

基於影像識別技術之實物教學平台

蔡哲民
崑山科技大學資訊
管理系 助理教授
tjm@fhl.net

王建仁
崑山科技大學資訊
管理系 助理教授
cjw@mail.ksu.edu.t
w

吳明昆
崑山科技大學資訊
管理系 研究生
aptx_0826@yahoo.c
om.tw

蔡文吉
崑山科技大學資訊管
理系 研究生
think_mis@yahoo.co
m.tw

摘要

隨著資訊技術的進步與實物教學(Object Teaching)的風行,使用影像技術來輔助實物教學已非難事。目前一般影像檢索系統使用之辨識資料庫,內容是系統開發者所建置的,辨識內容僅及系統開發者所提供的資料。使用者無法自行擴充資料庫,以增加新的辨識種類,更遑論建立其他領域的辨識資料庫。本論文提出一個使用者可自行建置辨識資料庫之通用檢索系統。使用者可使用實物辨識箱擷取實物影像,亦可上傳實物影像及相關資料至線上檢索網站,系統將自行擷取系統所需之特徵資訊如 YCbCr 顏色直方圖等。藉此,使用者可依據個別需求,建立或擴充實物辨識系統之資料庫。該系統可提供教師於課堂上實物教學,並可提供學生課後透過網站輔助學習。**關鍵詞**: 線上檢索網站、實物教學、通用檢索系統。

Abstract

Object teaching becomes a popular teaching method in Taiwan. Because of the rapid progress of information techniques, the development of an indexing system for object teaching becomes easier than its early stage. Commonly, the database of the indexing system is setup by developers. It is hard for the users to increase contents of the database or even setup a new database. Besides, the existing systems do not take of the benefit of the ubiquitous Internet. In this paper, we propose an universal image indexing system. This system is also implemented to be a web-based system. The images can either be collected using the traditional object recognition box or be uploaded by the user through the internet. This system automatically fetches the features of these images. These features are used to setup a new database or expanded the contents of existing database. This system supports teachers for object teaching during the class. In addition, the students can continue their after-class studying using its web-based platform.

Keywords: Web-Based Image Indexing System, Object Teaching, Universal Image Index System.

1.前言

近年來在科技快速的發展及網際網路的普及化下,各式各樣的數位影像與相關擷取設備在我們的四周隨處可見。而在教學方式不斷的創新與改進下,學校的教學方式一改以往的以言語描述為主的教學方式,變為多樣化的影音數位教學方式。以中小學教材為例,過去僅含有文字描述及少許示意圖,而現在中小學校教材則加入了相當豐富的影像和圖畫,甚至還加入影音的互動教學,目前有許多教科書還附加教學錄影帶、互動式教學軟體,這些教材都使用了大量的影像,由此可知現今學校的教育已逐漸走向多媒體化了。

但儘管使用影像或多媒體能提高學生學習成效[5],還是有許多事物利用影像或多媒體無法完整的表達出來,而需要利用實物教學的方式以進一步提昇教學成效。針對這些論及具體實物的課程,教師如果在課堂上展示實物讓學生實際觸摸來加深學生對該物體的認知與印象,教學成效將比僅利用影像或多媒體進行教學來得更好。

一般實物教學通常是與口頭講授配合,很少能夠與多媒體教材緊密結合,以致難以進一步透過影音的刺激提昇學習成效。且由於學生離開教室後不一定能夠輕易的取得實物教學中所使用的教材,如稀少之貝類或價格較高之電子材料,因此課後複習就難以與教學過程連貫。如果能有一套實物教學的輔助平台,透過數位影像辨識技術,取得實物教材的影像,即時辨識出此實物教材的種類,這樣在課堂上進行實物教學時可以用來協助實物教材與多媒體教材之結合,課後也能提供學生透過網際網路上傳手邊的數位影像進行檢索學習,則能進一步提昇實物教學的教學成效,也能提昇學生課後學習的動機。再者,該平台也應該提供簡易的教材製作功能,才能使沒有資訊專業技術的教師也能輕易的將之應用於教學上。

