

3D 影像查詢系統

李朱慧

林金樹

朝陽科技大學資訊管理研究所

chlee@cyut.edu.tw s10014615@cyut.edu.tw

摘要

隨著時代的進步，電腦以及網際網路的普及，使用者在網路上會將文字、圖片、照片以及各種多媒體資料上傳至各種網路空間或雲端儲存空間，讓多媒體數據資料庫及多媒體技術必須隨著使用者的腳步不斷地更新及轉變。其中影像如何有效率的搜尋是很重要的議題，本文將聚焦在 3D 影像來做深入探討，將提出一個效率的 3D 影像搜尋方式，分析的對象是使用經濟部智慧財產局的立體商標圖庫，一個立體商標影像使用多張 2D 影像來代表。本文利用 Harris 角點偵測並結合 CPDH (contour points distribution histogram) 形狀描述提取出形狀特徵；以顏色直方圖方法提取顏色特徵，利用兩種特徵進行影像搜尋，經實驗驗證我們提出的方法效率佳。

關鍵詞： 顏色直方圖，Harris 角點，立體影像，CBIR。

Abstract

With the progress of the age, the popularization of the computer and the internet, the text, images, photographs and varieties of multimedia will be uploaded to groups of the network space or cloud storage space by users. Thus, the multimedia data and technology have to renew and transfer with the steps of the users constantly. How to search the images economically is a significant issue. This article will focus on 3D images to investigate in depth. It will propose an efficient 3D searching method. The analytical object is used by three-dimensional trademark gallery of the Intellectual Property Office of the Ministry of Economic Affairs, R.O.C.. One three-dimensional trademark image is expressed a set of 2D images. This article uses Harris Corner detection and combines CPDH (contour points distribution histogram) method to extract the shape feature and uses

color histogram method to refine the color feature. And then, the image retrieves by those features. Experiment verifies that the method we proposed is effective.

Keywords: Color Histogram, Harris Corner, Three-dimensional image, Image retrieve system.

1. 前言

在不同來源的多媒體資料庫迅速增加及擴大的情形下，多媒體技術必須不斷地進步。要如何處理這些大量的多媒體數據資料，及探討出一個有效搜尋影像的方法，讓用戶能夠在搜尋影像中快速且準確找到類似影像，已然成為目前重要研究與熱門的議題。在早期的檢索方式仍根據關鍵詞的搜尋，但已經不能滿足現今用戶的要求，如果只利用文字來檢索影像可能會變得非常不精確。因此，有許多學者提出基於內容的圖像檢索 (CBIR) 技術，它可以從大型多媒體資料庫中快速檢索，並且通過 CBIR 檢索的系統中可以快速查詢相似的影像。在大多數 CBIR 檢索系統的技術中，通常都是提取低階的特徵，例如：顏色、紋理、形狀和空間分佈等，來計算影像的特徵差異性並找出相似的影像[1][2][3][4]。目前許多人會使用一組 2D 影像來表示一個 3D 影像，例如經濟部智慧財產局立體商標圖庫或是 NTU(National Taiwan University)3D model database。基於內容圖像檢索，顏色特徵對於人類視覺是最直接的，因此也被視為重要特徵之一。有許多學者常使用顏色直方圖、顏色矩(moment)、主要顏色等等表示顏色特徵方法，在其中用於顏色直方圖提取顏色特徵做相似度的計算是最為簡單，它對於影像縮放，旋轉是不變性的[5][6]。很多學者提出利用顏色分析方法，Zhang 等學者利用顏色空間方法提出顏色空間特徵，在這些特徵包括面積以及位置並做出有效的檢索[7]。Wang 學者和 Hu 學者提出影像顯著位平面顏色直方圖的方法它可以有效的解決傳統的直方圖容易受到噪音干擾[8]。Pass 等學者提出了顏色一致性的向量(CCV) 方法是由顏色直方圖考慮顏

