

中華民國第 52 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

最佳團隊合作獎

040810

學生證自動辨識及分類系統

學校名稱：高雄市立前鎮高級中學

作者： 高二 黃湘涵 高二 黃虹諭 高二 李狄儒	指導老師： 李季錦 陳玟志
---	-----------------------------

關鍵詞：條碼辨識、機器手臂、影像處理

摘要

此研究的目的是以設計學生證自動辨識及分類系統為目標。主要是利用網路攝影機拍攝學生證，將影像進行灰階及二值化處理，並以投影法確認條碼位置、骨架法進行歪斜校正，切割出條碼後，利用黑白線條的寬度進行條碼辨識，並將辨識出的學號比對註冊名單以確認註冊與否，最後交由機器手臂將學生證送至不同的分類區。由實驗結果可知，本系統確實能達到自動化辨識及分類學生證的目標。

壹、研究動機

條碼被廣泛應用於各類物品的標示，通常是借助條碼掃描器讀取條碼內容，但這種方式需人工操作，效率不佳，因而我們希望能利用所學，設計一套可自動進行條碼辨識並分類的系統。

我們隊員中有人擔任學藝股長，每學期初必須收取班上的學生證，交由教務處註冊組進行註冊蓋章。然而這整個過程中有諸多不便，一是學生證上僅有學號並無座號，所以學藝股長須手動將學生證依座號排序，二是註冊組在收到學生證後，仍需人工一張一張核對每位學生的註冊情形。這個過程中的的人工動作，如果能交給自動化系統處理，便可減輕人力且避免人為疏失，正是充分利用自動化系統的價值。我們此研究的目的，便是想達成此自動化的目標。

在高一資訊課程的問題解決單元中，我們學到程式語言和機器人的控制，藉此研究，我們設計 Visual Basic 程式，從攝影機所拍下的影像中辨識條碼，並藉由藍芽訊號和 NXT 機器人溝通以進行學生證的傳送和分類。

貳、研究目的

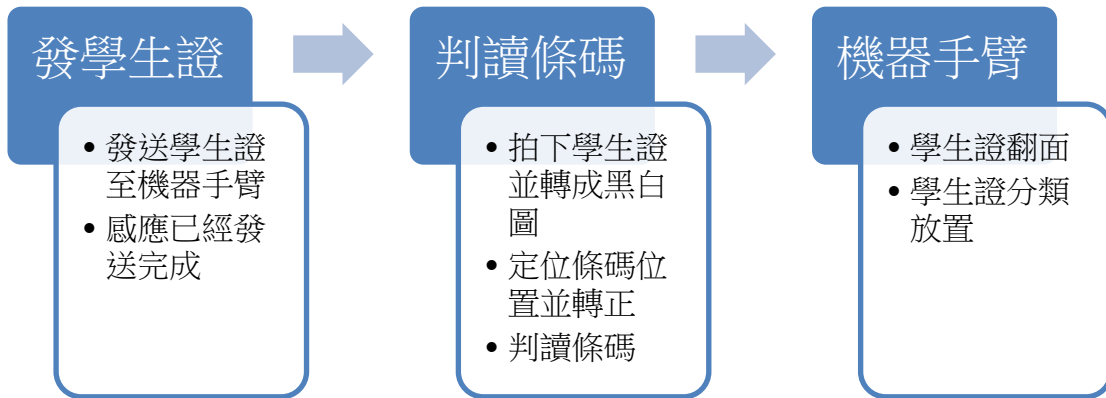
- 一、設計能將整疊學生證一張張送出的發卡裝置。
- 二、設計能在三種維度自由翻轉的機器手臂以進行學生證分類及翻面。
- 三、透過程式控制攝影機拍攝學生證，並利用影像處理的演算法將照片轉成適當的黑白影像，以利進一步分析影像內容。
- 四、利用程式辨識學生證正反面並定位出正確的條碼位置。
- 五、辨識切割出來的條碼影像所代表的學號，進而查詢其註冊情形並將學生證分類置放。

參、研究設備及器材

硬體	軟體
<ul style="list-style-type: none">● 電腦、攝影機、藍芽傳輸器● NXT 控制主機、馬達、感應器● 積木、紙箱、學生證、透明塑膠、檯燈	<ul style="list-style-type: none">● Visual Basic 2010● Excel 2007● LEGO NXT Mindstorms

肆、研究過程或方法

本研究的目標是完成一套可自動檢核學生證並分類置放的系統，經討論所規劃的系統架構如下圖，並依此架構分項完成



一、發卡機：

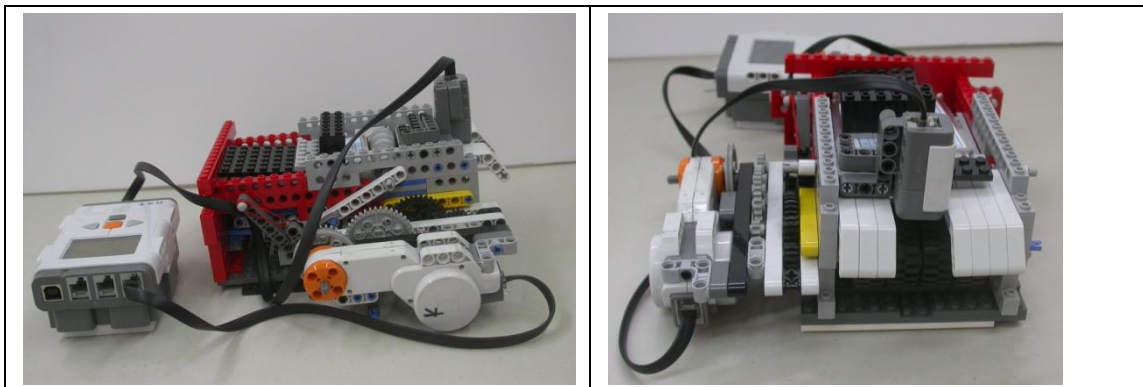
為了研發可將整疊學生證一張張送出的發卡裝置，我們參考了自動發牌機的原理，利用樂高組件設計出發卡機，其運作原理如下：

(一)前後滾軸速度不同

為了解決學生證會有多張重疊射出的情形，我們設計的裝置分為前後滾軸，以學生證射出方向的順序而言，先接觸到的滾輪慢，後接觸到的滾輪快，因此能將最前面一張卡片快速射出，使其與下一張分開。

