

應用 Hough 轉換 加強連結點量測正確性之研究

徐百輝^{*} 曾義星^{**}

摘要

在數值攝影測量中進行相對方位計算之前，必須先量測立體影像對中連結點的位置。一般最常用的方法是以最小二乘匹配法求取立體影像對中的共軛點位置，但實際上常因為影像旋轉、曝光不均或者因地物高度不同產生遮蔽效應及陰影的影響，而造成匹配失敗。本文嘗試以 Hough 轉換偵測影像中房屋邊緣的直線段之位置，再求其交點當作屋角點。為了避免房屋陰影之影響，我們提出一判斷原則以偵測出真正的屋角點。本文最後以一實際之航測立體影像對來作實驗，以測試本文所提方法之可行性，所得結果證實此方法確實可以在有陰影干擾時取代最小二乘匹配法來量測正確的屋角點位置。

關鍵詞：數值攝影測量，連結點

1. 前 言

航測自動化的目的在於利用電子計算機的高速運算能力影及像處理技術處理數值航測影像，以減少人力的需求及增加工作效率；數值攝影測量 (*digital photogrammetry*) 自 1980 年代初期發展至今，已經隨著電子計算機的進步及影像處理技巧的發展而逐漸成熟，雖然目前離全自動化航測的目標還很遙遠，但一些單純且需大量人工的工作，如空中三角量測及相對方位作業程序已經可以使用影像匹配技術 (*image matching techniques*) 來自動完成⁽¹⁾。

影像匹配可以用來決定立體影像對中共軛點（及連結點）的位置，一般而言，特徵式匹配法 (*feature based matching*) 可靠度較高但精度低，比較適合做初步的起始匹配 (*initial matching*)。區域式匹配 (*aerea based matching*) 雖然可以得到很好的匹配精度，但不適合做大範圍的搜尋，共軛影像間也不能有太大的旋角或比例尺的差異，因此通常需要某一準確程度的起始值才能運作，如標準化互相關法 (*NCC, normalized cross*

* 成功大學測量工程系研究生

收到日期：84.8.31

** 成功大學測量工程系副教授

修正日期：84.12.23

接受日期：85.1.31

correlation) 要求共軛影像間不能有太大的旋角差異，且搜尋區間若太大則匹配效率會大打折扣，而最小二乘匹配法 (*LSM, least square matching*) 則必須要有極好的起始匹配值才能解算。因此目前的做法是先執行粗略的起始匹配，大致的定出二影像之概略相對方位後，再找出適當的位置進行高精度精細匹配 (*fine matching*)，以求得精確的相對方位⁽²⁾。

實際上還有很多因素會影響到匹配的成果，例如在航測立體影像對之間，都存在有幾何及輻射上的差異，有些甚至還有遮蔽、陰影及其他因素的影響，這些皆會影響最後的匹配成果，目前並沒有一種理想的匹配方法可以適用於各種影像。某些影響因素可以藉著特定的方法來降低其影響程度，例如小範圍影像之幾何差異可以經由仿射轉換 (*affine transformation*) 來改正，輻射差異則可以用直方圖等化 (*histogram equalization*) 技術將左右二影像灰度值分佈變為相似。但對於遮蔽及陰影的問題目前尚未有具體的方法可以解決，就整張影像來說，房屋、樹木等造成的陰影與整張影像的面積相比一般很小，因此可以說二張影像仍然極為相似，這樣的假設對於起始匹配來說是可以接受的。對於精細匹配來說，如最小二乘匹配所選擇之小視窗 (*windows*)，遮蔽及陰影的問題會嚴重地影響最後的匹配結果，所以一般在作精細匹配之前，都是找無高度變化的區域來匹配。在傳統的解析航測立體像對中，我們經常量測六個 *Von Gruber* 點位，作為相對方位計算之用，然而一般被視為很好的點位對象，如屋角點等在數值航測中常因房屋的遮蔽效應及陰影的關係而導致匹配失敗，就算其匹配成功，其匹配之成果與人工量測相較，也可能會差到 $100\mu m$ 以上⁽³⁾。因此若以最小二乘匹配法來匹配時，除了需提供良好之近似值之外，也必須慎選匹配點位的位置。