在以往影像內容檢索(Content-Based Image Retrieval)的領域中,已經有許多的研究成果,如QBIC[11,15,18]、VisualSEEK[13]、Photobook[10]等等,這些系統能夠擷取影像內容的特徵,這些擷取出來的影像內容特徵主要是代表物件在影像上的意義和相對關係,其大多為物件的形狀、顏色及紋理特徵。而該類系統所使用的辨識資料庫都是在建立該系

統時所建立的，系統本身並沒有提供便於讓使用者自行增加該系統中沒有的額外影像。此類系統較注重於整體的檢索正確率，資料庫中的影像種類也較一般實物教學多。

還有一類的影像內容檢索系統，是針對特定種類的數位影像進行檢索[1,3]，利用了該種類數位影像的特殊特徵來進行檢索，這類型的影像內容檢索系統由於僅能適用於特定種類的數位影像，也就不適合用在實物教學中。

相較於上述的兩類影像內容檢索系統，實物教學輔助平台由於應用的場合不同，因此比較不需要重視整體影像的檢索正確率，而需要著重於第一張回傳影像的正確率，因為系統通常會採取辨識後最有可能的種類，也就是最相似的第一張影像，來觸發其他多媒體教材的播放。另由於該系統使用者非專業的資訊技術人員，因此在系統的操作上必須簡易直覺，且在加入或是建立辨識資料庫的操作上也不可太過於繁雜。這樣才能真正應用於一般課堂上的實物教學中。

目前在實物影像教學的應用上，還沒有一套被廣泛使用的實物教學輔助系統。本論文希望建置一套通用的實物教學輔助平台，該平台包含一個可供課堂實物教學用的實物辨識箱以及一個可供學生在課後進行教材影像查詢的辨識網站[6]。在教材輸入方面，本系統也提供Web-Based與Java Application兩種形式的應用程式供教師自行建立教材特徵資料庫。

2.系統架構

本研究主要是建置一套運用影像識別技術之實物教學平台，該平台包含實物辨識箱與線上檢索網站。在實物辨識箱方面，我們採用的輔助教學方式是讓學生將實物放入辨識箱中，選擇進行辨識或建立新影像資料，待擷取出欲辨識物件後，再進入影像特徵擷取流程，擷取箱中的實物物件特徵，若教師選擇建立新影像資料時，系統會將所擷取出之物件特徵建立於資料庫中，若學生選擇進行辨識時，則系統會將所擷取出之物件特徵與資料庫中的數據比對，最後輸出和檢索相近的實物資訊給學生。

在線上檢索網站方面，教師可上傳拍攝的影像至網站，並選擇進行辨識或建立新影像資料，系統將會自動進行物件擷取，接著進行影像特徵擷取流程，擷取影像中切割出來的物件特徵，教師可選擇建立影像，系統會將擷取出來的物件特徵建立於資料庫中，若學生選擇進行辨識，則系統會將所擷取出來的物件特徵與現有資料庫中的數據進行比對，最後將最相似的資料庫影像呈現於網頁上。圖 1 (a)為實體辨識箱，其結構包含一簡易木箱、一廉價 Web-CAM、一組 LED 燈泡以及色紙數張。圖 1 (b)為檢索網頁。系統架構如圖 2 和圖 3 所示。