(二)光學感應器判讀學生證射出

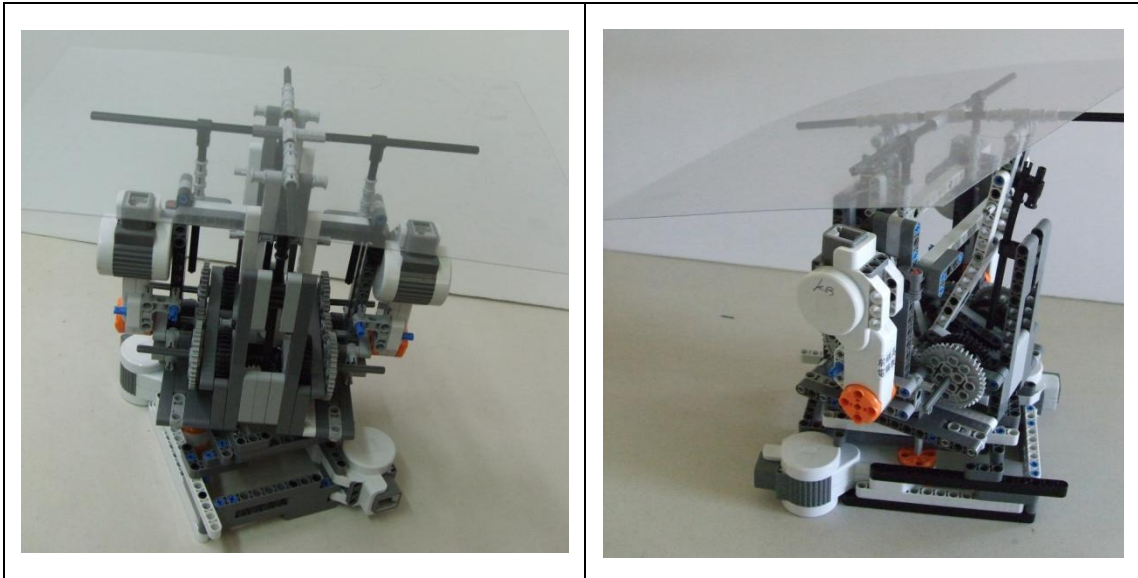
為了避免下一張學生證不會緊接著被射出，滾軸必須馬上停止，因此我們利用光學感應器判讀滾軸上的亮度變化，當感應器偵測到亮度快速由亮變暗的情形時，即表示學生證已射出，即停止滾軸的轉動，並傳遞已發卡完成的訊息給電腦。



二、機器手臂：

(一)第一代機器

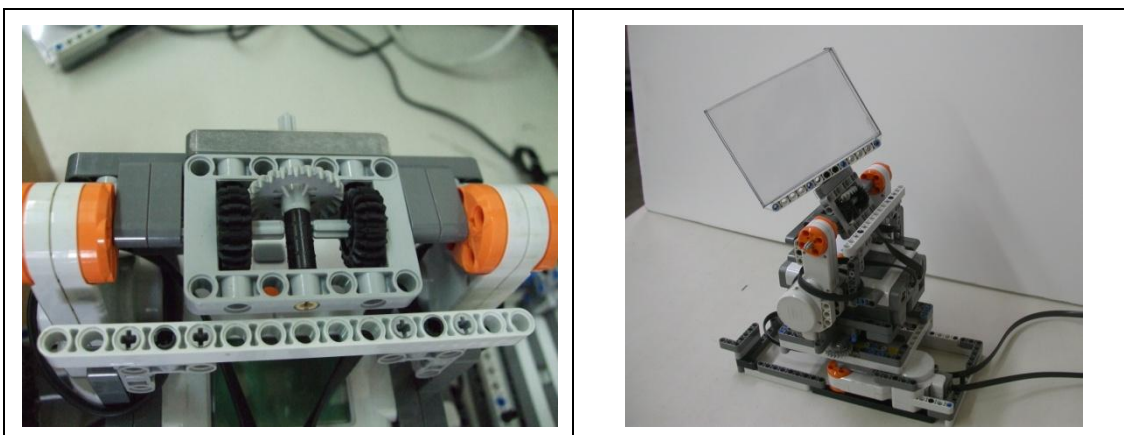
原先的想法是設計可任意方向傾斜的平面，但實際完成的平面，因摩擦力過大，導致無法穩定將學生證放到目標位置，穩定度極難控制，而且這種方法無法將學生證翻面，若學生證條碼面不是朝上，則無法進行辨識。(如下圖)



(二) 第二代機器

我們設計出能 360 度水平旋轉及 270 度垂直翻轉的機器手臂以進行學生證的分類及翻面。此機器手臂可分成二個主要部份

1. 可 360 度旋轉的底座：其功用在將卡片送到至攝影機下方進行辨識，以及將辨識完成的學生證送至所屬分類區。
2. 可 270 度翻轉的透明盒：我們製作一個梯型的塑膠盒（開口較大），並將盒子固定於可翻轉的轉軸，此轉軸是運用齒輪組成的機構，可進行 270 度翻轉，我們利用這個機構將學生證進行翻面（若該面未含條碼），或利用傾斜的方式將判讀完成的學生證倒出。



