

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生活與應用科學科

佳作

040802

智慧型回收標誌辨識系統

學校名稱：臺中縣私立大明高級中學

作者：	指導老師：
高二 王峻偉	謝佳倫
高二 賴璿文	陳武聰

關鍵詞：辨識、回收標誌

摘要

全世界都陷入與垃圾爭地的戰爭中，而垃圾中百分之四十都是可回收資源，如果能從未分類的一般垃圾中自動分離出可回收物，將可以大幅減輕垃圾量，並讓資源可以有效的利用。由於可回收垃圾絕大部分具有回收標誌，所以本系統以辨識回收標誌來自動挑出可回收垃圾，藉此減少人工作業，達到資源回收的第一步驟。

我們所撰寫的辨識程式會自動偵測相機所拍攝的灰階照片，轉成二元值，以陣列儲存。為凸顯回收標誌的圖樣，我們將消除圖片上不必要的雜訊，並把小空隙填滿。接著才從殘存的圖樣中一一比對回收標誌的特徵條件，看是否有圖樣為回收標誌。辨識結果會經由 **RS232** 輸出訊息給外部電路，以推動分類杆並亮出圈叉的燈號來顯示辨識結果，達到回收垃圾分類。

壹、研究動機

行政院環境保護署從 **94 年 1 月 1 日** 就開始推動「垃圾全分類、零廢棄行動計畫」。台灣一年家庭製造的垃圾數量超過八百九十萬公噸，這麼多的垃圾量造成全國三分之二的垃圾場都面臨飽和的壓力。根據網站資料，垃圾分類大致分為三類：資源垃圾、一般垃圾以及廚餘。國人丟棄的垃圾中百分之四十都是資源，經過回收處理之後可以重複利用。

進行資源回收首要工作就是資源垃圾的分類，資源垃圾分為：塑膠類、玻璃類、鐵鋁罐類、紙類，這些垃圾約佔總垃圾量的百分之四十；另外還有站垃圾量百分之三十的廚餘，也可以進行再利用。如果資源垃圾與廚餘都回收與再利用，將可以大幅減輕垃圾場與焚化爐的負擔，並讓資源可以有效的利用。

政府一直在推行資源回收與垃圾分類的觀念，但仍有很多人未確實做好分類工作。所以我們希望能製作一個自動化系統，能將可回收資源從一般垃圾中分離出來。

貳、研究目的

垃圾回收的第一步便是垃圾分類，如果我們能確實做好垃圾分類，就能將垃圾變成可用的資源，讓生活環境更美好。在自動化的垃圾分類下可以增加分類的效率、增加人民的方便性、減少了政府相關處理人員的開資，這種一魚三吃的事情，也是我們一直追求的境地。由於可回收垃圾絕大部分都具有回收標誌，所以我們希望能以辨識回收標誌來自動挑出可回收資源，藉此減少人力，符合現在快速脈動的科技生活。

本系統的整體流程是從模擬資源回收廠的垃圾處理前端作業開始，當輸送帶上的垃圾通過感應器後會自動拍照，並將影像傳入電腦中進行辨識工作，判斷是否有回收標誌圖樣，再依辨識結果將垃圾分類並顯示燈號，以確認此垃圾是否為資源回收物。

參、研究設備及器材

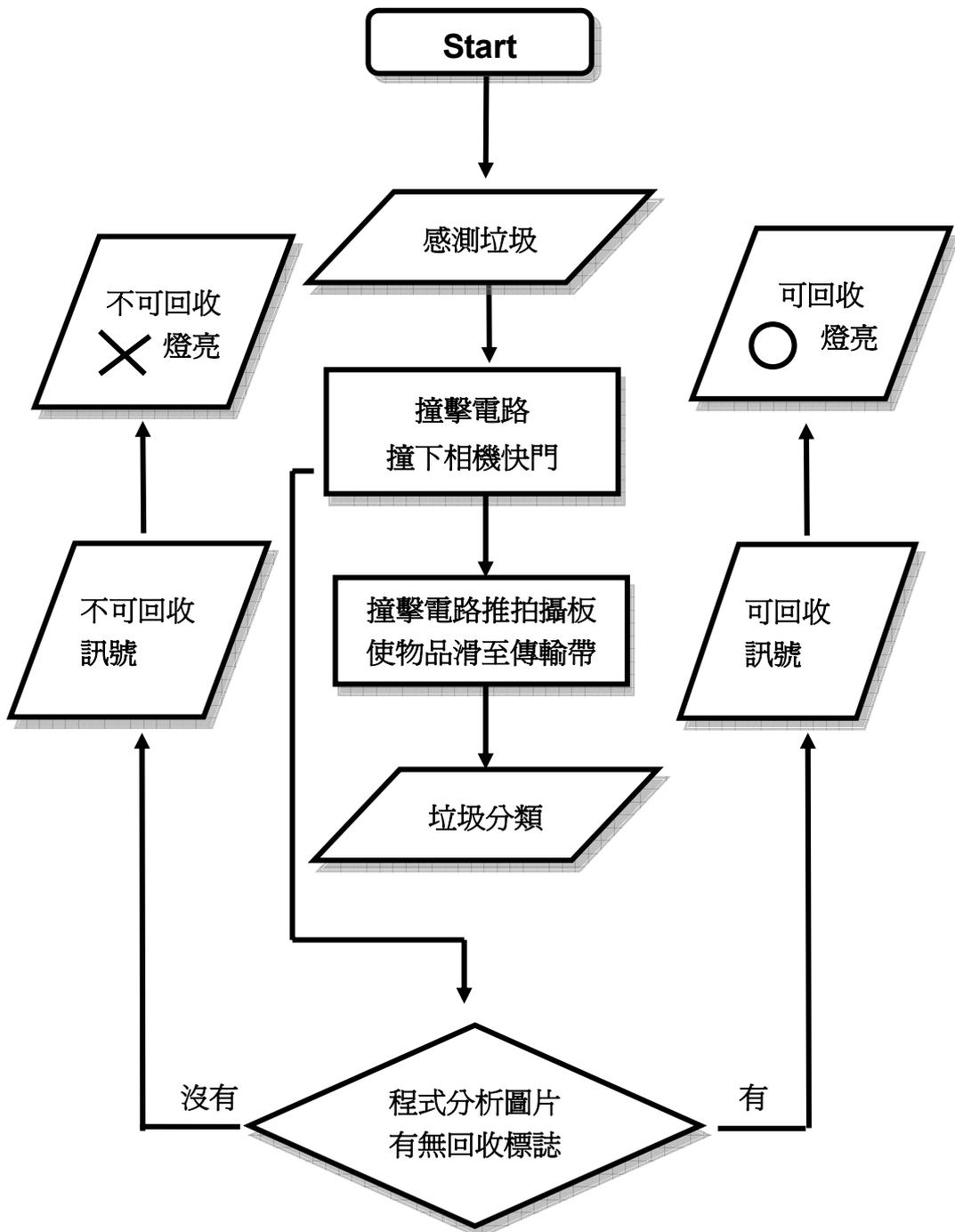
本系統在研究過程中所用的設備及器材如<表一>所示。

名稱	規格	數量
電腦	CPU : Pentium 4 2.8GMHz RAM : 512 MB	X 1
數位相機	品牌 : Canon 型號 : PowerShotA95	X 1
三合板	尺寸 : 4 尺 X 8 尺	X 1
滾筒	尺寸 : $\Phi 32$ X 400L	X 2
連座軸承	尺寸 : $\Phi 8$	X 4
皮帶齒輪	尺寸 : XL 20 A	X 1
鹵素燈	規格 : 110V 50W	X 2
減速馬達	規格 : 12 V	X 1
電磁吸鐵	規格 : 300 g	X 1
	規格 : 1000 g	X 2
	規格 : 1500 g	X 1

<表一>

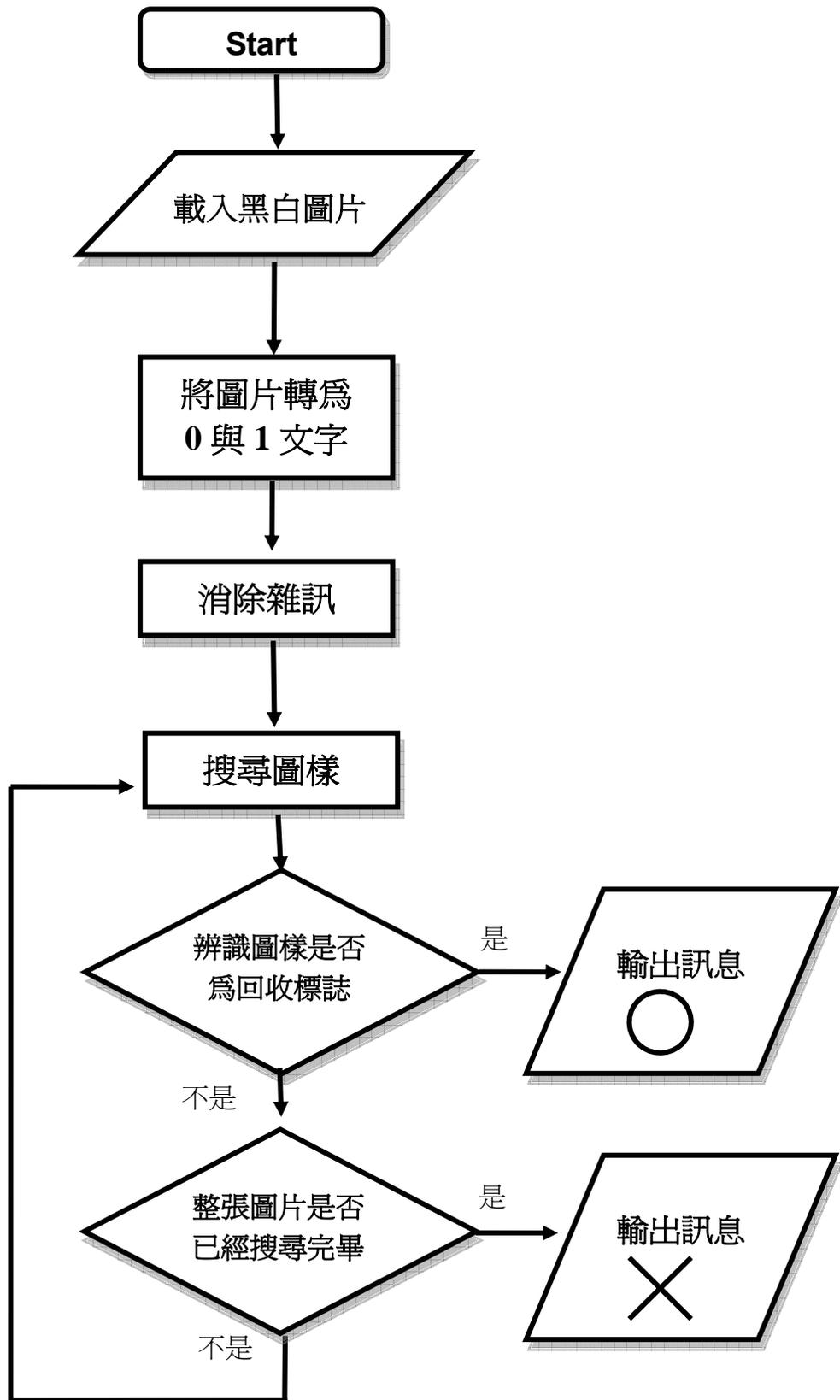
肆、研究過程及方法

一、系統流程圖：本系統的整體流程圖如<圖一>所示。



<圖一> 系統流程圖

二、軟體流程圖：本系統的軟體部分流程圖如<圖二>所示。



<圖二> 軟體流程圖

三、軟體系統說明

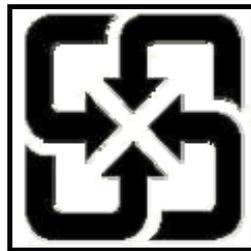
本系統的程式處理步驟可分為下列步驟：載入黑白圖片、將圖片轉成 0 與 1 文字、消除雜訊、辨識圖樣是否為回收標誌、判斷整張圖片是否已經搜尋完畢、輸出辨識結果訊息。分別詳述如下：

