

多張影像的接圖方法

A Method for Registering Multiple Images

林啟芳*、王銘源

Chi-Fang Lin* and Ming-Yuan Wang

元智大學 電機暨資訊工程研究所

Institute of Electrical Engineering and Computer Engineering and Science

Yuan-Ze University

Chungli, Taiwan, 32026 Republic of China

*cscflin@saturn.yzu.edu.tw

摘要

本論文提出多張影像的接圖方法。我們提出以階層方式來擷取各小圖形影像上的特徵點。再以類似赫弗(Hough)投票的方法來建立特徵點的對應關係。另外我們提出疊代(iteration)方法，來逐步修正各小圖之整體轉換矩陣，使整體接圖效果為較佳。

關鍵字：影像接圖、特徵擷取、點對應、赫弗(Hough)投票、疊代法

Abstract

In this paper, a novel method to register multiple images is presented. We modify the extraction method presented by [12] by detecting features in a hierarchical manner. A Hough-like method is developed to achieve better result. We also develop a method that can be utilized to refine the registration result iteratively.

Keywords: Image registration, Feature Selection, Point Pattern Match, Iteration Method

I. 研究背景與動機

在影像處理的領域中，影像接圖問題是一項基本且重要的工作。例如醫學影像、空中拍照、立體掃描等，因為取像儀器一次只能拍到一小範圍的影像，因此必須分多次拍攝局部小影像，再利用接圖的方法來將這些小影像接合成單一大影像。若要用人工方式來接圖，調整過程不但耗時，並且不容易調到精確的結果。故必須要將接圖調整過程自動化，以獲得最佳接圖效果。此為本論文之主要研究課題。

基本上影像接圖問題可以分為兩張影像接圖與多張影像接圖問題。在兩張影像接圖方面，所要考慮的問題比較單純。通常做法是以其中一張影像當做參考影像，調整另一張影像相對於參考影像的位移與旋

轉角度，使兩張影像的接圖效果為最佳。而多張影像接圖不但要考慮兩兩鄰近小圖的接合效果，還要顧及到整體的接圖效果，因為局部調整得好並不代表整體也調得很好，通常要經過數次的調整，慢慢調到接近完美的接圖效果。所以兩張影像接圖問題是屬於局部最佳化的問題，而多張影像接圖問題則是屬於整體最佳化的問題。

要完成兩張影像接圖，有兩個問題必須解決：一是特徵擷取，另一則是建立特徵之對應關係。在特徵擷取方面，所擷取出的特徵，可大致分為四類 [1]：(1)可見特徵，例如邊緣、轉角以及輪廓；(2)轉換係數特徵，例如傅立葉描述子及波元轉換(wavelet transform)[2]；(3)代數特徵，如奇異值(singular values)[3]；及(4)統計特徵，如矩量不變性 [4]。我們擬以某些特殊的點來當做特徵，其好處在比對過程中，只需處理這些點特徵，而不需處理整張影像，這有助於處理速度的提昇。

另外在建立對應關係方面，其演算法一般可大略分為兩大類：(1)以特徵為基準 [5, 6]；和(2)以區域為基準 [7, 8]。以特徵為基準的方法其精確性取決於被處理的影像之間是否有足夠好的共同架構。例如在兩張影像間是否提供足夠大的重疊面積。相對而言，以區域為基準提供關聯性的方法，使用視窗點來決定對應位置，對於大部分的情形有較精確的效果，但此法非常耗費計算時間而且容易受旋轉角度的影響。有關兩張影像的接合方法可參考[4-9]，而有關多張影像的接合方法介紹如下。

Chen 和 Medioni [10]提出多張影像的接合方法。所提方法的主要特點是避開點對應問題。其主要做法是對同一表面在不同位置所得之影像，對其中一張影像上之控制點，以最近距離的觀念，直接交於另一張影像的某一點作為對應點，以此方式求得二張影像之轉換矩陣。而在多張影像接合問題上，所提方法則是採逐次接合的方式，即新影像必須與前次已完成接合之影像進行接合。很明顯的其缺點是一張影像一旦完成接合後，則其位置不會再更動，並不考慮到後續影像對其位置之影響，無法獲得全域最佳化的接圖

結果。

Bergevin 等人[11]則改進[10]無法獲得全域性最佳接圖的缺點。其主要作法是將多張影像以星狀拓撲樹(star topological tree)來表示。為達全域最佳化的結果，他們提出疊代方法，利用[10]所提接合兩張影像的技巧，並使此星狀拓撲樹各節點之誤差(每一節點代表一張影像，而節點間之誤差代表影像接合誤差)達到平衡。此方法的缺點則是處理耗時，且一旦有二張影像因某種因素(例如二張影像之重疊區域不夠)導致此二張影像無法接合時，則無法建立對應之星狀拓撲樹。