圖 1 (a)實體辨識箱；(b)線上檢索網頁

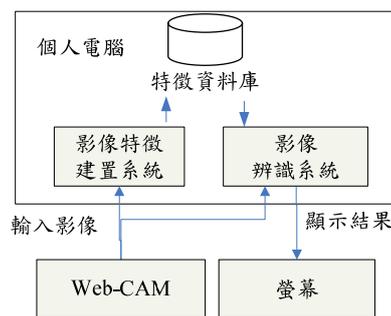


圖 2 實體辨識箱系統架構圖

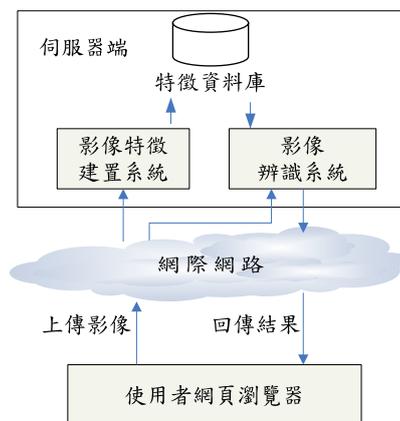


圖 3 網頁系統架構圖

3.研究方法

本研究所提之實物教學平台包含線上檢索網站與實物辨識箱，此兩系統皆含有影像物件擷取、物件特徵擷取及影像辨識三個子系統。本平台的影像特徵擷取流程如圖 4 所示，使用者所輸入之影像經過影像物件擷取程序、物件正規化後，進行特徵值的擷取，擷取後之特徵值可用來進行建置資料庫之用或進行即時辨識之用。

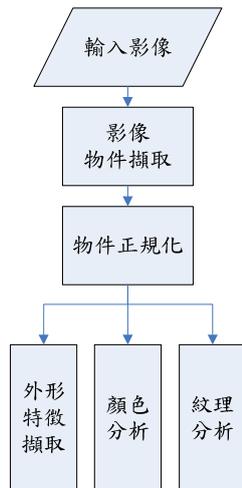


圖 4 影像特徵擷取流程圖

3.1 影像物件擷取

在影像辨識中，最重要的步驟是如何正確地將影像中欲辨識物件和背景分離，目前物件切割技術常使用的方式大多是透過背景相減 (Background Subtraction) [17]、顏色分群 (Color Clustering) [8]、分水嶺演算法 (Watershed) [14] 或是必須經由人工定義初始輪廓的方式擷取物件 [16]。但是這些方式大都需要使用者介入，如標示初始輪廓、擷取背景、設定參數等，因此較不易於建置全自動化系統。

蔡哲民等人 [7] 曾提出一套基於經驗法則的物件切割技術，該技術的優點是不需使用者介入切割過程，僅需要上傳一張影像即可全自動切割出主要的物件。由經驗法則我們可得知，一般使用者在拍攝影像時，都會將其所要拍攝的單一物體拍攝於影像的中央附近，且該物體面積會較其他物體大，所以進行物件擷取時，僅需擷取位於影像中央且面積較大的單一物體。由於本系統為全自動化系統，所以該技術正符合本系統環境所使用。

因原技術所使用之 CIE Lab 顏色空間運算速度過於緩慢，本研究為加速系統效能，改為將 RGB 顏色空間轉換為一般常用灰階影像進行運算。首先將輸入影像，如圖 5 (a)，經由算式 (1) 進行轉換。

$$Y=0.299 \times R+0.587 \times G+0.114 \times B \quad (1)$$

為了降低製作系統的成本，我們所用來進行拍攝的低成本 Web-CAM 有較多的雜訊，因此將原技術用來去除雜訊之高斯濾波換為均值濾波，以減少雜訊對於切割結果的影響；經過雜訊過濾步驟，接著進行 Sobel 邊緣偵測，之後進行物件輪廓的抽取，最後使用經驗法則取出物件，如圖 5 (b)。

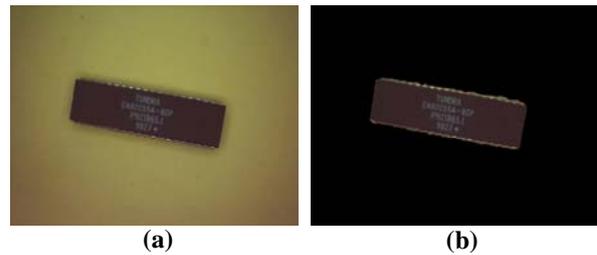


圖 5 (a)原圖；(b)經物件擷取的物件

3.2 物件正規化

擷取出物件之後，由於在拍攝影像時會產生物件的偏移，所以需要將所有物件的角度調整至固定角度，所以首先將物件最長主軸調整至與 Y 軸平行，接著因為物件在拍攝時會受到拍攝距離遠近的影響而變大或變小，因此將所有物件正規化至高為 300 像素，並將該物件之質心定位於寬為 640，長為 480 的圖片中心，如圖 6 所示。圖 6 (a) 為經過物件擷取後的影像，圖 6 (b) 為正規化完成後之圖片。

