

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

利用 BP 神經網路轉換地籍坐標之研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2415-H-004-013-
執行期間：95年08月01日至96年07月31日
執行單位：國立政治大學地政學系

計畫主持人：林老生

計畫參與人員：大學生-兼任助理：蔡函芳

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96 年 07 月 18 日

一、中英文摘要及關鍵詞

(一) 計畫中文摘要。

目前台灣地區使用的大地基準有 TWD67 與 TWD97 兩種，以致所對應的地籍坐標也不同，因此產生了地籍坐標轉換的問題。如何在 TWD67 與 TWD97 之間進行地籍坐標轉換，一直是國內學者致力於研究的問題。在廣泛的討論當中，最常使用的方式為利用最小二乘法或最小二乘配置法，來執行地籍坐標轉換。

BP 神經網路，又稱為誤差反向傳播神經網路，是一種由非線性變換單元組成的前饋式全連接多層神經網路。BP 神經網路的結構，分為輸入層、隱層（隱層可以是一層或多層）和輸出層，它能以任一精度逼近任何非線性連續函數，並具有較強的聯想記憶和推廣能力。

近幾年來由於神經網路技術的快速發展，提供了我們在進行坐標轉換研究時新的選擇。和傳統的地籍坐標轉換方式相比，神經網路最大的優點乃在於可以處理大量的資料以及無模型誤差。根據初步的研究結果顯示，以神經網路方式所獲得轉換後精度，明顯優於最小二乘配置法轉換結果；因此本計劃嘗試利用 BP 神經網路方式進行 TWD67 與 TWD97 之間的地籍坐標轉換之相關議題研究。

關鍵字：神經網路、地籍資料、坐標轉換、TWD67、TWD97

(二) 計畫英文摘要。

Today, there are two geodetic data, TWD67 (Taiwan Datum, 1967) and TWD97 (Taiwan Datum 1997), used in Taiwan. Accordingly, there are two types of cadastral coordinate systems. Hence, it is necessary to transform from one coordinate system to another. The most widely used method is Least-Squares Collocation with affine transformations.

The artificial neural network provides a new technology for coordinate transformation. The popularity of this methodology is rapidly growing. The greatest advantage of neural networks is that it can be used very successfully with a huge quantity of data and free-model estimation that traditional transformation methods cannot be applied.

In this research, coordinate transformations with BP neural networks were examined between TWD97 and TWD67, the two most frequently used cadastral coordinate systems in Taiwan. In our preliminary research results showed that better result can be obtained by using artificial neural network than using the Least-Squares Collocation.

Key word: Neural Network, Cadastral Data, Coordinate Transformation, TWD67, TWD97

二、報告內容

(一) 前言

地籍的內涵之一就是以土地的空間位置為依拖，對每一塊土地及其上的建築物、構築物所具有的自然屬性、社會屬性進行準確的描述和記載。它具有極強的空間性、時間性和複雜的圖數關係。地籍單元實體包含點實體、線實體和面實體。點實體主要指界址點，線實體主要指界址線、行政區界線及各類地類界線，面實體主要指宗地、地類塊、各行政區等。在地籍管理資訊系統中，三個單元實體具有緊密的聯繫，線實體由一組有序的界址點

連接組成，面實體是由一組有序的界址點構成的閉合線實體形成的區域，因此界址點資訊是地籍空間資訊的最基本的組成的單元。地籍空間資訊更新的一項重要內容是界址點空間資訊的更新。地籍資料是地籍管理資訊系統的血液，界址點空間資訊的準確程度將直接影響地籍管理資訊系統的應用效率。而界址點的空間資訊則為所謂的地籍坐標（縱線坐標，橫線坐標）。

真實的地球表面為一個不規則的三度空間曲面，為了計算方便起見必須選取適當的旋轉橢球體來代表地球，這些旋轉橢球體的選取會由於時空因素、測量技術的改進等因素而有所改變。例如，就台灣地區而言，就曾採用 TWD67 (Taiwan Datum 1967) 旋轉橢球體與 TWD97 (Taiwan Datum 1997) 旋轉橢球體（黃華尉，2001）。就地球表面上任一點而言，其點位坐標會因為採用不同的旋轉橢球體而有不同的坐標值，因此，就產生了坐標轉換的問題。

通常地表的點位坐標為三維坐標：三維直角坐標 (X, Y, Z) 或大地坐標（經度，緯度，高程）。但是，一般製圖，如地籍圖，只能用二維坐標來表示點位坐標，所以必須採用地圖投影的技術（如高斯投影），以分帶的方法（如 2 度分帶），將三維地表面上的地形、地物投影到二維的地圖坐標上。一般地籍坐標是採用橫麥卡托投影 (Transverse Mercator; TM)，將三維地表面上的地物投影到二維的地籍圖上。如前所述，地球表面上任一點而言，其點位坐標會因為採用不同的旋轉橢球體而有不同的坐標值；同理，就某一點位而言，由於採用不同的旋轉橢球體，而會產生不同的地籍坐標。所以，也產生了坐標轉換的問題。