在本論文中我們發展一套多張2-D影像自動接合系統。所提出的方法，基本上要能解決上述問題，並且要能在短時間內完成一張大影像的接圖工作。在一些應用系統中，例如在地理資訊系統，需要輸入大張圖形之影像資料。由於所要掃描的圖形其大小超過一般平台式掃描器所能接受的尺寸，如果以特殊設計之掃描器來加以掃描，則所需成本高昂，不符合經濟效益。因此本論文的主要目的是提出接圖方法，來接合由低成本之掃描設備，例如手握式掃描器，所獲得之多張小圖形影像資料，以獲得完整之大圖形影像資料。我們首先將大圖形分成數個重疊之小區域，分別加以掃描成小圖形影像資料。對每一張小圖形影像資料，我們以階層方式來擷取特徵點。此做法之好處包括：(1)可以節省特徵點擷取所需時間；及(2)可確保每一小圖形上被擷取之特徵點數量維持在某一合理範圍內。接著我們提出以類似赫弗(Hough)投票的方法來建立特徵點的對應關係，並計算出所有兩兩相鄰小圖形之間的轉換矩陣。另外還提出方法來計算出大圖形之初步接合結果。最後提出疊代(iteration)方法，來逐步修正各小圖形之整體轉換矩陣，使得整體接圖之效果為較佳。

本篇論文之內容安排如下。第一節介紹多張影像接圖的動機與背景，並對其他接圖系統所使用方法做回顧與比較。在第二節對系統流程做一完整介紹，並指出 Lin and Lee [12] 所提兩張影像接圖方法可能遇到的問題。第三節針對 [12] 所遇到的問題提出改良方法，並對多張影像接圖的方法做更詳細說明。第四節對實驗結果做分析與討論。第五節做一結論。

II. 系統流程與兩張影像接圖方法之介紹

2.1 系統流程介紹

在我們所提的多張影像接圖法中，可分為五個步驟，其處理流程如圖一所示。以下大略說明每個步驟的處理方法。

步驟 1. 對大張圖形進行多次小區域掃描

對大張圖形的掃描方式，是在其上之垂直方向分成 a 列，在水平方向分成 b 行，共分成 $a \times b$ 個區域，由上而下、由左而右依序對每個區域加以掃描。而掃描時，上下與左右相鄰的兩個區域之間必須有部分重疊，以便在進行比對接圖時能有所依據。

步驟 2. 特徵擷取

在此步驟中，我們利用 Lin 和 Lee [12] 所提方法，

對步驟 1 對小區域掃描所得之小圖形影像資料加以擷取其點特徵。我們以階層方式來擷取特徵，可加快擷取速度，並確保特徵點數在某一合理範圍內。

步驟 3. 建立特徵點的對應關係

根據上一步驟所得各小圖形之特徵點來找出兩兩相鄰區域之間的特徵點對應關係。利用這些對應關係，可以找出兩兩小圖形間彼此之最佳特徵點配對，並進而求出兩張小圖的最佳接合參數。我們提出類似赫弗投票的方法，可以找出較正確的特徵點配對，進而提高接圖的正確性與精確度。

步驟 4. 計算初步整體轉換矩陣

對經前述步驟處理之 $a \times b$ 張小圖，我們以由上至下，由左至右之處理順序，進行轉換矩陣之計算，以獲得大圖形的初步接合結果。

步驟 5. 整體接圖的疊代調整

對前一步驟所獲得之初步接合結果，我們提出疊代方法來進行整體接圖之調整，以求得更精確的接圖效果。所提方法之細節內容，將於第三節中進行討論。

2.2 兩張影像接圖方法之介紹

在本節中，我們介紹 Lin and Lee [12] 所提兩張影像的接圖方法。其方法可以分為兩個步驟：(1)擷取特徵及(2)建立對應關係。在特徵擷取方面，利用一圓形視窗來擷取視窗中心點之灰階值。當此值是視窗內所有灰階值之最大者，則選為特徵點，用來做為下一步驟中建立對應關係之依據。為了減少因影像位移和旋轉而造成找局部最大值時的誤差，[12]將視窗設計成圓盤狀，如圖二所示為一 5×5 的圓形視窗例子。在此圓盤視窗中，因為並不是每一方格皆完全落於圓內，有的跨在圓周上，有的完全落於圓外，故其比重不同。完全落於圓內的比重為 1，完全落於圓外的比重為 0，而跨於圓周上的方格之比重設定為介於 0 與 1 之間，必須用積分方式將比重精確算出。

對每張小圖擷取出點特徵之後，接著要對這些不同圖形上之點特徵來進行比對，所用的比對方法為鬆弛法。比對完後將產生一個 2-D 的機率陣列。[12]提出最小失誤選擇法來選出最佳的特徵點配對，最後再由這些點配對關係求出兩張相鄰小圖之間的轉換矩陣。