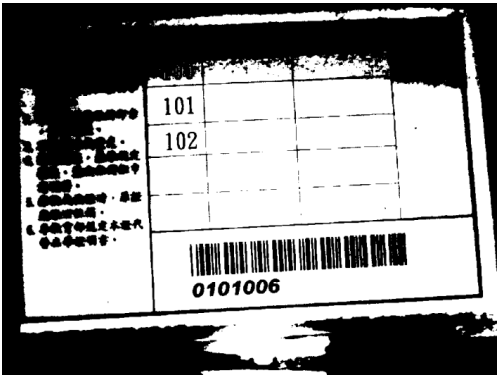


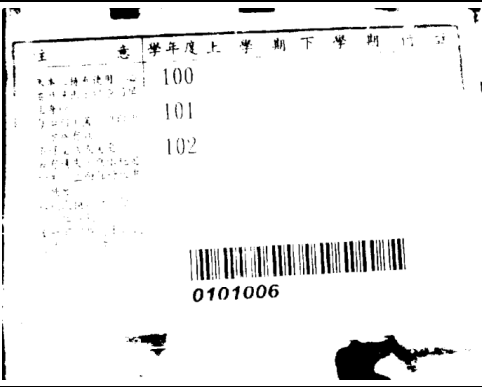
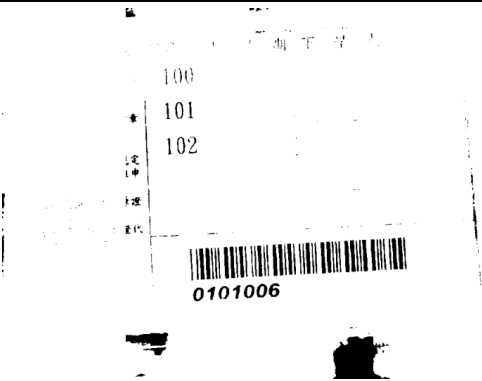
三、藍芽接收與傳送

NXT 是一套可程式化控制的積木組件，其控制主機內建藍芽傳輸功能，我們透過藍芽傳輸讓電腦和 NXT 主機溝通，主要的方式是由電腦端的程式發出藍芽訊息，NXT 主機在接受到訊息後則執行相對應的動作，動作完成後會回傳電腦執行完成的訊息。利用藍芽傳輸的好處在於其屬無線傳輸，可減少傳輸線和機器的纏繞，因而機器在旋轉時不會被實體線路絆住，造成旋轉的障礙。

四、影像擷取及影像處理

我們透過程式控制網路攝影機拍攝學生證，並自動定位證件上的條碼位置或判斷證件的正反面，主要經過以下三個步驟。

步驟一：取得彩色圖片	
利用攝影機，拍攝一張學生證影像。(如右圖)	
步驟二：灰階影像轉換	
先由彩色圖片讀出每格座標三原色紅、綠、藍之值，再將三原色之值取平均值回填至三原色中，使圖片成灰階圖。(如右圖)	
步驟三：二值化(將影像轉為黑白，共三種方法)	
方法一： 利用影像中各像素 RGB 的平均值做為二值化的閾值，如右圖所示（此圖平均值為 130）。由圖發現，以平均值為閾值轉換後的黑白影像，其條碼的間距不明顯。 因為我們的重點在取出條碼的線條，所以適當的閾值應該比平均值更低，才能將條碼的模糊	

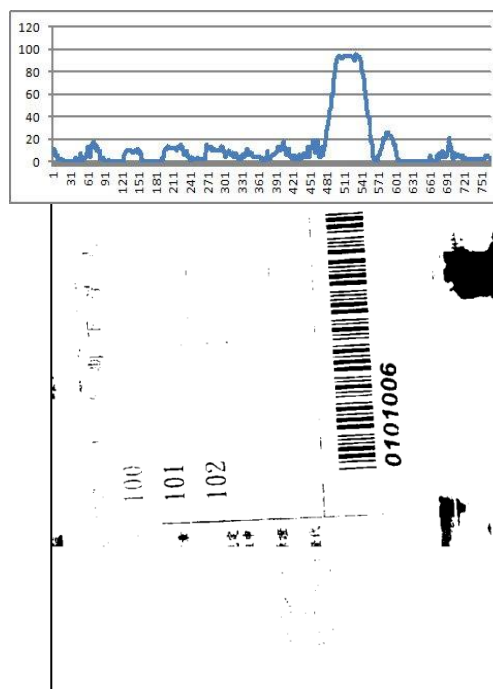
<p>部份轉換為白色，讓條碼的黑色線條更明顯。</p>	
<p>方法二：</p> <p>實作後更發現，光線會影響影像的亮度，所以若以固定的閾值將影像二值化，其品質會不穩定，因此我們依試驗的結果將閾值調整成下列一元二次方程式：</p> <p>閾值 = $1.11 * \text{顏色平均值} - 75$</p>	
<p>方法三：</p> <p>後來更進一步發現，因光線無法平均照射在學生證上，所以我們將影像分成 8 個區塊，各區塊依方法二的閾值進行二值化轉換，結果條碼的辨識率有很大的改善。(如右圖)</p>	

五、取得條碼的位置

轉成黑白影像之後的任務是找出條碼的位置，條碼的特徵是大量黑白交錯的直線，因此我們利用投影法統計水平和垂直的黑白變化量來定位出條碼的大致位置，再利用骨架法，找出條碼各黑線的斜率進行旋轉導正。

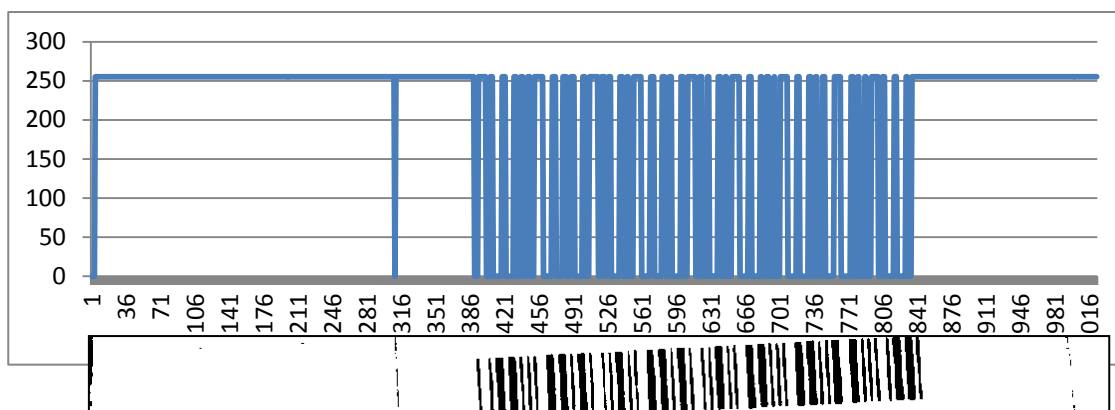
(一)切割圖片—找出垂直座標

在影像中找出條碼所在的垂直座標，我們用的方法是統計水平投影的黑白變換次數，算出平均變化量之後，將大於平均變化量的最長連續片段，視為條碼的所在區域。如右圖所示，可找出條碼所在位置約於 450~570 之間。



