

車牌字元自動切割與辨識

Automatic Segmentation and Recognition of Characters on the Vehicle License Plate

林春宏	林政威	王俊夫	陳珮珊
台中技術學院 資訊 管理系	台中技術學院 資訊管 理系	台中技術學院 資訊管 理系	台中技術學院 資訊管理 系
linch@ntit.edu.tw	s13933022@ntit.edu.tw	Pow- dan919081@yahoo.com. tw	Mirror-2@yahoo.com.tw

摘 要

本文主要以車牌(vehicle license plate)影像之不同大小、複雜環境背景以及不同天候的影像為分析對象，而提出一套簡單與便利的車牌自動辨識技術。一個車牌辨識系統可分為三個部分，一是車牌定位，二是車牌字元切割，三是車牌字元辨識，任一部分失敗都會造成整個車牌辨識系統失敗。車牌定位完成後如何將做車牌字元切割，再辨識車牌字元是本研究課題。

在過去研究之車牌辨識方法中，所使用的車牌定位來源影像係以人工取出，本文方法將考慮由任一定位系統定位出來的車牌影像，再經過車牌定位結果的調整技術，以做為本研究車牌辨識的來源影像。接下來考慮車牌文字的切割，由於車牌的大小不一，因此所切割出來的文字大小也不同，所以我們再針對文字的大小做車牌字元垂直正規化、車牌字元水平正規化以及字元內的位置與值之轉換技術。最後再將車牌字元採用 Run-Length 技術做為每個字元的特徵值。

本研究車牌辨識之實驗，採用了 57 張車牌不同大小且複雜環境背景以及不同天候的影像作實驗，實驗的結果其車牌辨識有很高辨識率，以證明本系統的應用範圍更廣，也更加有實用價值。

關鍵字：車牌定位、字元切割、字元辨識、垂直正規化、水平正規化、Run-Length

Abstract

This study takes the images of vehicle license plate with various sizes, complex environmental background, and different

weathers conditions as the subjects of the analysis. This study proposes a simple, convenient technology of automatic license plate location. The vehicle license plate recognition system may be divided into three major components, namely, license plate detection, character segmentation, and character recognition. The failure of one or more components will cause the breakdown of the whole system. The method to segment and then recognize the characters on the vehicle license plate after characters' location is the subject of this study.

In the past studies on the recognition of the vehicle license plate, the images for license plate detection were taken by hand. This study attempts to attract license plate images from any detection system, then adjust them and use the final adjusted images as the input source of this license plate recognition study. Next to come is character segmentation. The size of license plate images varies from one to one, so as that of segmented characters. For this reason, this study judges the size of the characters on the vehicle license plate, and applies vertical normalization, horizontal normalization, and location/value transformation technologies to them. Finally, this study utilizes run-length technology to figure out the characteristic value of each character.

For the license plate recognition experiment, this study sampled 57 license plates with various sizes, complex environmental backgrounds, and different weather conditions. The result shows a very high

recognition rate, high enough to prove the high applicability and practicability of this system.

Keywords : License plate detection , character segmentation, character recognition , vertical normalization, horizontal normalization, Run-Length

1. 簡介

1.1 研究背景

隨著經濟的發展，人們對於交通運輸工具的需求也相對地提高，而現今社會中最主要的交通工具莫過於車輛，因為它們帶來便利性，所以人們對它們的使用更加頻繁，因此常會衍生許多交通問題，如：超速、闖紅燈及車輛竊盜等許多交通違規事故。

針對這些問題，政府也提出了因應之道，如超速及闖紅燈都有流動和固定的照相機來拍攝違規者的車牌號碼，以便追蹤車主並寄發罰單，而車輛竊盜方面，則是由警察路邊臨檢或巡邏取締贓車等方法來查緝。但是上述的這些工作都必須投入大量的人力資源且效率不彰，若是將這些工作電腦化，且又能達到相同的目的，則不僅可以節省大量的人力資源，也能使這些工作的效率變得更好。