(一) 步驟一：載入黑白圖片

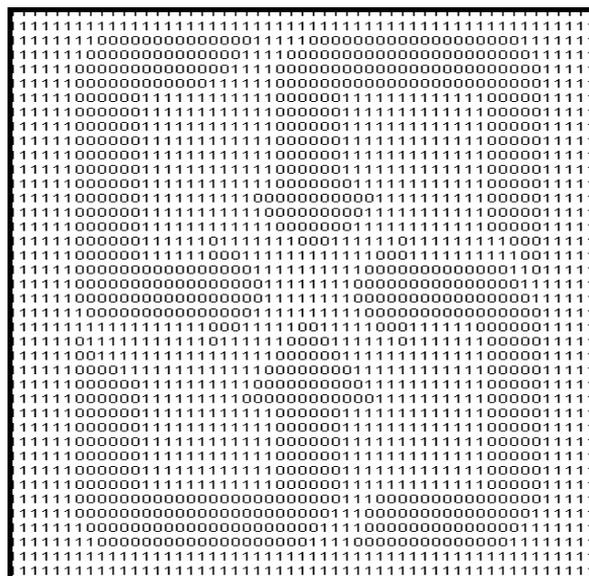
RGB (Red,Green,Blue) 為光學三原色，任何色彩皆可由這三種基本色組合而成。本實驗欲分析像素的明暗而非色彩，故直接拍攝灰階圖片，減少程式不必要的處理步驟。程式的實際動作第一步就是不斷的測試預設的資料夾內有沒有圖片，若是相機的快門被撞擊，拍攝了圖片，圖片存入了預設的資料夾後，程式便會偵測到並進行下一步。程式會不斷偵測，直到偵測到新的圖片，才會進行下一步。

(二) 步驟二：將圖片轉成 0 與 1 文字

由於電腦無法直接辨別圖片，所以我們必須將圖片轉成程式能能夠處理的數據。圖片取自相機所拍攝的數位照片 (640X480 像素)，選定某 RGB 值作為分界，將圖片上較深的點轉為文字 0，較淺的點轉為文字 1，並以相同大小的陣列儲存。回收標誌如<圖三>所示，<圖四>為轉換後的對應文字檔。



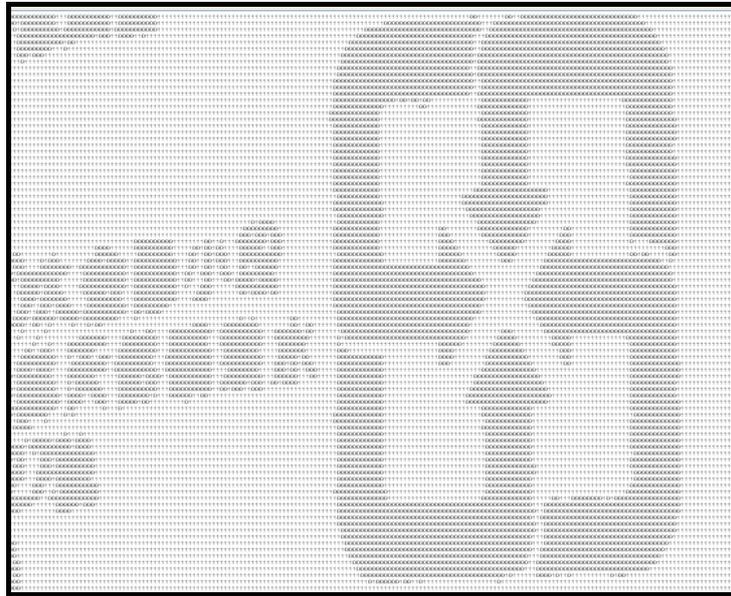
<圖三> 回收標誌圖



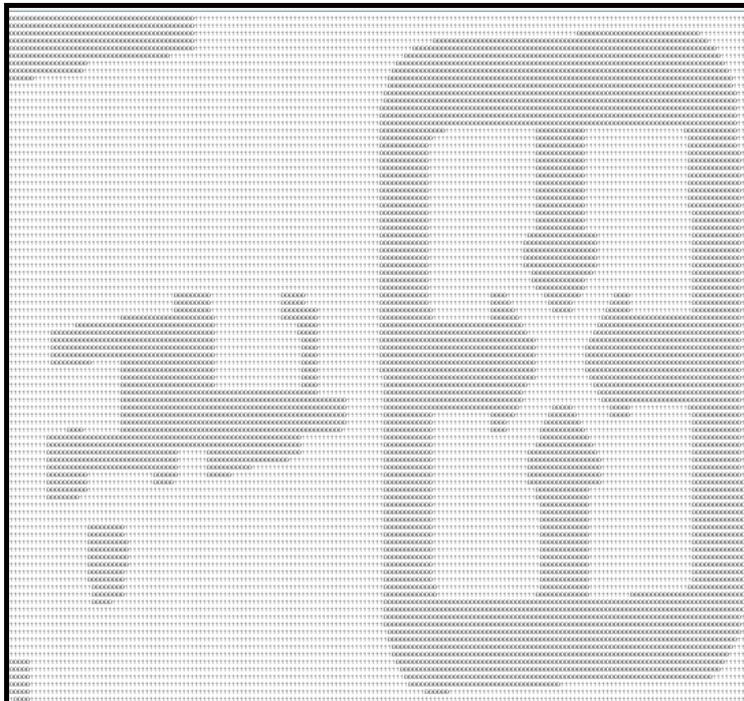
<圖四> 轉換成文字檔的回收標誌

(三) 步驟三：消除雜訊

因為本實驗是以分析圖上的各個圖樣是否為回收標誌，因此，為凸顯圖樣的特徵，我們將圖樣的菱角刪除，並把小空隙填滿，如此即可讓圖樣的特徵更為明顯，這動作就稱為消除雜訊。<圖五>尚未消除雜訊，<圖六>已經消除雜訊。將兩圖相互比較後，不難發現到，很多斷掉的地方也連起來了，這對於我們在辨識上，有很大的幫助。



<圖五> 將圖片轉為文字檔



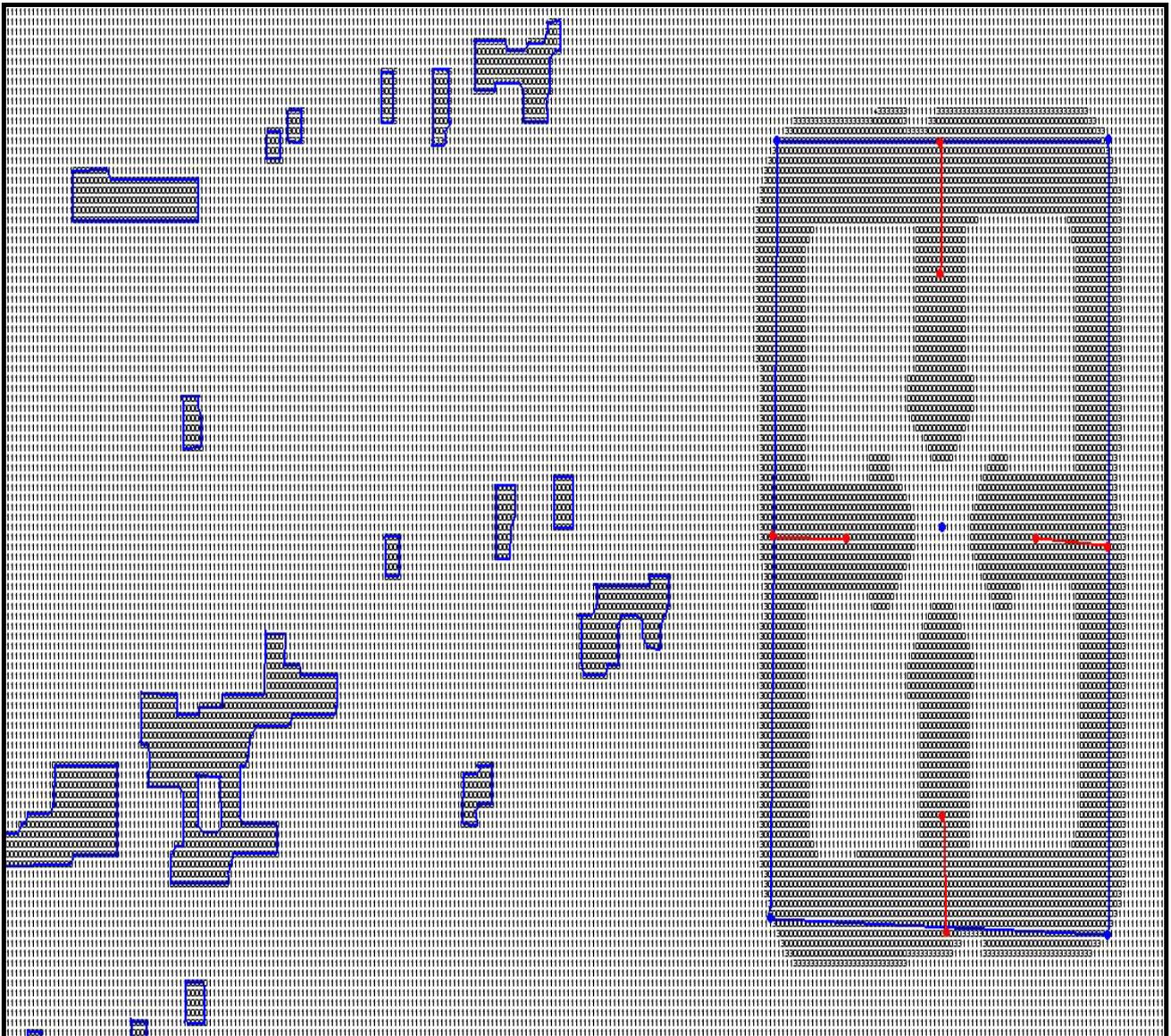
<圖六> 消除雜訊圖

(四) 步驟四：辨識圖樣是否為回收標誌

經過前三個步驟後，我們開始從殘存的圖樣裡辨識是否有回收標誌的存在。由於殘存的圖樣能夠很順利的繞外框，意思就好像我們把一塊塊圖樣圈選起來，再加以辨認。本實驗設定的辨識標準如下：

1. 對邊長度相等，長寬誤差不得大於 4（圖形可容許菱形或矩形）
2. 圖樣邊長皆須大於 18 點，皆須小於 45 點
3. 四邊中點，皆有往內延伸的暗點，長度為四分之一邊長。

辨識的圖樣需完全符合以上三個條件，程式便判定為回收標誌，並輸出訊號給 RS232，讓可回收的訊息燈（圈）亮起。只要其中有任一條件不符，便繼續搜尋並辨識下個圖樣，重複步驟四。〈圖七〉為處理示意圖。