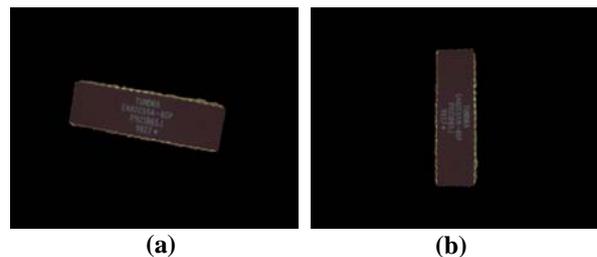


圖 6 (a)經物件擷取後影像；(b)正規化完成後影像

3.3 特徵擷取

在特徵擷取部份，我們針對物體之外形、顏色及紋理特徵來進行特徵值的擷取，擷取後數值作為資料庫儲存之用或進行資料比對之用。

3.3.1 外形特徵擷取

物件的外形在辨識特徵的重要性中佔有很大的比率，在物件外形特徵的擷取上，以往學者曾提出許多外形特徵描述的演算法，目前較常見之外形特徵描述有兩種：(1) 以區域為主的外形特徵描述 (如 CCD [19]、像素差異累計等)，此種方式是以物件所佔面積來表示該物件之外形，以用於比對兩物件外形差異程度；(2) 以輪廓為主的外形特徵描述 (如 ACH [12] 等)，此種方式是以物件外形輪廓來比對兩物件的外形差異程度。這兩種方式各有優劣，可以根據影像物件的特徵來選擇適合該物件的描述方式。

所以在外形特徵擷取部份，我們採用以區域為主的外形特徵描述，直接以物件像素差異累計的方式來進行特徵值的運算，系統將前處理完成後的圖片進行二值化運算，並將該二值化影像存至資料庫，以做為物件外形的比對數據，如圖 7 所示。

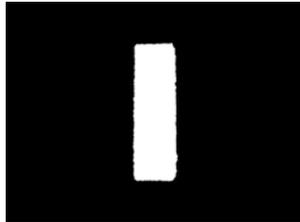


圖 7 物件外形二值化影像

3.3.2 顏色特徵分析

因一般影像所使用之 RGB 顏色空間對於運算來說顯得過於龐大且 RGB 顏色空間對於顏色的變化過於敏感，所以本文透過算式(2)將 RGB 顏色空間轉換為 YCbCr 顏色空間，由於 RGB 與 YCbCr 之間的轉換是線性的，因此轉換速度相當快速。本研究為了降低環境光源對於處理時所造成的顏色差異，由於 YCbCr 中的 Y 所代表的意義是亮度值，因此我們僅使用 Cb 與 Cr 來進行直方圖的運算。首先將正規化後影像，如圖 8，透過 YCbCr 公式轉換後，每個像素會得到本身的 Cb 與 Cr 值，將 Cb 與 Cr 值根據個數加總起來就成為 Cb 與 Cr 顏色直方圖，系統將此兩直方圖存至資料庫以作為影像顏色特徵值，如圖 9 所示。

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.168 & -0.331 & 0.5 \\ 0.5 & -0.418 & -0.081 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \quad (2)$$