過去由於受限於個人電腦的速度，而使得辨識速度和辨識正確率不佳，所以車牌影像辨識技術並沒有被廣泛地運用。但如今個人電腦的軟硬體技術日新月異，一日千里，已經可以解決車牌影像辨識速度及車牌字元辨識正確率不佳的問題。

實務上，車牌辨識系統的應用範圍很廣，如：

1. 停車場出入口管制及自動計費系統
2. 停車場的車輛管理機制
3. 高速公路收費執法系統
4. 失竊車輛尋找
5. 交通違規的執法補強

上述的應用不但可以節省大量人力，亦可提升工作效率，所以車牌辨識系統未來或許將成為政府及警政單位不可或缺的重要工具之一。

1.2 文獻探討

在國內外對於字元辨識的研究也相當的

廣，國內車牌字元切割的研究[3-4,6]中，比較多人使用的是連通標示法，使用這種方式的優點就是比較不受車牌區域傾斜的影響，即使車牌是傾斜的，但裡面的字元仍然是獨立分開的，所以還是可以粹取出來。

字元辨識方面，採用類神經網路方式來辨識字元會有較好的適應性和穩健性[2, 5-6,10]，因為它具有非線性處理、平行運算、抗雜訊、高容忍性等優點。

在國外主要是採用類神經網路的方法，像是 J.A.G. Nijhuis 等人的車牌辨識研究中[9] 字元辨識方面，採用兩層的 MLP，輸入層取 24 個特徵值，隱藏層有 15 個神經元，輸出層為 36 個神經元，辨識完成後再透過文法的檢查進行校正。F.Lisa[7]採網路架構辨識車牌字元，利用字元特徵的擷取及字元的辨識，演算法為回傳演算法。R. Parisi [12]採用兩層的順向類神經網路的架構。Paolo Comelli[11]及 Hegt, H.A.[8]以樣板比對法為主。

1.3 研究動機

台灣四處皆有停車場，但現行的停車場大都利用人工來管理車輛的進出與收費，這種管理方式不但耗費人力，也浪費了金錢與時間。而且有些小型停車場更是無人看管，使得失竊率大幅提升。是故，車牌辨識系統若應用於此方面，便可以達到停車場自動化、安全監控等目的。

台灣因地狹人稠，在交通方面也因為車輛愈來愈多，造成的交通問題更是層出不窮。交通事故的事後追蹤，主要都是依靠各路口的監視錄影機或是超速照相機等方式，而失竊車輛的搜尋更是依靠警力來巡邏、盤查。若是能在各大路口設置車牌辨識系統，便可以有效、快速地追蹤往來的車輛，也可減少警力的浪費。此外，透過監視錄影機所拍攝到的畫面及超速照相機的照片，也需透過人力來逐一比對，因此也可能導致判讀失誤。這時，車牌辨識系統在此方面就可以減少人員這方面的判讀失誤，並且能節省大部分的人力、費用。是故，車牌辨識系統若應用於此方面，便可以達到降低人力判讀失誤、提升尋找贓車及失竊車輛的效率等目的。

1.4 研究流程

本研究將車牌辨識分為車牌定位、車牌字元切割與字元辨識三個步驟。首先，由影像中

找出車牌的位置，在此需先將影像的資訊簡化，找出車牌可能出現的位置區塊，並從中找出車牌的位置。再來，則是將車牌做字元切割，並利用字元的特徵來辨識如圖 1。

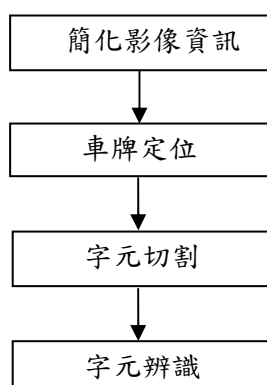


圖 1 車牌字元自動切割與辨識

1.5 研究限制

目前台灣車牌的種類很多，例如：自用小客車；有些則會變成黑色，如：遊覽車。為使二值化後車牌文字輪廓能清楚顯現，所以本研究中，所辨識的車牌對象為「單一白底黑字」的自用小客車之車牌影像。