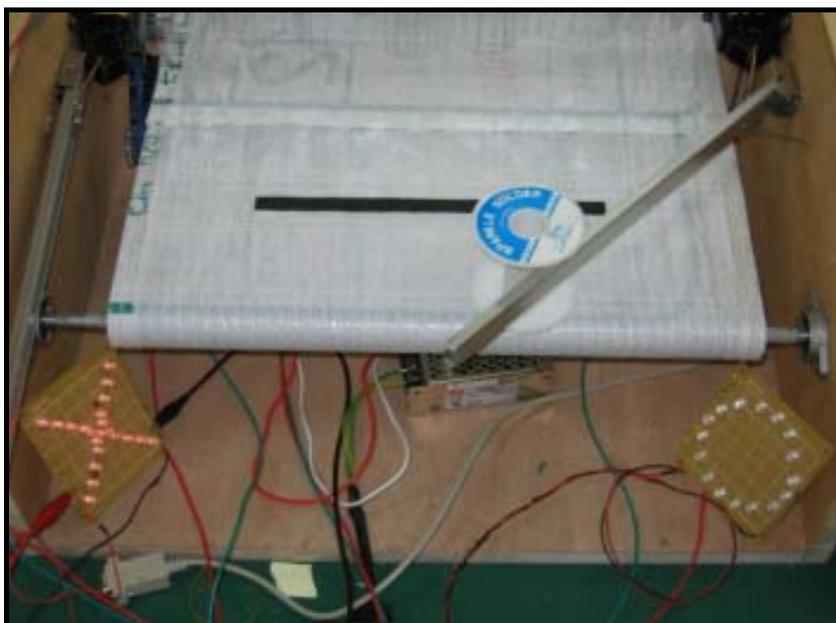
〈圖七〉 辨識示意圖

(五) 步驟五：判斷整張圖片是否已經搜尋完畢

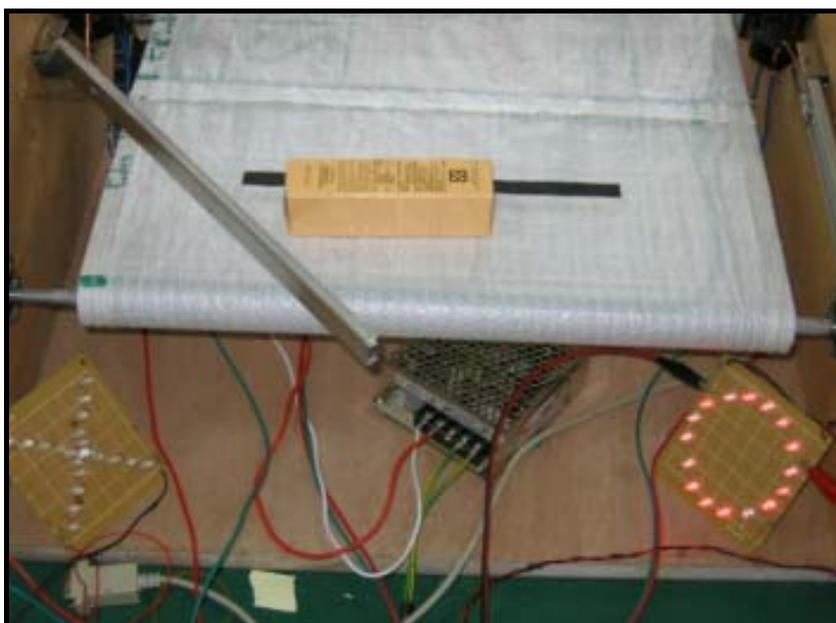
若所有的圖樣都已搜尋並辨識完畢仍未發現回收標誌，那就可以判定這張圖片沒有回收標誌，則輸出訊號讓不可回收的訊號燈（叉）亮起。接著回到步驟一，等待分析下一張圖。

(六) 步驟六：輸出辨識結果訊息（圈、叉）

程式處理後會依據辨識的結果，從 COM1 連接埠（R-S232）丟出訊號給電路，電路會依照訊號將垃圾分類並分別亮出圈叉的燈。<圖八>、<圖九>為實際分類圖。



<圖八> 沒有回收標誌的分類



<圖九>有回收標誌的分類

四、硬體系統說明

(一) 傳輸帶

爲了模擬資源回收廠的前端作業，我們模擬垃圾感應拍照後，由傳輸帶繼續運送並等待分類。我們以兩個滾筒，加上一顆馬達，作成了一個簡易的傳輸帶。由於作品有限制大小，所以我們傳輸帶的規格只有 40 X 45 cm。傳輸帶的兩個滾筒，其一裝上齒輪，在馬達上也裝上齒輪，馬達藉由皮帶帶動滾筒，再由滾筒 A 帶動滾筒 B，傳輸帶就會運轉，達到運送垃圾的效果。如<圖十>、<圖十一>、<圖十二>所示：



<圖十> 傳輸帶全貌



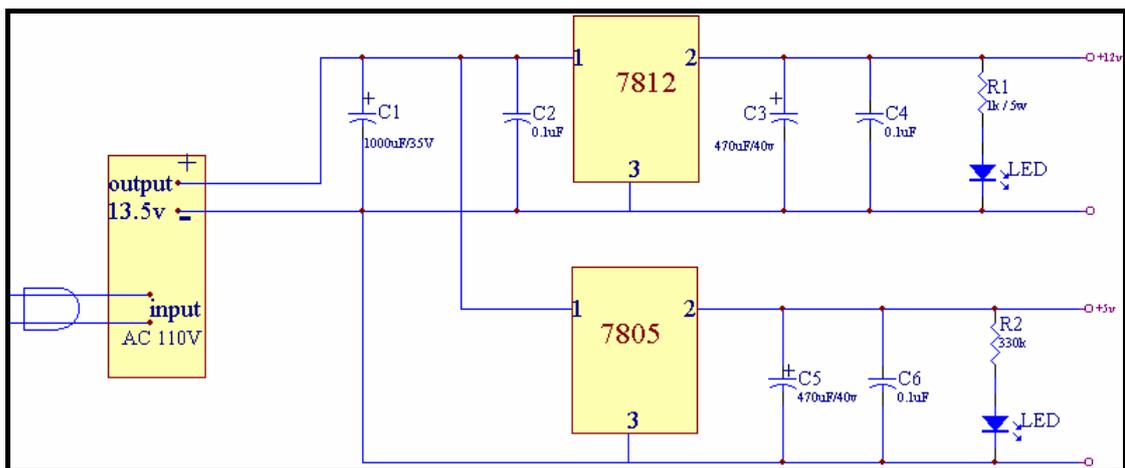
<圖十一> 小齒輪帶動大齒輪



<圖十二> 馬達帶動小齒輪

(二) 電源電路

爲了將各個電路的電源整合成一條 110V 就解決，所以我們製作以下電源電路。利用 DC Power Supply (Input AC : 110V Output : DC 13.5V) 經由穩壓 IC 7812、7805 之後，產生 5V 以及 12V 的電壓，如<圖十三>所示。5V 是提供給<圖十六> 89C51 程式判讀輸出控制電路、<圖十八>電磁吸鐵分類電路。12V 是提供給<圖十七> "O"與"X"顯示電路。

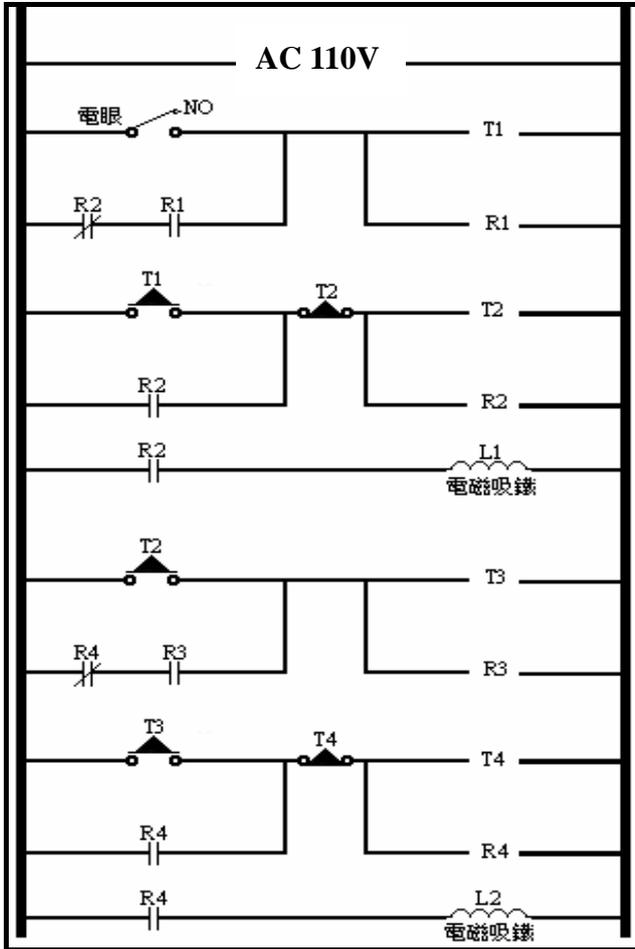


<圖十三> 主電源產生電路

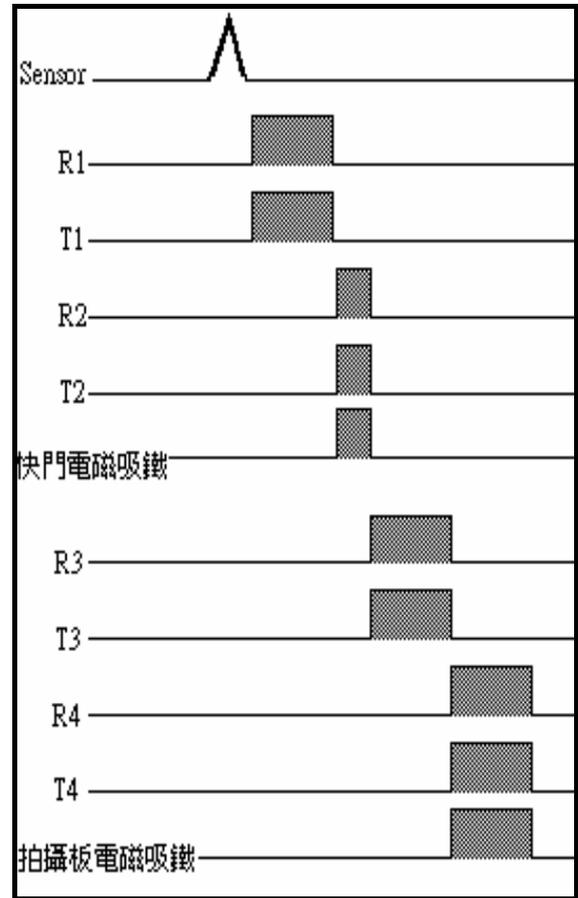
主電源產生電路 (Main Power Supply Generator Circuit)：首先將市電 AC110V/60HZ 接至 Power Supply 之 AC Input 端，經內部橋式全波整流電路再由 DC Output 端取得 DC 13.5V/1.5A，然後經輸入電容濾波電路 (C1、C2)、穩壓 IC (7812、7805)、輸出電容濾波電路 (C3、C4、C5、C6)，最後輸出穩壓爲兩組不同電源分別爲 DC 12V 和 DC 5V。