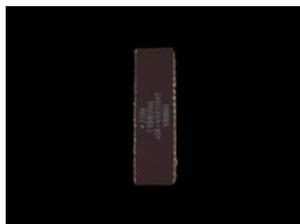


圖 8 正規化後原圖

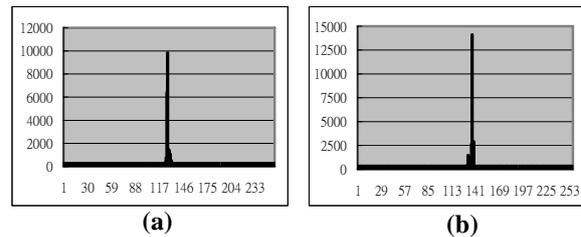


圖 9 (a)Cb 顏色直方圖；(b)Cr 顏色直方圖

3.3.3 紋理特徵分析

在紋理特徵方面，我們採用小波轉換(Wavelet Transformation, WT)，小波轉換是一種將空間域影像轉換為頻率域影像的演算法，也就是影像經過小波轉換處理過後，會產生許多不同重要程度資料，這些資料表示高低不同的頻率，而每個頻率皆有所代表的涵義，因此可以根據這些頻率涵義來分別作處理。小波轉換有很多種方式，本文採用 Harr 小波轉換。

系統首先將正規化後之影像轉換為灰階影像，之後經由 Harr 函數進行四階小波轉換後，會得到 13 個區域，這 13 個區域代表著不同的頻率，這些區域稱為頻帶(subband)，通常高頻部份為雜訊較多的部份，而低頻部份則是整張影像中最重要的部份。接著利用算式(3)及算式(4)，分別求取每個頻帶的平均數及變異數，最後將 13 個頻帶的平均數與變異數分別平均起來，平均之後的平均數與變異數則代表此影像的 Harr 小波紋理特徵值，圖 10 為圖 8 進行小波轉換後影像。

$$\mu_s = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} F_{i,s}}{N_s}, s(\text{subband}) = 1 \sim 13 \quad (3)$$

$$\alpha_s = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} (F_{i,s} - \mu_s)^2}{N_s}, s(\text{subband}) = 1 \sim 13 \quad (4)$$

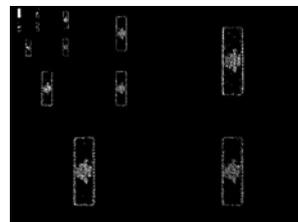


圖 10 影像經過四階 Harr 小波轉換後結果圖

3.4 實驗檢索流程

本系統的檢索流程如圖 11 所示，輸入欲檢索影

像後，透過物件擷取程序取出物件、物件正規化，再將此正規化後影像進行特徵值的擷取，特徵值包含物件外形特徵值 D1、顏色特徵值 D2 與紋理特徵值 D3。擷取出特徵值後，與特徵資料庫比對其資料庫影像相似程度，最後輸出檢索結果。

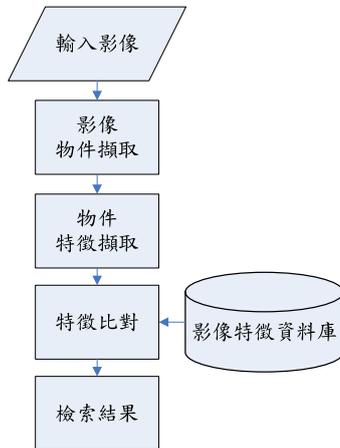


圖 11 影像檢索流程圖

外形特徵值 D1 的擷取是透過算式(5)將欲檢索影像的外形二值化影像與資料庫中的外形二值化影像進行比對，其中 $Pd(x,y)$ 表示在特徵資料庫中的物件二值化影像像素值， $Ps(x,y)$ 表示是欲檢索之影像的物件二值化影像像素值。

$$D1 = \begin{cases} D1+1, Pd(x,y) \neq Ps(x,y) \\ D1+0, otherwise \end{cases} \quad (5)$$