雖然本研究的車牌字元辨識結果皆有一定水準之上，但還是會因為一些因素而造成車牌定位及字元辨識的困難。

1. 車牌有污損：車牌文字周圍若有黑漬或污損，會造成車牌定位及文字辨識上的困難。
2. 車牌區域過小：若車牌區域過小，在進行過濾動作時，極可能被當成雜訊過濾掉，也可能因車牌過小，無法清楚地顯示出字元，而造成字元辨識上的困難。
3. 影像的車牌角度過於大：若車牌角度過大，會使字元產生偏斜，導致字元辨識的結果不正確。

2. 字元切割

2.1 車牌定位結果調整

我們將車牌定位後的結果作二值化處理，使得車牌區塊中的文字與背景之對比更明顯，以方便車牌文字切割。但由於在車牌定位中有些車牌並不完整如圖 2 所示。

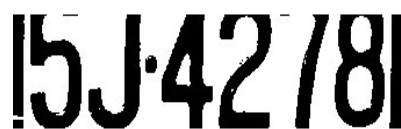


圖 2 定位後不完整的車牌

針對這張影像，我們統計左右兩邊垂直的黑點數，再判斷左右兩邊的黑點數是否大於區塊高度的一定比例。若是，則左右兩邊均向內側移至白點位置。再來針對區塊上下做水平線判斷，若該水平線有黑點存在，則往外側擴充，直到該水平線無黑點存在，反之則向內縮減，調整後結果如圖 3 所示。

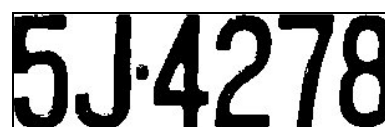


圖 3 經調整後的車牌

2.2 車牌文字切割

車牌定位經調整後，我們得到車牌在影像中的位置，該車牌範圍只剩車牌文字。車牌文字的長寬也有一定的比例 K_2 ，因此我們取出車牌文字影像，並測量其車牌文字高度 H ，如圖 4 所示。再經由高度 H 與比例 K_2 相乘後，得到車牌文字的寬度 W 。

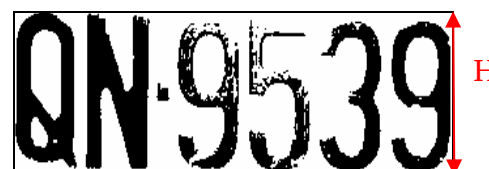


圖 4 車牌定位結果(放大)

但是，車牌文字之間皆留有一定大小的空白間隔，因此我們將上一階段的車牌定位結果的每個文字，由上而下依邊緣進行切割，結果如圖 5 所示(以第一個文字 Q 為例)。



圖 5 由上而下對車牌文字進行切割

爾後我們測量每個文字其寬度 W_1 ，並取出其中間位置 M ，此時將 M 往左右兩邊各加減 $H/(2K_2)$ 寬度，即為正確的車牌文字長寬 W_2 ，如圖 6。我們得到車牌正確的長寬後，再依此大小進行車牌文字切割。



圖 6 計算車牌文字之寬度

2.3 車牌字元垂直正規化

在車牌文字切割後，我們必須考慮的是每一張車牌影像大小不同，以致於相同字元的特徵值就會不一致，進而導致後續的車牌字元辨識不正確。所以，在求得車牌文字特徵值前，我們還需對切割後的車牌文字做正規化的動作，使車牌文字大小一致，然後再進行特徵值的擷取。