(三) 感測延時電路

為了達到數位相機自動拍攝的功能，我們利用電眼感測到回收物之後，使電磁吸鐵通電產生磁力達到撞擊相機的效果。電路及時序脈波圖如<圖十四>、<圖十五>所示：



<圖十四> 電眼感測及延時控制電路



<圖十五> 電眼感測及延時控制時序脈波

首先當電眼感測器感測到有物品時，控制繼電器 R1 將會動作(由 N.O.→N.C.)，接著延時繼電器 T1 將延時 1 秒之後，控制電磁吸鐵 (0.3kg) 產生撞擊數位相機快門；接著控制繼電器 R2 動作，延時繼電器 T2 將持續此撞擊動作 0.5 秒之後停止；緊接著控制繼電器 R3 動作，在延時繼電器 T3 延時 4 秒之後，控制電磁吸鐵 (1.5kg) 產生翻盤動作；控制繼電器 R4 動作，延時繼電器 T4 持續撞擊動作 2 秒之後停止，以便讓物品送至輸送帶。

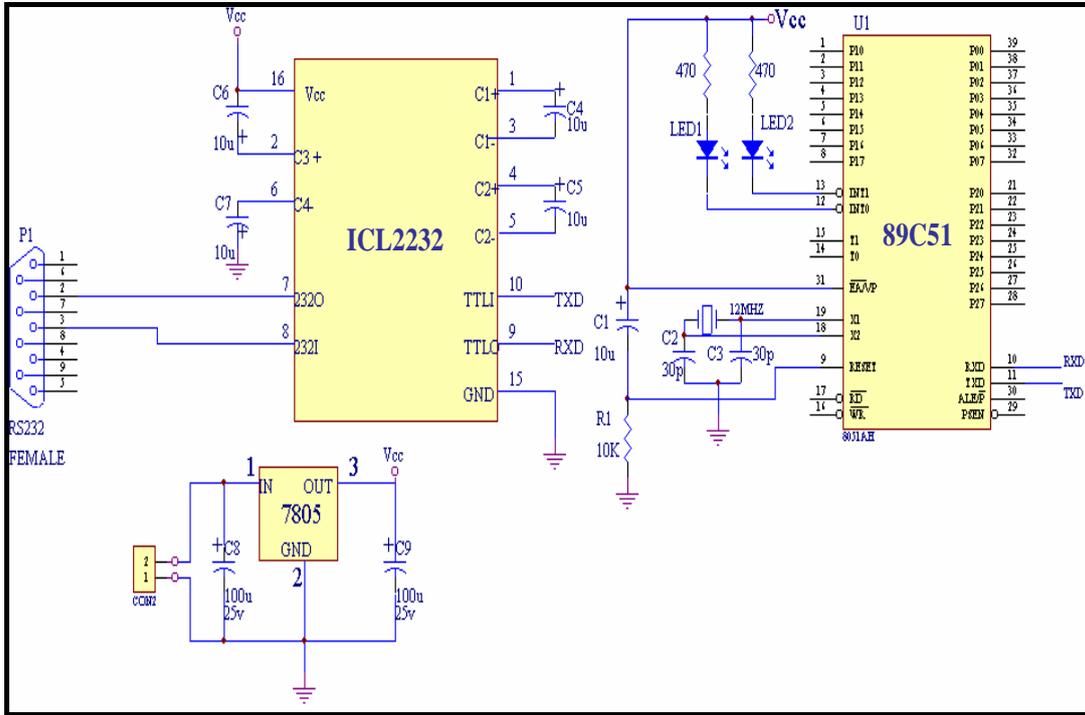
※電眼感測器 (Electronic-eye Sensor) 實驗所用之有效感測距離為：0~100cm。

T1、T2、T3、T4：延時繼電器 (Timer Relay) 0~10 秒

R1、R2、R3、R4：AC110V 繼電器

(四) 訊號接收電路

爲了接受程式辨識的結果，所以我們利用單晶片 89C51 來設計此硬體電路。如 <圖十六>所示：

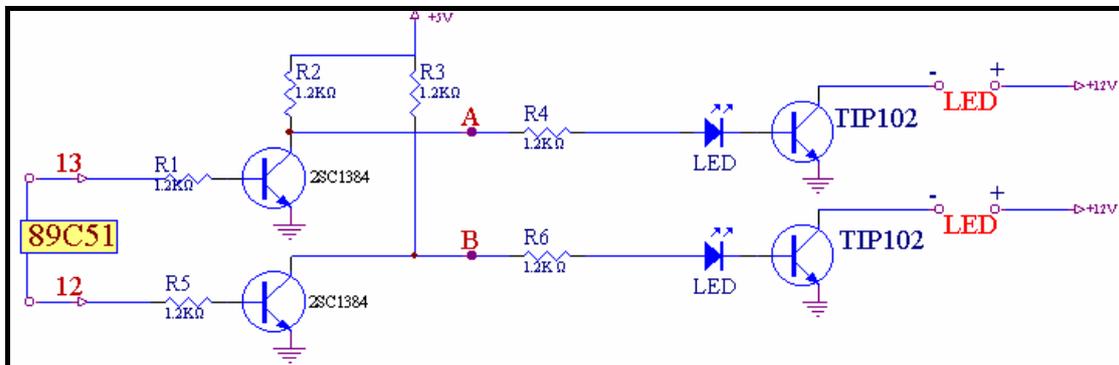


<圖十六> 89C51 程式判讀輸出控制電路

經由程式判讀完將辨識結果經由 RS232 傳輸至 89C51 進行訊號處理後，將結果輸出高電位與低電位。輸出接腳爲 INTO 與 INT1，個別接至"O"與"X"電路，只要接收到低電位燈號就會亮。

(五) OX 電路

爲了將程式判讀結果（有回收標誌或無回收標誌）顯現出來，因此我們製作"O"與"X"顯示電路。其電路圖如<圖十七>所示

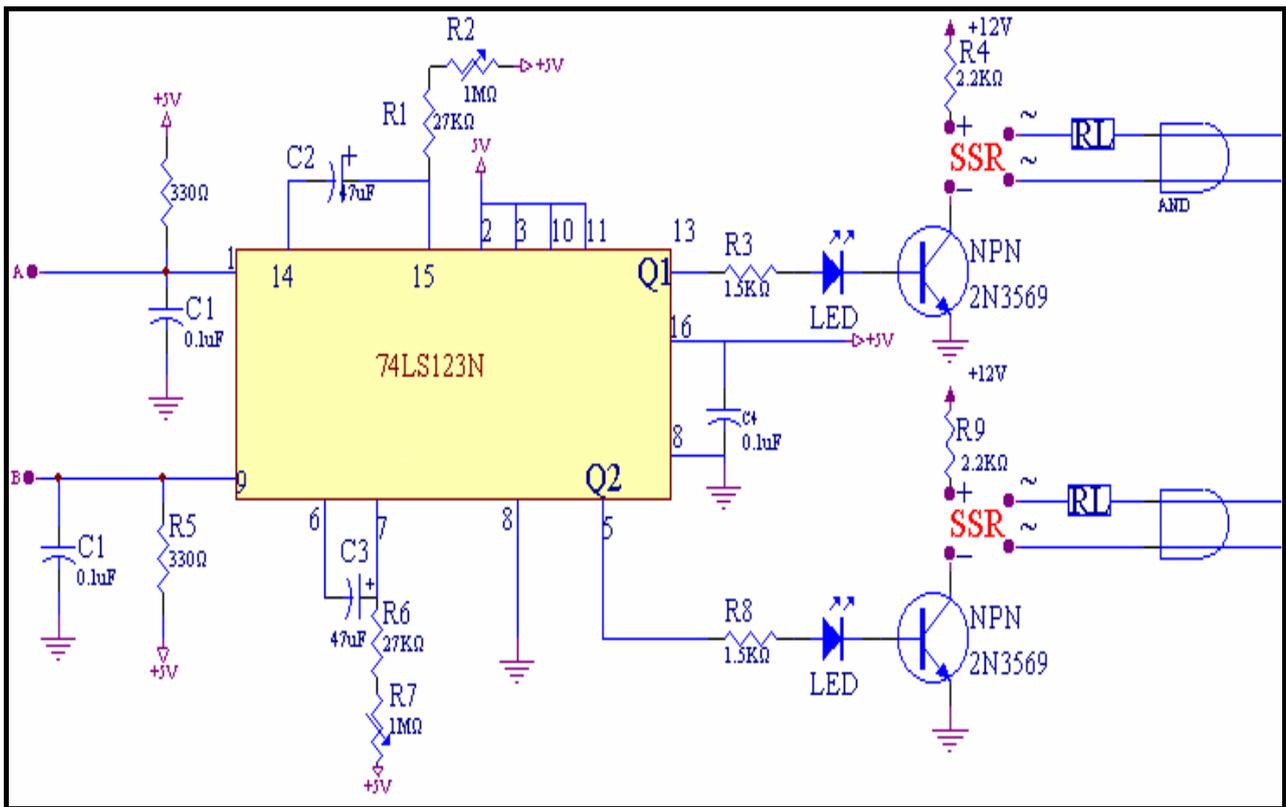


<圖十七> "O"與"X"顯示電路

當接收到 89C51 第 13 隻腳 (INT1) 的訊號為"0"時，送至第一顆 NPN 電晶體 (2SC1384) 做反向輸出高電位 ("0"→"1")，此時第二顆 NPN 達零頓電晶體 (TIP 102) 輸入端便會有 I_B 產生，因此輸出端就會有 I_C 電流流進去推動負載讓 "O" 顯示板發亮。反之當接收到 89C51 第 12 隻腳 (INT0) 的訊號為"0"時，輸出端會有 I_C 電流推動負載讓 "X" 顯示板發亮。