色空間分布所延伸出來方法，主要是解決影像中幾何圖形難以顏色直方圖做區別[9]。

在過去幾年所使用低階的特徵中，形狀也是一直被認為是個很重要的一個議題，很多學者也提出了形狀的分析方法[10][11]，Han 學者和 Guo 學者提出了一種先利用 Canny 演算法進行檢測邊緣點，再利用水填充算法提取邊緣的輪廓，最後選擇凸邊緣做為形狀特徵進行匹配[12]。Dudek 學者和 Tsotsos 學者提出了一種基於多尺度曲率來識別物件形狀並進行檢索[13]。Zhou 學者和 Zhang 學者提出一種方向特徵和金字塔匹配的形狀檢索，方向性的特徵主要有兩種：形狀的邊緣和角度，利用形狀的邊緣和角提取出特徵，並結合這兩個的特徵，最後使用金字塔匹配兩個形狀得到高效率的檢索[14]。Li 學者和 Zhan 學者提出一種基於形狀的區域檢索，描述一個稱為子區域形狀矩陣主要是採樣基於光柵影像採樣技術和最小慣量(ALI)[15]。Bober 學者提出了利用 MPEG-7 的技術，得到有效率形狀上的檢索[16]。

在形狀檢索大致可以分成兩種方法：第一種方法是基於影像中的形狀輪廓，傅立葉最常用來描述形狀上的輪廓。在傅立葉描述最常用來表示單封閉曲線的形狀特徵並且具有平移、旋轉及尺度伸縮不變性，這些為影像的相似性的變化，而傅立葉在計算上的原理非常簡單以及一致性，並且能讓特徵上的提取更加穩定。由於在傅立葉轉化的主要能量都會集中在低頻的係數上，所以在低頻係數就反映出輪廓上的形狀，而在高頻係數的部份則反映在輪廓上細節[17]。第二種方法是基於影像中整體形狀的區域，最常用的方法為 Zernike 矩上描述形狀的區域性。Zernik 矩描述的特性具有旋轉、平移、縮放的不變性等等特性，有許多人會改進並進一步加強 Zernike 矩對於影像的擷取能力[18]。如果要提高 Zernike 矩的檢索效率，就必須要提高多項式裡的計算階數，在每個多階數(multi-level)代表著描述的形狀，但這樣會導致檢索上所花的時間增加，所以許多的學者會把 Zernike 矩和其他的方法做結合來降低所花的時間，或者只運用在全域特徵(Global features)[19]。本文將利用顏色與形狀特徵搜尋 3D 影像，目前經實驗證明我們提出的方法效率佳。本研究主要分成五個節：在第二節會探討角點偵測、顏色直方圖和 CPDH 相關說明；第三節說明如何提取形狀特徵與顏色特徵以及說明立體影像搜索，本文會用四張 2D 影像為一組圖組，作為立體影像的表示，並於每

張 2D 影像做特徵上的提取，一組 2D 影像特徵代表一個 3D 影像特徵，再利用類似度計算的方法，進行相似度的匹配；第四節說明在本文實驗的結果；第五節本文的結論講解。

2. 相關文獻

這幾年來影像技術的快速發展下，大量 3D 的影像數據廣泛應用在 CAD、醫藥以及虛擬技術上，使得 3D 影像檢索形成一個很重要的議題，通常 3D 影像會以不同方向拍攝出多張 2D 影像，因此 3D 影像會被視為一組 2D 影像來表示，本文將利用 2D 影像的描述檢索 3D 影像，並尋找相似的 3D 影像。

2.1 顏色特徵

顏色對於人類的視覺感知是最直接的，它也是一個很重要的視覺感受。在顏色的空間中最常被廣泛做使用是 RGB 空間，而 RGB 空間最常被使用於數位相機或數位顯示器中，因為它不需要再做顏色空間上的轉換，顏色 RGB 空間上的每個顏色是由三種基本顏色(紅色、綠色、藍色)相互累加形成各種不同的顏色。所以在本文會利用 RGB 空間做顏色特徵上的提取，作為產生顏色直方圖的工具。在檢索顏色特徵上，顏色直方圖較為多人使用。它所描述在影像不同色彩中所呈現出不同顏色上的比例，其中 Swain 學者和 Ballard 學者採用顏色空間直方圖來描述影像，且利用直方圖的相交算法進行影像檢索，主要用來測量兩張影像間的色彩相似性值[20]。

