

# 林務局圖籍坐標轉換系統之介紹

周天穎 / 逢甲大學GIS中心主任、葉美伶 / 逢甲大學GIS講師、何美佳 / 逢甲大學GIS秘書

紀國美 / 林務局森林企劃組資訊科科長、沈怡伶 / 林務局森林企劃組資訊科分析師

劉昭吟 / 林務局森林企劃組資訊科助理管理師

## 一、緒論

台灣地區的圖籍由於先後採用不同坐標系統的基本控制點，以致於產生目前不同年度的各階段圖籍資料不易套合，因此圖籍整合之首要，在於主管單位必須先建立統一及精準的坐標系統，以為製圖、土地資源及環境管理之作業依據。

目前森林管理層面，已逐漸朝向應用地理資訊系統（GIS）、遙感探測技術（RS）、全球衛星定位系統（GPS）及決策支援系統（DSS）等新興科技，來整合森林資源保育、林業經營、坡地治理、防災預警、資料建置等各項業務管理。如何運用GIS並發展一套適合林業之大地基準坐標轉換系統，為林務單位努力之目標。

有鑑於此，林務局於民國九十年委託逢甲大學開發一套自動化圖籍坐標轉換系統，並辦理三梯次的教育訓練，以加強培訓林業人員之林業資訊應用及技術層面知識，提升圖籍整合能力，俾利推動現階段林務管理科技研究與發展。

## 二、坐標轉換參數程式系統開發

關於坐標轉換參數之運算，由內政部委託學術單位所計算之參數，為國內普遍使用之運算公式，共有五種轉換方式，包含三參

數、四參數、六參數、八參數與其他非線性轉換等方式。

近年內政部亦公佈TWD67與TWD97之間之轉換參數，但台灣地區地形變化起伏大，對於山地地區，此項參數之適用性仍有待商榷；另一方面國防部聯動測量隊亦有七參數、十二參數及十五參數之坐標轉換參數，卻具有國防安全上的考量而不易取得。故以內政部公佈之轉換參數及運算法則為原則，開發適合林班圖籍轉換之自動化系統。

## 三、台灣地區大地基準轉換程式開發成果

### （一）TWD67與TWD97大地基準及其轉換關係

隨著全球衛星定位系統(GPS)的發展，現今大多數國家利用全球衛星定位系統來建立新的國家坐標系統，國內目前亦朝此方向規劃，內政部目前已公佈「TWD97」（1997臺灣大地基準；Taiwan Datum, 1997），此係全球性地心坐標系統來作為國家新坐標系統，但是國內舊有圖籍大部份皆採用TWD67（Taiwan Datum, 1967）虎子山坐標系統。因此，基於GPS廣泛應用之趨勢且配合國家新坐標系統及與世界坐標系統相結合，TWD97坐標系統地圖之編製，已是現階段國內圖籍編製最重要的工作。然而編製TWD97坐標系統地圖其根本作法乃按TWD97基準進行航空

攝影測量測繪基本地形圖，再重新編製在繪製相關圖籍資料；但所需經費龐大且時程極長。因此，將原有TWD67坐標系統地圖直接轉換編製TWD97坐標系統地圖為較可行之方式。

## (二) 最小曲率法之大地基準轉換研究

本系統中進行大地基準轉換所考量的模式，將分別由(1)式的三種影響基準轉換因素來說明。同時，實務上需要考慮基準轉換強制附合的問題。因為內政部公告的坐標具有法源依據，所以應盡量使轉換後成果與公告成果一致。為了達到強制附合的實務考量目的，所使用的轉換方式，需要盡量設法使轉換後共同點之坐標殘差值接近為零。

(1)

$$\text{大地基準轉換} = \text{參考框架之轉換} + \text{網形變形} + \text{偶然誤差} \\ (3D) \quad (2D+1D) \quad (2D+1D)$$

由於認知到大地基準轉換在空間中表現具有緩慢、平滑變化的現象與特質，最小曲率法不再使用參數估計方式，而改採曲面模式(Surface Modeling)理論應用於大地基準轉換問題上。利用具有最小曲率特性的網格曲面(最具平滑之性質)近似代表大地基準轉換之現象，直接將參考框架轉換、網形變形與點位的偶然誤差三種影響合併考量，並將平面與高程之分量分開處理，以符合(1)式之內涵。最小曲率法是利用規則網格點估值的曲率平方和為最小的原則，以共同點之坐標分量內插求得基準轉換網格曲面。最小曲率法產生之基準轉換網格曲面有平滑緩慢變化的特質，具強烈區域性且銜接平滑，可直接

接利用此網格點曲面，提供為點位內插資料來直接獲得到坐標轉換資訊。最小曲率法亦自1989年起被採用為北美大地基準North American Datum of 1927 (NAD27)與North American Datum of 1983 (NAD83)之轉換方式[DMA Technical Report, 1987; Dewhurst, 1990; Shih et al., 1999]。