(六) 分類電路

為了達到自動分類，我們利用電磁吸鐵拉動鋁桿產生左右分類的效果。分類電路如<圖十八>所示：



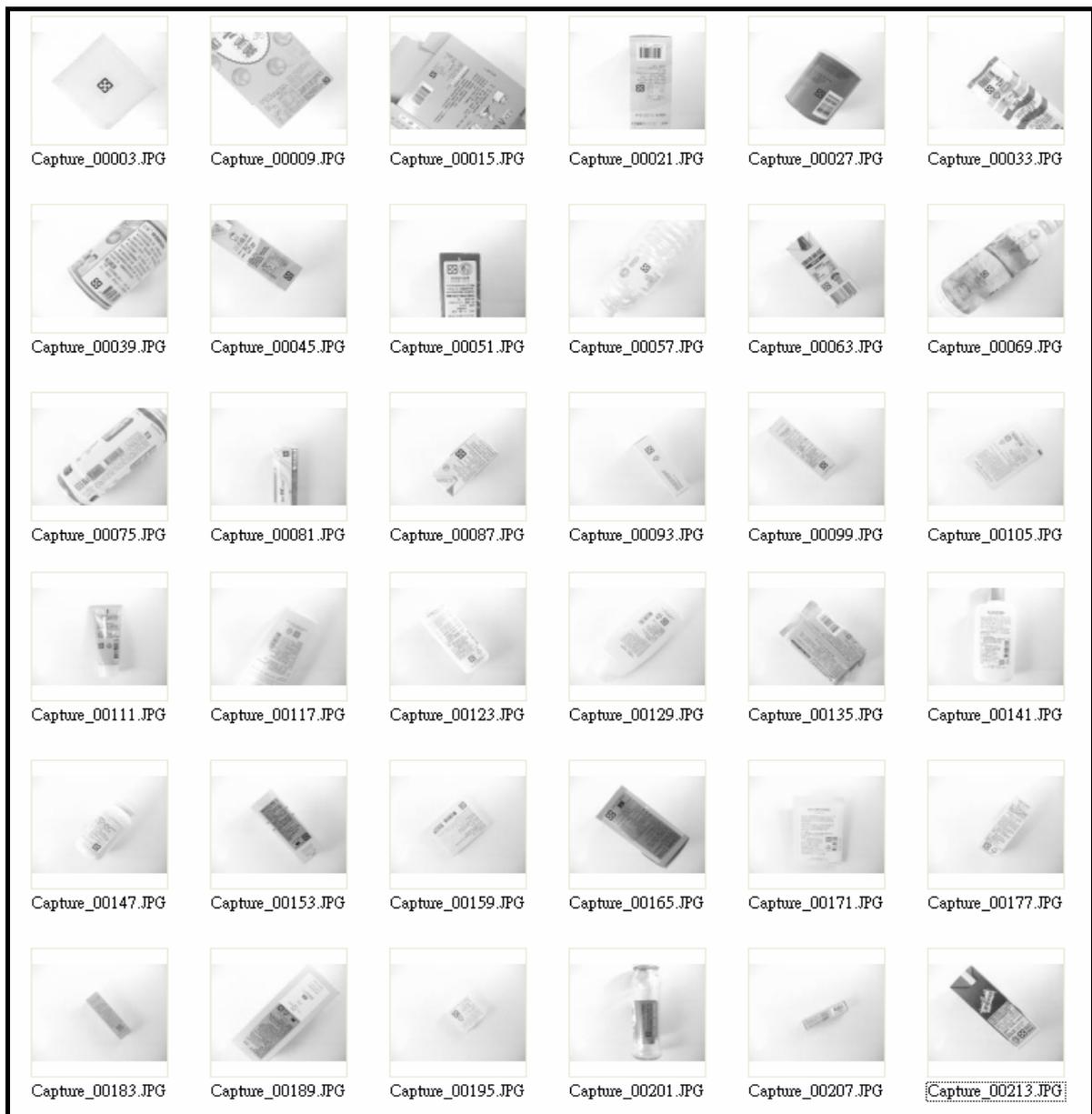
<圖十八>電磁吸鐵分類電路

當<圖十八>左側的 A 點接收到訊號"0"，74LS123 的輸出第 13 隻腳 Q1 就會轉態為"1"，轉態持續時間為 1.1 倍的 R2 乘以 C2，此時 NPN 電晶體輸入端會有 I_B 產生因此輸出端就會有 I_C 電流，流過 SSR 輸入端去推動負載（電磁吸鐵），電磁吸鐵會動作拉動鋁桿做分類。相同的，當 B 點接收到訊號輸出端就會有電流，流過 SSR 輸入端去推動電磁吸鐵拉動鋁桿做分類。

伍、研究結果

一、軟體系統的開發環境

本實驗使用 CPU Pentium 4 2.8GMHz, 512MB RAM 的電腦工作環境, Microsoft Windows XP 作業系統平台, 選用程式語言 Virtual Basic 6.0 來自行開發辨識程式。實驗資料樣本共 100 個, 其中 70 個物品有回收標誌, 另外 30 個物品無回收標誌。有回收標誌的物品依不同角度各拍 4 至 5 張照片, 無回收標誌的物品各拍 1 張照片, 共計拍攝 400 張圖片。



<圖十九> 隨機挑選的 36 張樣品圖

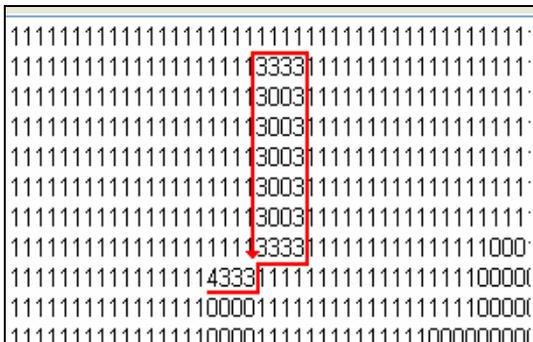
二、權衡參數

參數名稱	說明	最終測試值
ERA_DIS	消除雜訊（水平垂直）	2
SLANT_DIS	消除雜訊（左斜右斜）	1
FILL_DIS	填補（水平垂直）	5
REC_DIS	矩形邊長誤差最大值	4
REC_SHORT	矩形邊長最小值	18
REC_LONG	矩形邊長最大值	55

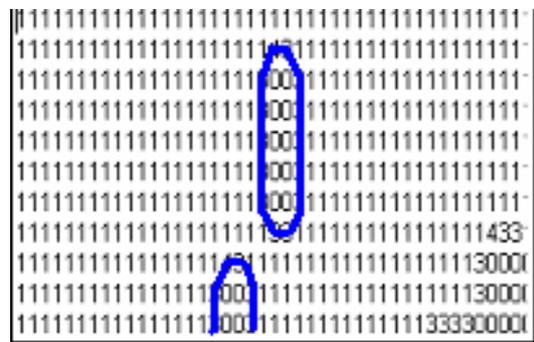
<表二> 參數表

ERA_DIS：消除圖上的小點（水平垂直的連續最大個數），如<圖五><圖六>所示。

SLANT_DIS：消除圖上的小點（左斜右斜的連續最大個數），若不設定此參數，則會造成走外框上的遺漏，造成處理上的錯誤，如<圖二十>，處理過後如<圖二十一>所示。



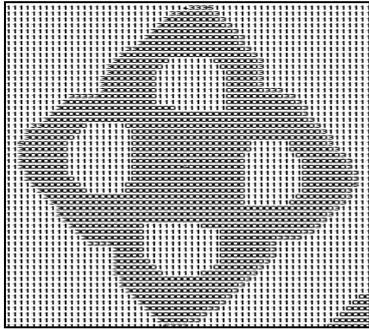
<圖二十> 繞外框繞成死路



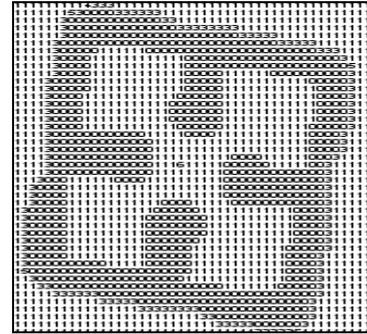
<圖二十一> 處理後的圖

FILL_DIS：讓回收標誌連結成一個封閉區塊，如<圖六>所示。

REC_DIS：容許回收標誌稍微變形（翻轉、傾斜），如<圖二十二> <圖二十三>所示。

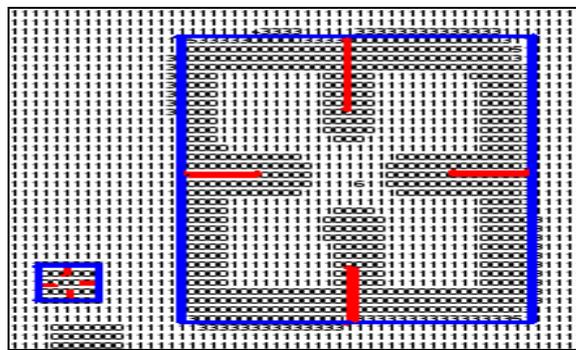


<圖二十二> 翻轉後的回收標誌



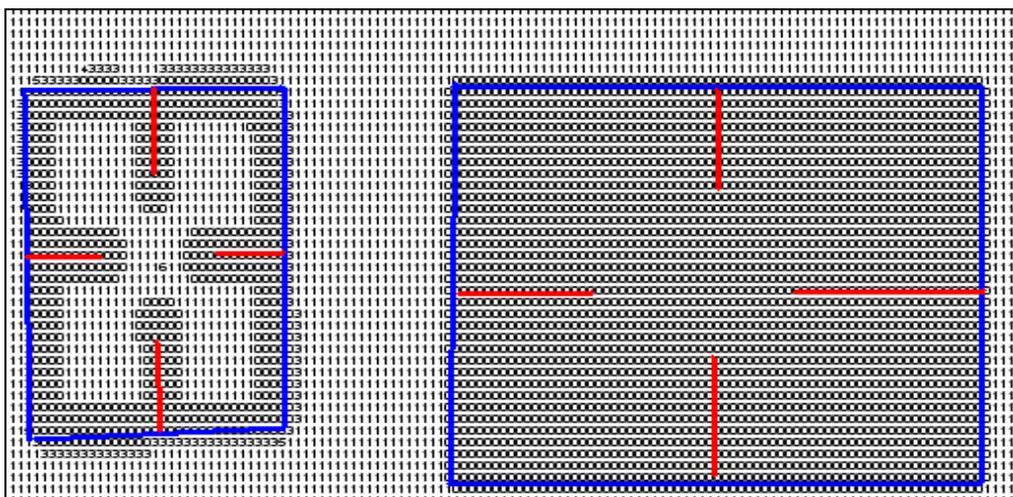
<圖二十三> 傾斜的回收標誌

REC_SHORT：避免小矩形圖樣被誤認為回收標誌。如<圖二十四>所示。



<圖二十四> **REC_SHORT** 參數（正確的回收標誌在右方）

REC_LONG：避免大矩形圖樣被誤認為回收標誌。如<圖二十五>所示。



<圖二十五> **REC_LONG** 參數（正確的回收標誌在左方）

三、實驗結果

1. 找出回收標誌的特徵值

爲了讓電腦能找出回收標誌，我們找出 3 個特徵值：

1) 對邊長度相等，長寬誤差不得大於 4

因物品的拍攝角度不同，回收標誌不只是「正方形」，也可視爲「菱形」或「矩形」，三者共同的特性爲「兩對邊的邊長相等」，但長寬誤差不得大於 4 點（盡量保持四邊等長的特性）

2) 圖樣邊長皆須大於 18 點，皆須小於 55 點

因爲絕大部分回收標誌的大小約爲 18 點至 55 點之間，所以我們只要鎖定在此範圍內的方塊做辨識，可以大幅降低誤判率。

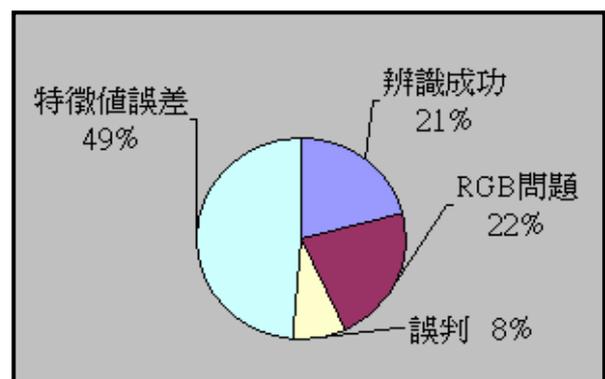
3) 矩形四邊中點，有往內延伸的暗點，長度爲四分之一邊長

雖然第二個特徵條件減少了很多不可能的方塊，但是對於符合前兩個條件的方塊則無辨別能力。故再提出一條件，以區別實心方塊與回收標誌的差別。

此部份的辨識的成功率只有 21%，結果如<表三>、<圖二十六>所示：

辨識成果	辨識成功	無法辨識或誤判
圖片 400 張	84 張	316 張
百分比	21%	79%

<表三>



<圖二十六>

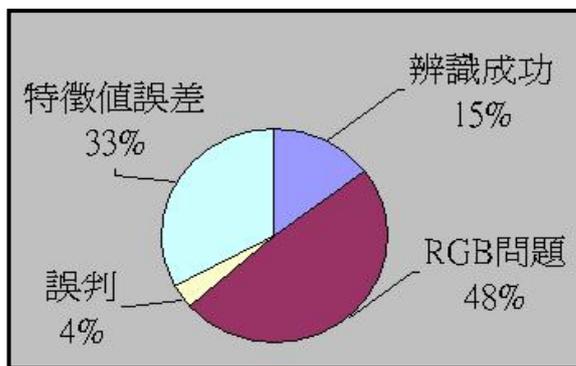
2. 增加人工智慧元素來調整頂點位置

本以爲有了前述的三個特徵件應該是相當的完美，但是研究後發現系統對於矩形的頂點判定非常的不準確，故我們加入人工智慧的想法來改進這個部分的缺失，我們會在下一節『討論』再詳談原理。