2.2 形狀特徵

Harris 角點偵測主要是改善了 Moravec 角點偵測的缺點，在 Moravec 原理取影像中某一像素為中心點選取一個 $m \times m$ 的方形窗口做小距離的移動，並計算出移動前後 $m \times m$ 區域的方形窗口強度上是否會引起很大的變化量，如果有很大的變化量那代表該點是角點。Moravec 在缺點上面如：Moravec 對於方向性過於依賴，因為 Moravec 在實際上只計算了四個角度方向並做灰度差的平方和($0^0, 45^0, 90^0, 135^0$)，在窗口上的移動並沒有辦法兼顧每個方向，以至於不能準確偵測出所有角點。由於 Moravec 是利用方形的二維值式口，所以導致容易受雜訊上的影響，以及在 Moravec 的演算對於影像

中的邊緣過於敏感。Harris 角點偵測主要是由 Harris 學者和 Stephens 學者所提出，主要是加以改善 Moravec 剛所提到的缺點[21]。

Harris 主要是改用微分來計算，來改 Moravec 在影像中無法準確地偵測每個角點。因為在一個優秀角點偵測的算式中應該要能考慮到每一種現在移動的變化以及情況，Harris 算式用 Taylor 展開 Moravec 公式，並且重新定義公式在灰度的強度變化(稱為自相關變化)，來實現近似偵測出任意方向公式。且 Harris 也提出了一種為平滑圓形的窗口來偵測角點，主要是利用高斯的函數，進而改善對於雜訊以及邊的方向而得到不同的結果。

2.3 CPDH descriptors (contour points distribution histogram)形狀描述

CPDH 形狀描述是由 Shu 與 Wu 所提出的，在本文這一節，我們會說明 CPDH 如何提取輪廓上的特徵點，並把所提取的特徵點以直方圖的方式來描述位置，同時利用這方式來描述不同物件的形狀，在本小節我們會詳細的描述 CPDH 方法[23]輪廓點分佈直方圖是一種描述二維形狀的新方法，分成以下階段:第一階段:影像轉成灰階影像(如圖一所示的 a 圖)。第二階段:利用 canny 技術提取影像中物件輪廓(如圖一所示的 b 圖)。第三階段:由於 canny 取出的輪廓特徵點太多會導致計算長，所以利用等間隔距離的方法提取少許的特徵點代表輪廓(如圖一所示的 c 圖)。第四階段:由第三階段所提取輪廓上的特徵點為一個點集 P，並找出中心點建立級座標系統，並且得到最小外接圓。(如圖一所示的 d 圖)。第五階段:在最小的外接圓內建立同心圓的等分半徑以及建立等分圓周(如圖二所示)。

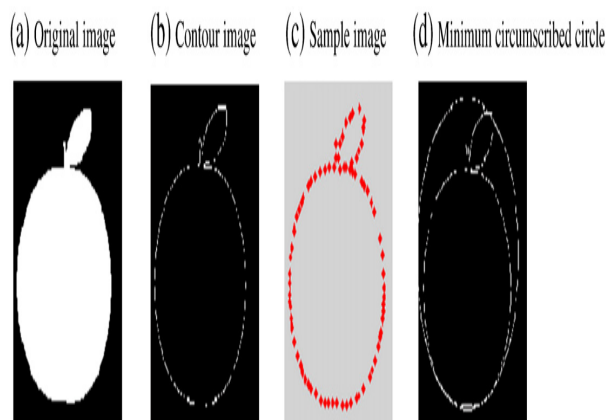
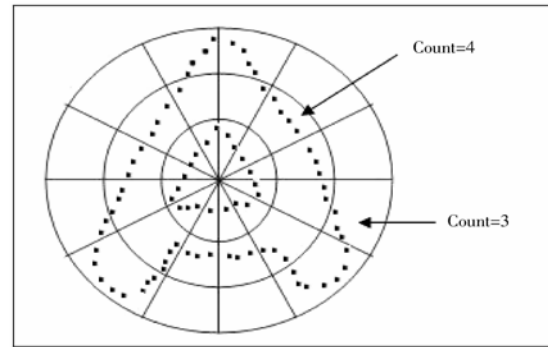