前述方法對接合兩張圖形提出一個很好的解決辦法，但可能會引發兩個問題。其一是當影像的尺寸較大時，需使用較大的圓盤視窗來擷取特徵，以免因使用小型圓盤視窗而得到過多的特徵點，造成建立點對應關係時，需大量計算時間的問題。但使用大型圓盤視窗時，將使擷取特徵點的所需時間大幅成長，因而降低接圖的整體效率。另一個問題是使用鬆弛法來尋找最佳配對特徵點時，若實際上無法相配對的特徵點過多時，容易造成配對錯誤，而得到不正確的點對應關係，進而影響到整體接圖之正確性。針對以上兩個問題，我們分別提出改善的方法，這些改善的方法將於下節中做詳細說明。

III. 多張影像接圖方法之介紹

3.1 兩張影像接合改良法

對於第二節所提到的兩項缺失，我們分別提出改善方法來加以解決。針對第一項因使用大型圓盤視窗而造成擷取特徵時，需花費大量時間的這項問題，我們所提出改善的方法是採用階層的觀念來擷取特徵。方法說明如下。

假設每張影像所要擷取出的點數限定在介於 N_{\min} 和 N_{\max} 之間。首先利用 5×5 圓盤視窗來擷取特徵，若點數超過 N_{\max} 時，則改以 7×7 圓盤視窗對剛才所擷取出的特徵點繼續篩選，若篩選完仍超過 N_{\max} ，則改以更大的圓盤視窗繼續篩選，依此類推。若篩選後點數未滿 N_{\min} ，則特徵點採前一步驟未篩選的特徵點，理由是避免因特徵點太少而造成實際正確的配對點不夠，而影響接圖的正確性。以上方法與直接採用大型圓盤視窗來擷取特徵點作比較，不但較為快速，且各張影像所得特徵點數也能控制在一合理範圍內，進而改善兩張圖形的接合效果。

針對第二項缺失，當使用鬆弛法來尋找最佳配對特徵點時，若實際上無法相配對的特徵點過多時，容易造成配對錯誤，而得到不正確的接圖結果。我們所提的解決方法為，在使用鬆弛法來產生 2-D 機率陣列之前，先利用類似赫弗轉換法的技巧，來過濾掉不可能的特徵點配對，方法敘述如下。首先建立一個 3-D 的投票箱，每一票格所代表的三個參數分別是平移參數 T_x 、 T_y 以及旋轉參數 θ 。令兩張影像分別是參考影像和待調影像，其特徵點集合分別是 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 和 $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ 。對於 P 中的任兩點 $p_i, p_h, i \neq h$ ，和 Q 中的任兩點 $q_j, q_k, j \neq k$ ，若 p_i 到 p_h 的距離(記為 $\overline{p_i p_h}$)近似於 q_j 到 q_k 的距離(記為 $\overline{q_j q_k}$)，表示 p_i 和 q_j 及 p_h 和 q_k 可能是特徵點配對，則計算 q_j 轉換成 p_i 以及 q_k 轉換成 p_h 所需的轉換參數 (T_x, T_y, θ) 如下(參考[13])：

$$\begin{aligned} T_x &= x_i - x_j \cdot M + y_j \cdot N, \\ T_y &= y_i - y_j \cdot M - x_j \cdot N, \text{ 及} \\ \theta &= \tan^{-1}(N/M), \end{aligned}$$

其中

$$\begin{aligned} M &= \frac{(x_k - x_j)(x_h - x_i) + (y_k - y_j)(y_h - y_i)}{(x_k - x_j)^2 + (y_k - y_j)^2}, \\ N &= \frac{(x_k - x_j)(y_h - y_i) + (y_k - y_j)(x_h - x_i)}{(x_k - x_j)^2 + (y_k - y_j)^2}. \end{aligned}$$

所有可能的 $(i, j; h, k)$ 組合，經由上式計算出 (T_x, T_y, θ) 值後，在對應票格內加 1，接著從投票箱中找出票數最大的 (T_x, T_y, θ) 組合，並找出所有投給此組合的所有特徵點配對，以鬆弛法產生一個 2-D 機率陣列。在[12]中所用的鬆弛法其公式為

$$P_y^{(r+1)} = \frac{\sum_{k \neq j} \max [P_{hk}^{(r)} \cdot c(i, j; h, k)]}{m-1}, \quad r = 1, 2, \dots,$$

其中 $1 \leq i, h \leq m$ 且 $1 \leq j, k \leq n$ 。 $c(i, j; h, k)$ 的定義如下：

$$c(i, j; h, k) = \frac{1}{1 + \Delta},$$

其中

$$\Delta = \frac{|p_i p_h - q_j q_k|}{p_i p_h + q_j q_k}.$$

但在我們的方法中，因為靠前述赫弗方法的輔助，可以明顯地分辨出哪些配對是正確的，而哪些是錯誤的。與方法[12]比較起來，原來的方法必須經過數次疊代，以便將正確配對與錯誤配對的機率逐漸拉開，而現在則只需一次疊代即可，其做法為

$$P_y^{(1)} = \frac{\sum_{k \neq j} \max [P_{hk}^{(0)} \cdot c(i, j; h, k)]}{m-1},$$