小波紋理特徵值 D2 的擷取是將正規化後之檢索影像透過四階 Harr 小波轉換，以取得其每一頻帶的平均數及變異數，再將 13 個頻帶的平均數及變異數加總分別平均得到總平均數及總變異平均數，透過下公式(6)，來求取其檢索影像和資料庫影像的紋理差異，以計算其差異性有多大，其中 dwm 及 dww 為資料庫中影像的小波平均數及變異數， swm 及 swv 為輸入檢索影像的小波平均數及變異數。

$$D2 = |dwm - swm| + |dww - swv| \quad (6)$$

顏色特徵值 D3 為 YCbCr 顏色直方圖的差異，將正規化後之檢索影像，計算每一個像素的 CbCr 數值，透過加總後可得到兩張代表影像的 Cb 顏色直方圖及 Cr 顏色直方圖，透過下列公式(7)比較 YCbCr 顏色直方圖的差異性， $dcb(i)$ 、 $dcr(i)$ 為資料庫中影像的 Cb 及 Cr 顏色直方圖數值， $scb(i)$ 、 $scr(i)$ 為欲檢索影像的 Cb 及 Cr 顏色直方圖數值

$$D3 = \sum_{i=0}^{255} |dcb(i) - scb(i)| + |dcr(i) - scr(i)| \quad (7)$$

在取得外形(D1)、紋理(D2)及顏色(D3)這三個特徵值後，接著使用投票法來決定相似程度的輸出，首先將這三個特徵值分別由小到大做一排序，因為差距愈小的，表示其相似程度愈大，等排序完成後，利用累計名次的方式進行統計，以計算出哪幾張資料庫影像與檢索影像最為相似。

3.5 結果輸出畫面

利用投票法計算出哪幾張資料庫影像與欲檢索之影像最為相似之後，其結果顯示如圖 12 及圖 13 所示。圖 12 為實物辨識箱檢索結果，圖 13 為線上檢索網站檢索結果。



圖 12 實物辨識箱檢索結果

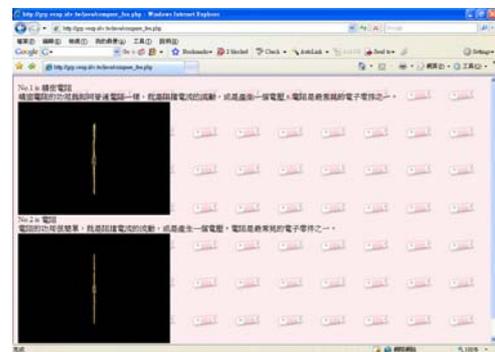


圖 13 線上檢索網站檢索結果

4. 實驗結果與討論

我們總共進行兩項實驗，一項為常見電子零件的辨識，而另一項則是常見貝類的辨識，其種類如下：常見電子零件種類為可變電阻、D 型接頭、二極體、DIP 狀 IC、電晶體、電阻、單邊接腳 IC、DC 電源插座、LED，如圖 14；常見貝類種類為鳳凰螺、玉螺、琵琶螺、寶螺、鳳螺、鮑螺、簾蛤、海扇蛤螺、海兔螺，如圖 15。



圖 14 本文所使用之常見電子零件圖(依序為：可變電阻、D 型接頭、二極體、DIP 狀 IC、電晶體、電阻、單邊接腳 IC、DC 電源插座、LED)



圖 15 本文所使用之常見貝類圖(依序為：鳳凰螺、玉螺、琵琶螺、寶螺、鳳螺、鮑螺、簾蛤、海扇蛤螺、海兔螺)

在線上檢索平台實驗所使用的檢索與資料庫影像皆是利用一般廉價之 Web-CAM 進行拍攝，每種電子零件教材拍攝 4 張不同個體影像，其中 3 張作為資料庫影像，1 張作為測試用影像；而在實物辨識箱實驗中，由於實體貝類教材僅只有一個體(模擬一般學校實體教材的狀況)，因此在利用貝類教材進行辨識時，每種貝類教材拍攝 2 張影像，1 張作為資料庫影像，另 1 張作為測試用影像。這些資料庫影像經過特徵擷取流程處理後，系統會將其特徵數值存放至資料庫當中，所有拍攝後正規化完成的影像皆為 640x480 Pixels。程式執行與測試環境為 Pentium4 3.0G 配備 1G 記憶體之個人電腦，所使用之伺服器為 Pentium4 3.0G 配備 2G 記憶體之伺服器，伺服器系統為 Linux，而開發語言為 Java，並以 PHP 作為網頁介面