本研究嘗試萃取房屋邊緣的直線特徵物，並計算其交點當作屋角點，並解決房屋陰影之問題。直線特徵物之偵測方法採用的是 *Hough* 轉換⁽⁴⁾。*Hough* 轉換是圖形辨識 (*Pattern Recognition*) 領域中的一種特徵物萃取方法，可用來辨識影像中某一特徵物的位置及相關資訊。理論上不管任何形狀的特徵物，只要預先給定描述其形狀的數學模式及參數，便可以 *Hough* 轉換找出其在影像中之位置，不受比例尺變化及旋角之影響。因此本文利用 *Hough* 轉換找出房子屋頂之直邊緣線之後，再求其交點當作屋角點。另外在偵測屋角點時尚必須考慮房屋陰影的問題，因為房屋陰影邊緣的直線及陰影角落點亦會被偵測出來，本文提出一簡單的判斷法則來判斷那一點是屋角點，而將其保留，屬於陰影角落點的則將其剔除。

2. Hough 轉換之基本理論

Hough 轉換的目的是從二元影像中找出屬於某一種型別的所有點及描述此型別的參數值。其基本原理是先給定一描述某種型別的數學函式，再從影像空間 (*image space*) 中把所有可能屬於此種型別上的影像特徵點 (*feature point*)，經此數學函式轉換到參數

空間 (*parameter space*) 中所有相對應的參數值，最後再經過群集偵測 (*cluster detection*) 的處理程序找出此型別的參數值。換一句話說，*Hough* 轉換就是將影像空間中比較困難的整體偵測問題，轉換成參數空間中比較容易的局部群集偵測問題⁽⁵⁾。

2.1 Hough 轉換之基本原理

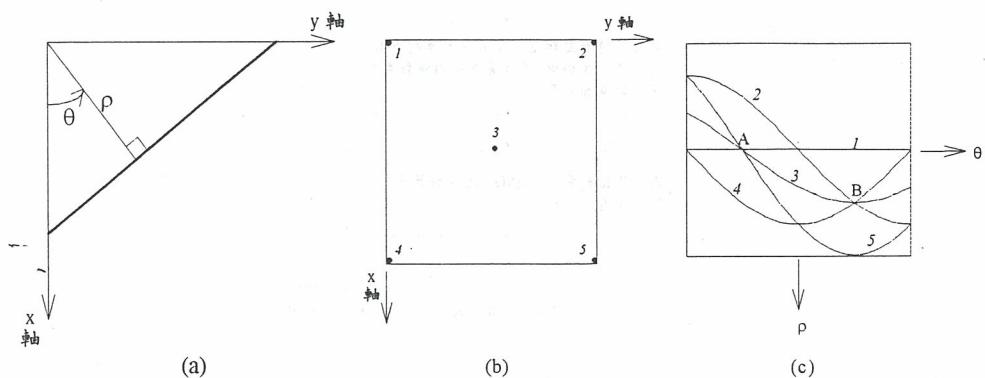
本研究的主要目的是找出直線段 (*line segment*) 的位置，因此在這裡將以偵測直線段的例子說明 *Hough* 轉換的基本原理及特性：

我們可以直線之法線向量 (*normal vector*) 來表示一條直線⁽⁶⁾，其數學函式如下：

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (2-1)$$

其中 $\hat{\theta}$ 為法線與 x 軸之夾角，又稱為方向角， ρ 為法線從原點到直線之距離，為直線之兩個參數，如圖 1.(a) 所示。因此參數空間的維度與影像空間一樣，皆是屬於二維的空間。影像空間中的一個點映射到參數空間中將形成一條正弦曲線。而參數空間中正弦曲線的交點位置代表的便是直線的參數值。也就是說在影像空間中，直線 $\rho = x \cos \hat{\theta} + y \sin \hat{\theta}$ 上 m 個共線的點，轉換到參數空間後將產生 m 條正弦曲線相交於 $(\hat{\theta}, \rho)$ 。

圖 1.(b) 為一張具有五個特徵點的影像，圖 1.(c) 為這些點映射在參數空間的正弦曲線， θ 角的範圍在 $\pm 90^\circ$ 之間， ρ 的範圍則是 $\pm D$ 之間，其中 D 是影像的對角線長度。點 A 為影像中點 1、3、5 映射參數空間中的三條曲線的交點，其位置表示了點 1、3、5 是位於經過原點 ($\rho=0$) 且方向角 θ 為 -45° 的直線上。點 B 則為影像中點 2、3、4 映射參數空間中的三條曲線的交點，其位置表示了點 2、3、4 是位於 $\rho = \frac{1}{2}D$ 且方向角 θ 為 45° 的直線上。