其中

$$P_{hk}^{(0)} = \begin{cases} 1, & \text{若 } (i, j; h, k) \text{ 投給票數最大者,} \\ 0, & \text{否則的話。} \end{cases}$$

所以在檢查完所有的 $(i, j; h, k)$ 組合是否投給票數最大者的同時，2-D 機率陣列也藉由上式產生出來。最後再以[12]所提的最小失誤選擇法來由此陣列中選出最佳的特徵點配對，再由這些點配對關係求出兩張相鄰小圖之間的轉換矩陣。整個流程如圖三所示。

對於兩張影像 R 和 S ，經由上述之擷取特徵及建立特徵對應關係的過程，可找出特徵點集合分別為 $P_R = \{r_1, r_2, \dots, r_d\}$ 和 $P_S = \{s_1, s_2, \dots, s_d\}$ ，且 r_i 和 s_i 是配對點， $i = 1, 2, \dots, d$ 。若欲合併 R 和 S ，且以 S 為參考影像， R 為待調影像，利用[13]的方法，可以找到一轉換矩陣 M_{RS} ，使得影像 R 經此轉換矩陣轉換後與 S 有相同基底，而且所有配對點之間距離的總和為最小，如此方能將 R 和 S 接在一起而且接合效果為最佳。

3.2 多張影像接合方法

利用前一節所討論的方法，現提出如何接合多張影像的技巧如下。首先對大圖形進行多張小圖形掃描，如圖四所示。掃描順序為由上而下、由左而右。對掃描所得之兩兩相鄰的小影像，利用前一節所提方法，求其彼此間的轉換矩陣。若是上下相鄰，則以上方影像為參考影像，下方影像為待調影像，並求出下方轉換至上方的轉換矩陣，例如以 I_{11} 為參考影像， I_{21} 為待調影像，則可求出兩者之間的轉換矩陣為 $M_{21,11}$ ，通式可表為

$$M_{y, (i-1)j}, \quad i = 2, 3, \dots, a, \quad j = 1, 2, \dots, b.$$

若是左右相鄰，則以左方影像為參考影像，右方影像為待調影像，並求出右方轉換至左方的轉換矩陣，例如以 I_{11} 為參考影像， I_{12} 為待調影像，則可求出兩

者之間的轉換矩陣為 $M_{i,j}$ ，通式可表為

$$M_{ij(i,j-1)}, i=1,2,\dots,a, j=2,3,\dots,b.$$

以上所求的轉換矩陣皆為局部轉換矩陣，接著需再進行兩個步驟，以便將所有小影像合併成一完整影像：(1)計算初步整體轉換矩陣，及(2)疊代調整整體轉換矩陣。

3.2.1 計算初步整體轉換矩陣

要將所有小影像合併成一張大影像，必須轉換所有小影像至相同基底才能合併。要達成這項目的，必須對每張小影像求其與合併後的大影像之間的整體轉換矩陣。但目前僅有每張小影像與它左方和上方小影像間的局部轉換矩陣，以下就來討論如何利用這些局部轉換矩陣來計算初步整體轉換矩陣。

對於每張小影像 I_{ij} ，其左方和上方鄰居分別是 $I_{i,j-1}$ 和 $I_{i-1,j}$ 。其經過最小誤差選擇法所選出的特徵點集合分別是 P_{ij} 、 $P_{i,j-1}$ 和 $P_{i-1,j}$ 。令 P_{ref} 表參考影像的特徵點集合， P_{adj} 表待調影像的特徵點集合，且

$$P_{ref} = P_{i(j-1)}^{(0)} \cup P_{(i-1),j}^{(0)},$$

$$P_{adj} = P_{ij},$$

其中 P_{ref} 的基底是整體座標， P_{adj} 的基底是局部座標，利用前述 3.1 節所提的方法，可求得由 P_{adj} 轉換至與 P_{ref} 同基底的初步整體轉換矩陣，令為 $M_{ij}^{(0)}$ ，其中 (0) 代表第 0 次疊代。換言之，要求出 I_{ij} 的初步整體轉換矩陣 $M_{ij}^{(0)}$ 之前，必須將其左方和上方鄰居的初步整體特徵點集合 $P_{i(j-1)}^{(0)}$ 和 $P_{(i-1),j}^{(0)}$ 先求出來（至於計算的方法將於後述）。