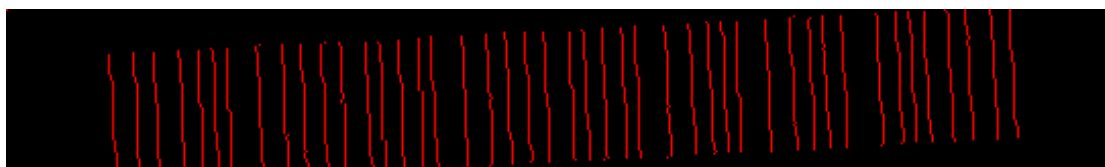
(二)切割圖片—找出水平座標

找出條碼水平座標的方式和前述垂直的方法略同，但統計的內容是算出垂直投影內的黑色像素量，若超過整列像素量的 1/2，則標記為黑色，反之標記為白色，最後找出最長連續快速變化的範圍。如下圖所示，條碼位置約於 380~850 之間。



(三)骨架化並取得斜率

學生證拍攝過程若有歪斜情形，則需先將條碼影像轉正以利判讀，我們利用骨架法找出條碼各黑線的骨架：依序由水平方向找出由白變黑及下一個黑變白的位置，取其中間點座標當作骨架，由此規律得到結果如下圖。



接著判斷找到的骨架是否為斜率相仿的直線。我們定義若骨架為連續的骨架即視為直線，判斷是否為連續的方式為骨架點的正下方、右下方或左下方位置若有骨架點則連續長度加 1，如果連續的長度超過條碼影像高度的一半，則視為直線；找出直線後算出每一直線的斜率，統計各斜率的數量，即可判斷找到的骨架是否為斜率相仿的直線，再利用與垂直(90 度)比對求得差角。

(四)旋轉

利用所得的差角，運用旋轉函數，旋轉整張圖片，使黑色線能垂直於水平；若無差角(即本來就為鉛垂線)，則不旋轉，圖檔的旋轉公式如下：。

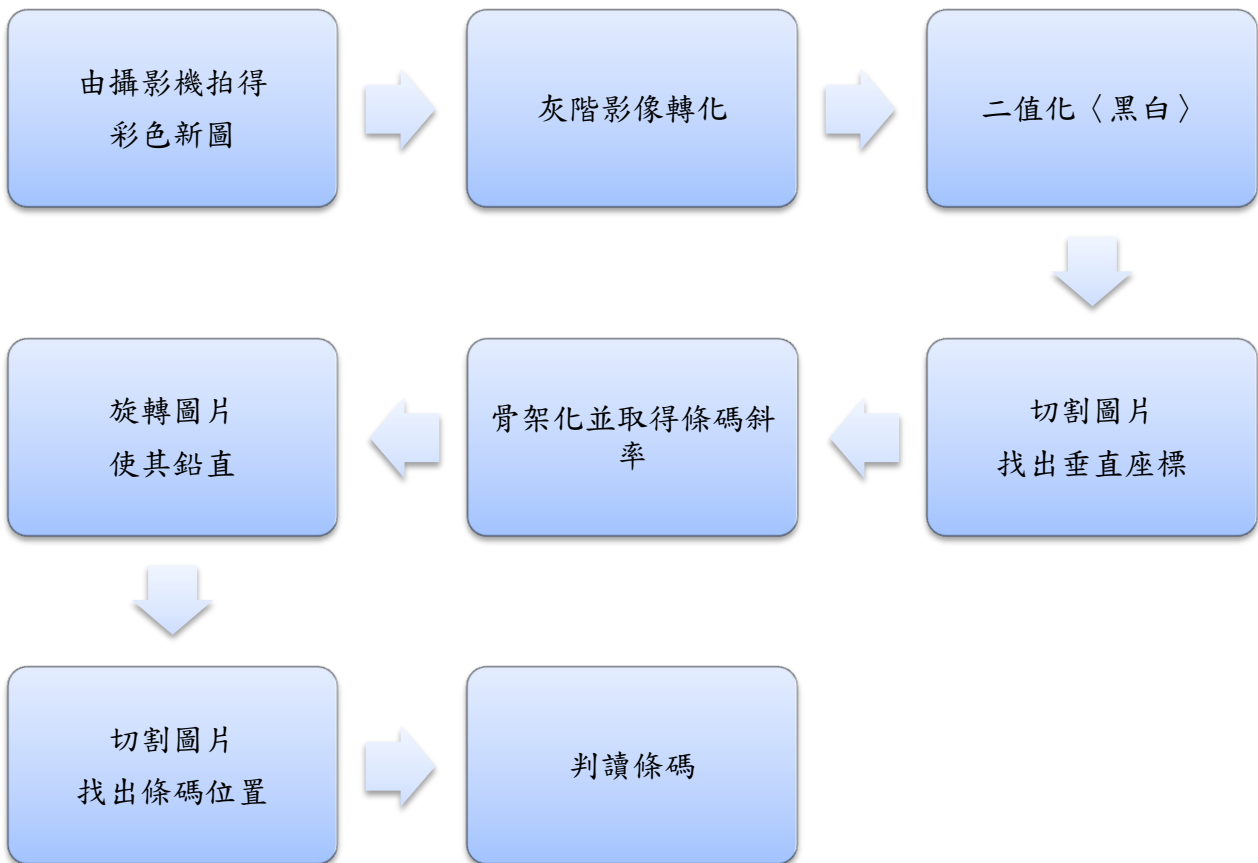
$$\text{newx} = x * \cos(\text{angle}) + y * \sin(\text{angle})$$

$$\text{newy} = y * \cos(\text{angle}) - x * \sin(\text{angle})$$

依照以上四個步驟，在條碼不會太斜時沒有問題，但如果拍攝圖片所得條碼太歪斜，會導致無法判讀。因為進行原本程序的切割後，會因為太過歪斜而難以找到完整的快速變化區域，意即切割後的條碼圖不是完整的條碼，或是誤判條碼區域，則接下的判讀結果會有問題，下圖為歪斜圖片進行完水平切割後的圖，可發現上述問題。