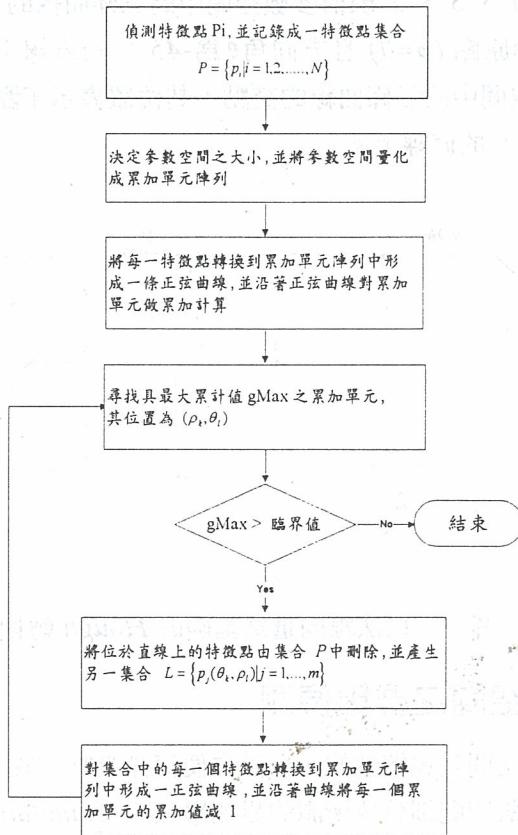
圖一 以法線向量為基礎的 *Hough* 轉換

2.2 Hough 參數空間之群集偵測

前一節所提的參數空間是連續性的，為了方便偵測交點位置及記錄有多少個點在同一條直線上，必須將參數空間細分成所謂的累加單元 (*accumulator cells*)，也就是將參數空間予以量化。在偵測直線段時，因為直線的參數只有兩個，因此以一個二維陣列來

代替參數空間，此陣列又稱為累加單元陣列 (*accumulator array*)，其中的每一個元素便是一個累加單元，其初始化的值皆設為零。當我們從影像中分別將所有的特徵點轉換到參數空間成一條直線時，此直線所通過的累加單元便累加一次，每一次的累加值為 1，如此一直到所有的特徵點皆轉換完成為止。最後可以發現交點之處的累加單元因為有多條直線通過，所以累加值比較大，而累加值代表的便是位於直線上所有的特徵點數目。在影像中由於同時有多條線存在，且每一條線上的點數也不一樣，因此在累加陣列中將形成許多高度不一樣的峰 (*peaks*)。而每一個峰往外擴散的程度也不相同，通常我們稱此分佈為一個群集 (*cluster*)。每個峰的最大高度則稱為局部峰值 (*local peaks*) 或局部極大值 (*local maxima*)。因此為了求得直線之參數，必須先偵測局部極大值的位置，這個步驟我們稱之為 *Hough* 參數空間的群集偵測 (*cluster detection*)。