因為首列首行之小影像 I_{11} 沒有左方與上方鄰居，所以視為基準影像，並設其初步整體轉換矩陣 $M_{11}^{(0)}$ 之平移距離與旋轉角度皆為 0；對於第一列的小影像 I_{1j} ， $j=2,3,\dots,b$ 而言，它們只有左方鄰居而無上方鄰居，所以其參考影像為 $P_{ref} = P_{i(j-1)}^{(0)}$ ；對於第一行的小影像 I_{i1} ， $i=2,3,\dots,a$ 而言，它們只有上方鄰居而無左方鄰居，所以其參考影像為 $P_{ref} = P_{(i-1),j}^{(0)}$ 。每張小影像 I_{ij} 求出其初步整體轉換矩陣 $M_{ij}^{(0)}$ 後，即可求出初步整體特徵點集合為

$$P_{ij}^{(0)} = P_{ij} \cdot M_{ij}^{(0)}.$$

$P_{ij}^{(0)}$ 可供其右方鄰居和下方鄰居使用。上列式子相當於局部座標轉換成整體座標。所有小影像 I_{ij} 都求出其 $M_{ij}^{(0)}$ 之後，我們即可得到一張初步的完整影像。下一小節討論如何利用反覆法來進行細部微調，以期能得到更好的整體接圖效果。

3.2.2 反覆調整轉換矩陣

由於前一步驟我們求得每張影像的初始整體轉換矩陣 $M_{ij}^{(0)}$ 其整體接圖效果雖已不錯，但仍有改善空間，因此在本節中我們提出疊代法來逐步修正這些

轉換矩陣。假設 I_{ij} 與其上、下、左、右四個鄰居分別為 $I_{(i-1),j}$ 、 $I_{(i+1),j}$ 、 $I_{i,(j-1)}$ 及 $I_{i,(j+1)}$ ，其初步轉換矩陣分別為 $M_{ij}^{(0)}$ 、 $M_{(i-1),j}^{(0)}$ 、 $M_{(i+1),j}^{(0)}$ 、 $M_{i,(j-1)}^{(0)}$ 和 $M_{i,(j+1)}^{(0)}$ ，而初步整體特徵點集合分別為 $P_{ij}^{(0)}$ 、 $P_{(i-1),j}^{(0)}$ 、 $P_{(i+1),j}^{(0)}$ 、 $P_{i,(j-1)}^{(0)}$ 和 $P_{i,(j+1)}^{(0)}$ 。令 $P_{ref}^{(0)}$ 表參考影像的初步整體特徵點集合， $P_{adj}^{(0)}$ 表待調影像的初步整體特徵點集合，且

$$P_{ref}^{(0)} = P_{(i-1),j}^{(0)} \cup P_{(i+1),j}^{(0)} \cup P_{i,(j-1)}^{(0)} \cup P_{i,(j+1)}^{(0)},$$

$$P_{adj}^{(0)} = P_{ij}^{(0)}.$$

利用前述 3.1 節所使用的方法，可以得到 I_{ij} 第一次疊代的整體轉換矩陣 $M_{ij}^{(1)}$ ，使得 $P_{ref}^{(0)}$ 和 $P_{adj}^{(0)}$ 所有配對點之間距離的總和為最小。當小影像 I_{ij} 找到其新的整體轉換矩陣之後，再更新其整體特徵點集合，亦即

$$P_{ij}^{(1)} = P_{ij}^{(0)} \cdot M_{ij}^{(1)}.$$

同理再經由 $P_{ref}^{(1)}$ 和 $P_{adj}^{(1)}$ 可求得 $M_{ij}^{(2)}$ ，如此反覆疊代依此類推。整體特徵點集合的更新，我們採用兩種策略，一種是待全部小影像都計算出新的整體轉換矩陣之後，再同步更新其整體特徵點集合，稱為延遲更新。另一策略則是，每找到一張小影像新的整體轉換矩陣時，馬上更新其整體特徵點集合，稱為即時更新。兩種策略的效果，將於第四節中討論。至於該何時停止疊代，因為每次疊代所需處理時間非常短，因此我們所採用的方法是，每次疊代完即計算出平均誤差，並記錄到目前為止之最小平均誤差值。當這次疊代所找到的平均誤差比最小平均誤差小時，則更改最小平均誤差，並再往後反覆疊代 n 次。若在這 n 次的反覆疊代中找到更小的平均誤差，則以此當新的起點再反覆 n 次。若 n 次的反覆中找不到更小的平均誤差，則目前的最小平均誤差即是所要的最後結果。

IV. 實驗結果

本實驗所用到的設備敘述如下。

- (1) 個人電腦：Pentium-133 及 64MB RAM。
- (2) 影像掃描器：採用羅技之 PageScan Color 之自走式全彩掃描器，其掃描解析度為 200dpi。
- (3) 程式所使用語言：Watcom C/C++ 10.0a。