我們先假設將較小的原始影像(3×3)轉換成(6×3)的影像大小，以灰階影像為例，其轉換之表示方式如圖 7。並且可以求出兩張影像的比例 $R = \bar{H}/H = 5/2$ ，建立兩張影像的端點與中點位置比例關係矩陣如圖 8，即 $X_i = Y_i \times R$ ， $i = 0, 1, 2$ ，其中 Y_i 表示原始影像各個點之位置。

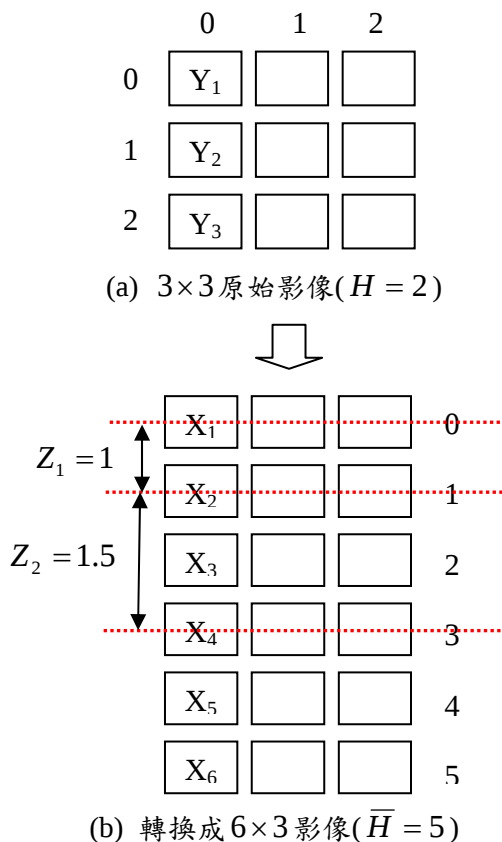


圖 7 影像大小垂直轉換示意圖

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 5 \\ 2 \\ 5 \end{bmatrix}$$

圖 8 位置比例關係矩陣

2.4 車牌字元水平正規化

我們再考慮較大的原始影像(6×3)縮小成大小(3×3)的影像，其表示方式如圖 9，以灰階影像為例，並求出兩張影像的比例 $R = \bar{H}/H = 5/2$ ，並建立兩張影像的位置比例關係矩陣如圖 10，即 $X_i = Y_i \times R$ ， $i = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ ，其中 Y_i 表示原始影像各個點之位置。

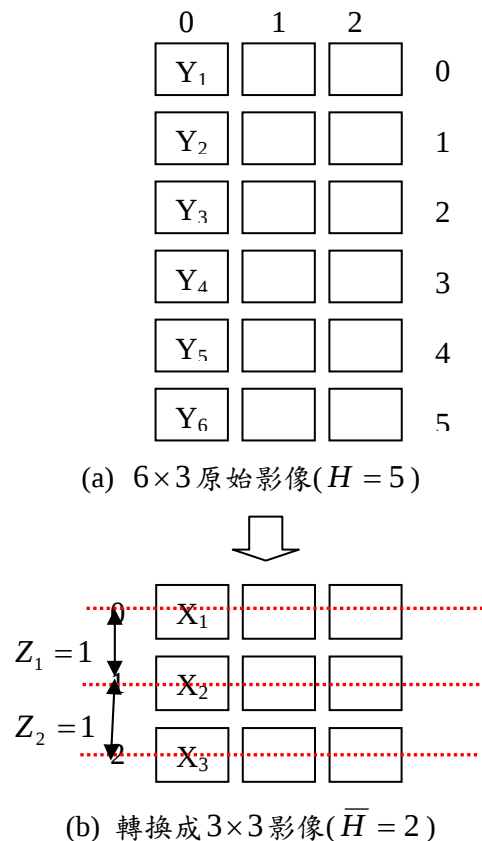


圖 9 影像大小水平轉換示意圖

$$\begin{bmatrix} 0 & \frac{2}{5} & \frac{4}{5} & \frac{6}{5} & \frac{8}{5} & 2 \end{bmatrix}^T$$