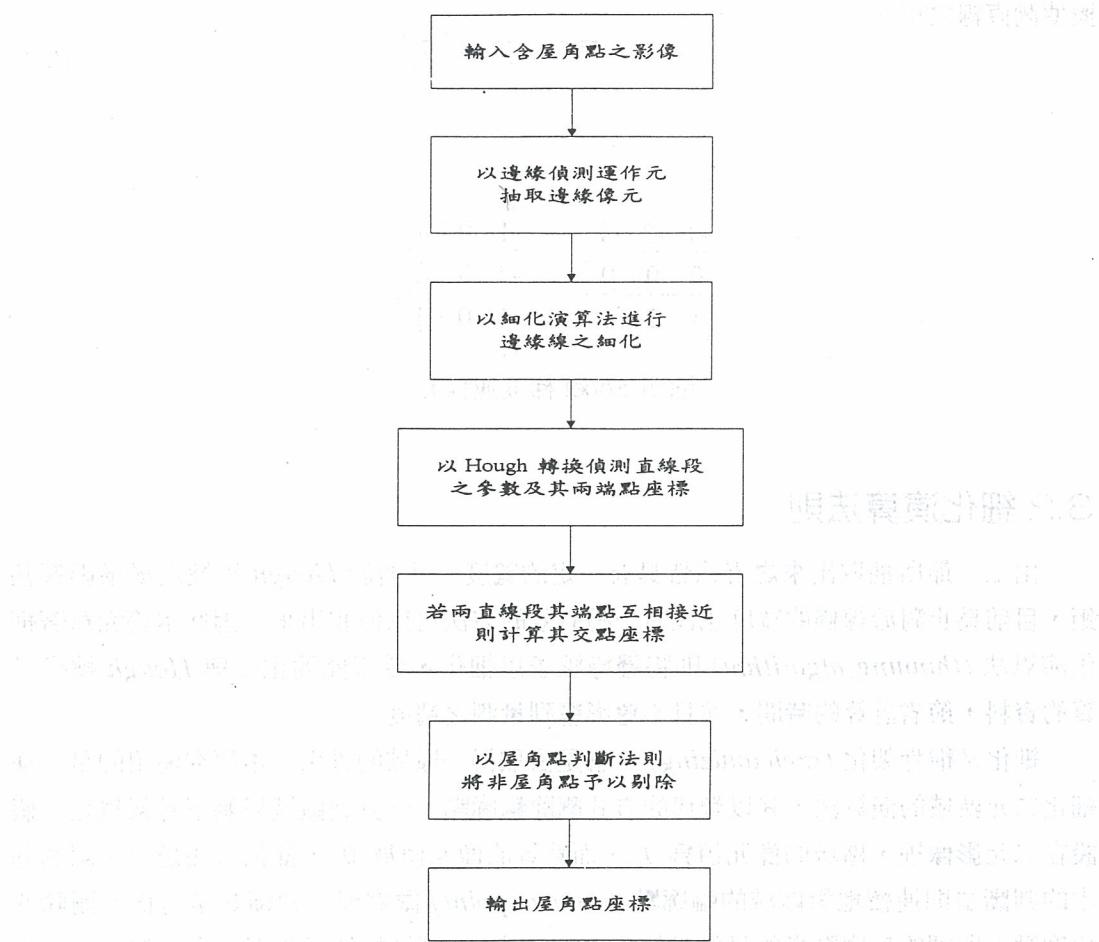
最簡單的群集偵測方法是訂定一個整體性臨界值 (*global threshold*) 與所有累加單元的累加值作比較⁽⁶⁾，這種方法雖然簡單，但是沒有辦法得到直線段的完整資訊，包括直線上所有點的位置及直線段的端點位置。在這裡我們所使用的是種可調式群集偵測 (*adaptive cluster detection*)⁽⁷⁾的方法，除了可偵測直線段之完整資訊之外，也不會受到群集互相干擾及雜訊之影響。其基本原理是先找出具最大累加值的直線參數，再將位於這條線上的所有點做一次 *Hough* 轉換，所不同的是這次對於相對應的累加單元是減一而非加一，如此一直重複直到所有線段接找到為止。圖二說明了整個 *Hough* 轉換的流程圖。



圖二 *Hough* 轉換之流程圖

3. 研究方法

本研究的基本構想是先以邊緣偵測運作元 (*operator*) 偵測房屋邊緣線之像元得到二元影像後，再利用 *Hough* 轉換找出精確的邊緣線位置，最後計算邊緣線交點即為屋角點。在一般的航測影像中，由於屋頂的高度與地面不同而導致有陰影的存在，若按照上述之方法，則陰影之邊緣線及其角落點同時會被偵測出來，因此本文提出一些判斷法則用來將非屋角點剔除。整個屋角點量測流程圖如圖三所示，本節將逐一說明整個流程。



圖三 屋角點之量測流程

3.1 邊緣線之萃取

影像中的邊緣線 (*edge*) 主要是因為相鄰像元間灰度值的不連續性而產生，大多數的邊緣偵測是採用局部微分運作元 (*local derivative operator*)，其利用灰度函數值的一階或二階導數值來判斷邊緣線是否存在。偵測邊緣線的方法有很多種，常用的如梯度運

作元 (*Gradient operators*) 是屬於一階導數，而拉普拉斯運作元 (*Laplacian operators*) 及 *LoG* 運作元 (*Laplacian of Gaussian operators*) 則屬於二階導數。使用一階導數之微分運作元時，其邊緣線位於導數值的極大值或極小值處；使用二階導數之微分運作元時，其邊緣線位於導數值的零值處，這是因為二階導數具有零值通過 (*zero crossing*) 的特性。

