

產學合作案結案報告書

華電子 104 產學字 004 號

印刷電路板定位點快速影像 辨識核心演算法之設計

甲方：晟格科技股份有限公司

乙方：中華科技大學電子工程系

計劃主持人：宋志元

目次

目次	I
圖次	II
摘要	III
ABSTRACT	IV
第一章 研究緣起與背景	1
第二章 控制平台與驅動的設計	4
第三章 演算法之評估與研究	6
第四章 多階段樣板比對	10
第五章 次相素之估算	12
第六章 結論	14
參考書目	15

圖次

圖 4-1 樣板比對搜尋範圍	11
圖 5-1 次相素示意圖	13

摘 要

關鍵詞：影像定位、影像辨識

本研究主要針對傳統圖形比對(Pattern Matching)中樣板比對(Template Matching)之運算量與運算時間進行研究探討。樣板比對目前廣泛應用各類科技產品與設備上，例如 PCB 底片基準孔沖孔、PCB 基準孔鑽孔、SMT 錫膏印刷、自動插件、晶圓切割與晶圓曝光...等工業機台上。我們在各種選定的次取樣方式與各種不同的樣板大小下，將來源影像與樣板影像依選定的次取樣方式進行次取樣(Subsampling)，再將來源影像與樣板影像進行相關性(Correlation)匹配[1]，比對完成後紀錄其運算速度，最後，本論文提出迴圈式多階段樣板比對法，並製作一樣板比對驗證平台，該平台搭配影像擷取卡進行即時的進行比對，結果證明在相同的準確度下，可以同時有效減少運算量與運算時間。

ABSTRACT

Keywords: Patten Register, Pattern Matching

In recent years, with the fast development of computer technology, the amount of digital images is grown very rapidly. So that fast pattern matching method has become an important research issue. First, we use template matching without subsampling. Then compare execution time with different subsampling template matching combination. In this paper, we propose a iteration template matching of multi-stage template matching which can decrease execution time at conclusion.

第一章 研究緣起與背景

晟格科技公司位於台北市南港地區，和大部份小型企業面臨相同的問題，即研發能量較不足，為提昇該公司的競爭力，晟格科技於民國 100 年起，和本校進行產學合作計劃，就地緣較近的優勢建立產學合作關係，增加產業與學校之間的互動關係。

雖然晟格科技已經成功銷售數百台電腦影像視覺定位控制器，但目前公司視覺辨識的核心技術大都採用國外公司的核心技術，於是每套產品必需依所使用辨識種類支付萬餘元到數萬元不等的 License 費用，在這個狀況之下，成本無形中墊高了不少。

晟格科技擬由本計劃中透過學術界的研發能量，研發特定的核心技術，開發印刷電路板定位點標靶電腦影像視別的技術，如此一起每一套控制器至少可以省下萬餘元的 License 費用，將使產品更具競爭力。

隨著電腦性能的快速發展與普及，目前有很多自動化的機器設備取代了原來需要人類視覺來處理的工作，在電腦視覺的技術中，圖形比對(Pattern matching)為最廣泛被使用的技術之一，一直以來皆屬於相當熱門的研究領域，如果電腦視覺的技術配合一個能移動的平台應用在移動到特定的位置上的工業用途，我們在業界經常稱它為影像定

位。

雖然電腦性能不斷的提升，雖然可以做得更快以外，在業界不管在速度或精度上的要求也要越來越高，但如果想要做到更準備，就把鏡頭的放大倍數增加的話，那麼其視野就會變得很小，能移動的距離也相對的減少，如果攝影機的相素增加四倍，雖然視野可能保持不變，但是計算量則大大的增加四倍，因此更快速準確的圖形比對相關技術仍然受到重視，這個領域的學者持續致力於研究更有效率的圖形辨識演算法；期望能以較少的電腦資源，達到更優異的辨識效能。

晟格科技股份有限公司過去就已經開發了 X-Y-Y 三軸平台，應用在彩色印刷影像定位上，X-Y 雙軸定位平台。本計劃的目的將原來測試用的電路使用端子台的部份，另外設計控制電路與電路板，如此一來控制電路的體積可以縮小，更可接近商業化的目標。