圖 1 輪廓點提取結果及採樣過程[23]



圖二 輪廓點提取結果及採樣過程[23]

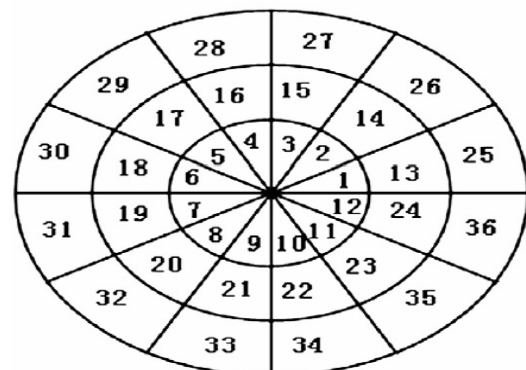
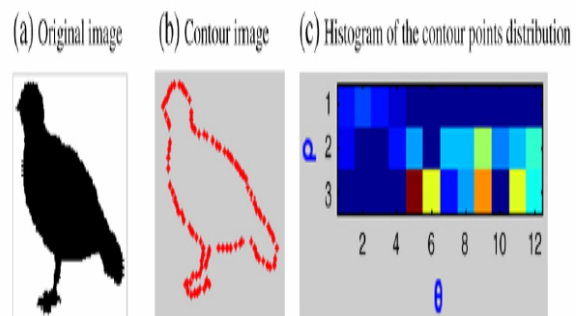


Diagram used for computing the ground distance.

圖三 網格式圖[23]

從最後的結果圖二可清楚的看出用網格式來呈現出並統計物件輪廓上的點特徵分佈，在每個 R_i 網格式代表著三個位元值在直方圖上所呈現: $H_i = (\rho_i, \theta_i, \eta_i)$, ρ_i 代表著第 i 個同心圓半徑, θ_i 代表著第 i 個水平方向與第 ρ_i 個同心圓半徑的夾角(順時針的方向), η_i 代表著第 i 個在 R_i 網格式內所採樣點的個數, 如圖四所示在直方圖上的呈現。

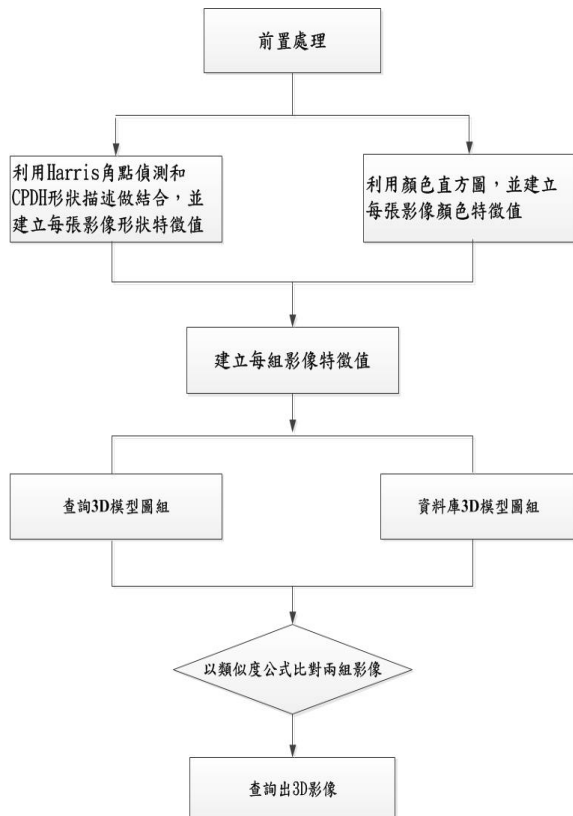


圖四 輪廓點分佈的直方圖[23]