本文利用的是 *Sobel* 梯度運作元（見圖四）來萃取房屋邊緣線。利用此梯度運作元對影像 $f(x,y)$ 分別作褶積運算 (*convolution*) 得到 G_x 及 G_y 之後，利用 3-1 式計算其梯度 ∇f 之大小。最後再選定一臨界值 T_g ，若影像中某像元之梯度大小大於此臨界值，則視此像元為邊緣像元，如此便能產生二元的邊緣影像，以供下一步 *Hough* 轉換偵測直線之用。

$$\nabla f = |G_x| + |G_y| \quad (3-1)$$

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

圖四 Sobel 梯度運作元

3.2 細化演算法則

由上一節所抽取出來之邊緣皆具有一定的寬度，其對於 *Hough* 轉換之成果影響甚鉅，目前為止對於線條的寬度也沒有一種有效的方法可以偵測出來。因此本研究藉著細化演算法 (*thinning algorithm*) 則將邊緣線予以細化，希望能簡化參與 *Hough* 轉換計算的資料，節省計算的時間，並且不會影響到量測之精度。

細化又稱骨架化 (*skeletonizing*)，就是去取得一區域的骨架，本研究使用的是一種細化二元區域的演算法，其以疊代的方式刪除輪廓點，一直到區域只剩下骨架為止。假設在二元影像裡，區域的像元值為 1，而背景的像元值為 0，細化方法是使用兩個基本的判斷法則連續地對區域的輪廓點 (*contour point*) 做處理，判斷其是否為要刪除的輪廓點，所謂的輪廓點指的是像元值為 1，且其 8-鄰域的像元中至少有一個像元值為 0。刪除點時則必須滿足下列三個條件 [8]：(1) 骨架的端點 (*end point*) 不能刪除，(2) 骨架的連接點 (*connectedness*) 不能刪除，(3) 刪除的點不會導致區域的過渡侵蝕 (*erosion*)。

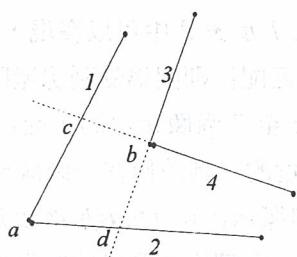
3.3 直線之參數求解

上一節所述的邊緣偵測工作只是判定影像中某一像元是否屬於邊緣線而已，接下來

便是要判斷哪些邊緣像元是位於房屋的邊緣上。大部分的房屋邊緣皆為直線，因此我們利用 *Hough* 轉換來偵測這些直線的位置。由 *Hough* 轉換之原理可以獲知：參數空間之量化區間越小，*Hough* 轉換所獲得之成果精度越高，但所需之累加單元陣列也隨之變大，這不僅將會佔去很大的記憶體空間，而計算時間也會增長許多。同時影像空間量化區間的大小亦會影響 *Hough* 轉換之成果，為了能夠不佔空間而同時能減少計算時間及提高直線參數之精度，且恢復影像取樣之影響，我們適當地選擇參數空間的量化區間大小，並以一串列資料結構記錄所有共線的像元座標，由這些共線的像元座標中我們可以尋找一條最佳密合 (*best fitting*) 直線，最後再找出直線兩端點之位置。求取最佳密合直線之參數其實是一平差問題，其主要任務就是從共線的點集合 $L = \{\rho_j(x, y), \theta_0, \rho_0 | j = 1, \dots, n\}$ 中求取最佳密合直線之參數 $\hat{\rho}$ 及 $\hat{\theta}$ ，其數學模式為 $f((\hat{\rho}, \hat{\theta}), (x, y)) = x\cos\hat{\theta} + y\sin\hat{\theta} - \hat{\rho}$ ，屬於帶未知數的條件平差問題。在此平差過程中，未知數有兩個，即直線方程式的兩個參數 $\hat{\rho}$ 及 $\hat{\theta}$ ，而每多一個點便多兩個觀測量及一個條件式，也就是說在 L 集合中若有 m 個點，多餘觀測數為 $2m-2$ ，因此在一般情況下，此平差之自由度是很高的。另外在平差時所需之未知參數起始值則可以由 *Hough* 轉換之粗略成果而獲得。