晟格科技股份有限公司在設備機台上已經有多年的研究，不管是 X-Y-Y 的三軸平台、或是 X-Y 二軸平台，都是使用滾珠螺桿或凸輪帶，所以如果能準確的找出標靶的中心點，經由演算法計算出其連接馬達應移的動微量，即可做到定位的目的，過去已經在演算法上做過研究，在座標的計算與精確度上不成問題，接著就是要快速、穩定的趨動平台，也就是要控制馬達的正、反轉、微量寸動，距離遠的時候必需要以快的速度趨動，而快到目標的時候又必需減慢速度，以免速度過快衝過頭，或急煞車有損機械元件。

倘若定位不夠精確，印刷電路板成品將會產生短路或是開路，並不像傳統印刷業，成品模糊不清只是品質稍差，仍然可以降價售出，而電子產業則將會因線路的短路或是開路導致成品完全無法使用，電子業產品單價又較高，損失將構成相當的成本負擔。因此人力不論速度以及準確度，都將不符合生產需求。

第二章 控制平台與驅動的設計

本計劃的中央控制器是一台工業電腦來擔任，原本計劃是使用兩顆馬達，所以使用 ADLink-8132 軸控卡，但現在考慮其擴充性，故改用 ADLink-8134 軸控卡，在馬達的部份由 D-Type 100Pin 接出，到每一個步進馬達驅動器需要 6 條控制線，而從步進馬達驅動器到步進馬達也需要 6 條控制線，而步進馬達上面的感測器到電腦也要 6 條控制線，另外還有+24V 的直流電源也要連接到每一個步接馬達驅動器，除此之外，Picolo Pro2 的輸入、輸出還要接繼電器在再接到+24V 直流或 220V 交流的電磁閥中。

在電腦視覺的技術中，圖形比對(Pattern matching)為最廣泛被使用的技術之一，一直以來皆屬於相當熱門的研究領域，如果電腦視覺的技術配合一個能移動的平台應用在移動到特定的位置上的工業用途，我們在業界經常稱它為影像定位。

隨著電腦性能的快速發展與普及，目前有很多自動化的機器設備取代了原來需要人類視覺來處理的工作，雖然電腦性能不斷的提升，雖然可以做得更快以外，在業界不管在速度或精度上的要求也要越來越高，但如果想要做到更準備，就把鏡頭的放大倍數增加的話，那麼其視野就會變得很小，能移動的距離也相對的減少，如果攝影機的相素增加四倍，雖然視野可能保持不變，但是計算量則大大的增加

四倍，因此更快速準確的圖形比對相關技術仍然受到重視，這個領域的學者持續致力於研究更有效率的圖形辨識演算法；期望能以較少的電腦資源，達到更優異的辨識效能。

由於本計劃主持人過去曾經研發印刷電路板影像定位標靶平台控制，台商在印刷電路版事業占世界一席之地，研發印刷電路版影像定位標靶演算法也極具市場潛力。

本計劃配合原有的定位平台與原本的定程程序，預計進一步的研究影像定位設備印刷電路板定位點快速影像辨識核心演算法之設計取代採用國外的核心程式，完成商品化印刷電路板定位點快速影像辨識核心演算法之設計，能取代原有外購需支付 License 費用，並且提升企業形象，核心辨識程式自行研製，有助於其相相關系列產品的研發能量，增加客戶信心。

第三章 演算法之評估與研究

圖形比對(Pattern Matching)為最廣泛被使用的技術，一直以來皆屬於相當熱門的研究領域。雖然電腦性能不斷的提升，但是相關的軟體與硬體也不斷的複雜化，因此更快速準確的圖形比對相關技術仍然受到重視，這個領域的學者持續致力於研究更有效率的圖形辨識演算法；期望能以較少的電腦資源，達到更優異的辨識效能。

Jain 等人於 1999 年將圖形辨識概分為四類[1]:樣板比對(Template Matching)、統計圖形識別(Statistical Approach)、文法圖形比對(Syntactic Approach)、類神經網路(Neural Networks)。

(一)、樣板比對(Template matching) [2-5]為圖形比對中應用廣泛且簡單的技術。樣板比對最大的優點在於它的概念十分直觀，容易讓人了解。樣板比對是先預先學習欲尋找的樣板影像，將該樣板影像預先做位置、姿態及尺寸等…的改變，在欲搜尋的來源影像中，以一定的搜尋規則進行搜尋。倘若樣板影像與來源影像中某一特徵相符時，該特徵將可精準的被比對出來。