內政部自民國 87 年起，為建立統一之國家坐標系統，並配合目前衛星定位測量廣泛應用之潮流趨勢，經邀請產、官、學界代表召開二次研討會及二次會議共同討論，訂定新的國家坐標系統，命名為 1997 台灣大地基準 (TWD97)。但是，在此之前全台灣地區各地政機關所建構的地籍圖或數位地籍資料庫皆採用 TWD67 (Taiwan Datum 1967) 旋轉橢球體。如果要以 TWD97 重新檢測繪製相關圖籍所需之經費龐大以及非短時間所能完成，因此，在考量成本及新舊坐標的套合使用需求之下，利用數學轉換模式將原有 TWD67 坐標系統直接轉換成 TWD97 坐標系統為較可行的方法（許皓寧，2003）。

如前所述，地籍坐標為二維的平面坐標系統，為了執行採用不同旋轉橢球體（或稱為地球原子、大地基準）間之坐標轉換，如 TWD67 地籍坐標轉換為 TWD97 地籍坐標；一般是利用一定數量的共同點（同時具有 TWD67 與 TWD97 的地籍坐標），以古典最小二乘法平差原理，求得四參數、六參數多項式的轉換參數，再據以執行坐標轉換（如許皓寧，2003 等）；或以最小二乘配置法 (Least-Squares Collocation) 進行二度空間之坐標轉換（如黃華尉，2001；戴翰國等，2002；蘇榮錦，2004）。

神經網路 (Artificial Neural Network, 人工神經網路或類神經網路) 是由一些簡單的神經元(節點)，按一定的方式連結構成的非線性網路，具有平行處理和分布式資訊儲存機制，並具有自組織與自適應等功能（靳藩等，1992）。它能通過學習自動抽取學習樣本之間的關係，其非線性映射能力和無模型估計的特徵受到人們的重視。

BP 神經網路（即多層前饋神經網路）為神經網路的算法之一，因其採用誤差反向傳播算法 (Error Back-Propagation, 即 BP 算法) 而得名。BP 算法結構簡單、易於實現，在人工神經網路的實際運用中，80%—90% 的神經網路模型是採用 BP 神經網路或它的變化形式，目前主要用於模式識別與分類、函數逼近、數據壓縮及預測等領域（蘭雪梅等，2003）。

BP 神經網路的結構，分為輸入層、隱層（隱層可以是一層或多層）和輸出層，它能以任一精度逼近任何非線性連續函數，並具有較強的聯想記憶和推廣能力。BP 神經網路的層與層之間採用全互連方式，同一層的神經元（節點）之間則不存在相互連結。

如果有已知樣本點集 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ 對 BP 神經網路作訓練，其中：

$$P_i = (E_i^{67}, N_i^{67}, E_i^{97}, N_i^{97}) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

BP 神經網路對樣本集 P 進行學習，以建立輸入層與輸出層之間的映射關係：

$$\begin{aligned} E^{97} &= F(E^{67}, N^{67}) \\ N^{97} &= G(E^{67}, N^{67}) \end{aligned} \quad (2)$$

式中 (E^{67}, N^{67}) 及 (E^{97}, N^{97}) 為點位的 TWD67 與 TWD97 的地籍坐標，F 與 G 分別代表兩個不同的函數。公式(2)蘊含於 BP 神經網路的結構中，並由程式來實現。以 BP 神經網路作 TWD67 與 TWD97 地籍坐標轉換的具體步驟為：(1) 轉換輸入數據，如 $P_i = (E_i^{67}, N_i^{67}, E_i^{97}, N_i^{97}) \quad i = 1, 2, \dots, n$ 為學習樣本，(2) 對樣本數據用 BP 算法學習，(3) 如果學習誤差滿足要求，則轉入工作階段，輸入待轉換坐標的 (E^{67}, N^{67}) 坐標，就可以獲得該點的 TWD97 (E^{97}, N^{97}) 。如果要將 TWD97 地籍坐標轉換為 TWD67 地籍坐標，則以方程式(3)取代方程式(2)，然後重複上述步驟。

$$\begin{aligned} E^{67} &= F1(E^{97}, N^{97}) \\ N^{67} &= G1(E^{97}, N^{97}) \end{aligned} \quad (3)$$