3.4 屋角點之判斷方法

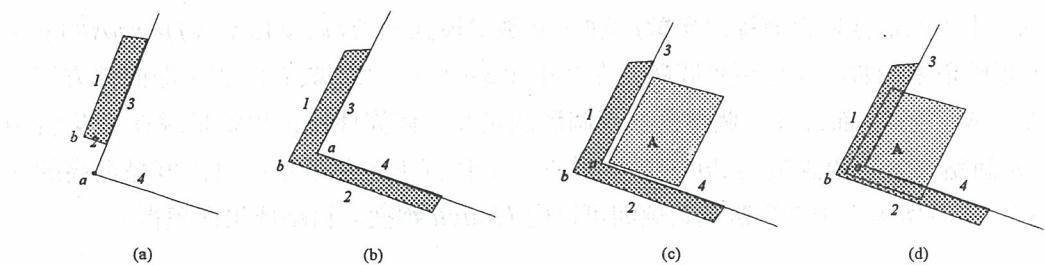
由於影像中直線段的數目很多，所以計算角落點時沒有必要把所有直線的交點皆計算出來，只需計算真正有相交的線即可。要判斷直線段是否相交，我們可以計算各直線段端點之間的距離，若兩個屬於不同直線段的端點是互相接近的，才計算其交點。如圖 5. 中一共有四條直線段，若計算所有直線的交點時，將會有 6 個交點，即圖 5. 中的 a 、 b 、 c 、 d 以及超出影像範圍的兩個點。但實際上只有端點互相接近的直線，其交點才是真正的角落點，如圖五中 1、2 線段及 3、4 線段的端點互相接近，其交點 a 及 b 才是真正的角落點。



圖五 交點之計算

在影像中，關於房屋屋角的辨識最令人困擾的問題便是陰影的問題，如圖 6. 所示，由於陰影的邊緣亦為直線，因此以 *Hough* 轉換偵測房屋邊緣時也會偵測出陰影的邊緣線，這造成了陰影的角落點 b 也會被偵測出來，因此必須提出一判斷法則來判斷何者才是真正的屋角點。一般產生房屋陰影現象的情形大概只有如圖六[A]及六[B]所顯示的

兩種狀況，在圖六 (a) 的情形中，我們可以控制 Hough 轉換所偵測的線段長度，比較短的線段如線段 2 可以不被偵測出來，因此點 b 自然不會被計算出來，如此可以得到唯一的屋角點 a。圖六 (b) 的情形則必須用另外的方法來判斷，在大部分的房屋影像中，屋頂的灰度值分佈是相當均勻的，而且與陰影部份的灰度值差異很大，我們可以根據角落點及兩旁的邊緣線在屋頂的部份擷取一塊影像區域 A，如圖六 (c) 及六 (d) 所示，再由區域 A 裡面的灰度值分佈情形來判斷何者是屋角點。在圖 6.(c) 中，區域 A 的灰度分佈比較均勻，所以點 a 是屋角點。在圖六 (d) 中，區域 A 因為同時包含了屋頂及陰影的部份，所以灰度分佈具有變化，所以點 b 並非屋角點。

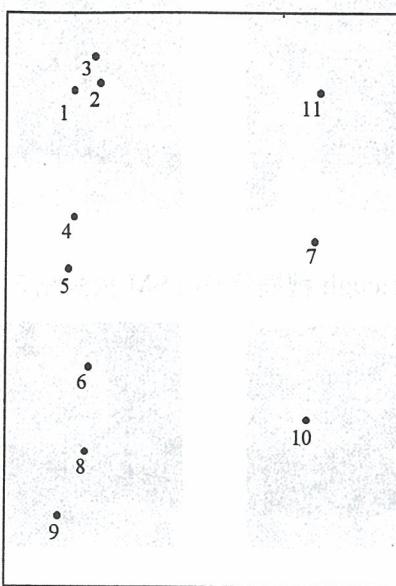


圖六 屋角點之判斷法則

4. 實驗成果與分析

根據上述之量測方法，我們於立體影像對的重疊部份中選擇了 11 個含屋角點的影像進行量測，這些房屋影像大部分皆有陰影的影響，11 個點之分佈則如圖七所示。11 個影像區域中有些因為對比太弱造成量測失敗的情形發生，因此實際上在左右兩影像皆能量測成功的點只有 7 個，另外我們亦以人工定位法及最小二乘匹配法量測這 7 個點，其成果列於表 1 及表 2 中。由表 1 及表 2 中可以發現，Hough 轉換所量測之成果與人工量測之成果相接近，最小二乘匹配法則因為受到房屋陰影的影響，其成果與人工量測之成果相比較的話，其差值在 2 至 7 個像元之間，而沒有受房屋陰影影響的點，如點 4，其三者之量測成果是互相接近的，其差值在一個像元之內。