圖 10 位置比例關係矩陣(由大縮小)

2.5 字元內的位置與值之轉換

求得影像的端點與中點位置比例關係之後，我們再運用內差法求得端點與中點之外的每個位置之值(X)如圖 9。影像在放大或縮小

後，其第一個與最後一個位置的值會等於正規化後影像的第一個與最後一個位置的值如圖 11 所示，原始影像的第一位置 X_1 對應到的正規化後影像之位置是 $X_1 = Y_1 \times R$ ，即 $0 \times 3/2$ ，原始影像的第二位置 X_2 對應到的影像放大或縮小後影像之位置是 $X_2 = Y_2 \times R$ ，即 $1 \times 3/2$ 其餘各點所對應之位置以此類推。

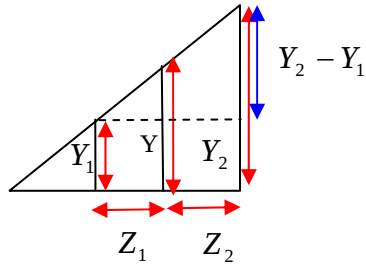


圖 11 內差法公式

在取得原始影所對應到正規化後影像之位置後，再來我們必須求得正規化影像後除端點與中點位置之外的值，可表示如下：

$$X = \left(\frac{Y_2 - Y_1}{Z_1 + Z_2} \right) \times Z_1 + X_1 \quad (1)$$

由上式之內差法可求得第 1 個位置的值 X_2 如下：

$$\begin{aligned} X_2 &= \frac{\frac{5}{2} - 0}{1 + 1.5} \times 1.5 + 0 \\ &= 1.5 \end{aligned} \quad (2)$$

其中 Z_1 與 Z_2 如圖 11 所示。因為此位置介於位置比例關係矩陣的 0 和 $5/2$ 之間，所以使用原始影像第 0 個的位置之值 X_1 及第 1 個的位置之值 X_2 分別代入求解，若是要求出介於位置 $5/2$ 和 5 之間的值，則可將原始影像第 1 及第 2 個的位置之值分別代入求解，其餘各點求得方式以此類推，圖 12 是灰階影像正規化前後之結果。

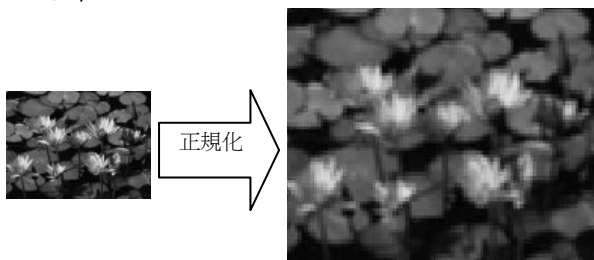
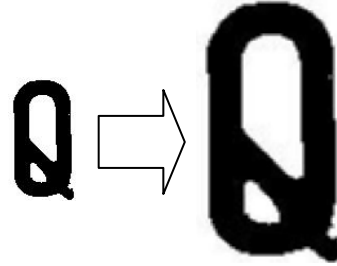


圖 12 灰階影像正規化前後之結果(由小放大)

因為本階段所使用的影像為二值化後影像，所以在內差法部分可以省略，改為用已知

的位置值來判定其它位置之值。若要求得正規化後影像第 1 個位置的值，則需先判斷 Z_1 與 Z_2 兩個距離值，看哪一個距離比較小，若 Z_1 小於 Z_2 ，則正規化後影像第 1 個位置的值就等於正規化後影像第 0 個位置之值，但若兩者距離相同，則任意選擇其中一方之值代入。圖 13 是二值化正規化前後之結果。

圖 13 二值化影像正規化前後之結果
(由小放大)