由於神經網路能通過學習自動抽取學習樣本之間的關係，其非線性映射能力和無模型估計的特徵受到人們的重視。而且筆者也利用 BP 神經網路作 GPS 高程轉換的研究，證明其高程轉換精度優於二次曲面擬合法與內政部大地起伏估算程式(林老生，2005)。一般地籍坐標轉換，不管是採用古典最小二乘法平差原理或最小二乘配置法，皆基於觀測量只含有偶然誤差的假設。利用中部地區 283 個一等水準點的坐標資料當作參考點訓練神經網路，執行地籍坐標轉換，再以台中市 78 個檢核點坐標檢核，以轉換前後的邊長檢核，發現神經網路的精度約為 0.02M，而 4 參數與 6 參數的精度分別約為 0.06M、0.06M。因此，促使筆者希望利用 BP 神經網路作地籍坐標轉換之進一步研究。

(二) 研究目的

本研究計畫的主要目的，是嘗試發展一套 BP 神經網路算法，利用已知 TWD67 與 TWD97 地籍坐標的點位做學習樣本，訓練此一神經網路，一旦學習誤差滿足要求，則可轉入工作階段，輸入待轉換的 TWD67 地籍坐標(或 TWD97 地籍坐標)，就可以獲得該點的 TWD97 地籍坐標(或 TWD67 地籍坐標)。

因此，本研究計畫的主要目的，是探討用 BP 神經網路執行地籍坐標轉換的相關議題：
(1) 建立 TWD67 與 TWD97 地籍坐標的非線性映射關係，構建 BP 神經網路；(2) 確定 BP 神經網路隱層的層數；(3) 確定隱層的神經元數目；(4) 用學習樣本訓練 BP 神經網路，探討學習率、學習誤差等初始值等的設定與神經網路收斂的關係；(5) 用神經網路轉換執行地籍坐標的精度與最小二乘法平差法、最小二乘配置法的精度比較；(6) 用 BP 神經網路方法來探討最小二乘法平差法、最小二乘配置法的數學模型誤差；(7) 發展即時處理地籍坐標轉換的模型，以便適用於外業，而且可直接作地籍坐標轉換。

(三) 文獻探討

在地籍坐標轉換的研究方面，黃華蔚(2001)進行全臺灣省 TWD97 與 TWD67 TM 二度坐標轉換之研究，文中僅採用一、二等衛星控制點進行實驗，結論中認為若加入三等衛星控制點後可大幅增加共同點數，點位分佈也較密集，問題也更複雜，值得進一步探討。鄭彩堂(2002)以限制條件及附加參數法輔助圖解區土地複丈之研究一文結論中採用三、四、六參數轉換圖解區地籍圖，並加入適當限制條件。經計算發現，三、四、六參數在不同區域(不同時期測設)有其不同精度表現。戴翰國等(2002)利用六參數平面轉換與最小二乘配置進行小區域 TWD67 與 TWD97 之地籍資料坐標轉換—以臺北市大安通化段為例一文中，係利用六參數結合最小二乘配置的方式，進行小區域的平面坐標轉換，實驗結果發現用此方法轉換後有不錯的精度。許皓寧(2003)，利用臺北市地籍資料作 TWD67 與 TWD97 坐標轉換之比較研究，從其實驗過程中可以發現不合轉換結果常理的區域，必定有其歷史因素在裡面，因此執行坐標轉換時區域的選擇與劃分是必然的過程，這樣才不會因為某些精度不高的區域被埋沒住了無法凸顯其問題所在。

在 BP 神經網路的設計研究方面，戚德虎、康繼昌(1998)對 BP 神經網路設計中的隱層節點數、初始權值、學習率等參數的選擇進行研究，分別給出若干經驗公式。伍春香等(1998)，針對三層 BP 神經網路隱層節點數的理論依據和現有做法進行了研究，提出了一種三層 BP 神經網路隱層節點數的雙向確定法。孫佰清等(2001)，針對如何提高 BP 神經網路訓練速度研究。張清良、李先明(2002)，針對神經網路結構確定中隱層節點數的問題，提出了一種確定神經網路隱層節點數的新方法。陳小宇等(2002)，將 BP 神經網路應用於物理實驗中的幅頻特性曲線擬合，在 MATLAB 下通過訓練和仿真驗證了應用 BP 神經網路擬合實驗曲線的優越性。林老生(2005)，利用全台灣地區所有 2067 個一等水準點的直接水準測量與 GPS 測量成果，分別以神經網路方式、二次曲面擬合法與內政部大地起伏估算程式，建立台灣地區大地起伏模式。其所得之初步研究結果顯示，以神經網路方式，於檢核點精度上明顯優於其他兩種大地起伏估算方式。王文安(2005)，以臺中市為實驗區，於現有 GPS 點位上進行定位測量及一等水準測量，使得這些點位同時具有橢球高和正高資料，以此為基礎，分別利用神經網路與二次曲面擬合法建立區域性的大地起伏模式。並利用檢核點評估兩者的精度，經實驗結果顯示其檢核點的均方根誤差分別為 ± 1.889 公分、 ± 2.002 公分。由其結果可知，神經網路方式略優於二次曲面擬合法。