的開發工具。實驗模擬使用者上傳欲檢索的影像與將實物置入實物辨識箱檢索的流程，透過系統擷取影像特徵與資料庫影像特徵進行比對後，顯示最相似前 3 名之資料庫影像。

表 1 常見電子零件檢索結果表

種類	第一張命中率	Recall	Precision
可變電阻	1/1=100%	3/3=100%	3/3=100%
D 型接頭	1/1=100%	3/3=100%	3/3=100%
二極體	1/1=100%	3/3=100%	3/3=100%
DIP 狀 IC	1/1=100%	3/3=100%	3/3=100%
電晶體	1/1=100%	2/3=66%	3/5=60%
電阻	1/1=100%	3/3=100%	3/3=100%
單邊接腳 IC	1/1=100%	2/3=66%	3/5=60%
DC 電源插座	1/1=100%	2/3=66%	3/5=60%
LED	1/1=100%	2/3=66%	3/4= 75%

表 2 常見貝類檢索結果表

種類	第一張命中率	Recall	Precision
鳳凰螺	1/1=100%	1/1=100%	1/1=100%
玉螺	1/1=100%	1/1=100%	1/1=100%
琵琶螺	1/1=100%	1/1=100%	1/1=100%
寶螺	1/1=100%	1/1=100%	1/1=100%
鳳螺	1/1=100%	1/1=100%	1/1=100%
鮑螺	1/1=100%	1/1=100%	1/1=100%
簾蛤	1/1=100%	1/1=100%	1/1=100%
海扇蛤螺	1/1=100%	1/1=100%	1/1=100%
海兔螺	1/1=100%	1/1=100%	1/1=100%

為了檢驗本系統使用的演算法之辨識準確率，所以本研究進行一般評估辨識演算法使用的 Recall 與 Precision 正確率檢驗，結果如表 1 及表 2。在 Recall 率方面，由於每個教材在資料庫中的個數不一，所以我們依據該教材在資料庫中的影像張數來顯示檢索的結果，Precision 的計算，則是以該類影像張數除以資料庫中的同類教材影像都被搜尋出來為止的張數。

我們可以發現在兩項實驗的檢索結果表中，電子零件的 Recall 率過低的情形，是由於部分的電子零件其顏色與背景太過相似，導致自動擷取物件失敗，所以會造成 Recall 率降低的情形。因此在背景的選擇上是相當重要的。由於本系統是建立一個可以應用於實地教學的辨識平台，因此在辨識的結果呈現上，第一張相似影像的正確性是相當重要的，而實驗結果也顯示第一張相似影像的準確率是相當高的。

另外我們還針對網站即時辨識以及實物辨識箱

的處理效能進行測試，測試檢索資料庫中總共有 27 個不同個體的資料庫影像，測試結果如表 3 及表 4 所示。由表中我們可以發現，在進行物件擷取及正規化處理時的效能與影像大小是成正比的，影像越大則處理速度越低，而在辨識耗時方面，我們只計算欲檢索影像經過物件擷取及正規化後之影像與資料庫影像進行比對的時間，因此在實際辨識耗時的時間計算上則必須將物件擷取時間與正規化時間納入計算中。

表 3 線上檢索網站處理效能表

影像像素	640x480 pixel	320x240 pixel
物件擷取耗時(s)	2.1	0.6
正規化耗時(s)	5.4	1.7
辨識耗時(s)	6.4	5.7
辨識總耗時(s)	13.9	8.0

表 4 實物辨識箱處理效能表

影像像素	640x480 pixel	320x240 pixel
物件擷取耗時(s)	2.1	0.6
正規化耗時(s)	3.2	0.8
辨識耗時(s)	6.8	5.8
辨識總耗時(s)	12.1	7.2