1) 方法一：全部的圖樣都要調整頂點，辨識的成功率提升爲 36%，結果如<表四>、<圖二十七>所示：

辨識成果	辨識成功	無法辨識或誤判
圖片 400 張	144 張	256 張
百分比	36%	64%

<表四>

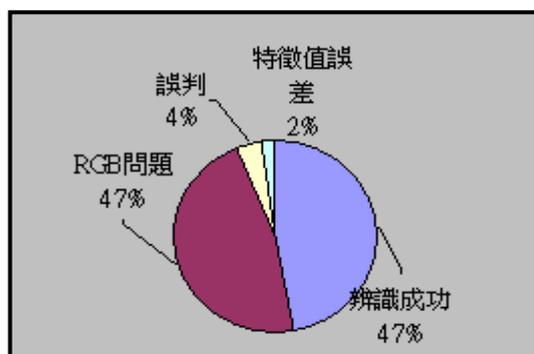


<圖二十七>

2) 方法二：只有正方形圖樣要調整頂點，傾斜圖樣一律不調整，此方法辨識的成功率提升為 47%，結果如<表五>、<圖二十八>所示：

辨識成果	辨識成功	無法辨識或誤判
圖片 400 張	188 張	212 張
百分比	47%	53%

<表五>



<圖二十八>

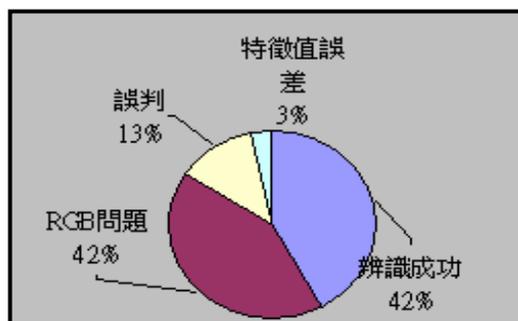
3. 自動取得 RGB 的比對標準

由於不同物品的外觀顏色變化根本無跡可循，無法將 RGB 的比對標準設為定值，必須要能依圖片中的色階資訊來設定該張圖片的深淺判定標準。

1) 方法一：算出整張圖片的 RGB 均值以此作為比對標準，辨識的成功率為 42%，結果如<表六>、<圖二十九>所示：

辨識成果	辨識成功	無法辨識或誤判
圖片 400 張	168 張	232 張
百分比	42%	58%

<表六>

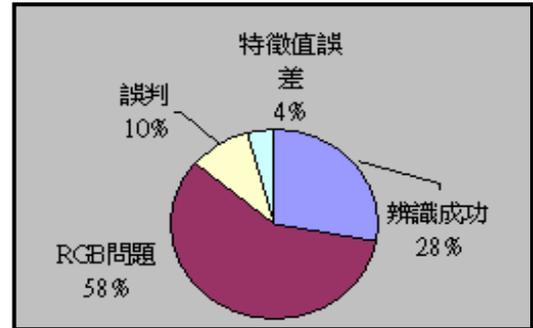


<圖二十九>

2) 方法二：方法一雖然有提升辨識率，但被拍攝物品大部分會位於圖片中央，故應該只取中央區塊的範圍來做 RGB 值分析，並加重”暗點”的加權比重。辨識的成功率降為 28%，結果如<表七>、<圖三十>所示：

辨識成果	辨識成功	無法辨識或誤判
圖片 400 張	112 張	288 張
百分比	28%	72%

<表七>

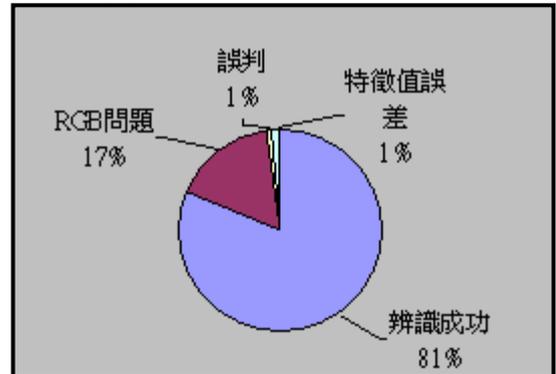


<圖三十>

3) 方法三：分析圖片中央區域的 RGB 值，切成 11 種狀況討論。辨識的成功率提升為 81%，結果如<表八>、<圖三十一>所示：

辨識成果	辨識成功	無法辨識或誤判
圖片 400 張	324 張	76 張
百分比	81%	19%

<表八>



<圖三十一>

4. 回收標誌最佳化

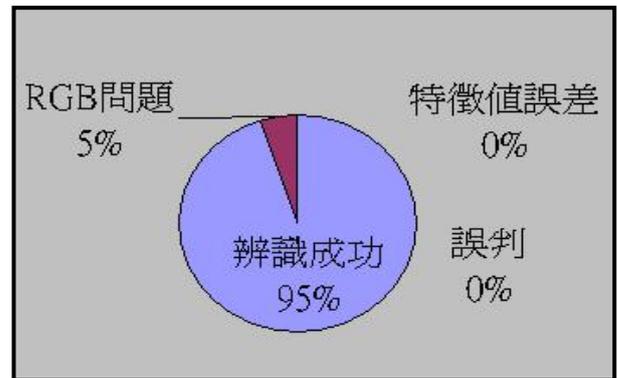
由上述幾個方法可以看出，辨識失敗最大的原因是 RGB 問題。與鄰近圖樣太過接近而連成多邊形、RGB 取值太少使圖樣無法成型是其中主要原因。若是可以依行政院環保署對食品連鎖店之規定，回收標誌長寬為 12mm，且外圍有 2mm 的白框，如<圖三十二>所示，如此一來，回收標誌的圖樣被個別獨立，且不必考慮回收物的外觀問題，辨識成功率可以提升至 95%。結果如<表九>、<圖三十三>所示：



<圖三十二>

辨識成果	辨識成功	無法辨識或誤判
圖片 400 張	95 張	5 張
百分比	95%	5%

<表九>



<表三十三>

陸、討論

對人類而言很簡單的“很像”、“一看就知道”的認知，對於「非 1 則 0」的電腦而言是非常艱難的工作。在辨識系統中最重要的就是「特徵值」的擷取與比對。所以我們一直在尋找回收標誌的特徵值，好讓電腦“認得”回收標誌。

一、模糊理論 (Fuzzy Theory) - 容錯概念

本系統大量應用模糊理論的概念，在下列參數的決定上都有「容錯」的考量。

(一) 矩形邊長誤差容錯：

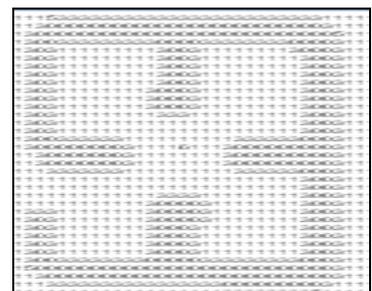
千變萬化的商品上的回收標誌的大小千奇百種，在收集一定數量的樣品後，我們歸納出容許範圍（18 點~45 點），在此範圍內的回收標誌皆可辨認。

(二) 邊長誤差容錯：

1. 在原本的圖樣經過我們消除雜訊的步驟後，可能會有些地方被消去，圖樣因此變形，所以我們給予一個容許範圍，讓圖樣能容許稍微變形。
2. 在實際拍攝時，有些圓柱型的垃圾（如寶特瓶）會因滾動而使回收標誌未必正正方方的被拍攝，在視覺角度上會使圖樣變形，在一定程度的變形下，我們給予一個容許範圍，讓程式對於變形的圖仍有一定的辨識能力。<圖三十四>為原圖，<圖三十五>為處理後的圖。



<圖三十四> 原圖



<圖三十五> 處理後的圖

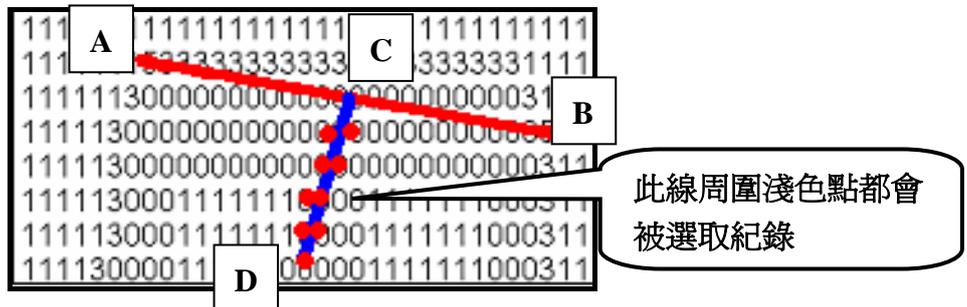
(三) 不在直線上的誤差容錯：

以<圖三十七>為例，A、B 為矩形中相鄰頂點，取 A、B 連線的中點為 C，往矩形中點延伸四分之一邊長的長度，取得 D 點，做出通過 C 與 D 的直線方程式。座標上的每個點，其座標皆為整數，在電腦精密的計算下，完全符合方程式的點，而值又是整數的寥寥無幾，因此我們將接近方程式一定範圍的點都算入，以達到我們的目的。

若 CD 直線方程式為： $aX+bY+c = 0$

則鄰近 CD 的點到 CD 間的距離方程式為： $d = \frac{|aX+bY+c|}{\sqrt{a^2 + b^2}}$

紅線部份為電腦所計算的直線方程式，相鄰紅線的值將會被我們所取。



<圖三十六> 直線方程式所抓到的圖

二、模糊集合 (Fuzzy Set) - 歸屬函數

模糊理論是以多值邏輯 (Multivalued Logic) 的模糊集合為基礎，依其歸屬函數來定義問題。本系統中我們按順序記錄圖上每個點的 RGB 值，將 RGB 區分為三類：A 類介於 0-90 之間，代表深色標誌或文字；B 類介於 91-160 之間，代表淺色標誌或深色背景；C 類介於 161-255 之間，代表有顏色的圖樣。再用歸屬函數去累積各區的數量，各歸屬度定義如下：

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq 70 \\ 0.5 & 71 \leq x \leq 80 \\ 0.25 & 81 \leq x \leq 90 \end{cases}$$