在利用神經網路作坐標轉換的研究方面，有 Pirooska Zaletnyik(1999)利用五階多項式、半徑式函數神經網路(Radial Basis Function Network)與倒傳遞神經網路(Back Propagation Network)等三種方式，進行匈牙利全境共 1153 個點位之坐標轉換。經比較分析三種方式所得之結果後，以倒傳遞神經網路所得之精度最佳。並指出在相同情況條件之下，神經網路方式適用於樣本數較大的實驗區。

MATLAB 是 Math Works 公司開發的一種科技應用軟體，它將數學計算、算法開發、建模與仿真、數據分析及可視化、科學及工程繪圖和應用開發集成於一個非常友好的環境中。尤其是 MATLAB 中包括了各種專業性比較強的工具箱，在此環境下，使用者不必再編寫自己學科範圍內的基礎程式，可通過修改原始程式來構成新的專用工具箱，從而避開了比較繁雜的副程式的編寫任務。

在利用 MATLAB 神經網路工具箱建立 BP 神經網路的研究方面，王佳斌(1998)及王佳斌、康賜榮(2001)，利用 MATLAB 神經網路工具箱建立 BP 神經網路，並用這一網路控制倒立擺，結果表明 MATLAB 不但在控制系統的仿真上有強大的功能，在神經網路的訓

練上也大有作為。侯北平、盧佩(2001)，將 MATLAB 中的神經網路工具箱和 Simulink 有機結合起來，實現了神經網路控制系統的計算機仿真，實驗證明 MATLAB 是進行人工神經網路計算機仿真的有效工具。王強等(2002)，利用 Cybenko 理論論述了用一種單隱層的前饋神經網路模型在一定條件下可以逼近任何定一在 $C([0,1]^n)$ 上的函數的問題，並給出一個一維非線性函數的仿真實例，取得了良好效果。陳揚等(2002)，介紹了 MATLAB6.0 版本內神經網路工具箱中 BP 網路 5 種訓練算法的基本思想及其對應的訓練函數，結合例子對它們的應用進行了介紹，並給出了簡單比較。蘭雪梅等(2003)，介紹如何利用 MATLAB6.1 版本提供的神經網路工具箱實現 BP 網路的設計，並給出了一個 BP 網路的設計實例。

(四) 研究方法

本研究計畫的主要目的，是探討用 BP 神經網路執行 TWD67 與 TWD97 地籍坐標轉換的相關議題，因此，具體的研究方法包含：(1) 利用 MATLAB 中的神經網路工具箱構建適合於台灣地區地籍坐標轉換的 BP 神經網路；(2) 利用蒐集的台灣全省地籍坐標資料(同時具有 TWD67 與 TWD97 地籍坐標的點位)，一部份點位當作樣本點集對 BP 神經網路訓練，另外一部份點位資料當作檢核點用以評估坐標轉換的精度；(3) 將訓練完成的 BP 神經網路，用相同地區對相同檢核點作地籍坐標轉換，再與使用最小二乘法等傳統方法所轉換的坐標精度比較，以確認 BP 神經網路的優越性；(4) 利用規則的網格式坐標與訓練完成的 BP 神經網路，構建網格式地籍坐標轉換模式，然後，將其移植到口袋型電腦，以便外業時可即時的、直接作地籍坐標轉換。

(五) 結果與討論

(5-1) 實驗區資料

本研究共使用三個地區：台灣地區、台北市地區與台中市地區等三筆實驗資料。第一筆為台灣地區，申請自內政部衛星測量中心的 295 個同時具有 TWD67 與 TWD97 坐標的共同點資料(王奕鈞，2006)。第二筆為台北市地區文山區 594 點圖根點資料，申請自台北市政府。第二筆台中市地區資料，由中興大學土木工程系高書屏教授所提供，總共有 44 個點位同時具有 TWD67 與 TWD97 坐標系統之縱橫線坐標。

(5-2) 實驗方法

本研究所使用之神經網路軟體，為 Math Works 公司開發的科技應用軟體 MATLAB7.0 中的神經網路工具箱所提供的函數功能，以其撰寫倒傳遞神經網路地籍資料 TWD67 與 TWD97 坐標轉換程式。所使用的神經網路架構為三層次的架構，如圖 1 所示；在進行神經網路參數設定時，以試誤法，逐一進行試驗；在進行四、六參數轉換時，也是在 MATLAB 工作環境內，撰寫相關程式，以最小二乘法，求解轉換參數。相關的輔助程式，如內插程式，則是利用 DEV C++ 軟體撰寫。