我們所處理的影像是全彩 24-bit 的影像，所以在擷取特徵之前，必須先轉換成灰階值，以節省處理時間。在顯示實際接合結果時，仍以全彩來處理。表一列出我們實驗中所有影像之規格，其中第二行表示原完整影像被分割成多少區域，第三行表示每張小圖的大小，其單位是像素(pixel)。

圖五是針對其中一張大圖之實驗結果，包含原始影像、初步完整接合影像、以延遲更新所接合的完整影像，及以即時更新所接合的完整影像。圖六顯示了在反覆調整中延遲更新和即時更新其平均誤差的差異。為方便顯示其差異性，我們對大圖之不同更新策略各執行 200 次疊代。由圖六可明顯地看出，採用即時更新策略，其平均誤差下降程度較大，且易趨於平穩，而採用延遲更新策略，則明顯地其平均誤差會往

上昇(及平均誤差增加), 且震盪幅度較大, 由此可看出即時更新的效果會比延遲更新更好。

V. 結論

本論文提出多張影像的接圖方法, 將大張圖形分成數張小圖加以掃瞄後, 再予以合併成原始完整影像。所提方法可分五大步驟: (1)將大圖分成數個重疊小圖, 個別加以掃瞄成影像資料; (2)擷取所有小圖的特徵點; (3)找出所有相鄰兩小圖的對應關係; (4)接合初始完整影像; 以及(5)整體接圖的疊代調整。

所提方法的優點包括: (1) 擷取特徵點的速度快, 且點數可控制在一合理範圍之內; (2) 利用類似Hough投票的做法, 使兩張接圖的結果更正確, 及避免找到錯誤的特徵點配對; (3) 在接合整張影像的階段, 所處理的對象是特徵點, 而非對影像所有點來做處理, 因此所需時間可以大幅減少; (4) 由於採疊代調整, 因此可以在每次的疊代過程中逐步縮小誤差而達到更好的接圖效果; 及(5) 提出即時更新策略, 實驗顯示所得接圖效果較為精確與穩定。

參考文獻

[1] J. Flusser and T. Suk, "Pattern recognition by affine moment invariants," *Pattern Recognition Society*, Vol. 26, No. 1, 1993, pp. 167-174.

[2] B. S. Manjunath, R. Chellappa, and C. Malsburg, "A feature based approach to face recognition," *IEEE Proc. Conf. Computer Vision Pattern Recognition*, Champaign, Illinois, 1992, pp. 373-378.

[3] Z. Q. Hong, "Algebraic feature extraction of image for recognition," *Pattern Recognition*, Vol. 24, No. 3, 1990, pp. 211-219.

[4] J. Flusser and T. Suk, "A moment-based approach to registration of images with affine geometric distortion," *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 32, No. 2, March 1994, pp. 382-387.

[5] Rijk D. T. Janssen and A. M. Vossepoel, "Compilation of mosaics from separately scanned line drawings," *IEEE*, 1994, pp. 36-43.

[6] H. Li, B. S. Manjunath and S. K. Mitra, "A contour-based approach to multisensor image registration," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 4, No. 3, March 1995, pp. 320-334.

[7] Q. Zheng and R. Chellapa, "A computational vision approach to image registration," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 2, No. 3, 1993, pp. 311-326.

[8] J. W. Hsich, H. Y. M. Liao, and Y. P. Hung, "Image registration using a new edge-based approach," *8th IPPR Conference on Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, Aug. 1995, pp. 20-23.

[9] Q. Tian, and M. N. Huhns, "Algorithm for subpixel registration," *Computer Vision, Graphics, Image Processing*, Vol. 35, 1986, pp. 220-233.

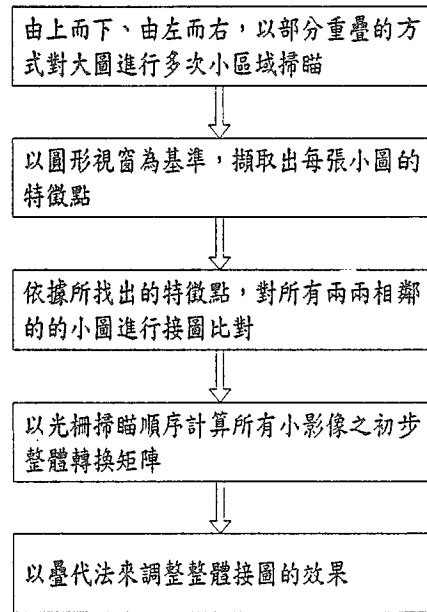
[10] Yang Chen and Gerard Medioni, "Object modelling by registration of multiple range images," *Image*

and *Vision Computing*, Vol. 10, No. 3, pp. 145-155, 1992.

[11] R. Bergevin, et al., "Towards a general multi-view registration technique," *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 18, No. 5, pp. 540-547, 1996.