進行樣板比對時，需要消耗大量的計算機資源，且當樣板影像或是來源影像越大時，產生的運算量將相對的龐大。為了改善樣板比對

的運算速度，Rosenfeld 於 1977 年所提出的二階段樣板比對法[6-7]，先將影像進行較為粗略的次取樣(Subsampling)，進行第一次的樣板比對，取得樣板影像在來源影像中較為大略的位置後，再接著於該位址附近的範圍內，進行第二次的樣板比對，求得較精確的位址。

(二)、統計圖形識別(Statistical Approach) [13-14]是預先選擇欲辨識的數個特徵，且分別標示在欲辨識的圖形影像中，接著轉換至特徵空間(feature space)中，而同一類別的圖形在特徵空間中將會群聚在相同的區域。當進行辨識時，需要辨識的圖形倘若轉換至特徵空間中，與某一類的群聚是屬於相同區域，則將會被辨識出來。但是此方法須預先蒐集在該領域中之欲辨識物特徵，倘若該領域過大，資料量將相當龐大，辨識效率也將會變差。

(三)、文法圖形比對(Syntactic Approach) [8-9]是預先紀錄欲辨識物體之特徵，邊界長度、轉角時轉角角度等，及各特徵之間組合方式，來表現欲辨識物體。比對時則比對各項特徵是否符合，倘若相符則可成功比對出欲辨識物體。但是此方法當影像中細節較複雜、或是有殘缺至足以破壞愈辨識之特徵，將會導致辨識效率下降。

(四)、類神經網路(Neural Networks) [10-11]一般比對方式是用預先蒐集的參數、數據來進行比對，使用時各項參數將不會改變。而類神經網路則是具有自我學習的能力，使用者決定所使用的演算法後，

套入類神經網路中，類神經網路將會不斷的學習、訓練各神經元中的權值，直到符合學習的目標。其缺點為學習訓練時需要大量的樣本，才能達到一定的強健性。

由於光影會影響影像的判讀，有了均勻的光源環境之下，才能讓影像辨識獲得較佳的結果，所以在擷取影像之前必需要對光源環境做一些研究與探討，有了均勻的光源環境之下，才能讓影像辨識獲得較佳的結果。

樣板比對需要消耗大量的計算機資源，且當樣板影像或是來源影像越大時，產生的運算量將相對的龐大。為了改善樣板比對的運算速度，我們使用了 Rosenfeld 等人所提出的二階段樣板比對法[8-9]，先將影像進行較為粗略的次取樣(Sub-Sampling)，進行第一次的樣板比對，取得樣板影像在來源影像中較為大略的位置後，再接著於該位址附近的範圍內，進行第二次的樣板比對，求得較精確的位址。

本計劃所使用之圖形比對，採用二階段樣板比對法為基礎，我們將探討在進行二階段樣板比對與更多階段樣板比對時，在受控制實驗環境下，我們將嘗試使用各種不同的次取樣值組合，對來源影像與樣板影像進行次取樣，再進行樣板比對。本研究會針對不同大小樣板影像與固定大小來源影像，在相同環境下進行樣板比對，所得的運算時間與運算量進行紀錄，並繪製成圖，提出最佳的次取樣組合。

當物理解析度受到限制時，我們常使用各種內差法(interpolation method)來計算其次像素，以提昇其精確度，本計劃中，我們使用三點內插法(three-point interpolation method)，將其簡化後，計算所需次像素，先找到最大梯度像素點後，利用其前一點與後一點及其梯度值，近似成二次函數後，即可評估出次像素之位址。

最後再驗證我們的效能、精準度，證實可以取代原由外購的產品。

第四章 多階段樣板比對

若進行樣板比對時，進行含有次取樣 β 之樣板比對；所謂次取樣，即是略過一定相素對影像進行取樣，例如當次取樣值為 2 時，即是每取樣一次即略過一點再進行下一次的取樣。

影像進行次取樣後，將會變得較為粗糙，但進行樣板比對時運算量將會獲得減少。其次取樣樣板比對運算量 p_s ：

$$p_s = \frac{ij}{\beta^4}(x-i)(y-j) \quad (4.1)$$

次取樣樣板比對樣板比對進行次取樣時，為了獲得較佳的比對結果，常將次取樣值取小，若次取樣值取的越小，將會導致比對時的運算量越大。且次取樣樣板比對的結果除了當次取樣值為 1 時外，其餘結果並無法保證為最佳的比對結果。因此，實際使用時，多半採用二階段的樣板比對，先進行一次較粗糙的次取樣，同時縮小比對的範圍，第二階段再進行精確的比對。