最小曲率法是利用規則網格點上內插估值的曲率平方和為最小的原則，其定義如下[Briggs, 1974]。

(2)

$$C = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (C_{ij})^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left[ \frac{\partial^2 u_{ij}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_{ij}}{\partial y^2} \right]^2 \rightarrow \text{Min}$$

其中 $C_{ij}$ 表示在網格點 $(i, j)$ 處的曲率， $u_{ij}$ 表示在網格點 $(i, j)$ 處的評估值， $(x, y)$ 表示網格點之坐標。

依據(2)式，最小曲率法的計算步驟如下[Briggs, 1974; 張順隆, 1997]：決定網格點初值；利用最接近網格點的共同點觀測量或是使用鄰近共同點觀測量的加權總和。

對(2)式進行疊代計算：

(3)

$$u_{ij}^{p+1} = \frac{1}{7} \left( 4(u'_{i,j} + u'_{i,j+1} + u'_{i+1,j} + u'_{i+1,j+1}) - (u'_{i-1,j} + u'_{i-1,j+1} + u'_{i,j-1} + u'_{i,j+1}) \right)$$

其中上標 $p$ 是指第 $p$ 次疊代

反覆上一步驟的過程，直到滿足下列條件式：

(4)

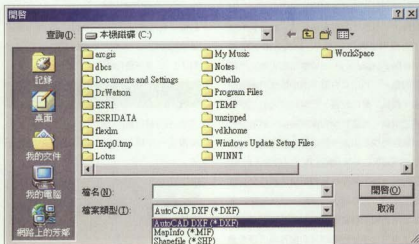
$$\text{Max} \left| u_{i,j}^p - u_{i,j}^{p-1} \right| < \bar{\varepsilon}$$

其中 $u_{i,j}^p$ 為第 $p$ 次的網格點評估值，為預先選

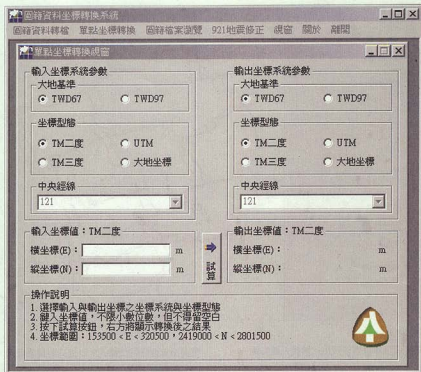
# 圖籍資料坐標轉換系統



開發單位：逢甲大學地理資訊研究中心      版本：1.0      2001年



圖一 系統啟始畫面及可讀取之檔案格式



圖二 坐標轉換系統操作介面

擇的疊代容許誤差。

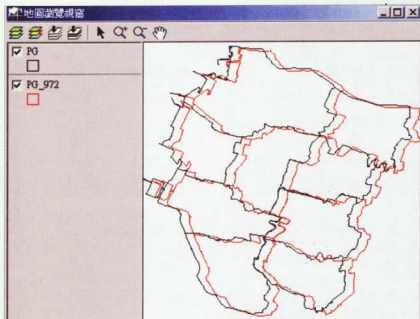
最小曲率法是利用二種坐標系統下共同點之坐標差作為觀測量，以規則網格點之評估值。在規則網格點上之資料構成一個網格點曲面之後，便可由規則網格點上的資料利用簡單的雙線性內插（Bilinear Interpolation）來求得任意新點坐標差之內插值 [Briggs, 1974]。

### （三）成果分析

內政部於八十八年間委託成功大學進行

「二等衛星控制點測量平差工作」，在此研究中已建立台灣地區大地基準轉換之網格點曲面資料，此網格點曲面之共同點係採用72個一等點的衛星控制點資料，將網格間距設為250公尺[張順隆，1997]。

以上述內政部所公布的網格點曲面資料，分別求得各點坐標差值，將各點的TWD67坐標轉換為TWD97坐標，再與各點公告之TWD97坐標值相互比較，檢驗各點之轉換成果；檢核參考點誤差皆小於30公分。依此成



圖三 系統圖台

果開發依單位需求使用之轉換系統如圖一～圖三。

#### 四、結語

本次TWD67與TWD97之坐標轉換，為各單位圖籍使用與整合的共同課題，針對本次坐標轉換研究及應用系統開發而言，亦是重視GIS發展單位中首次將其推廣於業務應用，實可作為其他單位應用之示範計畫。本局及所屬各單位亦同步採用此一系統作為TWD67與TWD97坐標轉換之標準程序。

圖籍整合之坐標修正，本次僅依內政部規範之作業原則進行轉換，日後應研發區域性

更高準確度之轉換模式，以提高圖籍整合後之坐標精度。▲