從圖四中所示，不同的顏色代表著第 R_i 個網格式區域內的所採樣點的個數參數，顏色若越深越代表採樣點的個數參數越多。

3. 立體影像搜索

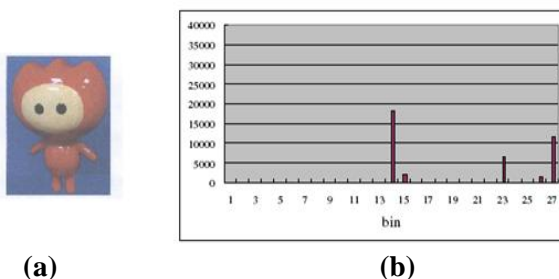
隨著時代變遷，科技日益進步之下，數位科技發展非常的迅速。現今數位科技也變得非常普及，幾乎人人手上都會有一個數位的產品。例如：數位相機、數位攝影機等。數位影像也因為不斷的增加，所以立體圖像的檢索在未來是個趨勢。在本研究中會結合兩種不同的特徵做影像上的檢索，分別是(形狀、顏色特徵)。



圖五本研究系統搜索流程

3.1 顏色特徵提取

在顏色特徵上的提取，本文會利用 RGB 顏色空間方式做顏色特徵上的提取，並建立出顏色直方圖，在顏色直方圖向量表示 $C = (c_1, c_2, \dots, c_{27})$ [22][24]。如圖六所示。



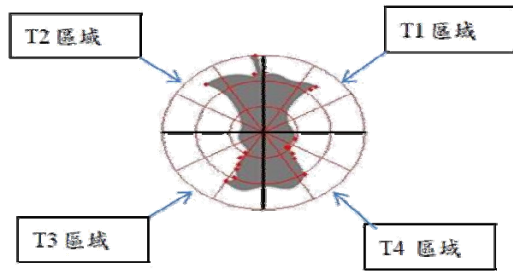
圖六 (a) RGB 影像，(b)a 圖的 RGB 顏色直方圖[24]。

3.2 形狀特徵提取

在形狀特徵提取會運用 Harris 角點偵測的方法[21]，並結合 CPDH 形狀描述[23]提取形狀特徵點。本文以輪廓方法來呈現，首先做角點的偵測，在角點特徵點在本文會使用由 Harris 學者和 Stephens 學者所提出的 Harris 角點偵測，找出物件上所有角點位置如圖八所示，為了減少角點的資料，使用等間隔距離取樣的方法提取輪廓上的特徵點數量，利用提取少許的特徵點代表輪廓，並利用輪廓上檢測出來的角點找出中心點位子，計算出每個角點與中心的距離，找出最遠距離做為半徑，劃出一個最小的外接圓內建立同心圓的十二等分半徑以及建立三等分圓周，最後建立出: Shu 學者和 Wu 學者所提出的 CPDH 輪廓上特徵點分佈來代表形狀如圖八所示。以逆時針的偵測方向計算共有 $R=i$ 個網格，並統計出每個角點所對應的網格的數量，得到一個 $R = (r_1, r_2, \dots, r_i)$ 的向量，為了讓形狀不受於旋轉的影響，本文會做抗旋轉的機制，首先把形狀所對應的圓形網格，利用四個象限分成四個大區塊分別是: T1, T2, T3, T4 向量並分別統計 4 個區塊內的每個網格內所包含的角點做加總，選擇一個 T1, T2, T3, T4 的區域所包含的角點數量最多者，假設選擇出 T4 內的區域所包含的角點數量最多，那麼我們就會以 T4 區域為基準，逆時針的偵測方向並得新的 $R = (r_5, r_6, \dots, r_i, r_{31}, r_{32}, r_{33})$ 向量，若選擇 T1 區域內的角點數量最多，那麼 $R = (r_1, r_2, \dots, r_i)$ 的向量就不變。



圖八 物件上角點特徵位子



圖七 物件輪廓點分布

3.3 特徵結合並做相似匹配

一個 3D model 共有 j 張影像，表示為 p_1, p_2, \dots, p_j ，先抽取每張影像的特徵值，其中第 i 張圖的特徵向量表示為 $p_i = (c_1^i, c_2^i, \dots, c_{27}^i, r_1^i, r_2^i, \dots, r_{48}^i)$ ，因此每個 3D model 會有 j 個特徵向量，每張圖我們將視之為空間上的一個點，則一個 3D model 可視為空間上 j 個點。並計算出最小外接圓的半徑 d ，包含所有 j 個特徵向量。

