

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 結構化正交運算子於頂角偵測之研究

計畫類別： 個別型計畫          整合型計畫

計畫編號：NSC 89 - 2213 - E - 168 - 012 -

執行期間：89年8月1日至 90年7月31日

計畫主持人：郭晉魁

共同主持人：洪金車、邱榮楠

計畫參與人員：游宏鑫、劉嘉駿

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：崑山科技大學 電子工程系

中華民國 90 年 10 月 15 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 結構化正交運算子於頂角偵測之研究

### Structured orthogonal operators for corner detection

計畫編號：NSC 89-2213-E-168-012-

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：郭晉魁 崑山科技大學電子工程系

共同主持人：洪金車 義守大學電子工程系

邱榮楠 崑山科技大學電子工程系

計畫參與人員：游宏鑫、劉嘉駿 崑山科技大學電子工程系

#### 一、中文摘要

本文研究不同解析度及結構的正交運算子在影像頂角偵測時的特性。以往在多重尺度的方法上，須將影像分解濾波再重建後才能偵測，對於每一階影像採用相同尺度的運算子。本文提出的方法，並不需要將影像逐階分解，而是對不同階的運算子設定適當的尺度，再合併各階所獲得的資訊來偵測頂角，以節省計算時間。實驗結果顯示，此方法對於  $30^\circ$  至  $150^\circ$  的頂角有良好的偵測效果。

**關鍵詞：**頂角偵測、正交運算子、多重尺度分解

#### Abstract

We studied the results of applying structured orthogonal operators to corner detection at different levels and scales. Traditionally, an image was decomposed into multi-level images and the operators of the same scale were then applied. Instead, in this report we proposed a method without decomposition of images. The proposed method used operators at different levels of angles. At each level a proper size of the operator was assigned. The responses of the operators at each level were then combined to detect corners. The method can detect corners of angles between  $30^\circ$  and  $150^\circ$  well.

**Keywords:** Corner detection, Orthogonal operator, Multi-scale decomposition

#### 二、緣由與目的

在影像處理領域裡，頂角為物體的重要特徵，而且有許多重要的應用[1-4]。理論上，頂角偵測演算法須先建立一與角度相關的測量函數[5-13]，再依此函數之回應值決定頂角的取捨，因此測量函數對其參數的敏感度決定了偵測的穩定度。

在原先我們對於邊緣偵測器的研究中[14]，發現一個具有頂角偵測特性的運算子。當時我們使用達貝齊(Daubechies) 4-tap的一維小波轉換係數，推導出二維多階係數矩陣  $W_{LL}$ ,  $W_{LH}$ ,  $W_{HL}$  與  $W_{HH}$ ，並將同一階的正交運算子經組合運算得到測量函數，經觀察發現，具有與此運算子係數正負符號相同的其他運算子，於應用時皆可得到相似的偵測結果，因此我們認為，正交性與結構性在此扮演了重要的角色，而係數則是影響到頻帶分解時的響應。

本文中將探討頂角偵測時在角度分解成不同階數結構的運算子時，對演算法所造成的影響。

#### 三、角度分解與多重尺度

如前所言，正交性與結構性在頂角偵測上扮演了重要的角色。由於在直角座標系中直接使用二維小波係數只能建立  $180^\circ$  與  $90^\circ$  的運算子，我們想進一步觀察更

小角度的效應，因此採用 0、1 與 -1 三種係數，將角度分成 180°、90° 與 45°，建立結構如圖一的三階運算子，每一階都有兩個遮罩，其響應  $OP(i, j)$ ：

$$OP_1(i, j) = Mask_1 * Pixel(i, j) \quad (1)$$

$$OP_2(i, j) = Mask_2 * Pixel(i, j) \quad (2)$$

$$OP(i, j) = \sqrt{OP_1^2(i, j) + OP_2^2(i, j)} \quad (3)$$

第一階為 180° 運算子，對於角度恰為 180° 的頂角有最大響應，相當於傳統的邊緣偵測運算子，其計算結果即等於 x 與 y 方向上的梯度。第二階為 90° 運算子，對於角度恰為 90° 的頂角有最大響應，第三階為 45° 運算子，對於角度恰為 45° 的頂角有最大響應。

對於每一階的運算子，依尺度又可建立不同係數的運算子，以下用  $OP(A, S)$  來表示角度 A、尺度 S pixel 的運算子；例如  $OP(90^\circ, 7)$  來表示長寬各 7 pixel 的第二階 (90°) 運算子。

#### 四、實驗結果與分析

實驗中我們使用如圖二的影像作為測試，其中含有多個不同角度與方向的三角形，用以測試每個 OP 的運算結果。針對不同尺度與角度的運算子，我們作了一系列的觀察，結果如下：