同理，原影像大小轉換成小的影像，其灰階影像正規化前後之結果圖 14 與圖 15。

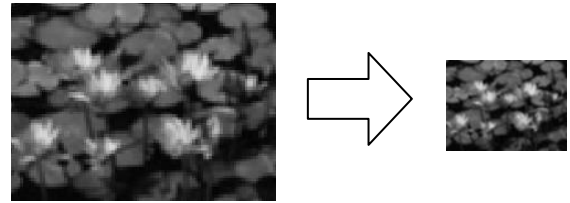


圖 14 灰階影像正規化前後之結果(由大縮小)

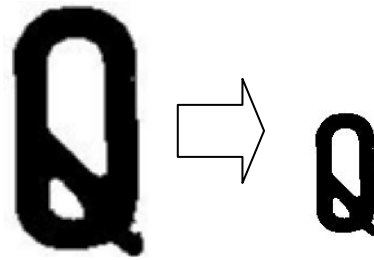
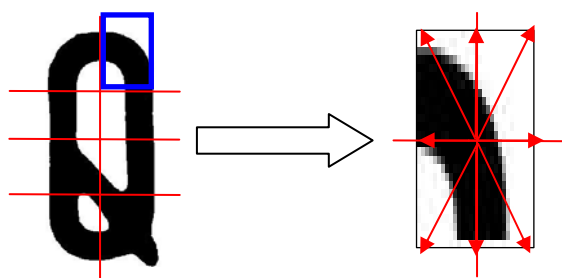


圖 15 二值化影像正規化前後之結果(由大縮小)

3 字元特徵值

將車牌切割取出車牌字元後，我們採用 Run-Length[14]方法求出每個字元的特徵值。為了能詳細描述每個文字的特徵，所以將每個文字均分為 8 等份如圖 16(a)。再將每一等份依序計算其 0° 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° 及 315° 8 個角度如圖 16(b)的黑點數量，作為該字元之特徵。因為每個字元被切割為 8 等分，每個等份分別有 8 個特徵值，所以每個字元我們將得到 64 個特徵。



(a) 文字均分 8 等份 (b) 每等份的 8 個方向

圖 16 文字區塊選擇與 8 個方向特徵

4. 車牌字元辨識

我們把 0 到 9 及 A 到 Z 等 35 個字元的特徵值取出後存入資料庫內，就可對欲辨識的影像做查詢的動作，由於數字 0 與英文字 O 無法分辨其值，故將兩者視為相同，本文將此兩者之值視為數字 0。令資料庫第 i 個字元之第 j 個特徵值表示為 D_j^i ， $i=1\sim 35$ ， $j=1\sim 64$ ， i 為資料庫第 1 個字元到第 35 個字元之編號， j 為每個字元的 64 個特徵值。

首先將欲辨識車牌的第 j 個特徵值 Q_j 取出，然後依序與資料庫中 35 個字元之特徵值逐一比對並求得其運算結果 Δ_j^i ，其計算公式如下：

$$\Delta_j^i = \sqrt{\sum_{j=1}^{64} (Q_j - D_j^i)^2} \quad (3)$$

之後將運算結果 Δ_j^i 由小到大做排序，則 $\min(\Delta_j^i)$ 即為資料庫中所對應的字元。但是經實作結果發現，英文字母 I 與數字 1 的特徵值雷同，所以在辨識時，兩者易混淆。諸如 B 和 8，8 和 0 在辨識時也易辨識錯誤。

5. 實驗結果

在實驗的部分，我們以數位像機在停車場。我們以數位相機在室外停車場及室內停車場取得明暗程度不一、影像大小不同、複雜環境背景的地方蒐集了 57 張 800×600 車牌影像來做辨識。