[12] C. F. Lin, and C. L. Lee, "A robust method for image registration," *Proc. of IPPR Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Taiwan, R. O. C., pp. 284-292, 1995.

[13] C. C. Chen, and W. H. Hsu, "Automatic fingerprint identification - a planar point pattern match approach," *Master Thesis*, National Tsing Hua University, Taiwan, R. O. C., 1987.



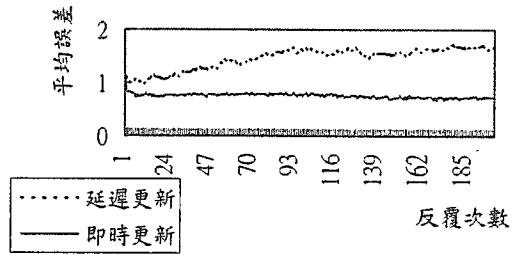
圖一、多張影像接圖方法之系統流程圖。

W_1	W_2	W_3	W_4	W_5
0.137	0.770	0.981	0.770	0.137
W_6	W_7	W_8	W_9	W_{10}
0.770	1.0	1.0	1.0	0.770
W_{11}	W_{12}	W_{13}	W_{14}	W_{15}
0.981	1.0	1.0	1.0	0.981
W_{16}	W_{17}	W_{18}	W_{19}	W_{20}
0.770	1.0	1.0	1.0	0.770
W_{21}	W_{22}	W_{23}	W_{24}	W_{25}
0.137	0.770	0.981	0.770	0.137

圖二、5×5圓盤視窗各方格的比重。

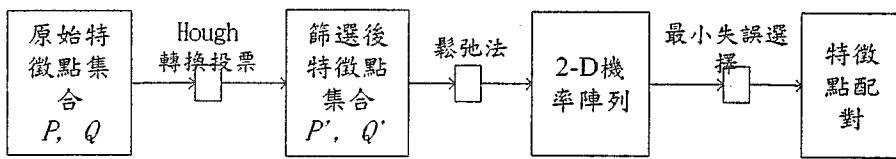
表一、測試影像之規格列表。

原始影像	小圖個數 ($a \times b$)	影像大小
T	4 x 4	400x400
U	4 x 6	300x300
V	3 x 8	300x300
W	3 x 6	500x500
X	4 x 4	300x400
Z	5 x 3	500x500