本研究導入二階段樣板比對，當使用二階段樣板比對時，第一階段含有次取樣的比較結果是較為不精準的，因此在執行第二階段較為精準的比對時，必須以第一階段比對結果為基準，設定一搜尋範圍，

倘若搜尋範圍小於 2β ，將會導致前一次次取樣沒有被取樣到的點再次被忽略，倘若為搜尋範圍大於 2β ，將會執行多餘的運算。因此，二階段樣板比對運算量 p_{2nd} ：

$$p_{2nd} = ij \left[\frac{1}{\beta^4} (x-i)(y-j) + 4\beta^2 \right] \quad (4.2)$$

實驗結果之二階段樣板比對運算量與其運算時間 t_{2nd} ，詳細數據如附錄二；結果顯示出，二階段樣板比對運算量與運算時間皆較傳統樣板比對有略微提升。

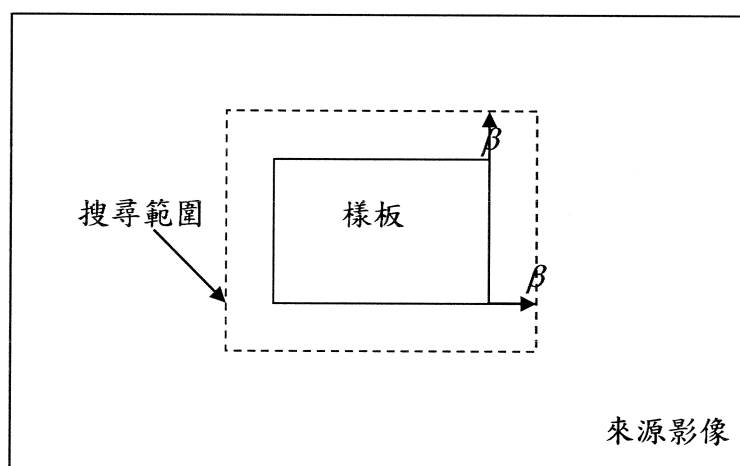


圖 4-1 樣板比對搜尋範圍

第五章 次相素之估算

為了提升電腦視覺定位平台的精準度，我們將三點內插法 (three-point interpolation method) 簡化後來計算次相素，三點內插法具有概念簡單、計算效率佳等優點，目前也廣泛的被使用著。

當迴圈式樣板比對進行完後，我們會在來源影像中各點的匹配值，最高者即為最匹配點。我們將 X 分量與 Y 分量分別分開計算，以匹配值最高點與其前一點、後一點，利用其斜率計算出 X 分量與 Y 分量峰值，如圖 2.6，最後即可得其解。

$$m_{lx1} = \frac{x_{y0} - x_{y2}}{x_0 - x_2} \quad m_{lx2} = -m_{lx1} \quad (5.1)$$