本文所使用的車牌定位資料並非由人工取出，而是由本文作者另”以邊緣特徵為基礎之車牌定位系統”所定位的結果，做為本研究車牌辨識的來源影像，以延續至本辨識實驗。

本文車牌辨識實驗的結果如表 1，很明顯，總共測試 57 張，完整辨識成功的張數有

42 張，車牌辨識失敗的張數有 15 張，成功率達 74%。本研究所言之完整辨識成功是車牌內 6 個字元都辨識成功者；至於車牌辨識失敗的意思是若車牌內 6 個字元有一個辨識失敗就表示此組車牌辨識失敗。以下章節將分別以完整辨識成影像與車牌辨識失敗失敗影像作一系列討論。

表 1 車牌辨識成功率

測試車牌資料庫	測試總張數	成功張數	失敗張數	成功率
合計	57 張	42 張	15 張	74%

5.1 車牌字元辨識失敗影像

圖 17 是車牌辨識失敗的車牌，其中各個車牌定位資料為車牌在明暗程度不一、影像大小不同、複雜環境背景之車牌影像，通常會把一些特徵值相似的數字給辨識錯誤，例如：字元 8 辨識為 S、0、B，字元 6 辨識為 0、字元 1 辨識為 I。由此觀之，數字 6、8 及英文字 Q 辨識成功率較低，諸如數字 6 會對應到資料庫中的數字 0，數字 8 會對應到資料庫中的英文字 B、S 及數字 0，原因可歸類於此些車牌文字的特徵值較為相似，所以容易辨識失敗

車牌定位資料	車牌辨識結果
5738MA	573SMA
Y3-0006	Y30000
A3-3441	A3344I
B2-7088	B270BB
M6-4807	M64007

圖 17 字元辨識失敗的車牌影像

5.2 車牌字元辨識成功影像

在各個車牌定位資料為車牌在影像在明暗程度不一、影像大小不同、複雜環境背景所取得之車牌影像，經本車牌系統辨識成功之影像如圖 18 所示，均能完整的辨識成功。

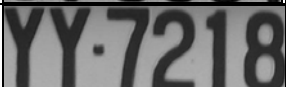
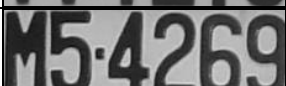
車牌定位資料	車牌辨識結果
	R98453
	6V6591
	YY7218
	M54269
	LX8653
	M64807

圖 18 字元辨識成功的車牌影像

除此之外，我們任意選擇了車牌內的 338 個字元做實驗，分別以 0~9 與 A~Z 共 36 個不同的字元與資料庫的特徵做比對，其結果如表 2，其實驗結果明顯顯示，除了字元 0 辨識失敗了 1 筆、字元 1 辨識失敗了 2 筆、字元 5 辨識失敗了 1 筆、字元 6 辨識失敗了 5 筆、字元 7 辨識失敗了 1 筆、字元 8 辨識失敗了 8 筆、字元 9 辨識失敗了 2 筆、字元 Q 辨識失敗了 1 筆，總共有 21 筆辨識失敗，其餘的字元均辨識成功，而且整體辨識率達 94%。

6. 結論

本文主要以車牌(vehicle license plate)影像之不同大小、複雜環境背景以及不同天候的影像為分析對象，而提出一套簡單與便利的車牌自動辨識技術。本文方法考慮了任一個定位系統定位出來的車牌影像，再經過車牌定位結果的調整技術，然後針對文字的大小做車牌字元垂直正規化、車牌字元水平正規化以及字元內的位置與值之轉換技術。最後再將車牌字元採用 Run-Length 技術做為每個字元的特徵值。

本文總採用 57 張車牌影像做辨識，每張車牌 6 個字元完整被辨識成功的車牌張數有 42 張，車牌內有任一字元被辨識失敗的車牌張數有 15 張，其完整被辨識成功率高達 74%。有鑑於車牌辨識的失敗率，其中歸納出一些問題：拍照技術有待改進、照片內物件過多、邊緣過於複雜、定位後的車牌是傾斜的以及字元特徵的切割數太少。