在圖八及圖九中，我們分別標示出由 Hough 轉換及由 LSM 所量測出之屋角點位置。圖八(A)及圖九(A) 顯示了 Hough 轉換所量測的點與屋角點十分接近。而在圖八(B)中我們以左像的屋角為中心，利用 LSM 在右像中尋找其共軛點，結果發現因為陰影的關係導致了 LSM 在疊代 10 次之後仍然無法收斂，產生了匹配失敗的情形，圖九(B)的 LSM 雖然匹配成功，但其成果離真正的屋角點卻差了 2 至 3 個像元。



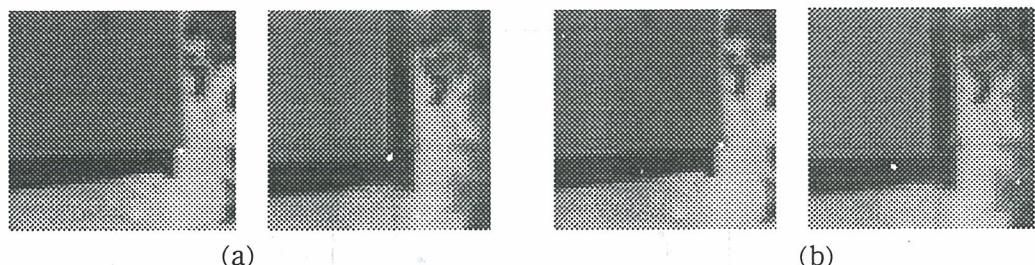
圖七 相對方位點位分佈圖

表 1. 089 影像之屋角量測成果 (單位: pixels)

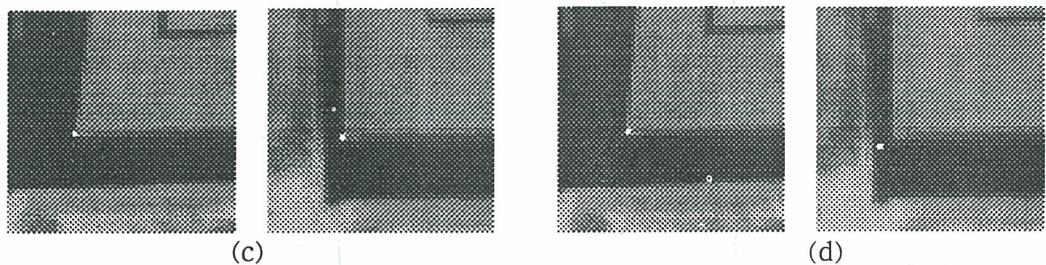
屋角點編號	人工量測		Hough轉換	
	X	Y	X	Y
1	3388	974	3387.973	973.859
4	3290	1303	3289.100	1302.363
5	2932	3244	2931.756	3244.976
7	4847	3040	4845.638	3039.815
8	3660	4457	3659.921	4457.164
9	3127	5160	3127.329	5160.758
11	4245	2941	4244.965	2941.399

表 2. 091 影像之屋角量測成果 (單位: pixels)

屋角點編號	人工量測		LSM		Hough轉換	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	1366	832	1367.399	830.126	1366.068	832.356
4	1261	1162	1260.837	1161.990	1260.947	1161.965
5	861	3115	854.049	3117.027	861.283	3114.674
7	2804	2952	2801.481	2954.097	2803.000	2951.401
8	1576	4357	1577.861	4358.941	1575.046	4357.118
9	1017	5056	1018.590	5058.276	1018.468	5056.381
11	2193	2838	2194.316	2835.986	2192.824	2838.135



圖八 分別以 (a)Hough 轉換及 (b)LSM 量測點 5 之成果示意圖



圖九 分別以 (a) Hough 轉換及 (b) LSM 量測點 7 之成果示意圖

根據這七個點之量測結果，我們利用共面式來解算此立體像對之相對方位，最後計算這七個點之 Y 視差的中誤差當作評估相對方位成果之好壞，見表 3.。表 3. 的相對方位計算成果中則顯示了以人工量測的精度最好，這是因為人的肉眼對於角落點的辨識能力本來就比較好，而 *Hough* 轉換之量測成果雖然比人工量測的差，但是亦達到了次像元之精度。至於最小二乘匹配法之精度則很明顯的受到房屋陰影的影響，而使得成果並不理想。上述之成果分析中，由於量測點數並不多，故所算出之中誤差的可靠度並不高，所以並不能真正的說那一種定位方法的定位精度確為若干，但可以得到的結論是以 *Hough* 轉換的方法確實可以達到量測屋角點的目的，而在最小二乘匹配法匹配失敗時，可以 *Hough* 轉換來代替最小二乘匹配法。