在進行二個 3D 影像的相似度比對，我們以二個 3D 影像中，共有 $j \times 2$ 個特徵向量，並計算出最小外接圓的半徑為 d'' 。

本研究提出相似度的計算公式如下：

$$D = \frac{d''}{d + d''} \quad (1)$$

其中 d'' 代表著二個 3D 影像中最小外接圓半徑； d' 和 d 分別代表著資料庫圖組和索引圖組的最小外接圓半徑。

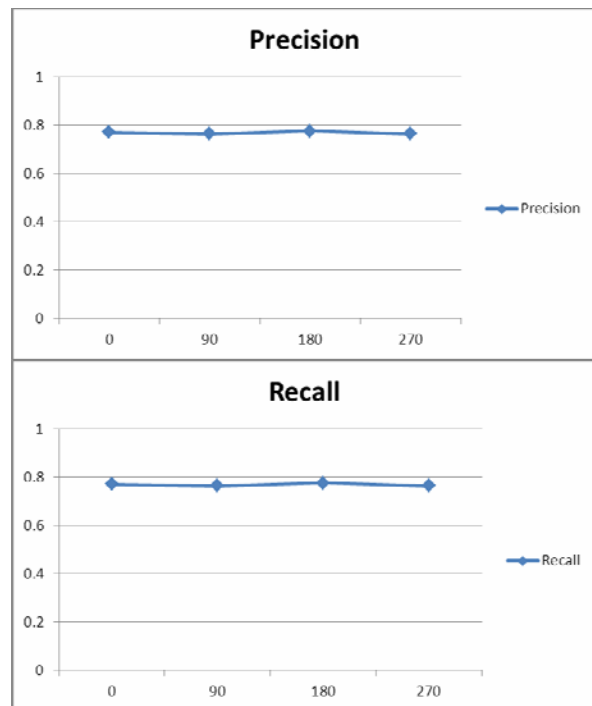
D 表示兩個 3D 影像的類似度，若 D 值越小代表兩組影像越相似，反之 D 值越大代表兩組影像越不相似。

4. 實驗結果

在實驗上的圖組本文擷取來自經濟部商標局網站，共擷取 200 個圖組。實驗如圖十表示四個圖組，每個圖組分別取四種不同的拍攝的角度形成，本文會對每個圖組做 0 度、90 度、180 度、270 度四個角度旋轉，因此在每一個立體影像共有四組影像是有關，本文總影像為八百張影像，進行實驗：



圖十 我們實驗總共有 800 張影像



圖十一 不同旋轉角度為索引的準確率和召回率

從圖十一本文在評估的方式會利用精確度 (precision) 和召回度 (recall) 做為評估標準，分別以 0 度、90 度、180 度、270 度做不同索引角度檢索，從 Fig. 11 我們可以發現，在準確率和召回率上是不錯的，在平均精準度 0.76 以及召回度 0.76。從圖中也能發現，立體影像檢索系統對於影像旋轉的敏感是很低的，因此本文所提出的檢索方法在準確率是有不錯的效果。

5. 結論

在本文利用了角點偵測並結合 CPDH 形狀描述提取出形狀特徵，且本文所提出的抗旋轉上機制，能有效減少影像對於旋轉的敏感，而提高在檢索上的準確度。在往後的研究中，可以