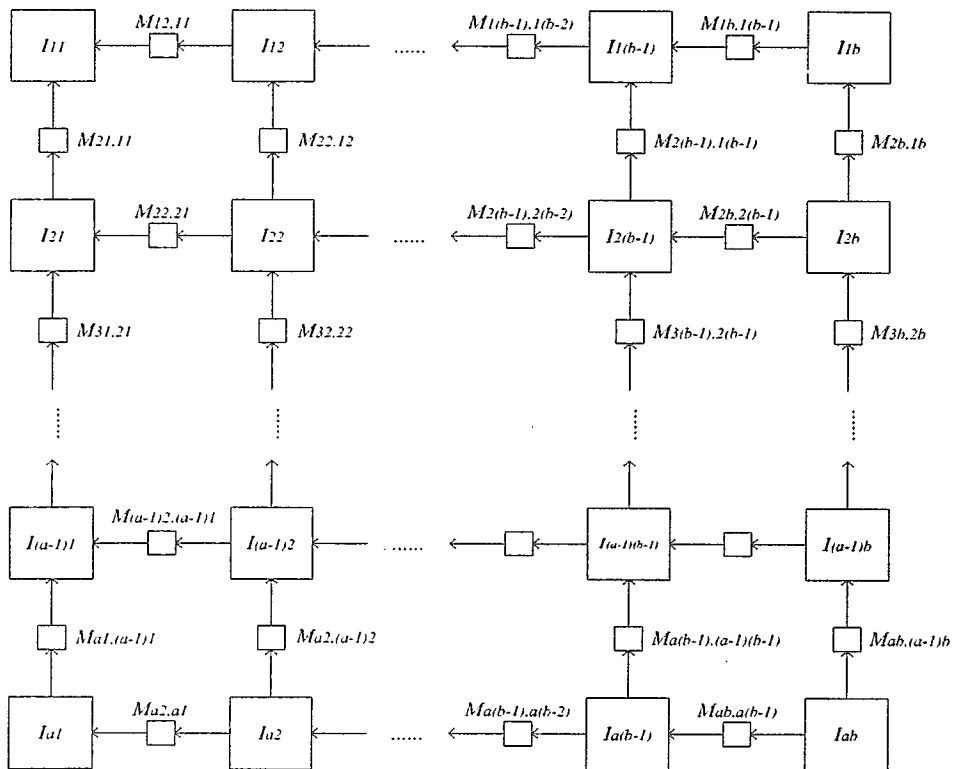


圖六、影像 Z 之整體接圖在延遲更新與即時更新策略

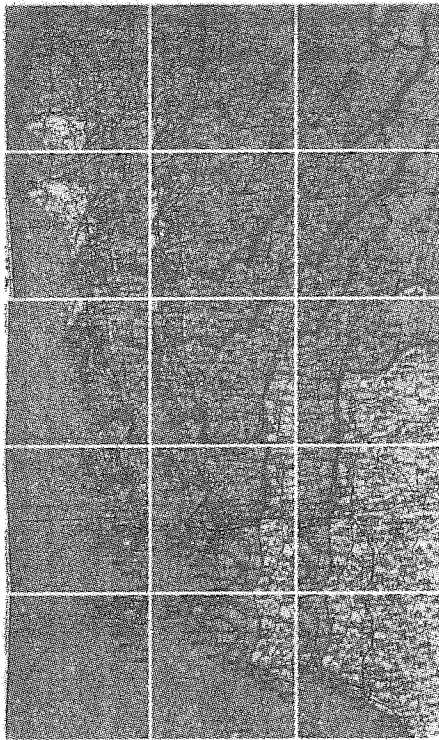
下之平均誤差。



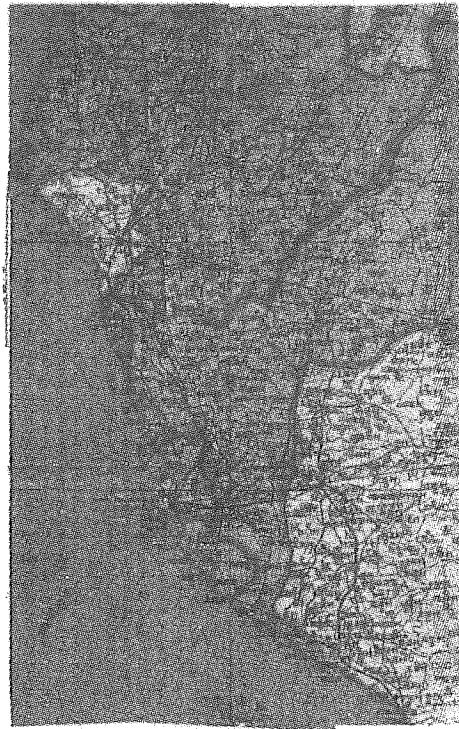
圖三、特徵點配對之處理流程。



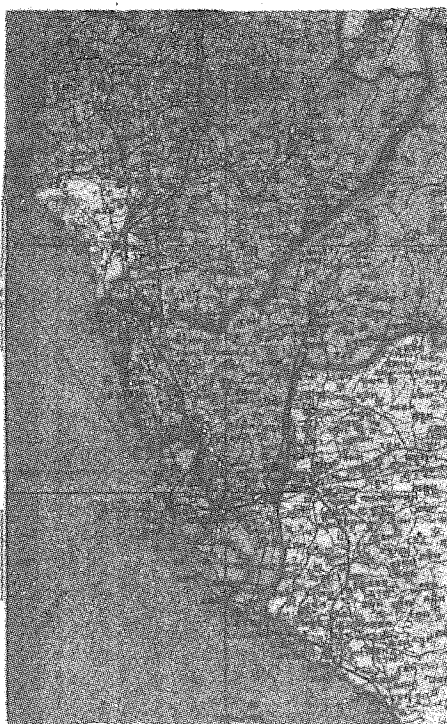
圖四、多張影像掃描與接圖之順序(由上而下，由左至右)。



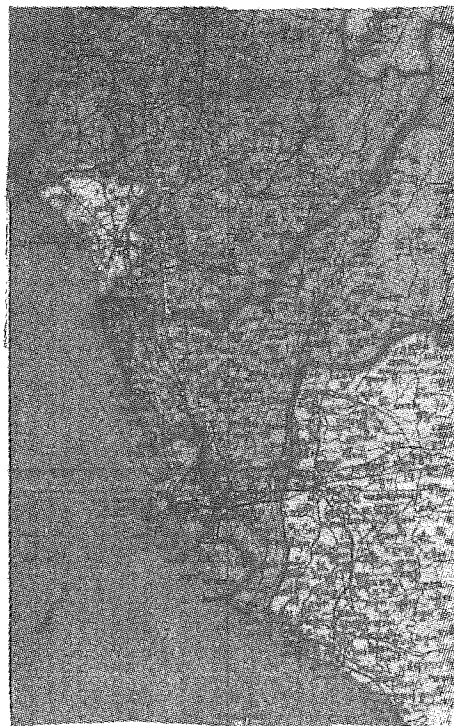
(a) 原始影像(共 15 張)。



(b) 初步接合效果。



(c) 疊代法採延遲更新的接合效果。



(d) 疊代法採即時更新的接合效果。

圖五、影像 Z 的接合效果比較。