我們還選擇了車牌內的 338 個字元做實驗，總共有 21 筆辨識失敗，其餘的字元均辨

識成功，而且整體辨識率達 94%。本研究車牌辨識之實驗，採用了 57 張車牌不同大小且複雜環境背景以及不同天候的影像作實驗，實驗的結果其車牌辨識有很高辨識率，以證明本系統的應用範圍更廣，也更加有實用價值。

表 2 車牌字元辨識結果

字元	字元總數目	成功數目	失敗數目	成功率
0	19	18	1	0.95
1	24	22	2	0.92
2	22	22	0	1
3	26	26	0	1
4	18	18	0	1
5	35	34	1	0.97
6	27	22	5	0.81
7	32	31	1	0.97
8	33	25	8	0.76
9	22	20	2	0.91
A	5	5	0	1
B	3	3	0	1
C	2	2	0	1
D	4	4	0	1
E	3	3	0	1
F	5	5	0	1
G	2	2	0	1
H	7	7	0	1
I	2	2	0	1
J	3	3	0	1
K	1	1	0	1
L	5	5	0	1
M	6	6	0	1
N	2	2	0	1
P	2	2	0	1
Q	4	3	1	0.75
R	4	4	0	1
S	2	2	0	1
T	3	3	0	1
U	2	2	0	1
V	4	4	0	1
W	2	2	0	1
X	1	1	0	1
Y	6	6	0	1
Z	4	4	0	1
合計	338	317	21	0.94

參考文獻

- [1] 王振興，「多標的汽機車車牌辨識系統之研究, A Multi-target Vehicle License Plate Recognition System」，元智大學資訊管理

- 學系，碩士論文，民國92年。
- [2] 仲崇實，「影像處理與類神經之方法於車輛牌照自動辨識之應用研究」，私立元智大學，資訊管理研究所，碩士論文，民國87年。
- [3] 周俊男，「車輛牌照影像辨識系統」，國立中山大學，資訊工程研究所，碩士論文，民國84年。
- [4] 張銘豪，「利用分割辨識方法之英文數字辨識系統」，國立中山大學，資訊工程研究所，碩士論文，民國85年。
- [5] 溫福助，「類神經網路樣板比對法於車牌字元辨識之研究」，國立台灣大學，電機工程學研究所，碩士論文，民國89年。
- [6] 魏銷志，「動態多標的車牌辨識系統之研究」，私立元智大學，資訊管理研究所，碩士論文，民國89年。
- [7] F. Lisa, J. Carrabina, C. Perez-Vicente, N. Avellana, and E. Valderrama, "Two-bit weights are enough to solve vehicle license number recognition problem", IEEE International Conference on Neural Networks, vol.3, pp.1242-1246, 1993.
- [8] H. A. Hegt, ; R. J. de la Haye,; N. A. Khan, "A high performance license plate recognition system", IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 5, pp. 4357-4362, 1998.
- [9] J.A.G. Nijhuis, M.H. ter Brugge, K.A. Helmholt, J.P.W. Pluim, L. Spaanenburg, R.S. Venema, M.A. Westenberg, "Car License Plate Recognition with Neural Networks and Fuzzy Logic", University of Groningen, Department of Computing Science, Netherlands, 1995.
- [10] M. Yu, and Y.D. Kim, "An Approach to Korean License Plate Recognition Based on Vertical Edge Matching", Ajou University, Suwon, Korea, 2000.
- [11] P. Comelli, P. Ferragina, M. N. Granieri, and F. Stabile, "Optical recognition of Motor Vehicle License Plates", IEEE Trans. On Vehicular Tech, vol. 44, no.4, November 1995.
- [12] R. Parisi, Di Claudio, E.D.; G. Lucarelli, and G. Orlandi, "Car plate recognition by neural networks and image processing", Proceedings of the 1998 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, vol. 3, pp.195-198, 1998.
- [13] Yung-Kuan Chan and Chin-Chen Chang, "Image Matching Using Run-Length Feature", Pattern Recognition Letters, vol. 22, pp. 447 – 455, 2001.