$\therefore$

$$L_{x1} : (x_y - x_{y2}) = m_{lx1}(x - x_2) \quad (5.2)$$

$$L_{x2} : (x_y - x_{y1}) = -m_{lx1}(x - x_1) \quad (5.3)$$

$\therefore$

$$x = \frac{x_{y1} - x_{y2}}{2m_{lx1}} + \frac{x_1 + x_2}{2} \quad (5.4)$$

同理

$$y = \frac{y_{y1} - y_{y2}}{2m_{ly1}} + \frac{y_1 + y_2}{2} \quad (5.5)$$

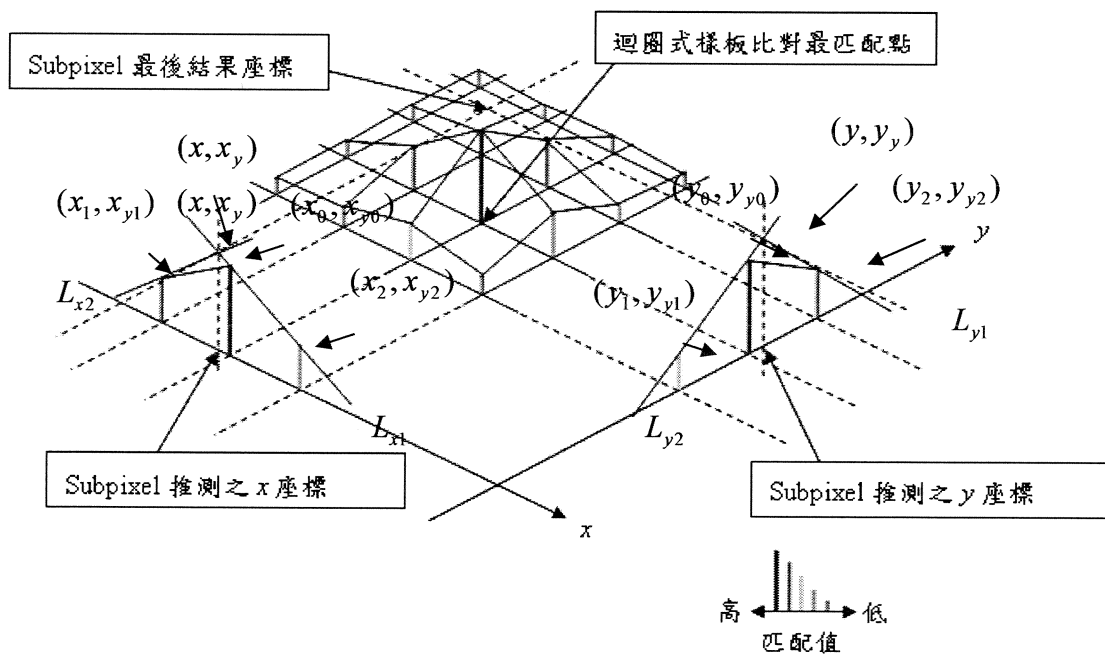


圖 5-1 次相素示意圖

第六章 結論

二階段樣板比對可以有效的降低樣板比對時的運算量及運算速度，本研究延續二階段樣板比對的精神，增加比對的階數。另外，本計的提出的次相素估算更能更估算出更精密的結果。

根據實驗結果顯示，進行多階段的樣板比對時，當比對階段越多時，比對之運算量將會越低，運算時間也會隨運算量減少而減少。依據模擬結果與數學推導，本計劃提出迴圈式樣板比對；實驗數據顯示出，迴圈式樣板比對的運算量與運算時間的確遠遠超越二階段樣板比對，經由實際硬體實現與驗證後，準確度也與樣板比對一致。故本計劃所提出之迴圈式樣板比對確實較傳統樣板比對擁有更優異的運算效能，最後，配合次相素之估算，定位精度提升不少。

參考書目

- [1] A.k. Jain, R.P. W. Duin and J.C. Mao, "Statistical Pattern Recognition : A review," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, no.1, pp.4-37, 2010.
- [2] G. J. Vandenburg and A. Rosenfeld, "Two-stage Template Matching," IEEE Transaction on Computers, C-26, 4, pp.384-393, April 1977
- [3] A. Rosenfeld and G. J. Vandenburg, "Coarse-Fine Template Matching," IEEE Transactions Systems, Man, and Cybernetics, SMC-2, pp.104-107, Feb. 1977.
- [4] Min-Seok Choi, Whoi-Yul Kim, "A Novel Two Stage Template Matching Method for Rotation and Illumination Invariance," Pattern Recognition Society, vol. 35, pp.119-129, 2002.
- [5] Xiangjing An, Wensen Chang, Xiangdong Chen, "Multi-Layer Template Correlation Neural Network for Recognition of Lane Mark Based on Pipelined Image Processing Structure," Robotics and Automation, vol. 3, 10-15 May 1999.
- [6] R.O. Duda and P.E. Hart, Pattern Classification and Scene Analysis, Wiley, New York, 1972.
- [7] K. Fukunaga, Introduction to Statistical Pattern Recognition, Academic Press, Boston, 1990.

- [8] H.L. Peng and S.Y. Chen, "Trademark shape recognition using closed contours," Pattern Recognition, vol.18, pp.791-803,1997.
 - [9] L.I. Perlovsky, "Conundrum of combinational complexity," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.20, no.6, pp.666-670, 1998.
 - [10] A.K. Jain, J. Mao, and K.M. Mohiuddin, "Artificial neural networks: A tutorial," Computer, pp.31-44, 1996.
 - [11] S. Haykin, Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Prentice-Hall, New Jersey, 1999.
-