為了提高可辨識的條碼歪斜角度，我們改變了進行順序，由於水平切割完直接垂直切割，如果在條碼歪斜程度太大時，會因為切割掉條碼兩端的部份條碼，而無正確判讀的狀況，我們在進行完水平切割後，直接進行歪斜校正，接著再進行水平及垂直切割，改變後的順序如下圖。改變成此順序後，可辨識的差角由 5 度提升至 30 度。



六、判讀條碼

條碼有多種類型，本研究使用範例的學生證條碼屬於一維條碼中的 Code 39，屬不包檢查碼的標準型 Code 39(Standard Code 39)。標準型 Code 39 所表示的資料內容，有 A~Z 大寫英文字母，0~9 數字、特殊符號、共有 44 個字元。

Code 39 的條碼有二種粗細的線條,粗的線條是細的 2~3 倍。了解條碼的定義後，我們分別以 B,b,W,w 代表影像中的粗黑、細黑、粗白和細白線，每九碼為一組去對照 Code39 的編碼，然後將整組條碼所代表的學號對應出來。另外，在判斷條碼的正反方向時，因 Code39 條碼的前後固定有“*”字元，正可利用此特徵判斷條碼的正反向。



在粗線和細線的判斷過程中，一開始我們用同樣的標準去判斷黑白線的粗細，但找出的對應碼很容易出錯。從誤判的圖檔中觀察後發現，經影像處理過的條碼圖，其黑白條碼的粗細不同，最常見到的錯誤即是粗黑線與細白線的寬度相近，推究其原因應是二值化的閾值所造成，閾值變小雖較容易區分出條碼的間隔，但也會使黑色條碼的寬度變小，因而造成細白線跟粗黑線的寬度相近，如下圖中的細白線和粗黑線寬度相似。

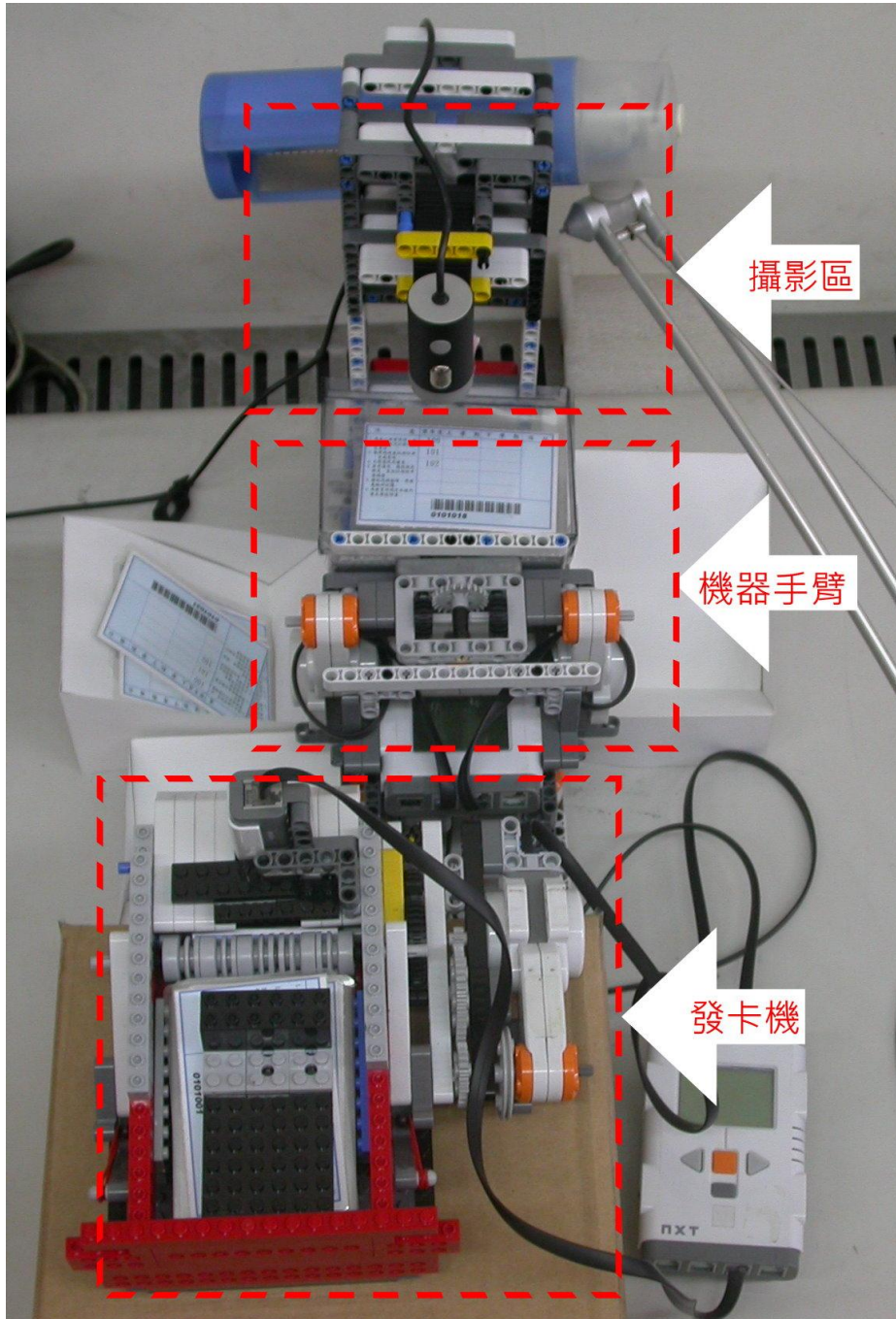


為了解決此問題，我們將判讀粗細的方法，由原本統一的標準，改變為黑線和白線分開計算，找出黑和白線各自的最粗和最細，並求其各自的中間值，以其作為該色條碼的判斷標準（黑和白線的標準獨立），此方法大幅提升辨識成功率。

伍、研究結果

此學生證自動辨識及分類系統結合了電腦程式 Visual Basic 2010、LEGO 機器人、網路攝影機，並參考 Code39 編碼系統，讀出學生證上所屬編碼後，再將編碼與已註冊名單做比對，就能分類是否已註冊，能減少人工比對的工作量，達到了自動化系統的精神。