1.  $OP(180^\circ, S)$ ,  $S=3、5、7、9$  時，運算結果相近，但不同的 S 在邊緣造成的響應寬度不同；此點對於結合多重尺度判斷時會對最大值位置偏移造成影響；此外，此 OP 在真正頂角處的響應反而小於附近邊緣點的響應。
2.  $OP(90^\circ, S)$ ,  $S<5$  時雜訊干擾嚴重，不適合作為演算法判斷的依據。S = 7 以上效果較佳。
3.  $OP(45^\circ, S)$ , 由於分解的角度甚小，實驗中發現 S = 11 時結果尚可接受。
4.  $OP(22.5^\circ, S)$ , S = 15 時結果尚可。

從以上不同的角度分解發現一個大略的規則：在每一個分解角度內係數 1 或 -1 的個數要大於 9 以上，計算結果才會穩定，此規則可以用來估計每一階運算子的尺度

大小。

雖然  $OP(180^\circ, S)$  在  $S=3$  時仍有良好的響應，但因其造成的邊緣寬度太小，對於角度較大的頂角，在第二階以下的偵測時，會因位置偏移容忍範圍過窄造成頂角無法被偵測出來的狀況，而  $S = 7$  又會造成過多的雜訊點，因此我們取  $S=5$ 。

同樣地，我們使用  $OP(90^\circ, 11)$  與  $OP(45^\circ, 11)$  做為 2~3 階的運算子，至於第四階以下，因為要用到很大尺度的運算子，會因同時涵蓋影像中多個物體，效果不佳，所以未予使用。

為說明偵測演算法，在此先定義以下幾個符號：

$$L1 = OP(90^\circ, 11) \quad (4)$$

$$L2 = OP(90^\circ, 11) \quad (5)$$

$$L3 = OP(45^\circ, 11) \quad (6)$$

整個演算法步驟如下：

1. 計算每一階運算子的計算結果。
2. 對第二階與第三階的結果先取門檻值，用以判定 90° 角與 45° 角的相似性：

$$L2 > 12$$

$$L3 > 9$$

3. 結合步驟 2 的結果：

$$C = \max((L1 > 12), (L2 > 9))$$

4. 假設頂角的位置須落於靠近邊緣處，在 L1 中已經取  $S=5$  使邊緣擴大到適當寬度，因此可以取步驟 3 的結果再判斷，減少雜訊引起的響應：

$$Corner = (L1 > 18) * C;$$

圖三至圖四分別 (5) 式與 (6) 式的計算結果，最後的頂角偵測結果則顯示於圖五。從實驗結果顯示，此方法對於 30° 至 150° 的頂角有良好的偵測效果，但是越小分解角度的運算子尺度越大，在於跨越多個物體時，僅靠門檻值來決定是不夠的，未來可在這方面繼續研究。

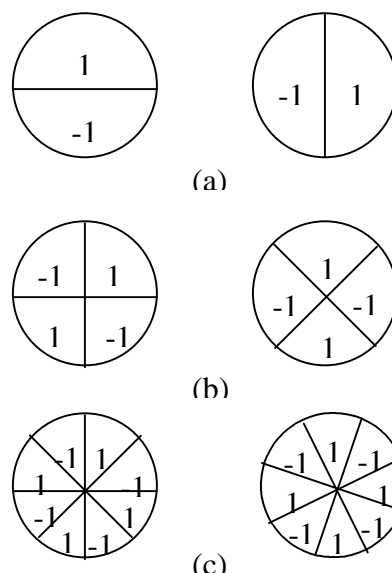
#### 五、結論

本文中提出一個頂角偵測演算法。與

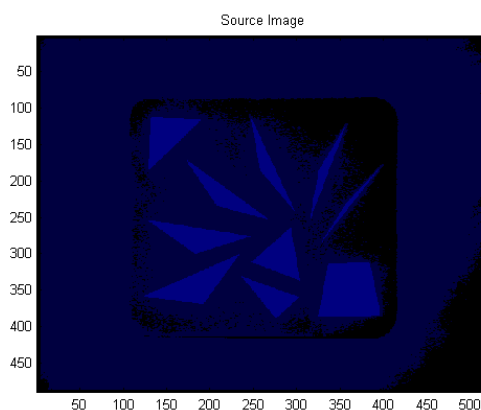
傳統方法不同的是，演算法中並不需要將影像逐階分解，而是對不同階的運算子設定適當的尺度，再合併各階所獲得的資訊來偵測頂角，以節省計算時間。實驗結果顯示，此方法對於  $30^\circ$  至  $150^\circ$  的頂角有良好的偵測效果。