在實驗資料方面，於台灣地區共有 295 共同點，其中區分 225 點為參考點，70 點為檢核點；在台北市地區，參考點與檢核點數量皆為 297 點；在台中市地區中，參考點數目共有 30 點，檢核點數目共有 14 點。參考點的作用，在於求得兩個不同坐標系(如 TWD67 與 TWD97)之間的轉換參數。檢核點的作用，為評估坐標轉換精度。

為了評估坐標轉換精度，有關參數如 ΔN 、 ΔE 、 ΔP 的定義如下：

$$\begin{aligned} \Delta E_i &= E_{97i}^{known} - E_{97i}^{estimated} \\ \Delta N_i &= N_{97i}^{known} - N_{97i}^{estimated}, \quad i=1,2,\dots,n \\ \Delta P_i &= \sqrt{\Delta E_i^2 + \Delta N_i^2} \end{aligned} \quad (4)$$

式中， $(N_{97i}^{known}, E_{97i}^{known})$ ，為檢核點 i 已知的 TWD97 坐標系之縱、橫線坐標， $(N_{97i}^{estimated}, E_{97i}^{estimated})$ ，為利用神經網路、或其他坐標轉換方法所估計之檢核點 i 的 TWD97 坐標系之縱、橫線坐標。 $\sigma_{\Delta N}$ 、 $\sigma_{\Delta E}$ 、 $\sigma_{\Delta P}$ ，則分別代表所有 ΔN 、 ΔE 、 ΔP 的中誤差。

(5-3) 實驗結果與討論

(5-3-1)、神經網路應用於地籍資料 TWD67 與 TWD97 坐標轉換有關參數值設定之實驗

利用神經網路方式進行坐標轉換時，事先需決定許多重要的參數，網路才能夠有效運作及演算。其中，對於轉換結果影響最大的，為訓練函數以及隱藏層神經元數目，以下分別針對決定這兩項參數進行相關實驗分析：

(5-3-1-1)、使用不同訓練函數成果分析

首先，試驗在隱藏層神經元數目固定為 10 時，找出最適合的神經網路訓練函數為何？比較分析之神經網路訓練函數共有四種：‘trainbr’ (Bayesian regularization backpropagation), ‘trainlm’ (Levenberg-Marquardt backpropagation), ‘traingcf’ (Conjugate gradient backpropagation with Fletcher-Reeves updates), and ‘traingdx’ (Gradient descent with momentum and adaptive learning rate backpropagation) (Demuth and Beale, 2002)。

表 1 與表 2 所示，分別為台灣地區與台中市地區，以神經網路執行地籍資料 TWD67 與 TWD97 坐標轉換，採用不同訓練函數，檢核點對應之 $\sigma_{\Delta N}$ 、 $\sigma_{\Delta E}$ 、 $\sigma_{\Delta P}$ 統計表。由表 1 與表 2 的結果顯示，以採用 trainbr 訓練函數來進行坐標轉換，所得的精度為最佳，因此在後續的實驗過程中，訓練函數均採用 trainbr 訓練函數。

表 1、台灣地區，採用不同訓練函數，檢核點對應之 $\sigma_{\Delta N}$ 、 $\sigma_{\Delta E}$ 、 $\sigma_{\Delta P}$

訓練函數	$\sigma_{\Delta N}$ (cm)	$\sigma_{\Delta E}$ (cm)	$\sigma_{\Delta P}$ (cm)
trainbr	18.54	16.22	24.63
trainlm	18.55	19.52	26.93
traingcf	21.22	19.93	29.11
traingdx	22.17	20.85	30.43

表 2、台中市地區，採用不同訓練函數，檢核點對應之 $\sigma_{\Delta N}$ 、 $\sigma_{\Delta E}$ 、 $\sigma_{\Delta P}$

訓練函數	$\sigma_{\Delta N}$ (cm)	$\sigma_{\Delta E}$ (cm)	$\sigma_{\Delta P}$ (cm)
trainbr	1.92	1.11	2.22
trainlm	2.86	1.52	3.24
traingcf	2.97	1.77	3.46
traingdx	3.05	2.04	3.67

(5-3-1-2)、使用不同隱藏層神經元數目成果分析

本節主要探討以神經網路執行地籍資料 TWD67 與 TWD97 坐標轉換，適合台灣地區與台中市地區的隱藏層神經元最佳數目為何？經過試驗後（王奕鈞，2006），表 3 與表 4 所示，分別為台灣地區與台中市地區改變隱藏層神經元數目，估算檢核點的精度統計表。從表 3 的結果顯示，適合於台灣地區的最佳的隱藏層神經元數目為 6 個。依據表 4 的結果顯示，對於台中市地區的隱藏層神經元最佳數目為 13。

表 3、台灣地區，神經元數目由 5 至 10 時，檢核點對應之 $\sigma_{\Delta N}$ 、 $\sigma_{\Delta E}$ 、 $\sigma_{\Delta P}$