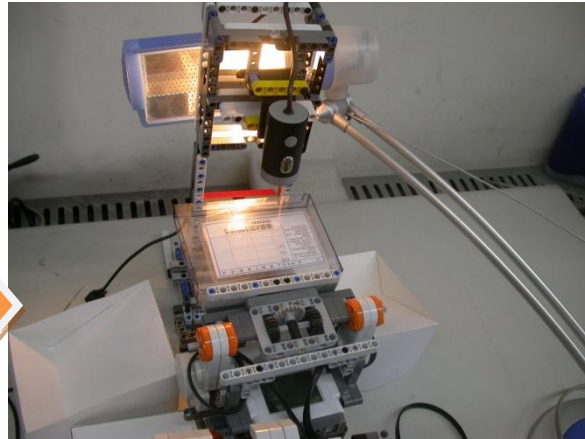
本系統運作主要分為三個區域發卡機、機器手臂及攝影區，如下圖所示：



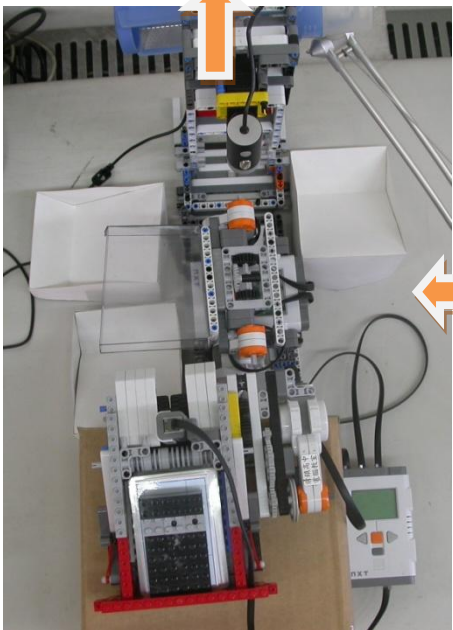
本系統機器運作流程圖如下：



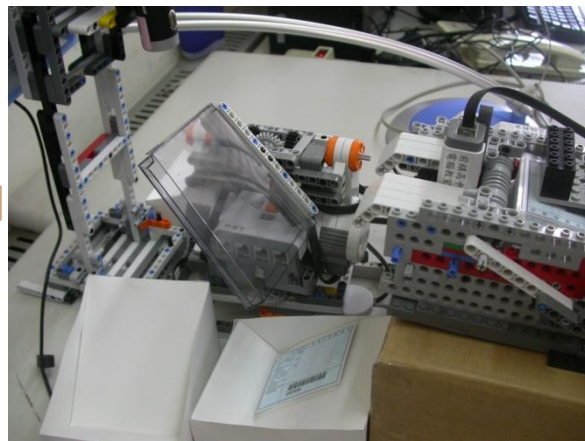
Step 1：發送學生證至機器手臂



Step 2：將學生證送至攝影區

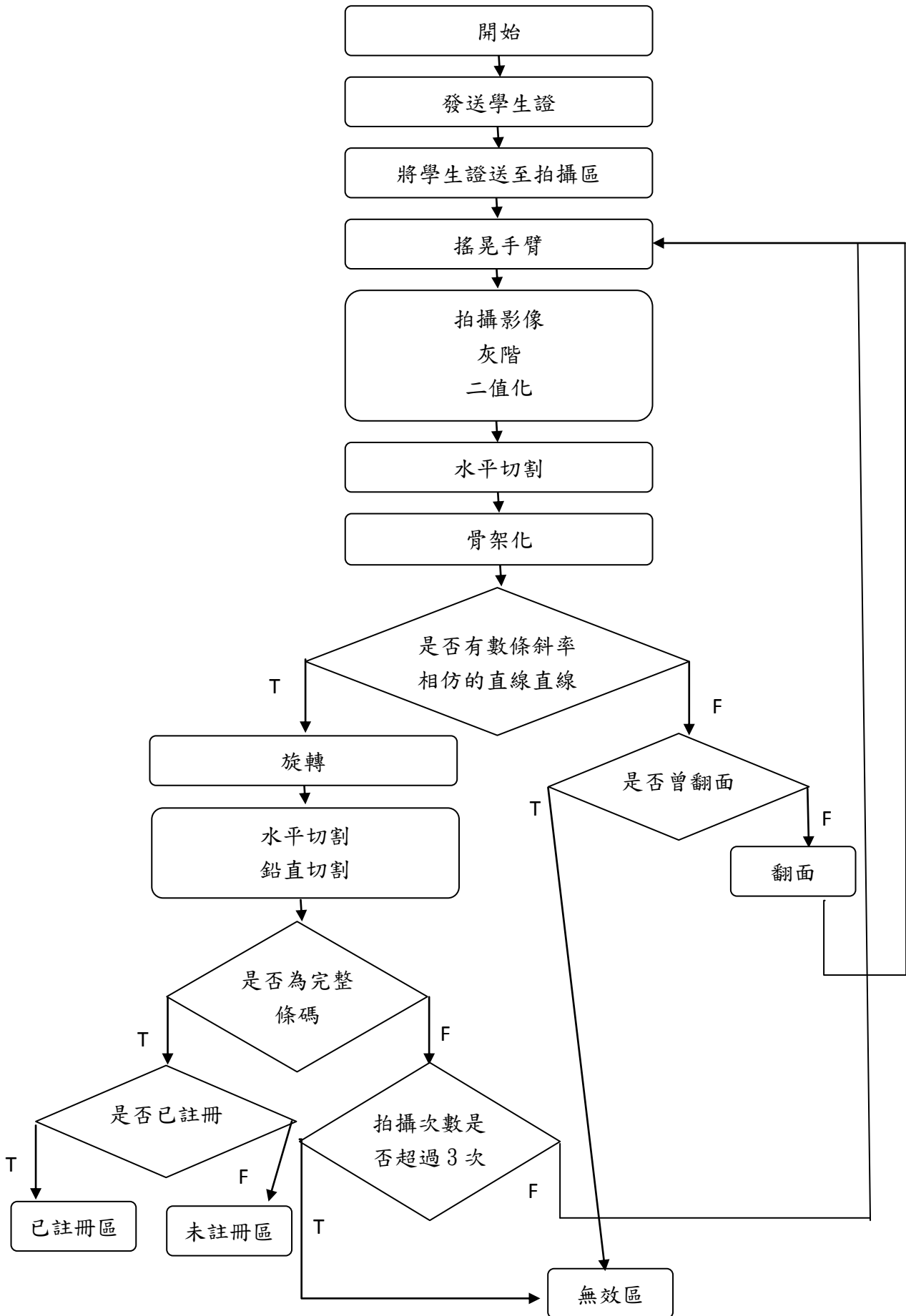


Step 4：回到發卡等待區



Step 3：將學生證送至分類區