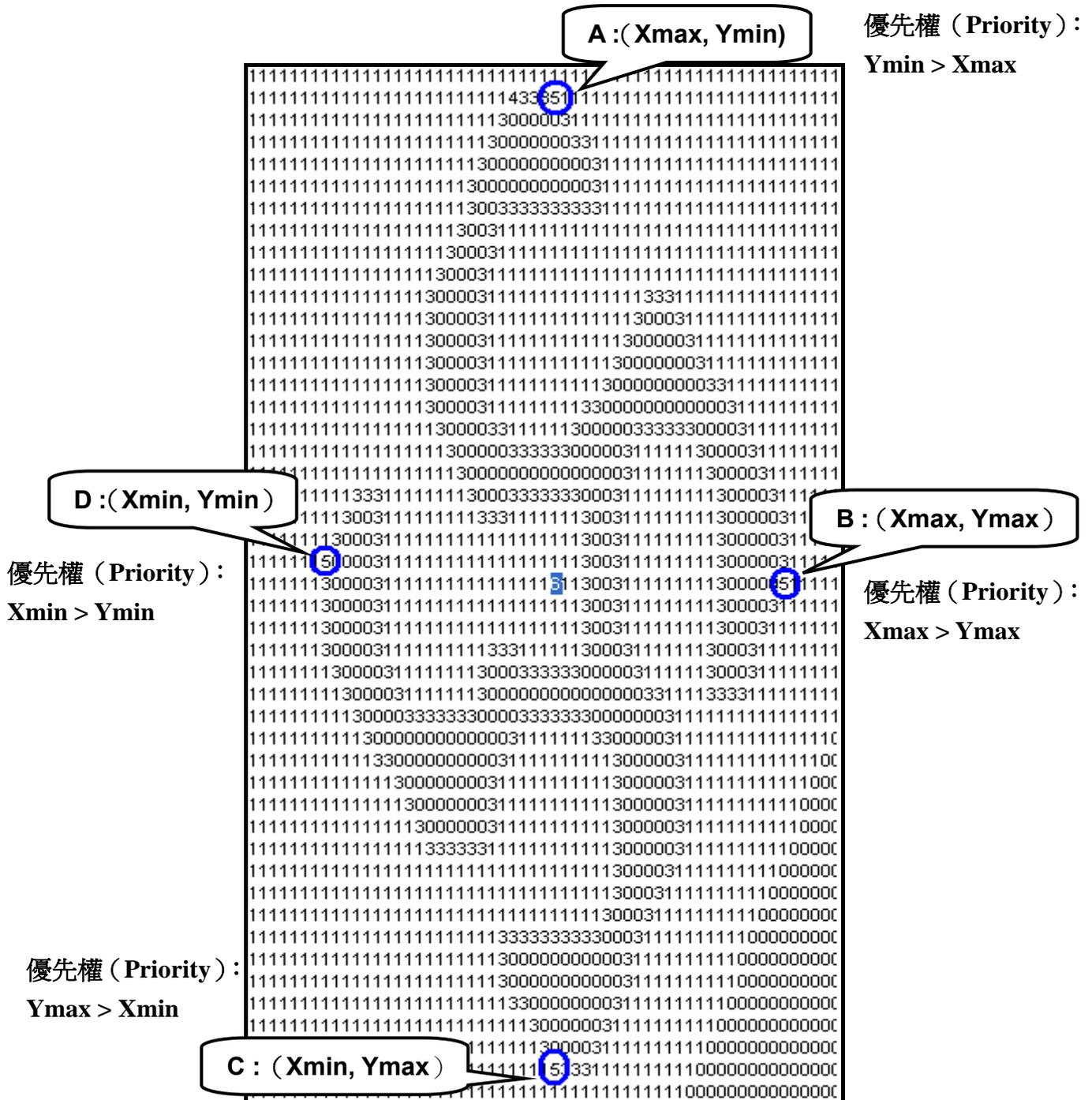
$$\mu_B(x) = \begin{cases} 0.25 & 91 \leq x \leq 100 \\ 0.5 & 101 \leq x \leq 110 \\ 1 & 111 \leq x \leq 140 \\ 0.5 & 141 \leq x \leq 150 \\ 0.25 & 151 \leq x \leq 160 \end{cases}$$

$$\mu_C(x) = \begin{cases} 0.25 & 161 \leq x \leq 170 \\ 0.5 & 171 \leq x \leq 180 \\ 1 & 181 \leq x \leq 255 \end{cases}$$

若 A 累積的數值過小，代表圖面幾乎無深色圖樣，則 RGB 比對標準就要取大。若 A 累積的數值大，則要視 C 與 B 之間的比值關係，若比值大表示圖面幾乎是淺色，則 RGB 比對標準也要取大；若比值小，則 RGB 比對標準就要取小。依照此原則將 RGB 比對標準分為 11 種。

三、人工智慧感知

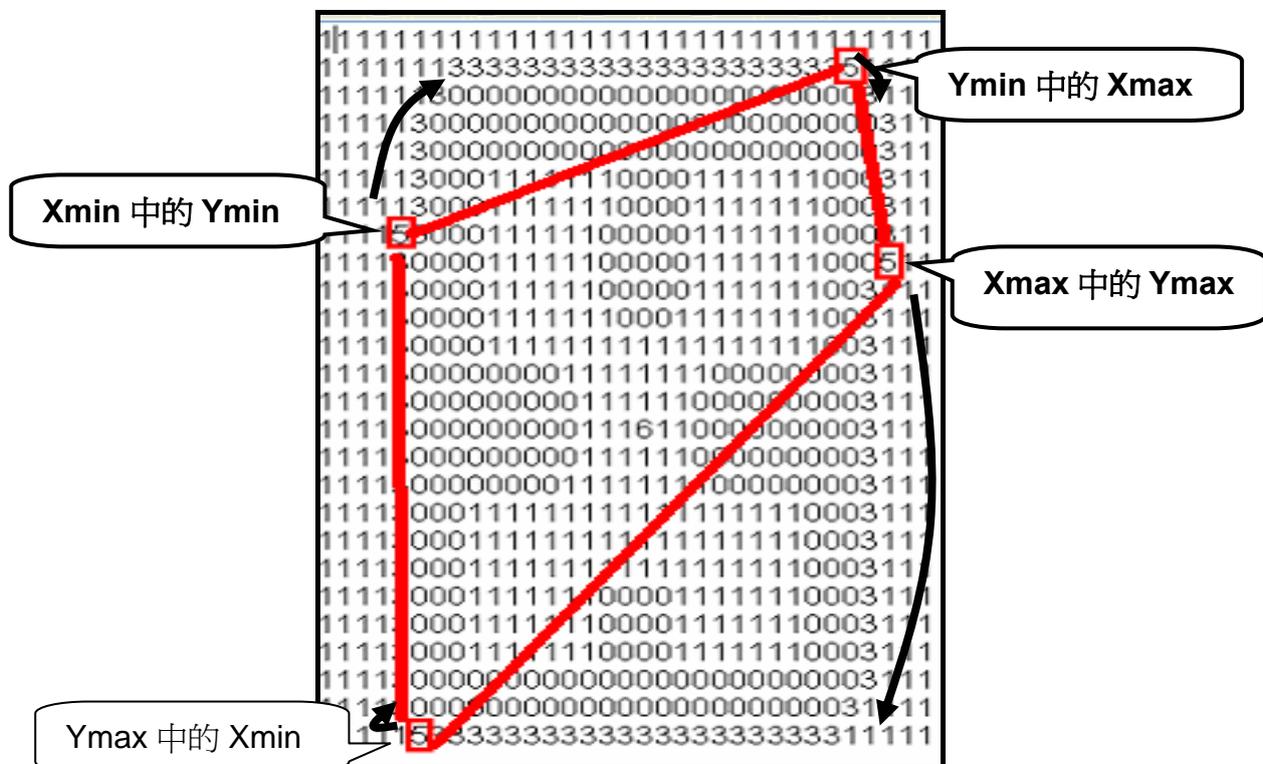
本系統辨識成功的關鍵之一，就在於頂點取值的精確度，原本我們定義在圖樣的四個極值點如<圖三十七>所示。



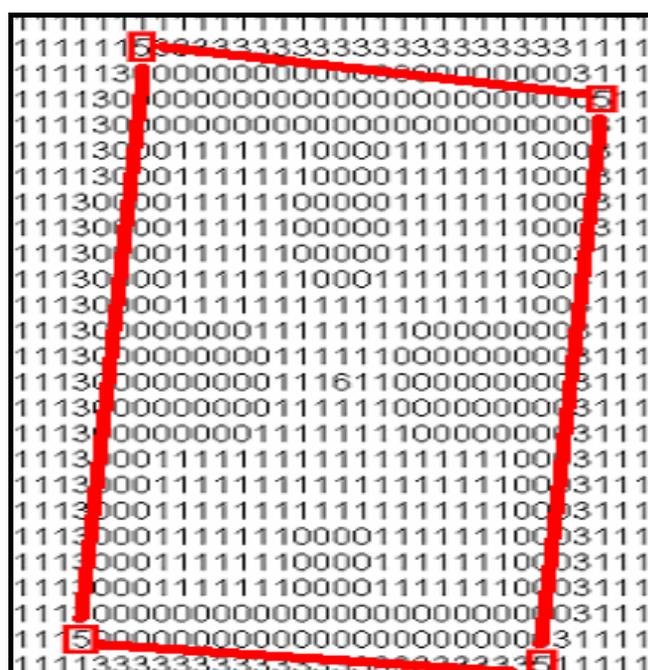
<圖三十七> 圖樣中的四個極值

程式並非一次決定四個頂點的 XY 座標值，我們根據四個頂點的不同特性，先提高某個座標的優先權，若兩個點的優先座標值相同時，才去比較另一個座標值。以 A 頂點來說明，我們先比較圖樣中所有的點，以 Y 最小為比照值，若有許多點符合條件，再從中比較 X 最大的值。

上述對頂點的定義並無錯誤，但若圖形稍有傾斜，邊長並非絕對的直線，此時的菱角就會被誤認為頂點，如<圖三十八>所示。因此我們開始讓電腦比照我們的思考邏輯，即使少量違反原定規則，卻大幅增進對頂點的認知，使頂點被推至我們所認為的最佳點。以原先取得的頂點為基準，繼續走外框並跟基準做比較，此時同時考慮 XY 兩座標值，只要兩座標的增值總合不為遞減，則頂點往下。如<圖三十九>所示。