在影像的特徵提取上加入不一樣的特徵提取方式和不同相似度上的匹配，以期望在立體影像檢索能更有效的提高準確度。

致謝

本研究感謝國科會計劃 NSC 101-2221-E-324-037 所補助。

參考文獻

- [1] K. C. Ravishankar, B. G. Prasad, S. K. Gupta, and K. K. Biswas, "Dominant color region based indexing for CBIR," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Analysis and Processing*, pp. 887-892, 1999.
- [2] R. M. Haralick, K. Shanmugam, and I. Dinstein, "Texture features for image classification," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 3, No. 6, pp. 610-621, 1973.
- [3] T. Wang, S. M. Hu, and J. G. Sun, "Image Retrieval Based on Color-Spatial Feature," *Journal of Software*, Vol. 13, No.10, 2002.
- [4] J. Huang, "Color-Spatial Image Indexing and Applications," *PhD Dissertation, Cornell Univ.*, 1998.
- [5] W. Hsu, T.S. Chua, and H.K. Pung, "An integrated color-spatial approach to content-based image retrieval," *ACM Multimedia Conference*, pp. 305 – 313, 1995.
- [6] R. Rickman and J. Stonham, "Content-based image retrieval using color tuple histograms," *SPIE proceedings*, pp. 2 – 7, 1996.
- [7] L. Zhang, F. Lin, and B. Zhang, "A CBIR method based on color-spatial feature," *Proceedings of IEEE Region 10 Conference: TENCON 99, Multimedia Technology for Asia-Pacific Information Infrastructure*, Vol. 1, pp. 166-169, 1999.
- [8] X. WANG and F. HU, "A Robust Color Image Retrieval Based on Significant Bit-plane," *Journal of Image and Graphics* , Vol.12, No.9, pp.1647-1652, 2007.
- [9] G. Pass, R. Zabih, and J. Miller, "Comparing Images using Color Coherence Vectors," *Proceedings Fourth ACM Multimedia Conference*, pp. 65–74, 1996.
- [10] D.S. Zhang, "Image retrieval based on shape," *Australia: Monash University*, 2002.
- [11] D.S. Zhang and G.J. Lu, "Review of shape representation and description techniques," *Pattern Recognition*. 2004, Vol. 37, No. 1, pp. 1-19.
- [12] J.W. Han and L. Guo, "A shape-based image retrieval method using salient edges," *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 18, No. 2, pp.141-156, 2003.
- [13] G. Dudek and J.K. Tsotsos, "Shape representation and recognition from multiscale curvature," *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 68, No. 2, pp. 170–189, 1997.
- [14] R. Zhou and L. Zhang, "Shape Retrieval Using Pyramid Matching with Orientation Features," *Proc. IEEE Conf. Intelligent Computing and Intelligent Systems*, Vol. 4, pp. 431-434, 2009.
- [15] B. Li and Y. Zhan, "A New and Efficient Descriptor for Region Based Shape Retrieval," *2009 WRI World Congress on Computer Science and Information Engineering*, Vol. 6, pp71-75, 2009.
- [16] M. Bober, "MPEG-7 visual shape descriptors," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.11, No. 6, pp. 716–719, 2001.
- [17] Y. Rui, A. She, and T.S. Huang, "A modified Fourier descriptor for shape matching in MARS," *Image Databases and Multimedia Search*, Vol. 8, pp. 165–180, 1998.
- [18] W.Y. Kim and Y.S. Kim, "A region-based shape descriptor using Zernike moments," *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 16, No. 1, pp. 95-102, 2000.
- [19] G. Amayeh, S. Kasaei, G. Bebis, A. Tavakkoli, and K. Veropoulos, "Improvement of Zernike Moment Descriptors on Affine Transformed Shapes," *IEEE International Symposium on Signal Processing and its Applications*, pp. 1-4, 2007.
- [20] M.J. Swain, D.H. Ballard, "Color Indexing," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 7, No. 1, pp. 11-32, 1991.
- [21] C. Harris and M. Stephens, "A Combined Corner and Edge Detector," *Matthews M M. Proceedings of the Fourth Alvey Vision Conference. Manchester: the University of Sheffield Printing Unit*, pp. 147-151, 1998.
- [22] C.H. Lee and M.F. Lin , " Content-Based Image Retrieval for Three-Dimensional

- Trademarks," *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, Vol. 6, No. 9, pp. 3929-3941, 2010.
- [23] X. Shu and X.J. Wu, "A novel contour descriptor for 2D shape matching and its application to image retrieval," *Image and Vision Computing*, Vol. 29, No. 4, pp. 286-294, 2011.
- [24] Y.F. Chang, "An Image Retrieval for Three-dimensional Trademark," *National Digital Library of Theses and Dissertation In Taiwan*, pp. 1-47, 2009.