隱藏層神經元數目	$\sigma_{\Delta N}$ (cm)	$\sigma_{\Delta E}$ (cm)	$\sigma_{\Delta P}$ (cm)
5	19.07	16.58	25.27
6	18.54	16.22	24.63
7	18.87	16.23	24.89
8	19.14	16.22	25.09
9	18.89	17.60	25.82
10	18.63	17.04	25.25

表 4、台中市地區，神經元數目由 10 至 15，檢核點對應之 $\sigma_{\Delta N}$ 、 $\sigma_{\Delta E}$ 、 $\sigma_{\Delta P}$

隱藏層神經元數目	$\sigma_{\Delta N}$ (cm)	$\sigma_{\Delta E}$ (cm)	$\sigma_{\Delta P}$ (cm)
10	1.92	1.11	2.22
11	1.70	1.25	2.11
12	1.68	1.08	2.00
13	1.64	1.05	1.95
14	1.78	1.07	2.08
15	2.44	1.35	2.79

(5-3-2)、網格式地籍資料 TWD67 與 TWD97 坐標轉換模式實驗結果分析

由於神經網路本身使用上的特性，也就是其訓練成果僅存在於訓練完畢當時的 MATLAB 作業環境內，而無法以函數或其他方式呈現。有鑑於此，為了進一步提升神經網路於地籍坐標轉換使用上的應用性，本研究嘗試建構一個利用規則網格為基礎的坐標轉換模式。利用經過訓練好的神經網路所建構的新坐標規則網格，依據待定點的位置，內插出該點所對應之新坐標系統坐標值（王奕鈞，2006）。

為了驗證所提出的網格式坐標轉換模式的效用，以台灣地區實驗資料為例，區域內 225 個參考點資料將被用以訓練神經網路，神經網路的參數設定將採用上節的最佳實驗結果；其他 70 個檢核點，將被用以評估坐標轉換的精度；改變網格邊長從 1200 公尺增加到 5000 公尺，利用前節所述網格式坐標轉換模式建立的步驟，求取所有檢核點的轉換後坐標，進而計算其相對應的精度，有關成果如表 5 所示。以相同步驟處理台中市地區的資料，但是網格邊長改變從 100 公尺增加到 1500 公尺，有關成果如表 6 所示。

根據表 5 結果顯示，以台灣地區實驗資料建立的網格式坐標轉換模式，當網格邊長為 3000 公尺時，坐標轉換精度最佳。而由表 6 結果顯示，以台中市地區實驗資料建立的網格式坐標轉換模式，當網格邊長為 1000 公尺時，坐標轉換精度最佳。

表 5、台灣地區改變網格邊長，網格式坐標轉換模式對應檢核點之 $\sigma_{\Delta N}$ 、 $\sigma_{\Delta E}$ 、 $\sigma_{\Delta P}$

網格邊長	$\sigma_{\Delta N}$ (cm)	$\sigma_{\Delta E}$ (cm)	$\sigma_{\Delta P}$ (cm)
1200M	20.46	20.99	29.31
1500M	20.23	21.08	29.22
2000M	19.76	20.73	28.64
3000M	19.78	20.25	28.31
5000M	19.83	20.42	28.46

表 6、台中地區改變網格邊長，網格式坐標轉換模式對應檢核點之 $\sigma_{\Delta N}$ 、 $\sigma_{\Delta E}$ 、 $\sigma_{\Delta P}$

網格邊長	$\sigma_{\Delta N}$ (cm)	$\sigma_{\Delta E}$ (cm)	$\sigma_{\Delta P}$ (cm)
100M	2.72	3.08	4.11
250M	2.09	2.02	2.91
500M	2.07	1.98	2.86
1000M	2.13	1.40	2.55
1500M	2.04	1.59	2.59

(5-3-3)、神經網路、網格式、四參數與六參數等坐標轉換精度比較

為了更進一步說明神經網路與網格式在地籍資料 TWD67 與 TWD97 坐標轉換的效用，將前述利用神經網路與網格式在地籍資料 TWD67 與 TWD97 坐標轉換的最佳精度結果整理後，與利用最小二乘法的四參數與六參數，執行坐標轉換的精度列表(王奕鈞, 2006); 再利用最小二乘配置法 (Least Squares Collocation, LSC)處理四參數與六參數，分別以四參數+LSC、六參數+LSC 代表之。台灣地區、台北市地區與台中市地區的實驗結果，分別列於表 7、表 8 與表 9 表示之。