表 3. 相對方位之計算成果

量測方法	Y 視差之中誤差
人工量測	3.44 μm
LSM	65.45 μm
Hough 轉換	6.13 μm

5. 結論與建議

本文嘗試應用 *Hough* 轉換來量測框標影像中心及屋角點的定位，並且以一航測立體影像對來測試此方法之可行性，最後則根據量測結果進行內方位及相對方位之計算。在本章中，我們提出一些結論及建議以供參考。

1. 以 *Hough* 轉換偵測特徵線，再以其交點當作框標中心及屋角點位之定位方法確實

是可行的。

2. 在傳統解析航測的相對方位中，一般認為很好的點位選擇對象，如屋角點常常因為房屋之遮蔽效應及陰影的問題而導致匹配失敗，本文所提出之屋角點量測方法則可以用來解決房屋陰影的干擾而達到量測屋角點的目的。當最小二乘匹配法失敗時，可以利用此方法來取代之。
 3. 以 *Hough* 轉換偵測直線段時，為了達到高精度的定位成果，通常是將參數空間量化成比較細的累加單元，但量化的越細，累加單元所佔用的空間就越大，而且 *Hough* 轉換之計算時間也會增加很多，為了節省空間及計算時間，我們用 *Hough* 轉換來偵測共線的點，再求取一最佳密合直線以得到最後的直線段位置。
 4. 本實驗在量測屋角點時，必須事先以人工選擇一小範圍的共軛影像區域來計算，但實際上在自動化相對方位中，選擇相對應的共軛影像區域必須是自動化的。
 5. 在量測屋角點時，不同的邊緣偵測運作元對於房屋邊緣線的定位精度並不相同，故最後所計算的交點位置亦不同，本實驗採用的是 *Sobel* 梯度運作元，至於採用那一種邊緣運作元對於最後的成果有何種影響，則有待進一步之研究。
- ## 6. 參考文獻
- (1) 王蜀嘉，「數值攝影測量相對方位作業設計」，第九屆測量學術及應用研討會論文集，第 255-273 頁，1990。
 - (2) Li, M. X., " High Precision Relative Orientation Using the Feature Based Matching Techniques ", ISPRS, Vol. 27, Com III, pp. 456-465, 1988.
 - (3) 張小燕，「數位化空中三角量測系統架構之探討」，碩士論文，國立成功大學航空測量研究所，臺南，1994。
 - (4) Hough, P.V.C., " Methods and Means for Recognising Complex Patterns." U.S. patent No.3069654., 1962.
 - (5) Illingworth, J. and J. Kittler, "SURVEY, A Survey of the Hough Transform ", Computer Vision, Graphics, and Image Processing 44, pp. 87-116 ,1988.
 - (6) Duda, R. O. and P. E. Hart, " Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures ", Graphics and Image Processing, Commun. ACM, Vol. 15, No. 1, pp.11-15, 1972.
 - (7) Risze, Y. "Hough Transform for Line Recognition: Complexity of Evidence Accumulation and Cluster Detection ", Computer Vision, Graphics, and Image Processing 46, pp. 327-345 ,1989.
 - (8) Gonzalez, R. C. and R. E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1992

Robust Tie point Determination by Using Hough Transform

裴惠惠*，鄭以興**

Abstract

In developing an automatic process to recover the relative orientation, tie points in each pair of stereo images should be identified. The least-square matching (LSM) has been widely used in the past few years but the fact that it tends to fail to match locally different images. Difficulties arise due to the influence of the image rotation and unequal exposures. The purpose of this study is to remedy the drawbacks of LSM. For identifying conjugate image points, we detect the line segment of building roof using the Hough transform and compute the intersections of the lines to obtain the building corners. The result will be invariant with respect to the size and rotation of the image. In order to solve the occlusion problem, a simple criterion is proposed to match conjugate building corners. In order to test the practicability of this method, some experiments on a pair of real stereo image are processed with this method. The results are compared with the numbers obtained by using LSM. The comparisons show that this method is more robust to the effect of local changes in the images. We therefore conclude that this method can be a backup of LSM in image matching.

Key Words :

Digital Photogrammetry, Tie points

* Graduate Student, Dept. of Surveying Engineering, National Cheng Kung University.

** Associate Professor, Dept. of Surveying Engineering, National Cheng Kung University.