下圖為本研究的完整流程圖。



陸、討論

一、如何做出一台機器能一張一張的發出學生證？

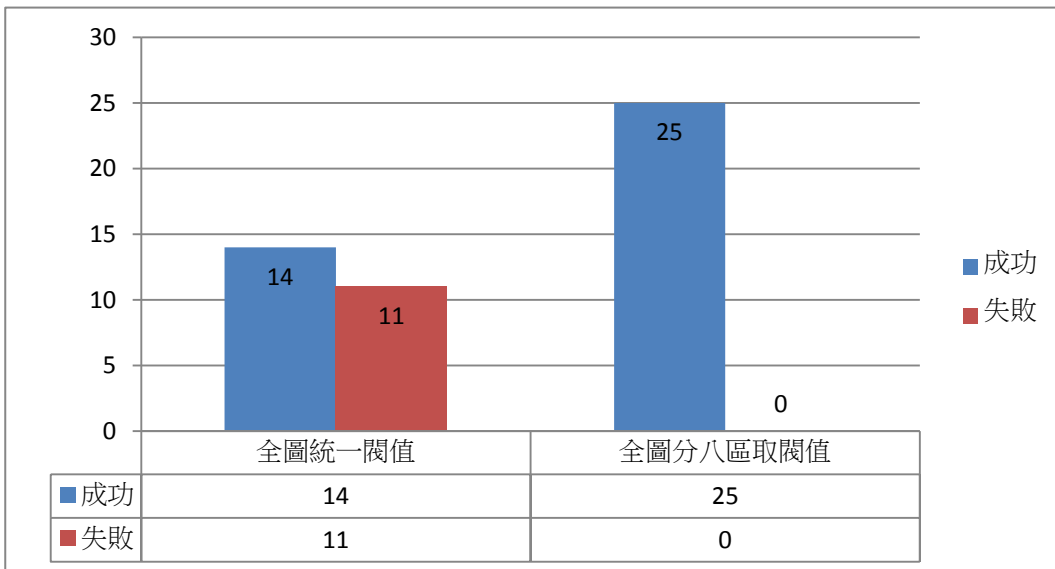
我們透過一只馬達的轉動，加上應用齒輪組帶動出兩個不同轉速的輪軸，經齒輪組的齒數計算出其比例為 1:15，如此便能將學生證快速分開，快速的抽出一張，使下一張不會太快出來。

二、二值化的閾值要如何設定？

在不同的光線下，條碼所呈現的亮度不同，若用一個定值作為判斷像素為黑白的基準，很容易受光線影響而誤判條碼。為了要找出適當的閾值，我們採用整張圖像的顏色平均值做為計算依據，利用方程式去找出適當的參數值，在經由多次的測試，得到方程式及參數如下：