## 六、參考文獻

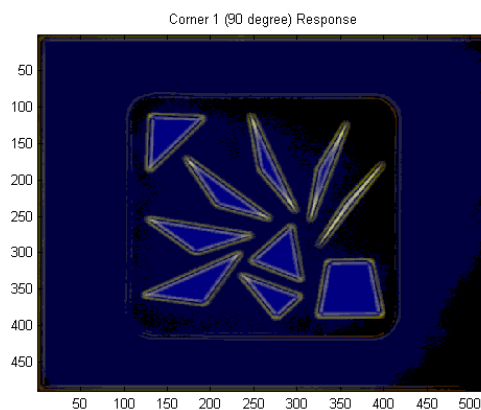
- [1] J. Q. Fang and T. S. Huang, "A corner finding algorithm for image analysis and registration," in Amer. Ass. Artif. Intell Nat. Conf., (Pittsburgh), pp.46-49, 1982.
- [2] B. Bhanu and O. D. Faugeras, "Shape matching of two-dimensional objects," IEEE trans. On PAMI, vol.6, no.2, pp.137-156, 1985.
- [3] R. N. Chiou, K. C. Hung, J. K. Guo, C. H. Chen and J. Y. Lee, "Polyhedron recognition using three-view analysis," Pattern Recognition, vol.25, no.1, pp.1-16, 1992.
- [4] K. C. Hung, R. N. Chiou, C. N. Shyi, J. Y. Lee and P. C. H. Chen, "Polyhedron reconstruction using three-view analysis," Pattern Recognition, vol.22, no.3, pp.231-246, 1989.
- [5] A. Rosenfeld and E. Johnson, "Angle detection on digital curves," IEEE Trans. On Computers, vol.24, pp.940-941, 1973.
- [6] H. Freeman and L. S. Davis, "A corner-finding algorithm nd curve representation using cubic B-splines," CVGIP, vol.39, pp.267-278, 1987.
- [7] H. C. Liu and M. D. Srinath, "Corner detection from chain-code," Pattern Re-cognition, vol.23, no.1, pp.51-68, 1990.
- [8] Jack Koplowitz and Stephen Plante, "Corner detection for chain coded curves," Pattern Recognition, vol.28, no.6, pp.843-852, 1995.
- [9] J. S. Lee, Y. N. Sun, C. H. Chen and C. T. Tsai, "Wavelet based corner detection," Pattern Recognition, 1993.
- [10] F. Arrebola, A. Bandera, P. Camacho and F. Sandoval, "Corner detection by local histograms of contour chain code," Electronics Letters, vol.23, no.21, pp.1769-1771, 1997.
- [11] Du-Ming Tsai, "Boundary-nased corner detection using neural networks," Pattern Recognition, vol.30, no.1, pp.85-97, 1997.
- [12] Qiang Ji and Robert M. Haralick, "Breakpoint detection using covariance pro-pagation," IEEE Trans. on PAMI, vol.20, no.8, pp.845-851, 1998.
- [13] L. Kitchen and A. Rosenfeld, "Gray-level corner detection," Pattern Recognition Letters, vol.1, pp.95-102, 1982.
- [14] 洪志章, "Research on the wavelet based edge detector," 碩士論文, 義守大學, 1999.
- [15] 辜正同, "Wavelet Operators for Multi-scale Edge and Corner Detection



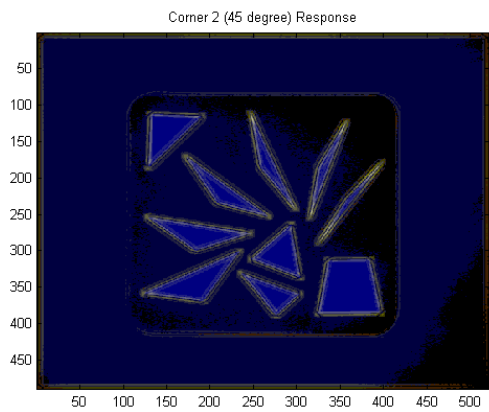
圖一、依角度建立的三階運算子，每階有兩個運算遮罩，交接處的係數為 0：(a) $180^\circ$ ；(b) $90^\circ$ ；(c) $45^\circ$ ；



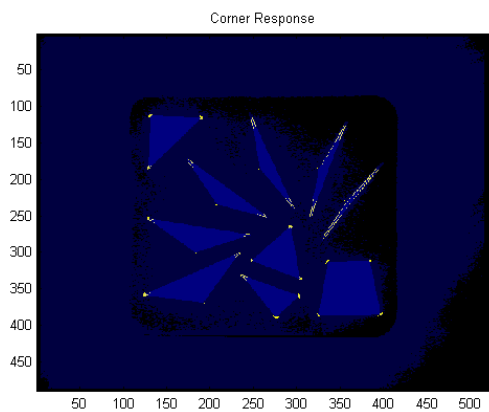
圖二、測試影像



圖三、 $90^\circ$  運算子的響應



圖四、45° 運算子的響應



圖五、最後的偵測結果