5. 結論

本系統之目的是建置一個通用的實物教學平台。該平台利用外形特徵、紋理特徵及顏色特徵進行快速的影像檢索，並可輕易的擴充實物影像內容與種類。該平台包含線上辨識檢索網站與實物辨識箱，教師可利用此平台來進行與學生之間的課堂上與課後的教學活動，學生不但可以在課堂上利用與實物實際接觸來學習，也可在課後之餘利用該線上檢索平台來達到課後學習的目的。

本系統除了適合於實物教學之外，由於其辨識速度快，操作方便，也很適合用於各種博物館的實體展示之中，收寓教於樂的效果。

參考文獻

- [1] 李佳玲，葉片分類。2003，元智大學資訊工程研究所碩士論文。
- [2] 李嘉紘、邱郁文、蔡哲民、蔡文吉，應用即時影像辨識技術之貝類輔助教學系統。2007，電子商務與數位生活研討會。
- [3] 李嘉紘、邱郁文、蔡哲民、蔡文吉，基於貝類特徵之網路影像檢索技術。2006，資訊管理暨實務研討會。
- [4] 張宇翔，mpeg-7 在數位博物館物種影像查詢上之應用。2001，國立暨南國際大學資訊工程系碩士論文。
- [5] 黃錦鳳，運用影像或實物的教學媒介刺激對兒童繪畫表現的影響。2002，國立新竹師範學院美勞教育研究所碩士論文。
- [6] 蔡哲民、王建仁、吳明昆、蔡文吉，線上辨識平台，2007年8月13日取自 <http://grp.vexp.idv.tw/>
- [7] 蔡哲民、王建仁、陳世傑、周家弘，基於經驗法則的自動物件切割技術。2007，資訊技術與產業應用研討會。
- [8] A. Hong, G. Chen, J. Li, Z. Chi, D. Zhang, "A flower image retrieval method based on ROI feature," *Journal of Zhejiang University Science*, pp.764-772, 2004
- [9] A. Neri, S. Colonnese, G. Russo, P. Talone, "Automatic Moving Object and Background Separation," *Signal Processing*, Vol. 66, pp. 219-232, 1998.
- [10] A. Pentland, R.W. Picard, S. Sclaroff, "Photobook: Content-based manipulation of image databases," *International Journal of Computer Vision*, Vol:18 3, pp.233-254, Jun. 1996.
- [11] C. Faloutsos, R. Barber, M. Flickner, J. Hafner, W. Niblack, D. Petkovic and W. Equitz, "Efficient and effective querying by image content," *J. Intell. Inform. Sys.* Vol. 3, pp.231-262, 1994.
- [12] H.L. Peng, S.Y. Chen, "Trademark shape recognition using closed contours," *Pattern Recognition Letters*, 18(8), pp. 791-803, 1997.
- [13] J.R. Smith, S.F. Chang, "VisualSEEK: a fully automated content-based image query system," in *Proc. of ACM Multimedia*, pp.87-98, 1996.
- [14] L. Vincent, P. Soille, "Watersheds in digital spaces: an efficient algorithm based on immersion simulations," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intell.*, Vol. 13, pp.583-598, June 1991.
- [15] M. Flickner, H. Sawhney, W. Niblack, J. Ashley, B.Q.H. Dom, M. Gorkani, J. Hafner, D. Lee, D. Petkovic, D. Steele, P. Yanker, "Query by Image and Video Content: The QBIC System," *IEEE Computer*, Vol: 28 9, pp.23-32, 1995.
- [16] M. Kass, A. Witkin, D. Terzopoulos, "Snakes: Active Contour Models", *International Journal of Computer Vision*, pp.321-331, 1988
- [17] N. Kehtarnavaz, F. Rajkotwala, "Real-Time Vision-based Detection of Waiting Pedestrians," *Real-Time Imaging*, pp. 433-440, 1997.
- [18] QBIC, the IBM QBIC project, from <http://www.qbic.almaden.ibm.com/>.
- [19] Z. Wang, Z. Chi, and D. Feng, "Shape based leaf image retrieval," *IEE Proceedings -Vision Image and Signal Processing*, Vol. 150, No. 1, 2003.