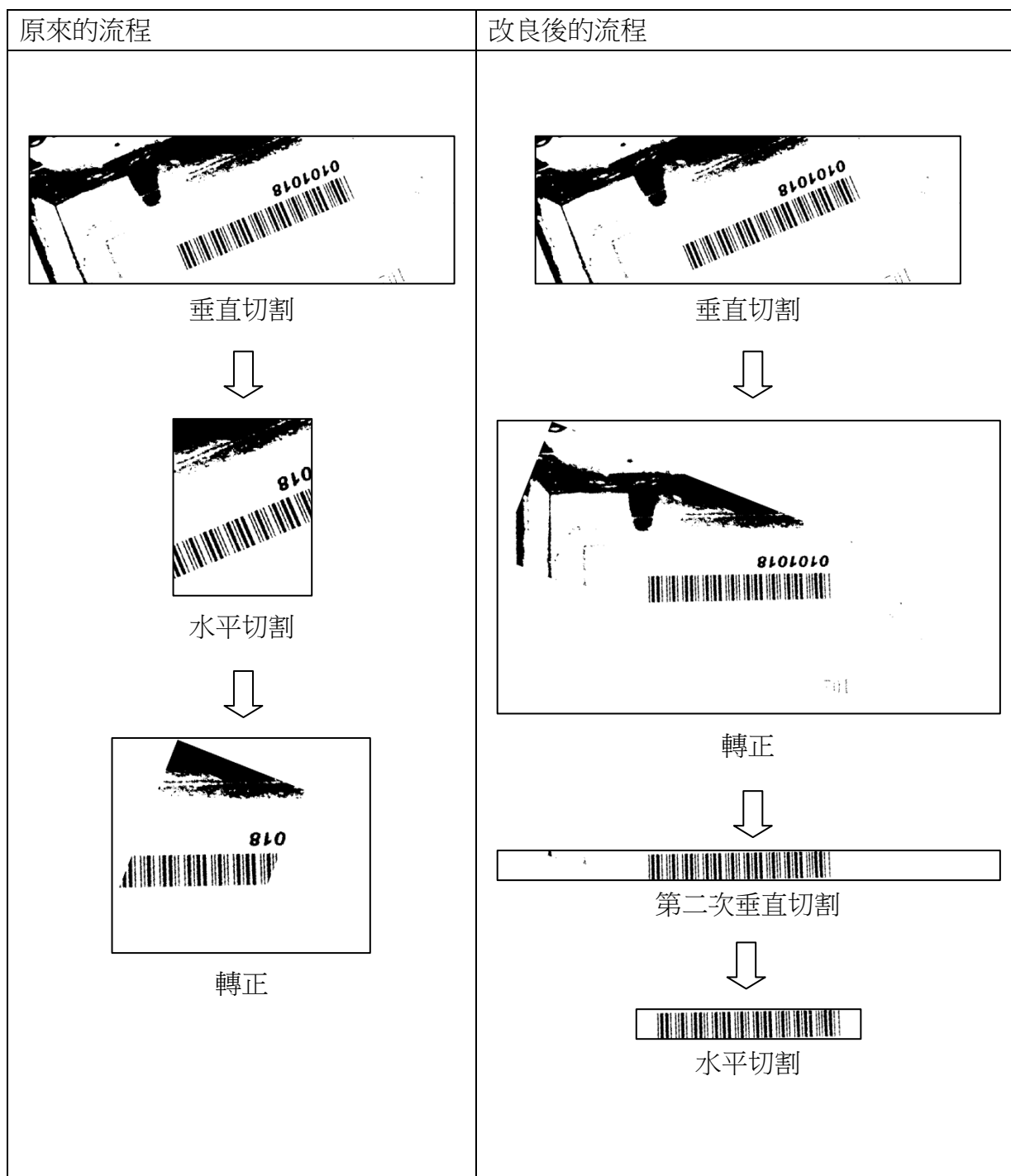
二值化的閾值 = $1.11 * \text{顏色平均值} - 75$ 。

利用此方程式能避免在不同的光線下需修改不同的閾值，也能避免實際黑白顏色的誤判，但成功率仍不十分滿意。我們更進一步將圖片分成 8 個區域分別取平均值去計算閾值，此方式大大提高判讀的成功率，以下圖表是我們用 25 張學生證去測試不同閾值方法的判讀結果。



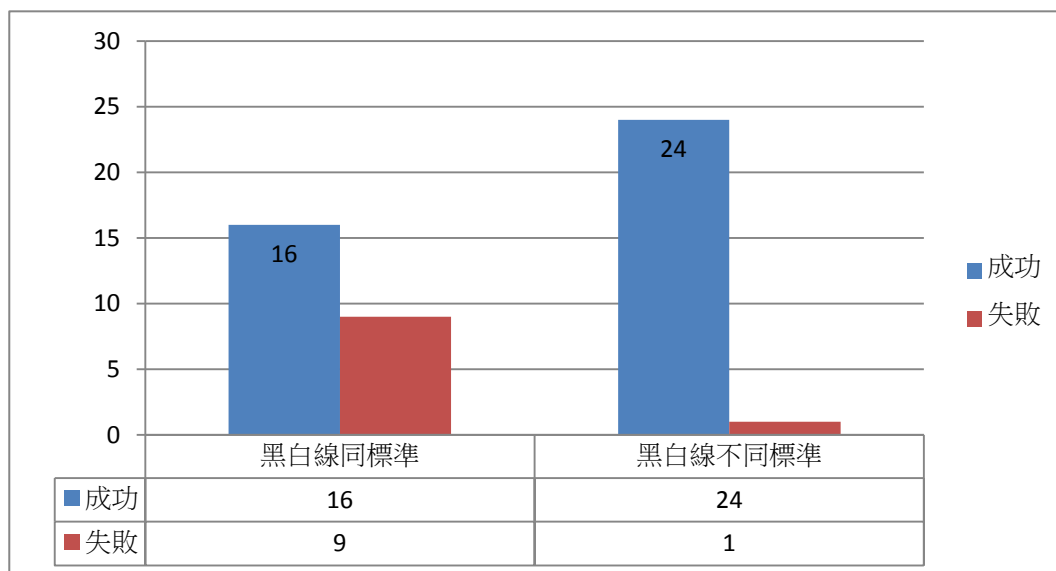
三、如何從一張完整的學生證照片中，找出條碼的位置？

條碼在整張學生證影像中的特性為連續且快速的變換黑白，我們的演算法便是依此特性找出連續快速變化的最大區域，如此就能取出條碼，原本我們採用的流程為：先切割出條碼所在之垂直座標與水平座標，再進行將條碼轉正的動作，後來發現條碼歪斜角度太大(>5 度)時很容易將左右端的條碼切掉，因此我們將流程改變為，先進行垂直座標的切割，接著將條碼轉正後，再進行垂直水平切割，依此方法能判讀的歪斜角度為-30~+30 度之間。以下為兩種方法切割一張條碼歪斜角度為 18 度的圖片各階段結果：



四、如何判讀一張條碼，確定其條碼所代表之學號，及此學號之學生是否已註冊？

首先要先利用 Code39 的特性(即前後皆為*字號，且只要顛倒就成了其他代碼或無此碼)去確定其正反方向，決定要從哪邊開始判讀，我們原本很直覺的將黑白的寬細線用同樣的標準來分別，失誤率很高，經過探究以分開紀錄黑與白每條的粗細，再判斷其為寬或細，經此步驟成功判讀出學號的機率明顯增大，以下為我們以 25 張學生證以將黑白線用同樣標準區分寬細線及黑白線分別用不同標準區分寬細線後的判讀結果。



柒、結論

本研究結果的特點如下：

1. 市面上讀條碼的商品基本上都須將要進行讀取的條碼放置平行於讀取機。然而，我們所完成的機器與程式能在條碼歪斜狀態時進行讀取，準確率相當高。
2. 此機器只需要將學生證放在發卡機後方的盒子內，無論是否同方向或正反面，即可進行判讀。

此系統仍能推廣到許多地方，例如學籍卡或學生輔導資料卡在學生轉班或是升上下一個年級重新分班時，都需要重新分班分類，若應用我們系統的概念，若在學籍卡或學生輔導資料卡上貼上所屬學號的條碼時，就能進行相關的作業。

在這個研究中，仍有一些可改進之處：

1. 雖然我們的程式因為有紙箱罩住外在光源，拍照時只有我們所設桌燈的光源，使我們的程式不受外在光源的影響，但若能在大部份的光源下都能正確的判讀，應是最理想的成果。
2. 在發卡機與程式判讀的速度上不夠快速。

捌、參考資料

- 一、林伯諭，”以影像為基礎之即時條碼掃描系統”，國立中正大學電機工程研究所碩士論文，2007年。
- 二、曾俊舜，”條碼快速定位技術之研發”，國立海洋大學電機工程學系碩士論文，2008年。
- 三、董大偉、許雅婷，Visual Basic.2005 程式設計與案例剖析”，旗標出版股份有限公司。
- 四、Code 39 定義 http://en.wikipedia.org/wiki/Code_39

【評語】 040810

以樂高來實作學生證自動辨識及分類系統，作品非常完整，可用性高，也實際克服很多困難，精神可嘉，唯作品中創意度較少，較為可惜。