表 7 至表 8 中之坐標轉換模式有六種：四參數、六參數、四參數+LSC、六參數+LSC、神經網路以及網格式坐標轉換模式。從表 7 之結果可知，對於大面積的坐標轉換，如台灣地區，利用神經網路坐標轉換，無論在 $\sigma_{\Delta N}$ 、 $\sigma_{\Delta E}$ 、 $\sigma_{\Delta P}$ 上，均明顯優於其他幾種轉換方式；至於網格式坐標轉換模式，在 $\sigma_{\Delta N}$ 、 $\sigma_{\Delta E}$ 、 $\sigma_{\Delta P}$ 方面略優於四參數轉換結果，而與六參數結果相當；由表 8 與表 9 結果顯示，對於較小面積的坐標轉換，神經網路坐標轉換的精度仍然最佳；但是，網格式坐標轉換模式，在 $\sigma_{\Delta N}$ 、 $\sigma_{\Delta E}$ 、 $\sigma_{\Delta P}$ 方面略優於四參數轉換結果，而與六參數結果稍遜一些。

表 7、台灣地區，不同轉換方式對應之檢核點 $\sigma_{\Delta N}$ 、 $\sigma_{\Delta E}$ 、 $\sigma_{\Delta P}$

坐標轉換模式	$\sigma_{\Delta N}$ (cm)	$\sigma_{\Delta E}$ (cm)	$\sigma_{\Delta P}$ (cm)
神經網路	18.54	16.22	24.63
網格式	19.78	20.25	28.31
六參數+LSC	18.23	21.16	27.93
四參數+LSC	22.35	22.19	31.49
六參數	18.28	21.88	28.51
四參數	19.80	25.47	32.26

表 8、台北市地區，不同轉換方式對應之檢核點 $\sigma_{\Delta N}$ 、 $\sigma_{\Delta E}$ 、 $\sigma_{\Delta P}$

坐標轉換模式	$\sigma_{\Delta N}$ (cm)	$\sigma_{\Delta E}$ (cm)	$\sigma_{\Delta P}$ (cm)
神經網路	01.75	01.00	02.02
六參數+LSC	04.53	05.28	06.96
四參數+LSC	04.56	05.48	07.13
六參數	05.12	05.56	07.56
四參數	05.17	05.72	07.71

表 9、台中市地區，不同轉換方式對應之檢核點 $\sigma_{\Delta N}$ 、 $\sigma_{\Delta E}$ 、 $\sigma_{\Delta P}$

坐標轉換模式	$\sigma_{\Delta N}$ (cm)	$\sigma_{\Delta E}$ (cm)	$\sigma_{\Delta P}$ (cm)
神經網路	1.64	1.05	1.95
六參數	1.50	1.58	2.18
網格式	2.13	1.40	2.55
四參數	1.77	2.27	2.88

三、參考文獻

1. 王奕鈞，(2006)，〈神經網路應用於地籍坐標轉換之研究〉，國立政治大學地政學系碩士論文，台北。
2. 林老生，(2005)，〈利用神經網路建立台灣區大地起伏模式之研究〉，《測量工程》，第 47 卷第 1 期，pp1-16。
3. 許皓寧，(2003)，〈臺北市地籍資料 TWD67 與 TWD97 坐標轉換之比較研究〉，國立中興大學土木工程學系碩士論文，台中。
4. 黃華尉，(2001)，〈TWD97 與 TWD67 二度 TM 坐標轉換之研究〉，國立成功大學測量工程研究所碩士論文，台南。
5. 溫豐文，(2003)，〈土地法〉，二〇〇三年九月修訂版。
6. 戴翰國、余致義、曾清涼，(2002)，〈利用六參數平面轉換與最小二乘配置進行小區域 TWD67 與 TWD97 之地籍資料坐標轉換—以臺北市大安通化段為例〉，《第五屆 GPS 衛星科技研討會》，pp 66-71。
7. 蘇昭安，(2003)，〈應用倒傳遞類神經網路在颱風波浪預報之研究〉，國立臺灣大學工程科學與海洋工程學系碩士論文，台北。
8. Demuth, Howard and Beale, Mark, (2002), “User’s Guide of Neural Network Toolbox For Use with MATLAB, Version 4”, The Math Works.
9. Junkins, J.L., Miller, G.W. & Jancaitis, J.R., (1973), “A weighting function approach to modeling of irregular surfaces”, Journal of Geophysical Research, Vol. 78, No. 11, April, pp1794-1803.
10. Lin, L.S., (1998), “Real-time estimation of ionospheric delay using GPS measurements”, UNISURV S-51, Reports from School of Geomatic Engineering, The University of New South Wales, Sydney, NSW, Australia.
11. Piroška Zaletnyik, (1999), “Coordinate transformation with neural networks and with polynomials in Hungary”, Geodézia és Kartográfia, Budapest, LI, No. 10. pp.12-18. (In

Hungarian).