<圖三十八> 原本的定義所取到的點

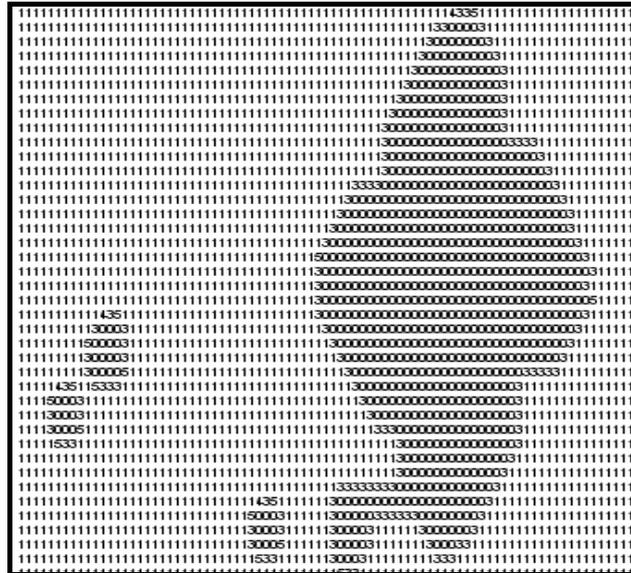


<圖三十九> 加入 AI 元素後所取到的值

四、錯誤分析

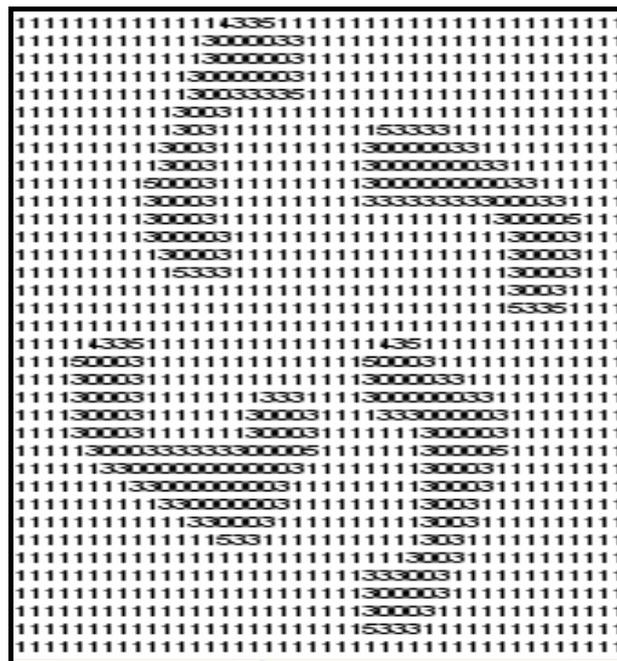
本系統對於回收標誌的特徵擷取上，非常的成功，所以特徵值的誤差以及誤判的機率能控制在 2%以下。其餘的錯誤，有絕大部分皆因與相鄰的圖樣太接近，被連成一圖樣，而失去矩形的特徵，造成程式無法辨識。而其他小部分的圖，則因原本圖片上的 RGB 分布問題，使回收標誌被切分成兩個以上的圖樣，就無法辨識成功。

(一) 因旋轉角度而與其他圖樣相連，變成多邊形非矩形，無法判別。如<圖四十>



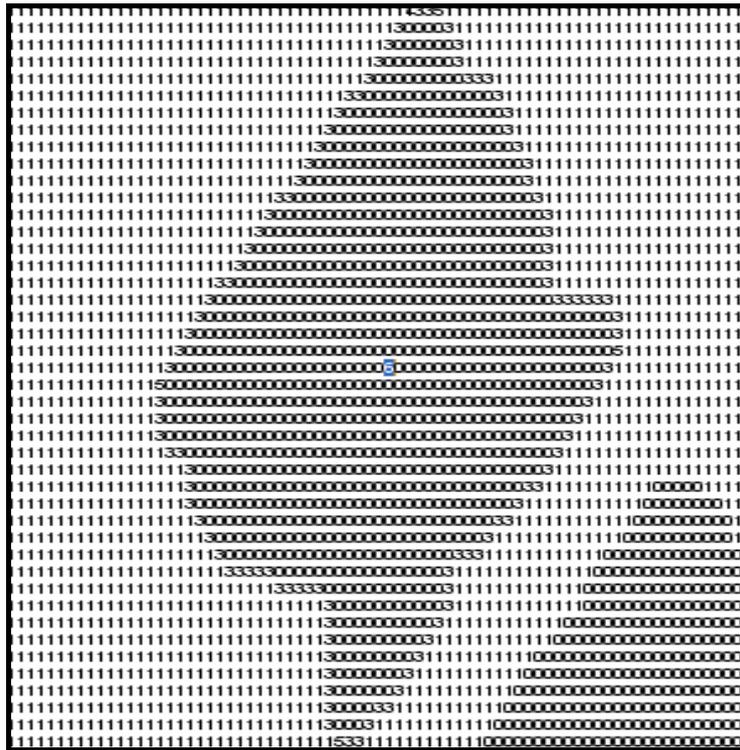
<圖四十>

(二) 給予正確 RGB 亦無法完整取得圖樣，因為其回收標誌間的隙縫就太大，而無法連成一個圖樣。如<圖四十一>



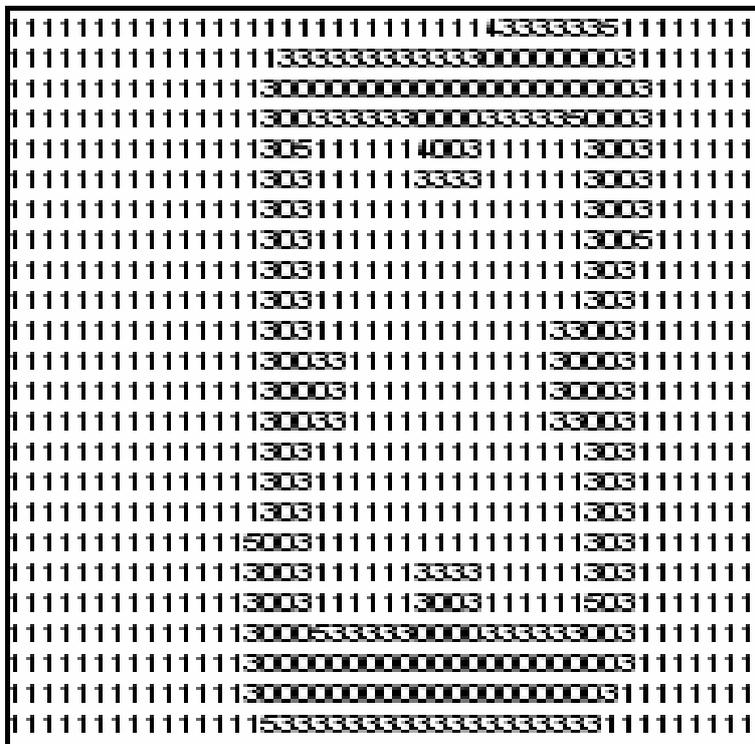
<圖四十一>

(三) 誤判其他圖樣為回收標誌，如<圖四十二>



<圖四十二>

(四) 往內伸出長度過短，超過誤差值。因為回收標誌原本就略小，作消除雜訊的處理時把向內伸出的暗點清除，因此造成辨識錯誤。如<圖四十三>



<圖四十三>

五、未來研究方向

政府前陣子推行的新式國民身分證，有著許多的限制，想必這些限制都是爲了人臉辨識所做的準備，辨識本應該在某些限制下執行，才能有良好的成效。所以要使程式的辨識率提高的方法之一，就是前述的「回收標誌最佳化」，在規定回收標誌的大小及鋪上淡色網底的前提下，可以清楚將回收標誌從亂無章法的包裝上獨立突顯出來，辨識率就可大大提升。只剩下光線反射與曲面拍攝角度的問題，使得圖樣不完整而辨識失敗。

在整套辨識程式寫完後，我們仍在思考能如何改進系統的限制。撇開回收物因爲光線反射造成的辨識錯誤，系統最大的困難在於 **RGB** 中分值的界定。雖然辨識率已達到 **81%**，但其餘的回收物因爲外觀色彩的分布並不符合程式的設計，導致 **RGB** 取值不正確。若可以直接從外觀上取得 **RGB** 明顯變化處的值，進而分析出圖樣的邊緣，接著用圖樣的座標關係，就可以辨識出回收標誌，相信辨識率可再大幅提升。

本系統以圖形辨識爲主軸，持續研究的話，將可以從行政院環保署的垃圾分類回收標誌內的數字，進行更進一步辨識分類，使整個垃圾分類的過程都達到自動化的效果，大大提升效率也減少人力的消耗。垃圾分類回收標誌共有七類，分爲第一類 **PET**、第二類 **HDPE**、第三類 **PVC**、第四類 **LDPE**、第五類 **PP**、第六類 **PS** 以及第七類 **OTHER**。

柒、結論

辨識程式經過我們半年多的研發，完全是自行構思開發完成，其中有幾大關鍵點，給予我們相當大的挑戰。首先，在 **30** 多萬個像素中找尋回收標誌，思考過不下十種方式，處理速度都慢到幾乎當機的地步，最後才找出走外框的方法，能快速的找到圖片裡的封閉區塊。接著，要如何判定此區塊爲回收標誌是第二大難題，在判定矩形的四邊是否等長時，就已經發現旋轉後的長寬會改變，因此加入模糊理論 (**Fuzzy Theory**) 的容錯觀念，再加上凸出的菱角會被程式誤認爲矩形的頂點而造成錯誤，所以我們參照指導老師的意見，加入人工智慧 (**Artificial Intelligence**) 的感知，讓電腦能模擬我們的思維，將頂點推至理想中的位置，以肉眼所判斷的最佳點。最後的大難題就是 **RGB** 取值的判別方式，雖然回收標誌本身的深淺均勻，但是物體外觀的顏色深淺與分布狀況都是無法預期的，因此無法將 **RGB** 的比對標準設爲定值，必須要能依圖片中的色階資訊來設定該張圖片的深淺判定標準。在克服以上難題之後，程式的辨識率已經能達到 **81%**。如果政府能我們所提的「回收標誌最佳化」規範於法令中，本系統的辨識率高達 **95%**，對於辨識回收標誌的自動分類問題，是確實可行的解決方案。

垃圾問題是全世界都相當棘手的燙手山芋，若不確實做好垃圾分類，在多年以後，人們會被自己製造的垃圾給淹沒，到處的垃圾山以及受污染的河川，整個地球的生態活境都會受到影響，人類最終將自食惡果。近年來先進國家都全力研究發展垃圾處理技術，垃圾處理已由隨便掩埋焚化轉入全面再生、再製與再用。而垃圾必須分類回收才能配合再生再製，資源垃圾回收利用可以降低成本並減少二次污染。地球的資源是有限的，做垃圾資源回收就是爲自己與後代子孫做好環保工作。希望我們的系統能爲這小小地球進一份心力！

捌、參考文獻

1. 行政院環境保護署

參考網址：http://ivy2.epa.gov.tw/out_web/e/action/golden/17.htm

參考網址：http://www.epa.gov.tw/b/b0100.asp?Ct_Code=03X0000127X0006646

參考網址：http://recycle.epa.gov.tw/public/public1_1.htm

2. 鄭明政，民 91 年 6 月，「基於模糊理論之智慧型影像擷取系統」，私立義守大學碩士論文。
3. 許文豪，民 89 年 7 月，「圖形辨識概述與實作」，國立清華大學碩士論文。
4. 蘭立銘，民 78 年 6 月，「特徵擷取與串列比對影識別之研究」，國立成功大學碩士論文。
5. 水本雅晴著，王金標編譯，「模糊理論及其應用」，民 83。
6. 向殿政男著，劉天祥、佟中仁編譯，「Fuzzy 理論入門」，中國生產力中心，民 79。
7. 孫家麟著，「人工智慧概論」，第三波電腦圖書，民 75。
8. 楊英魁等人著，「模糊控制理論與技術」，全華科技圖書，民 85。
9. **Stuart Russell, Peter Norvig** 編著，呂威甫、鄭軒鴻編譯，「AI 人工智慧—現代方法總論」，松崗，民 91。
10. **Peter Menzel and Fatih D'Aluisio** 編著，林文源編譯，「機器人的進化」，商周，民 91。
11. **George Dyson** 編著，王道還編譯，「電腦生命天命論—人工智慧的演化」，時報文化，民 90。

評 語

040802 智慧型回收標誌辨識系統

本作品善用影像處理與辨識方法，以環保意識之資源回收為主軸，題目構想創意頗佳，值得鼓勵。由實物辨識到致動控制，一應俱全，並整合完成自製軟硬配備，頗為不易，堪稱佳作。

然工作範疇之基本假設不夠明確，如影像辨識之功能侷限於單一物件，平面數位，規則形體，標誌正對而不扭曲等辨識條件。若能稍作改善，以臻實用可行則作品之成果將更為可觀。