疊影像資料畫面
 Figure 11. The overlay image of query system.

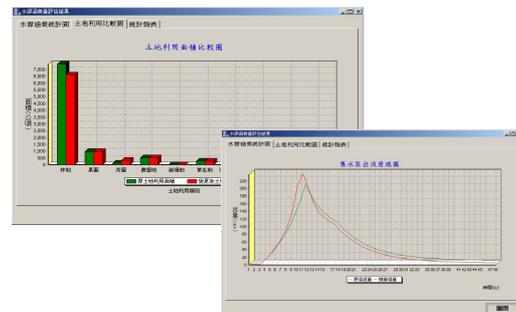


圖 14. 土壤沖蝕及水源涵養模式估算結果輸出
 Figure 14. The output of soil erosion and conservation capacity study for the reservoir watersheds.



圖 12. 水庫集水區維護工程圖片查詢圖
 Figure 12. The displayed result of the query system.

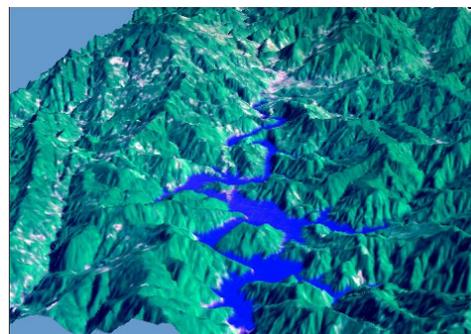


圖 15. 3D 飛行模擬圖
 Figure 15. The illustration of 3D flying simulation.

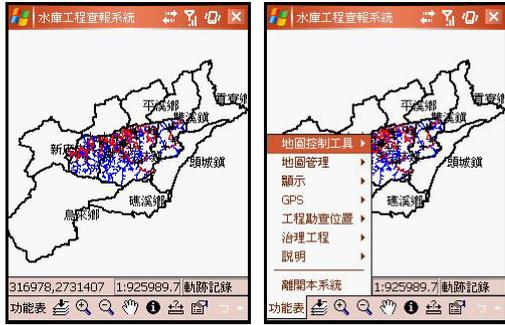


圖 16. PDA 記錄表主畫面
Figure 16. The main screen of PDA.

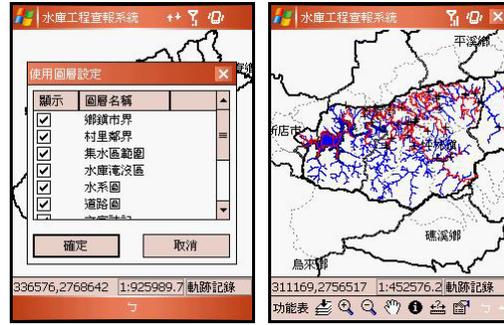


圖 19. PDA 勘查記錄表主畫面(3)
Figure 19. The main screen of PDA investigation records. (3)

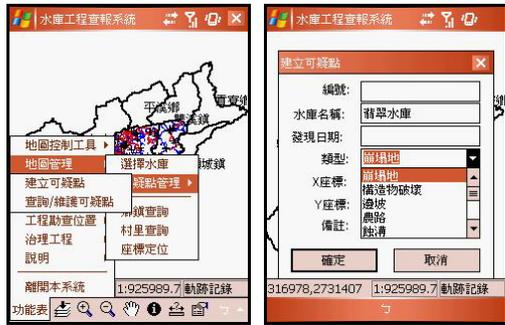


圖 17. PDA 勘查記錄表主畫面(1)
Figure 17. The main screen of PDA investigation records. (1)



圖 20. 資料上傳/下載功能畫面
Figure 20. Uploading/downloading query system

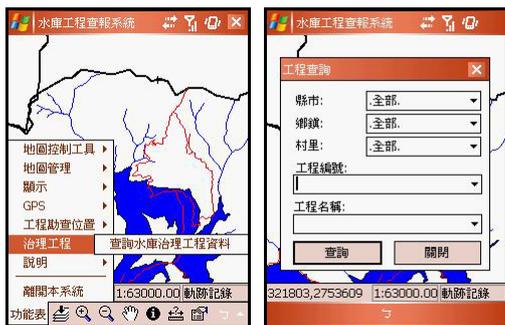


圖 18. PDA 勘查記錄表主畫面(2)
Figure 18. The main screen of PDA investigation records. (2)