四、計畫結果自評

基本上，本研究內容與原計畫大致相符，部分的研究結果已發表於：(1) 台灣土地研究（民國九十六年五月），第十卷第一期，第 53 頁至第 69 頁，(2) 第二十五屆測量及空間資訊研討會（2006 年 9 月）、(3) 第四屆土地研究學術研討會（2006 年 10 月）(4) ACRS 2006（2006 年 10 月）。

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

95 年 10 月 17 日

附件三

報告人姓名	林老生	服務機構 及職稱	國立政治大學地政學系 副教授
時間 會議 地點	9-13 October, 2006 Chinggis Khaan Hotel, Ulaanbaatar, Mongolia.	本會核定 補助文號	中華民國 95 年 06 月 22 日核定 計畫編號： NSC 95-2415-H-004-013-
會議 名稱	(中文) 第二十七屆亞洲遙感探測學術研討會 (英文) The 27 th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2006)		
發表 論文 題目	(中文) 利用神經網路實施地籍坐標轉換之研究 (英文) A Study on Cadastral Coordinate Transformation Using Artificial Neural Network		
<p>報告內容應包括下列各項：</p> <p>一、 參加會議經過</p> <p>第二十七屆亞洲遙測研討會(ACRS2006)屬於亞洲遙測學會(Asian Association on Remote Sensing)的年會，每年由會員國輪流主辦，去年在越南舉行，今年則由蒙古主辦。研討會的主要目的有：各會員國的技術交流、論文發表、廠商產品介紹等。</p> <p>本屆會議在蒙古的烏蘭巴托的成吉思汗大飯店之國際會議廳舉行，由蒙古的航測與遙測學會主辦，從十月九日至十月十三日，共舉行五天。首先，大會在十月九日早上在蒙古文化局大會廳舉行，由蒙古國的教育文化與科學部部長 Dr. Oe. Enjhtuvshin 主持下正式開幕，並邀請有關學者專家致詞，之後並舉行蒙古音樂表演，共歷時約兩個小時。開幕式後，則在成吉思汗大飯店之國際會議廳舉行 ACRS 2006 研討會。研討會採用 Oral 與 Poster Presentation 兩種。Oral Presentation，每天每個時段共有四個會期同時進行。至於 Poster Presentation，則集中於每天下午舉行。大會於十三日中午舉行閉幕式，並預告 2007 年的年會將於馬來西亞的吉隆坡舉行。</p> <p>大會雖然以遙測為主軸，然而各項論文發表與研討並不侷限在遙測領域，事實上，凡是與遙感探測有關的學術與技術，如全球定位系統(GPS)、地理資訊系統 (GIS)、環境評估等領域都有數量頗多的論文發表。本人的論文被安排在 10 月 12 日早上的 Session H-2 發表，該會期的主題是 Mapping。論文發表後，有五位與會學者提出問題，經過交流討論後對筆者後續的研究頗有助益。</p> <p>本次大會有數十個國家的三百多位代表參加，共發表 168 篇口頭報告論文 (Oral Papers) 及 126 篇海報式論文 (Poster Papers)。由於我國是亞洲遙測學會的會員國之一，所以，國內有許多的專家學者參加今年的 ACRS 大會，根據統計國內約有 83 位專家學者與會 (佔大會出席國家的第二名)，並於大會中發表多篇論文，頗獲好評。</p>			

二、 與會心得

就會議中發表論文之廣度而言，如同上節所述，與遙測有關的學術領域很廣，因此，會中發表的論文包含 GPS、GIS、製圖、地質、環境等領域的文章；就論文的深度而言，所有被大會接收且能在大會發表者，幾乎是來自各地對遙測有關學術學有專精的學者、研究者（群）、儀器製造者等。因此，從參加論文發表會可以吸收很多遙測有關學術學的新發展和新趨勢。然而，美中不足的就是時間有限，很多精采的論文發表場次無法參加。

就大會的主辦情況而言，要舉辦大型的國際會議很不簡單，尤其是經濟條件並不理想的蒙古。會場的佈置、會期的排定、主持人與論文發表者的安排等，皆顯得井然有序，讓人印象深刻。

三、 考察參觀活動（略）

四、 建議

歷年來我國參加亞洲遙測研討會的人數與被大會接受的論文數目，在所有會員國中皆名列前面幾名。主要原因之一，乃是由中華民國航空測量及遙感探測學會，對於該學會合乎條件的會員提供部分旅費補助。然而，國內的有關學會財務狀況已有越來越困難的情況產生。因此，為了維持一定的出席國際會議人數，以增加我國的國際曝光率，建議：(1) 請相關單位，將各類型國際會議資訊，藉各種管道通知相關單位、人員。(2) 在國家財政允許狀況下，給予參與國際會議人員更充分的經費補助，以有效提昇國際地位與擴大國際交流。

五、 攜回資料名稱及內容

- (1) CD-ROM Proceedings of ACRS 2006。
- (2) Program of ACRS 2006。
- (3) 其他遙感探測相關資料。

六、 其他